ФГБОУ ВПО «ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.М. ДЖАМБУЛАТОВА»

На правах рукописи

Игитов Шамиль Магомедович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ ЗВЕНЬЕВ ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОПОЕЗДОВ С ДЕМПФИРУЮЩИМ ТЯГОВО-СЦЕПНЫМ УСТРОЙСТВОМ (В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН)

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:

кандидат технических наук,

доцент **Хабибов**

Сулейман Рашадович

Махачкала 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…….. 4

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.. 9

1.1 Состояние сельского хозяйства Республики Дагестан……... 9

1.2 Факторы, влияющие на скорость движения автомобилей в Республике Дагестан…… 15

1.3 Организация и функционирование МТС в Республике Дагестан……. 21

1.4 Расчет количественного состава парка машин для выполнения сельскохозяйственных операций…….. 28

1.5 Анализ тягово-сцепных устройств автопоездов (ТСУ)…….. 36

1.6 Цель и задачи исследования…….. 39

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОПОЕЗДОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ……... 41

2.1 Технология проведения уборочно-транспортных работ в Республике Дагестан……... 41

2.2 Влияние скорости движения автопоезда и дальности транспортировки зерна на величину времени ездки…….. 45

2.3 Влияние времени ездки на производительность грузового автомобиля и автопоезда при транспортировке зерна……... 54

2.4 Расчет потребного количества транспортирующей техники для выполнения уборочно-транспортных работ…… 58

2.5 Расчет сцепного устройства автопоезда…….. 61

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ…….. 89

3.1 Программа исследований…….. 89

3.2 Методика проведения замеров и обработки данных при определении количественного состава уборочно-транспортного звена……. 89

3.3 Методика проведения полевых исследований…… 94

3.4 Методика анализа и обработки экспериментальных данных…… 99

3.4.1 Методика статистической обработки экспериментальных данных... 99
3.4.2 Методика многофакторного планирования исследований……. 101
3.4.3 Определение погрешности средств измерения…… 102
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ…… 103
4.1 Определение количественного состава уборочно-транспортного звена…….. 103
4.2 Влияние скорости движения автопоезда на усилие, возникающее в тягово-сцепном устройстве……. 109
4.3 Влияние массы загрузки прицепа автопоезда на усилие, возникающее в тягово-сцепном устройстве…… 115
4.4 Влияние усилия, возникающего в тягово-сцепном устройстве, на амплитуду колебаний……. 117
4.5 Влияние частоты вынужденных колебаний на величину максимальных нагрузок в сцепном устройстве……... 119
4.6 Исследования нагрузок в сцепном устройстве…… 120
4.7 Влияние дальности транспортировки груза на производительность автопоезда……... 124
5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ТЯГОВО-СЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА АВТОПОЕЗДОВ В МТС РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН……... 128
5.1 Математическая модель взаимоотношений между сельхозтоваропроизводителем, уборочно-транспортным звеном машинно-технологической станции и элеватором…….. 128
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…….. 141
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ…… 143
ПРИЛОЖЕНИЯ…… 159

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В современных условиях развития агропромышленного производства продовольственная безопасность во многом определяется техническим потенциалом сельского хозяйства и степенью эффективности его использования. Основу технического потенциала составляет МТП. За последнее пятнадцатилетие произошло резкое сокращение парка сельскохозяйственной техники, особенно это касается грузовых автомобилей, количество которых снизилось в три раза.

В Республике Дагестан сегодня насчитывается 12 машинно-технологических станций (МТС), в состав которых входят уборочно-транспортные звенья, позволяющие собирать урожай зерновых культур в короткие агротехнические сроки. Однако природно-климатические условия Дагестана, конфигурация и расположение полей, сильно пересеченная и гористая местность, состояние дорог с крутыми поворотами и уклонами снижают эффективность применения транспортных средств. Использование автомобильных поездов большой грузоподъемности невозможно без специальных устройств, обеспечивающих безопасность движения на высоких скоростях. Таким образом, разработка тягово-сцепного устройства с характеристиками, отличающимися от известных и позволяющими увеличить производительность транспортных средств, является важной хозяйственной задачей.

Актуальность работы также подтверждается тем, что она выполнена в рамках целевой программы развития АПК Дагестана «Повышение технической оснащенности сельскохозяйственного производства в Республике Дагестан на 2012 – 2020 годы» от 2 марта 2012 г. № 11.

Степень разработанности. В Республике Дагестан создано большое количество МТС, в которых функционируют уборочно-транспортные звенья, и с целью снижения сроков выполнения уборочно-транспортных работ имеется острая необходимость повысить производительность транспортирующих машин. В настоящий момент транспортировка собранного урожая осуществляется

как грузовыми автомобилями, так и автопоездами, имеющими небольшие скорости передвижения в дорожных условиях республики вследствие сильного динамического воздействия прицепа на автомобиль. Резервом повышения производительности автопоездов является применение тягово-сцепных устройств (ТСУ), обеспечивающих снижение динамического воздействия прицепа.

В настоящее время существует значительное количество ТСУ, отличающихся по конструкции и принципам действия. При анализе трудов ученых по данной тематике было установлено: во-первых, развитие направлений исследований по совершенствованию существующих ТСУ лежит в плоскости дополнения их демпфирующими устройствами; во-вторых, не исследовано влияние эксплуатационных режимов движения автопоезда на работу ТСУ, отсутствуют практические рекомендации по влиянию нагруженности автопоезда и дорожных условий на скоростной режим движения автопоезда.

Предлагаемая работа направлена на исследование возможностей повышения скорости движения автопоездов, работающих в составе уборочно-транспортного звена.

Цель исследований – повышение производительности автопоездов, оборудованных демпфирующим тягово-сцепным устройством, путем снижения динамического воздействия прицепа на автомобиль.

Задачи исследований:

1. Провести анализ эффективности использования уборочно-транспортных звеньев в условиях Республики Дагестан.

2. Теоретически обосновать рациональный состав уборочно-транспортного звена, определить производительность автопоезда, оборудованного демпфирующим тягово-сцепным устройством, и установить влияние его конструктивно- технологических параметров на скоростной режим автопоезда.

3. Провести экспериментальные исследования влияния тягово-сцепного устройства с дополнительным пружинным элементом на динамическое воздействие прицепа, скоростные характеристики и производительность автопоезда.

4. Определить технико-экономическую эффективность применения автопоездов, оборудованных тягово-сцепным устройством, в составе уборочно-транспортных звеньев.

Объект исследования – технологический процесс транспортировки зерна автопоездом, оборудованным демпфирующим тягово-сцепным устройством.

Предмет исследования – закономерности изменения производительности автопоездов при транспортировке зерна в условиях пересеченной и гористой местности.

Научная новизна. Усовершенствован технологический процесс транспортировки зерна с применением автопоездов, оборудованных демпфирующим тягово-сцепным устройством, и обоснован рациональный состав уборочно-транспортного звена; разработано тягово-сцепное устройство с дополнительным пружинным элементом, обоснованы конструктивно-технологические параметры демпфирующего тягово-сцепного устройства, влияющие на скоростные характеристики и производительность автопоезда.

Практическая значимость. Разработано демпфирующее тягово-сцепное устройство с дополнительным пружинным элементом и обоснованы его конструктивно-технологические параметры (патент 137237). Тягово-сцепное устройство позволяет повысить производительность автопоезда на 15 % и снизить динамическое воздействие прицепа на 14,2%. Разработанная номограмма определения рационального состава уборочно-транспортного звена МТС позволяет подобрать требуемое количество грузовых автомобилей и автопоездов для непрерывной работы зерноуборочных комбайнов с учетом урожайности сельскохозяйственных культур и расстояния перевозки зерна.

Методология и методы исследований предусматривали разработку теоретических положений, научное обоснование закономерностей функционирования составляющих уборочно-транспортных звеньев МТС с применением автопоездов, имеющих усовершенствованную конструкцию тягово-сцепного устройства.

Теоретические исследования выполнялись с использованием основных

положений, законов и методов классической механики и математики. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных и производственных условиях в соответствии с ГОСТ Р 52778–2007, ГОСТ Р 52777–2007, ГОСТ 17460–72, ГОСТ Р 52302–2004 и частными методиками, а также с использованием теории планирования многофакторного эксперимента. Обработка результатов экспериментальных исследований осуществлялась на ПЭВМ с использованием стандартных программ Statistica, Microsoft Excel.

Положения, выносимые на защиту:

– аналитические зависимости производительности автопоезда, оснащенного демпфирующим тягово-сцепным устройством, от скорости движения;

– конструктивно-технологические характеристики ТСУ, снижающие динамическое воздействие на прицеп и повышающие производительность автопоезда (патент 137237);

– номограмма определения рационального состава уборочно-транспортного звена в системе машинно-технологических станций в зависимости от расстояния перевозки зерна.

Реализация результатов исследований. Разработанная конструкция демпфирующего ТСУ, применяемая на автопоездах, внедрена в СПК «Дружба» Казбековского района Республики Дагестан, где автопоезда, состоящие из грузового автомобиля КАМАЗ-5320 с прицепом марки КАМАЗ модель 8560-82-02 эксплуатируются на протяжении 2 лет.

Степень достоверности и апробация. Достоверность научных результатов подтверждается данными экспериментальных исследований, полученными с применением современных государственных стандартов при организации и проведении полевых экспериментов, подтвержденными актами внедрения. Степень достоверности обеспечена статистическими методами оценки эксперимента, с использованием ЭВМ, подтверждается высокой сходимостью теоретических и экспериментальных исследований.

Основные результаты диссертационной работы обсуждены и одобрены на международных и научно-практических конференциях в ФГБОУ ВПО «Сара-

товский ГАУ» (2009–2013 гг.); Международной научно-практической конференции «Основы рационального природопользования» (Саратов, 2009 г.); Международной научно-практической конференции ««Инновации, наука и образование» (Саратов, 2010 г.); Международной научно-практической конференции «Социально-экономические и экологические проблемы сельского и водного хозяйства» ФГОУ ВПО МГУП (Москва, 2010 г.); Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию Победы в Великой Отечественной войне «Современные проблемы и перспективы развития аграрной науки» (Махачкала, 2010 г.); Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию со дня рождения профессора А.Г. Рыбалко (Саратов, 2011 г.); Международной научно-практической конференции, посвященной 80 летию образования Дагестанского государственного аграрного университета имени М.М. Джамбулатова «Аграрная наука: современные проблемы и перспективы развития» (Махачкала, 2012 г); Miedzynarodowej naukowi-practycznej konferencji «Wyksztalcenie i nauka bez granic – 2012» (Przemysl, 2012 г.); X mezinárodní vědecko-praktická konference «Věda a vznik – 2013/2014» (Praha, 2013 г.).

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Состояние сельского хозяйства Республики Дагестан

Республика Дагестан является одним из крупнейших регионов Северного Кавказа и располагается в его восточной части. В республике хорошо развиты сельское хозяйство и перерабатывающая промышленность, что является ведущей отраслью экономики. В настоящее время общая площадь земель сельскохозяйственного назначения Республики Дагестан составляет 4359,5 тыс. га [108]. Большая часть населения республики проживает в сельской местности, поэтому агропромышленный комплекс (АПК) является для населения основным источником работы и получаемых доходов.

Однако необходимо отметить тот факт, что ведение сельскохозяйственного производства сопровождается рядом трудностей, связанных с особенностями климатических и почвенных условий республики. Территория Дагестана расположена на 3/4 в пределах Большого Кавказа, а восточная часть территории омывается Каспийским морем. На климате Дагестана – засушливом, с обилием тепла и света – сказывается расположение его на крайнем юге умеренного климатического пояса. Полупустынный климат Прикаспийской низменности и сухой, умеренный климат Внутреннего Дагестана соседствуют с суровым климатом высокогорий и с близким к субтропическому климатом дельты реки Самур. Лето жаркое и сухое. Средняя температура июля +25°, января колеблется от –2° до +3,5°, с морозами до –25°. Среднегодовая норма осадков колеблется от 200 до 700 мм, при этом наибольшее их количество выпадает во второй половине лета, что негативно сказывается на проведении уборочно-транспортных работ, и их необходимо проводить в сжатые сроки. Изменение температуры и выпадение осадков происходит скачкообразно, иногда в течение одного дня погода меняется дважды. Снежный покров держится 40–50 дней. По различию почвенно-климатических условий территория Дагестана подразделяется на 3 почвенно-климатические зоны: равнинную, предгорную и горную.

На сегодняшний день АПК республики существенно влияет на экономику региона – обеспечивает 16 % выпуска продукции; 16 % добавленной стоимости, произведенной республикой; 29 % среднегодовой численности занятых с производительностью труда 0,195 млн руб.; 16 % налоговых выплат и 8 % инвестиционных вложений; вливание денежного капитала в отрасль за счет дотаций и лизинга [85, 102].

Прошедшее 15-летие характеризовалось продолжением преобразования сельского хозяйства и формированием многоукладной экономики, ориентированной на рыночные условия. Главным направлением этой работы явилось реформирование колхозов, совхозов, государственных организаций, и создание на их базе фермерских хозяйств, акционерных обществ и других форм хозяйствования. Итогом этого явилось то, что в республике насчитывается большое количество хозяйств различных форм собственности и организации производства.

Основная проблема сельского хозяйства республики в области растениеводства – это технико – технологическая отсталость в силу опережающего выбытия основных фондов и низкого уровня механизации производства. По этой причине ежегодно остаются необработанными около 100 тыс. га пашни.

В Республике Дагестан (на 01.01.2012) общая площадь земель, используемых для сельскохозяйственного производства, составила 4336,2 тыс. га, в том числе сельскохозяйственные угодья – 3248,1 тыс. га, из них: пашня – 481,4 тыс. га (14,8 %), кормовые угодья – 2698,9 тыс. га (83,1 %), многолетние насаждения – 62,4 тыс. га (1,9 %), залежи – 5,4 тыс. га (0,2 %).

Вся посевная площадь сельскохозяйственных культур в 2012 г. составила 279,0 тыс. га, тогда как в 2011 г. она составляла 291,4 тыс. га. Как видно, произошло снижение посевной площади на 4,2 % по причине нехватки сельскохозяйственных машин, низкой организации труда и отсутствия выгодных взаимоотношений между сельхозтоваропроизводителями и машинно-технологическими станциями (МТС).

С целью обеспечения продовольственной безопасности Республики Дагестан было принято решение о создании на базе хозяйств машинно-

технологических станций с контрольным пакетом акций у государства. Наличие такой формы собственности позволяло бы заинтересовать работников МТС, так как, предоставляя агротехнические услуги, они могут в качестве оплаты за выполненные работы получать с заказчиков сельскохозяйственную продукцию для нужд республики. Однако в настоящее время доля участия МТС в производстве сельскохозяйственной продукции республики невелика.

По данным Министерства сельского хозяйства Республики Дагестан, на начало 2013 г. в республике насчитывалось 12 машинно-технологических станций (таблица 1.1). Однако, несмотря на постоянный рост количества МТС, процент обслуживаемых ими посевных площадей не превышает и половины (рисунок 1.1). Выполняемый МТС годовой объем механизированных сельскохозяйственных работ составляет 45–62 % от общего объема и они участвуют в агротехническом обслуживании.

Таблица 1.1 – Перечень машинно-технологических станций, созданных в республике с 1999 г.

Наименование МТС	Год создания
1. ГУП МТС «Новонадеждинская»	1999
2. МУП МТС «Гумбетовская»	2000
3. ГУП Мехотряд Дирекции «Дагвино»	2000
4. ГУП Дирекция ПРВЗ	2003
5. МУП МТС «Махачкалинская»	2004
6. СПоК МТС «Шамильская»	2005
7. ООО МТС «Кюре-Агро»	2007
8. МУП МТС «Буйнакская»	2009
9. МУП МТС «Ахтынская»	2009
10. МУП МТС «Стремя»	2009
11. МУП МТС «Казбековская»	2010
12. МУП МТС «Кизлярагротехсервис»	2010

Исследования, проводимые в Республике Дагестан, показывают, что выработка тракторов МТС в 1,6–2,2 раза больше, чем у сельскохозяйственных предприятий, это подтверждает целесообразность создания МТС.

В последние годы основная форма обеспечения сельхозтоваропроизводителей техникой осуществляется на условиях лизинга [85], причем, как правило, единичными машинами. Парк техники не справляется с объемом работ, прово-

димых в больших хозяйствах республики. При этом с 1992 г. машинно-тракторный парк республики перестал своевременно обновляться, а также качественно обслуживаться и ремонтироваться.

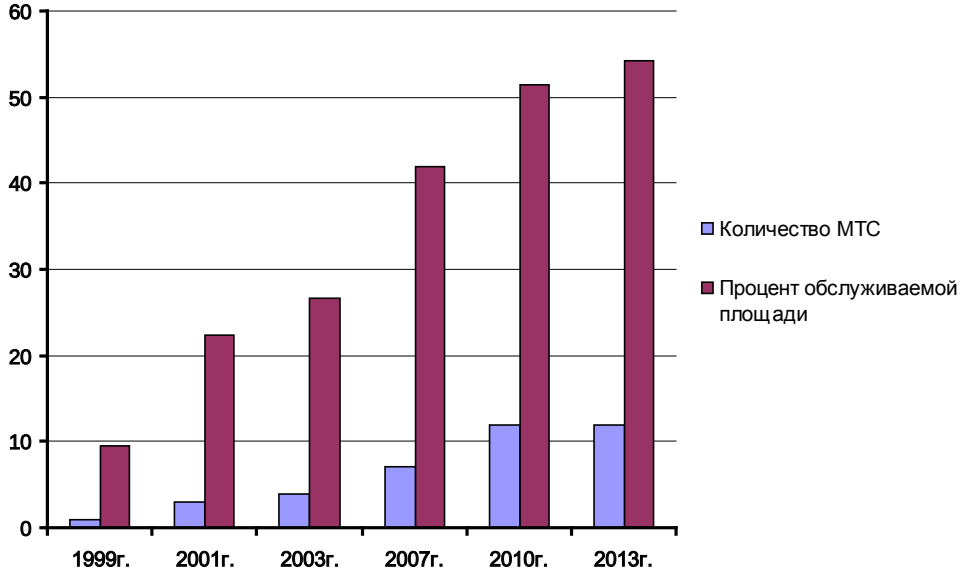
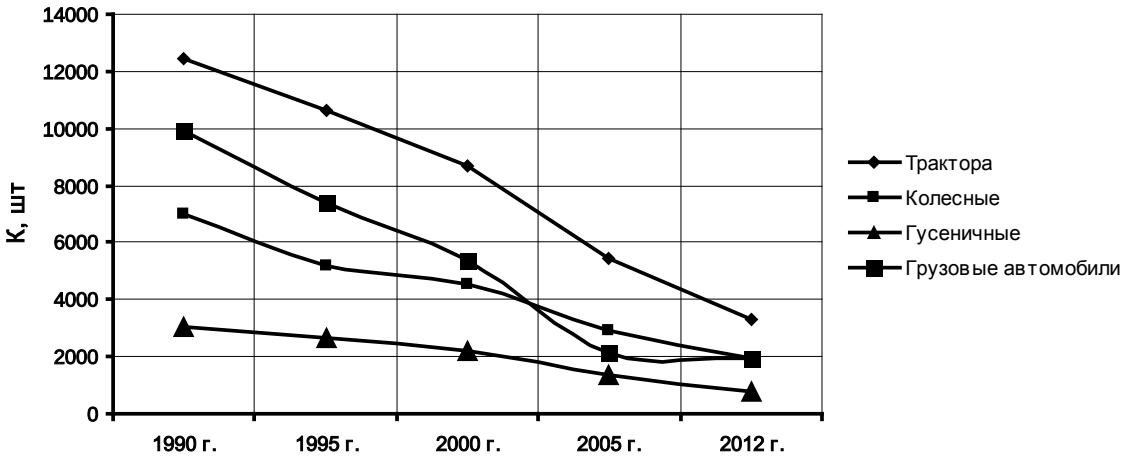


Рисунок 1.1 – Процентное соотношение количества МТС и обслуживаемых ими посевных площадей

В 2012 г. для проведения технологических работ у сельхозтоваропроизводителей Республики Дагестан имелось 3297 тракторов различных марок, 1937 грузовых автомобилей, 798 зерноуборочных комбайнов, 133 кормоуборочных комбайна, 41 кукурузоуборочный комбайн и много другой техники (рисунок 1.2, приложение А). Однако для выполнения сельскохозяйственных работ в оптимальные агротехнические сроки недостает более 9500 тракторов различных марок, 8000 грузовых автомобилей, 1200 зерноуборочных комбайнов и много другой техники. В 2012 г. в сельхозпредприятиях республики выбыло 293 единицы тракторов, приобретено 43, из них 8 по линии ОАО «Росагролизинг». Кроме того, приобретено 5 бывших в употреблении зерноуборочных комбайнов. Коэффициент обновления по тракторам в 2010 г. составил 1,5 %, по зерноуборочным и кормоуборочным комбайнам коэффициент обновления равен нулю [108].

Основными машинами, которые используются для перевозки сельскохозяйственной продукции, являются автомобили ГАЗ-53, КАМАЗ-5320 и КА-

МАЗ-53212. Уборку зерновых культур осуществляют зерноуборочными комбайнами двух марок ДОН-1500, СК-5 «Нива» и «Енисей-1200», а кормовых культур комбайнами Е-302, Е-281, Е-282. Технические характеристики грузовых автомобилей и зерноуборочных комбайнов представлены в приложении Б.



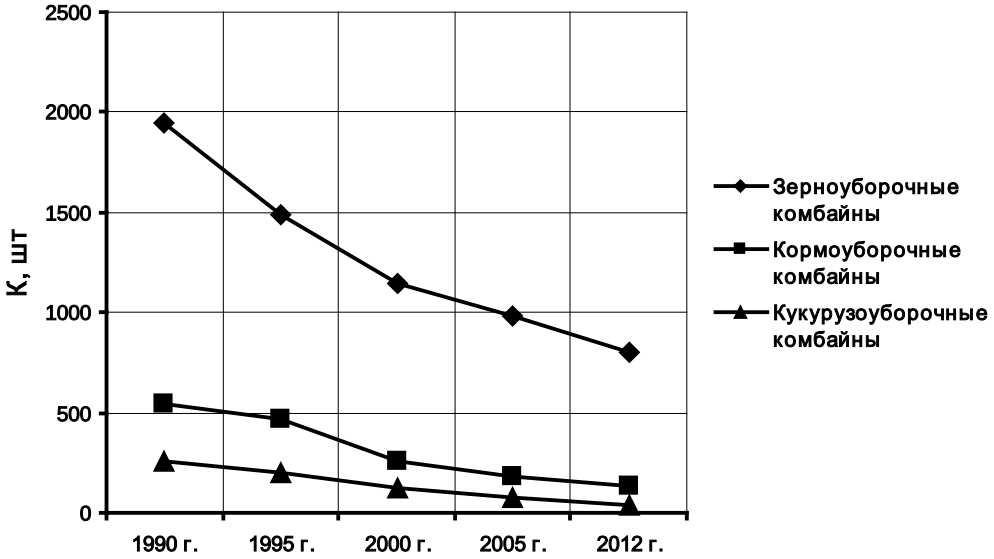


Рисунок 1.2 – Динамика изменения МТП Республики Дагестан

Рассматривая показатели готовности и процент износа парка машин Республики Дагестан, необходимо отметить тот факт, что более половины имеющейся техники находится в неработоспособном состоянии, а именно тракторы – 63,2 %; грузовые автомобили – 62,8 %; зерноуборочные комбайны – 55,6 %. Более 85 % парка машин республики находится за пределами амортизационного срока эксплуатации и используется за пределами нормативного срока служ-

бы. Сельским товаропроизводителям с трудом удается поддерживать готовность сельскохозяйственной техники на уровне 55–65 %. Затраты на содержание изношенной техники увеличиваются. Если учесть, что более 85 % отечественной техники физически и морально устарело, то общая картина состояния технического потенциала сельскохозяйственной отрасли республики выглядит удручающе. В период выполнения уборочно-транспортных работ работает только каждая третья машина, а остальные простаивают из-за технических неисправностей.

В условиях существенного дефицита финансовых ресурсов, низкой платежеспособности хозяйств и ввиду высокой цены на сельскохозяйственную технику поддержание существующей техники в работоспособном состоянии, ремонт неисправной и восстановление списанной представляется практически безальтернативным направление развитие системы использования машин Дагестана – через МТС. Однако какой-либо научный подход к комплектованию парка с учетом минимизации затрат на производство продукции в республике отсутствует.

Выполнение уборочно-транспортных работ силами МТС для фермера является достаточно энергоемким и затратным, однако вследствие отсутствия машин это становится необходимым.

В связи с этим необходимо увеличивать производительность машин при выполнении уборочно-транспортных работ путем определения оптимального количества машин в уборочно-транспортном звене и повышать производительность грузовых машин при транспортировании груза за счет применения автопоездов с измененной конструкцией тягово-сцепного устройства (ТСУ) , позволяющей повысить скорость передвижения автопоезда.

1.2 Факторы, влияющие на скорость движения автомобилей в Республике Дагестан

Начало 2000-х гг. было отмечено небывалым стихийным бедствием, обрушившимся на республики Северного Кавказа. В июне-июле 2002 г. повсеместно на территории Дагестана прошли катастрофические ливневые дожди, нанесшие значительный ущерб экономике и социальной сфере, в т. ч. и дорожному хозяйству. Было разрушено 253 км дорог и 39 мостов общей длиной 1439 м. более чем в половине районов республики. Особо большим разрушениям подверглись объекты дорожного хозяйства в Цумадинском, Чародинском, Рутульском, Ахтынском, Хасавюртовском, Гумбетовском, Ахвахском, Буйнакском и Магарамкентском районах.

В середине 2000-х гг. сдается в эксплуатацию автодорога «Обход с. Леваши», что позволило перевести поток транзитного транспорта со старой дороги, проходящей по с. Леваши, на обходную дорогу и оздоровить дорожно-транспортную обстановку в этом направлении. Одновременно реконструируются начальные участки дорог Леваши – Сергокала и Леваши – Акуша, чем доводится до логического завершения модернизация Левашинского автодорожного узла.

В 2003 г. сдается в эксплуатацию I пусковой комплекс автомагистрали Махачкала – Аэропорт протяженностью 5,9 км. Завершено строительство автомобильной дороги Гимры – Чирката. Проходящая в долинах рек Андийское и Аварское Койсу, эта дорога длиной всего 15,6 км позволила обойти труднопроезжаемый Ашильтинский перевал и обеспечить экономию времени в пути на 1,5 часа.

Были выполнены работы по асфальтированию автодороги Магарамкент – Ахты – Рутул на участке Ахты – Рутул. Асфальтобетонное покрытие доходит до районного центра Агульского района с. Тпиг.

В 2007 г. автодором начинается строительство мостового перехода через р. Самур на автодороге Н. Гапцах – Тагиркент – Ялама у с. Н. Филя. Протяжен-

ность мостового перехода 1,382 км, в т. ч. моста 496 м. С 2010 г. проведена полная реконструкция самой дороги Н. Гапцах – Тагиркент – Ялама.

В 2008 г. автодором завершены работы по реконструкции автодороги Араканская площадка – плотина Ирганайского гидроузла. Построено 136 км дорог, в т. ч. достроен Гимринский автодорожный тоннель длиной 4285 м. Теперь уже асфальтобетонная лента дороги доходит до с. Н. Инхо. Реконструированы участки дороги от с. Чирката до Сагринского моста и далее до с.Инхо. Уложено асфальтобетонное покрытие до примыкания автодороги обход с. Ботлих к автодороге Грозный – Ботлих – Араканская. Построены дороги по нормативам II технической категории Манас – Сергокала – Первомайское на участке Манас – Карабудахкент. Дорогами с асфальтобетонным покрытием соединены районные центры с. Рутул и с. Кумух.

В 2010 г. успешно сданы в эксплуатацию участки дорог в обход с. Ботлих протяженностью 10,5 км, Манас – Сергокала – Первомайское, км 0 – км 10,6, в обход с. Леваши через с.Карлабко (конечный участок), Леваши-Акуша км 17– км 20,8, Араканская площадка – Араканский мост, протяженностью 4,8 км. С вводом в эксплуатацию участка дороги в обход с. Ботлих районный центр Ботлихского района был соединен со столицей дорогой с асфальтобетонным покрытием. Были продолжены работы по соединению двух райцентров (Курахский и Чародинский районы) дорогами с асфальтобетонным покрытием.

Несомненно, наличие качественного дорожного полотна и прокладка новых дорог позволит в быстрые сроки производить доставку собранного урожая до места его складирования и переработки. Ведь во всей Республике Дагестан имеется только один аккредитованный элеватор – это ОАО «Шамхалхлебпродукт», расположенный в поселке Тюбе Кумторкалинского района.

Однако необходимо отметить, что современные дорожные условия Республики Дагестан очень сложные, ведь большая часть дорог проходит в горной местности с крутыми затяжными подъемами и крутыми поворотами, что несомненно вызывает снижение скорости передвижения автомобиля и его безопасности. При рассмотрении факторов, влияющих на скорость передвижения ав-

томобиля (рисунок 1.3), было установлено, что условно их можно разделить на непредвиденные, или случайные, и постоянно действующие.

К случайным факторам можно отнести камнепад на дорогах, промоины, вызванные сходом снега или воды, приводящие к снижению скорости передвижения автомобилей или их полной остановке.

К постоянно действующим факторам можно отнести сложные дорожные условия в виде неровного профиля дорог, вызванного большим количеством ям и выбоин, крутых поворотов с закрытой видимостью, большого уклона местности и узкой проезжей части. Данные факторы приводят к снижению скорости движения автомобиля, сопровождающемуся большим скоплением автомобилей (пробка).

Несомненно, все вышеперечисленные факторы приводят к снижению скорости движения грузовых автомобилей, уменьшая их производительность. Снижение скорости движения автомобилей в различных дорожных условиях можно оценить коэффициентом снижения расчетной скорости движения. При рассмотрении значений коэффициента в различных дорожных условиях (рисунки 1.4, 1.5) было установлено, что на его величину оказывают влияние продольный уклон дороги, радиус кривой, скорость ветра и состояние покрытия. Анализ показал, что наименьшее влияние на изменение коэффициента скорости движения автомобиля оказывают продольный уклон и радиус кривизны в плане. Это можно объяснить тем, что водитель заранее выбирает необходимую скорость исходя из условий безопасности движения. Аналогичная тенденция прослеживается и с состоянием дорожного покрытия.

Как выяснилось, наибольшее влияние на изменение коэффициента скорости движения оказывают величина и количество неровностей на дорожном покрытии (рисунок 1.6 и приложение В). Нашими исследованиями было установлено, что наличие выбоин глубиной до 5 см, расположенных на протяжении до 10 м, приводит к снижению скорости движения автомобиля практически вдвое, что отражается коэффициентом снижения скорости, изменяющимся от 1 до 0,5.

Постоянно действующие факторы

Неровный профиль дороги

Повороты на 180 град на минимальном участке пути

Большой угол уклона гористой местности

Повороты с закрытой видимостью

Вынос почвы, грунта, древесно-кустарниковых остатков на дорогу

Узкая проезжая часть дороги

Непредвиденные, или случайные, факторы

Промоины на дороге при сходе снега или дождевой-воды

Камнепад на дороге

Рисунок 1.3 – Факторы, влияющие на скоростной режим автотранспорта в условиях Республики Дагестан

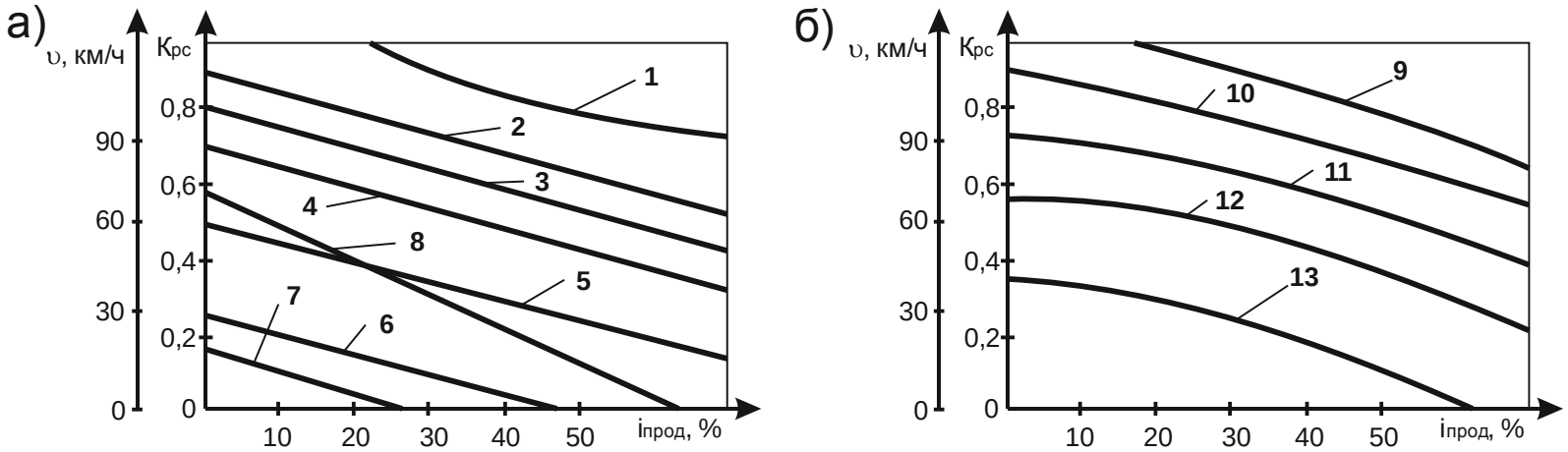


Рисунок 1.4 – Влияние продольного уклона $i_{прод}$ и состояния покрытия на скорость движения автомобиля υ и коэффициент снижения $K_{рс}$ расчетной скорости: *а* – на подъеме; *б* – на спуске; *1* – сухое чистое покрытие, f = 0,015; 2 – рыхлый снег толщиной h = 2…5 мм, f = 0,02; 3 – уплотненный снег, f = 0,04; 4 – рыхлый снег, h = 20 мм, f = 0,09; 5 – то же, h = 40 мм, f = 0,10; *6* – то же, h = 80 мм, f = 0,15; *7* – то же, h = 10 мм, f = 0,17; *8* – гололед, f = 0,09; *9* – сухое чистое покрытие, φ = 0,5…0,6; *10*– мокрое, φ = 0,4; *11*– то же, φ = 0,3; *12* – снежный накат, φ = 0,2; *13* – гололед, φ = 0,1

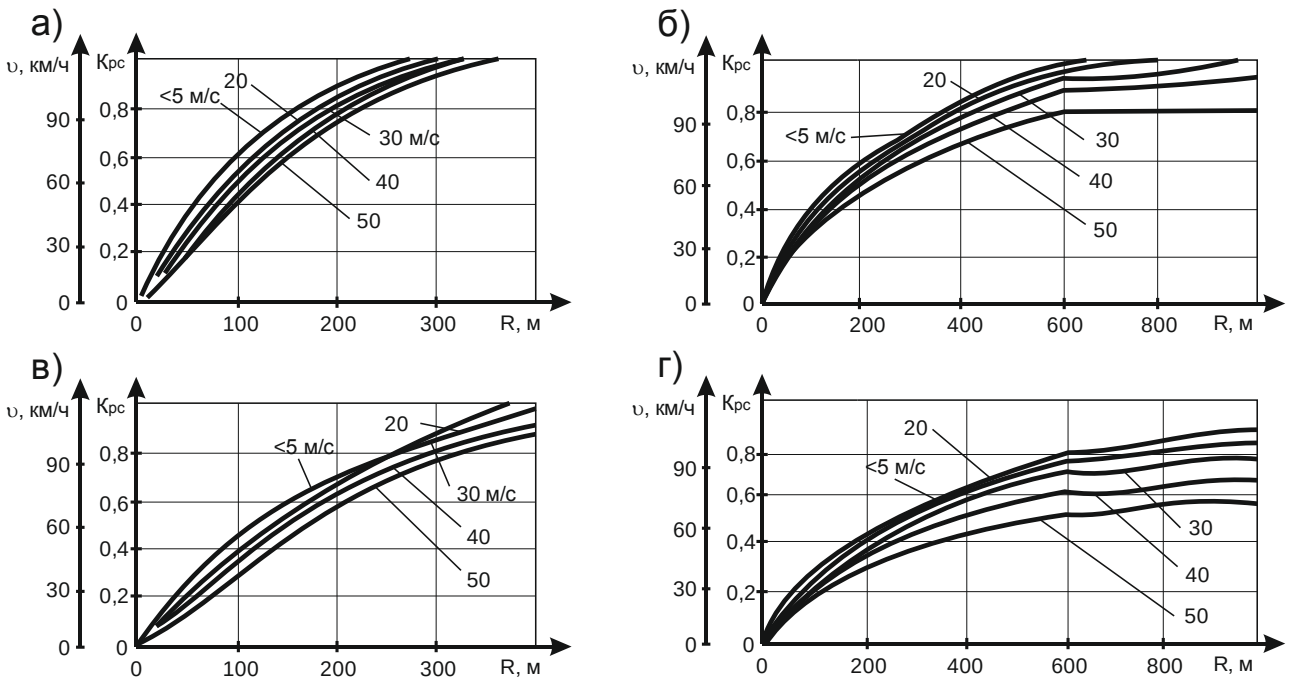


Рисунок 1.5 – Влияние радиуса *R* кривой в плане и ветра на скорость υ автомобиля: *а* – сухое чистое покрытие, φ = 0,6; *б* – мокрое чистое покрытие, φ = 0,4; *в* - слой рыхлого снега или снежный накат, φ = 0,2; *г* - гололед, φ = 0,1

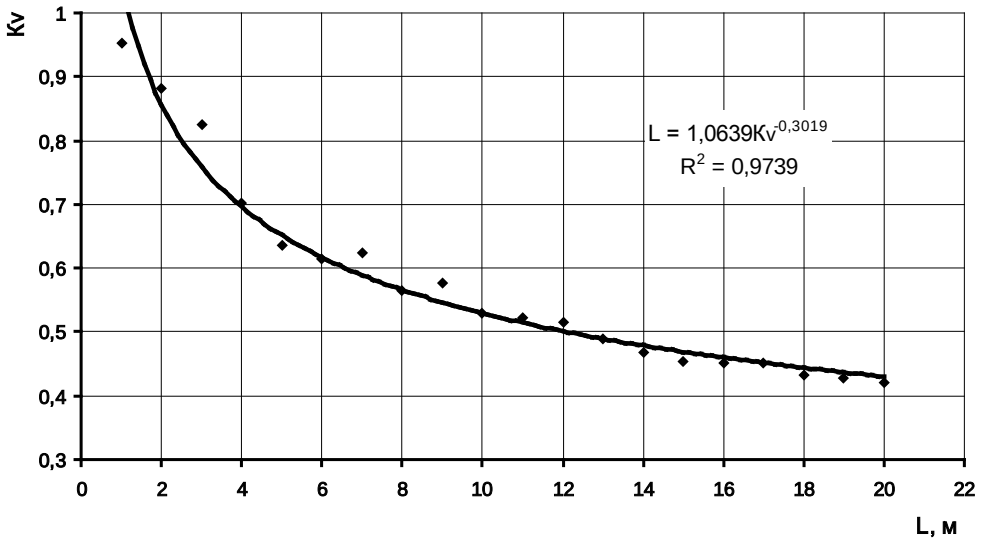


Рисунок 1.6 – Влияние длины неровностей дорожного полотна на коэффициент снижения скорости движения автомобиля

Остальные постоянно действующие факторы оказывают незначительное влияние на коэффициент снижения скорости движения автомобиля, а провести расчет по непредвиденным факторам очень затруднительно вследствие непредсказуемости и редкого проявления.

Также необходимо отметить тот факт, что при движении автомобиля по неровной поверхности происходят колебания, которые передаются на водителя. Связь между частотой возмущающей силы, размерами неровностей проезжей части и скоростью движения рекомендуется устанавливать по характеристике плавности хода автомобиля.

В Республике Дагестан во время проведения уборочно-транспортных работ вся грузовая техника движется в направлении механического тока или элеватора со всех районов республики, при этом проделывая путь длиной до 250 км с разными дорожными условиями. Несомненно, применение грузовых машин обусловлено их производительностью, которая снижается с увеличением расстояния транспортирования собранного урожая. В итоге остро встает вопрос о повышении производительности грузовых машин. Повысить производительность грузового автомобиля можно путем увеличения его грузоподъемности за счет применения прицепов, а также увеличения скорости движения. Однако при движении автопоезда по неровным дорогам прицеп оказывает сильное воздействие на грузовой автомобиль, поэтому необходимо снижать данное воздействие путем использования современных или новых конструкций ТСУ. Также затрачивается большое время на выполнение погрузочно-разгрузочных операций. В связи с этим необходимо рассмотреть вопрос об оптимальном комплектовании необходимыми машинами уборочно-транспортных звеньев.

1.3 Организация и функционирование МТС в Республике Дагестан

В настоящее время организации и функционированию МТС уделяют большое внимание, особенно в современных рыночных условиях с их быстро меняющимися экономическими ситуациями.

Основной задачей МТС является выполнение работ в рамках договорных обязательств перед сельхозтоваропроизводителями по возделыванию сельскохозяйственной продукции, а также работ, связанных с эксплуатацией и ремонтом имеющегося парка машин [68, 70, 97, 102, 119, 122, 123]. Также необходи-

мо отметить, что созданные в республике МТС взяли на себя функции организаторской деятельности и поставки новых сельскохозяйственных машин, оборудования и запасных частей. В итоге функциональную деятельность МТС можно рассмотреть в виде схемы, представленной на рисунке 1.7.

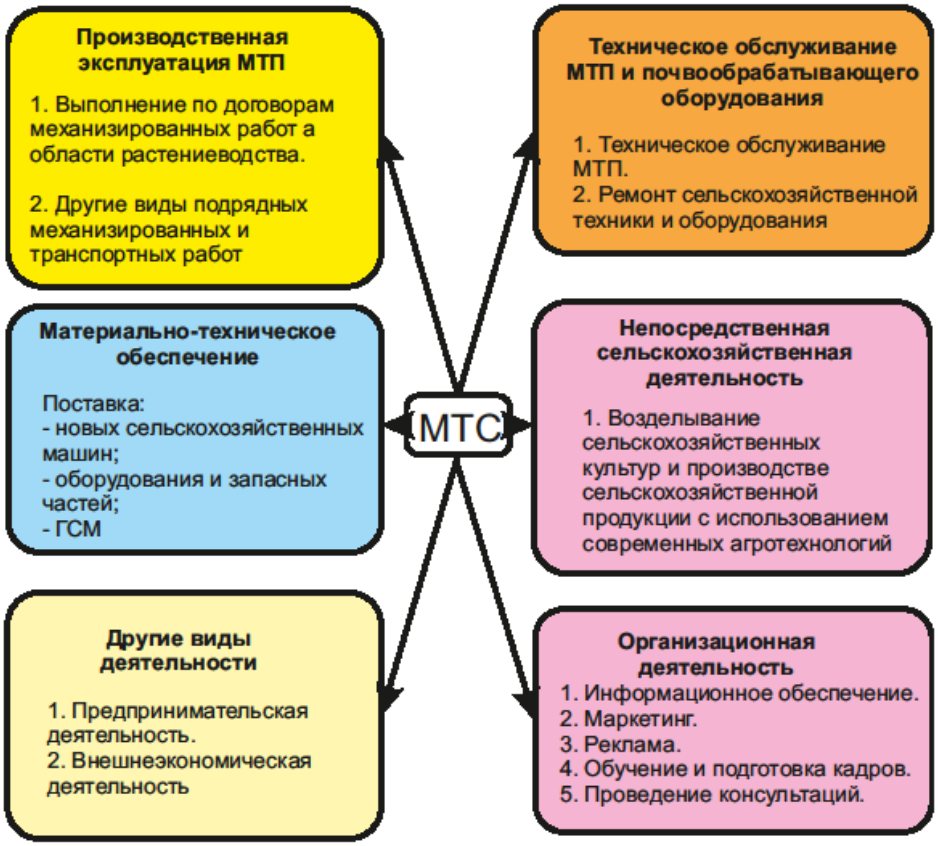


Рисунок 1.7 – Основное функциональное назначение МТС

С целью получения высокой прибыли МТС [77, 79, 88, 128, 129, 137, 139, 142] в рыночных условиях и сложившихся взаимоотношениях сельхозтоваропроизводителя с МТС при выполнении работ по возделыванию сельскохозяйственных культур наибольшую актуальность приобретает организация эффективного использования имеющейся сельскохозяйственной техники. Опыт работы МТС, имеющихся в Республике Дагестан, показал, что повысить эксплуатационные показатели МТП можно за счет сосредоточения техники в специализированных многофункциональных организациях, имеющих высококвалифицированные кадры. МТС старается использовать перспективные технологии

возделывания сельскохозяйственных культур, поэтому стремится пополнять парк имеющихся машин новой техникой, приобретаемой в кредит или лизинг.

В связи с тем, что в Республике Дагестан много мелких фермерских хозяйств с небольшим количественным составом парка машин, потребность в МТС в республике резко возросла.

Организация таких предприятий в стране в определенной степени стала конкретным решением возникших у товаропроизводителей трудностей с выполнением механизированных работ. В 1994 – 1995 гг. к решению данной проблемы были подключены такие научные учреждения России, как ГОСНИТИ, ВИМ, ВНИПТИМЭСХ, ВИИТиН, КубНИИТиМ, МГАУ, СПбГАУ, Саратовский ГАУ и многие др. Начиная с 1996 г. в создании МТС сыграл решающую роль ВНИИЭиН [92, 94, 95, 96, 98, 99, 101].

Научному обоснованию отдельных аспектов инженерно-технического обеспечения сельских товаропроизводителей, и в том числе МТС, уделялось большое внимание. В данном направлении большой вклад внесли такие ученые как Н.И. Агафонов, А.Г. Акчурин, А.О. Клейманов, Н.В. Краснощеков, В.М. Кряжков, В.В. Кузнецов, Л.И. Кушнарев, Э.И. Липкович, В.М. Михлин, Н.Н. Нисредов, М.А. Путинцева, М.Л. Рассказов, М.С. Рунчев, А.Э. Савенко, И.Г. Савин, В.А. Силагин, С.В. Фраде, С.С. Черепанов, В.И. Черноиванов и др.

Ведущая роль в развитии науки по эксплуатации машинно-тракторного парка принадлежит основоположнику земледельческой механики В.П. Горячкину и его последователям. Это В.Г. Антипин, В.Н. Болтинский, Б.С. Свиршевский, Г.В. Веденяпин, В.И. Виноградов, Н.К. Диденко, В.А. Желиговский, Ф.С. Завалишин, С.А. Иофинов, А.Б.Коганов, В.В. Кацыгин, Б.И. Кашпур, Ю.К. Киртбай, Н.И. Кленин, Н.В. Краснощеков, В.А. Кубышев, Б.А. Линтварев, И.Л. Полканов, М.А. Пустыгин, М.С. Рунчев, Д.П. Саакян, Р.Ш. Хабатов, А.А. Зангиев, А.Н. Скороходов и многие другие.

Большой вклад в науку по использованию МТП при решении вопросов методического, технологического и организационного характера внесен В.А. Аллилуевым [6], Д.Г. Вадивасовым, Г.В. Веденяпиным [23], С.А. Иофиновым

[56, 57], В.И. Казарцевым, Ю.К. Киртбая [62, 63, 64], Ю.А. Конкиным [66], Н.В. Краснощековым [72, 73, 74], В.М. Кряжковым, И.С. Левитским, Э.И. Липковичем [84], В.М. Михлиным, Я.Д. Певзнером, М.Я. Рассказовым, М.С. Рунчевым [125, 126], Б.С. Свирщевским, А.И. Селивановым, М.Е Ульманом. [144], С.С. Черепановым, В.И. Черноивановым [149] и др.

Р.Ш. Хабатов [145] рекомендует описывать срок выполнения сельскохозяйственных операций экстремальной выпуклой кривой. Д.Н. Саакян [123] и В.П. Альферьев [10, 11] обосновали аппроксимационные зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от календарного срока посева. Данные зависимости имеют вид параболы второго порядка.

Работы, связанные с выполнением соответствующих агротехнологий, осуществляются имеющимся парком машинно-тракторных агрегатов (МТА). Несомненно, при выполнении работ производительность МТА должна быть наибольшей. Повышение эффективности использования МТА при выполнении сельскохозяйственных операций предусматривает реализацию четырех направлений (рисунок 1.8): природно-климатического, технологического, организационного и экономического. Каждое из данных направлений предполагает осуществление нескольких мероприятий.

Исходя из вышеизложенного необходимо при работе МТА получать наибольшую производительность $П_э$, которую в виде целевой функции можно записать как [45, 49]:

$$П_э = 0{,}36 B_p \upsilon_p t \Rightarrow max, \qquad (1.1)$$

где: $B_р$ – рабочая ширина захвата агрегата, м;

$V_р$ – рабочая скорость движения агрегата м/с;

t – время смены, ч.

Профессором А.Н. Скороходовым [135] предлагается многоуровневый системный подход к моделированию процессов, выполняемых МТА, который предусматривает оптимальное комплектование парка машин МТС с учетом их производительности, объема работы и минимальных затрат.

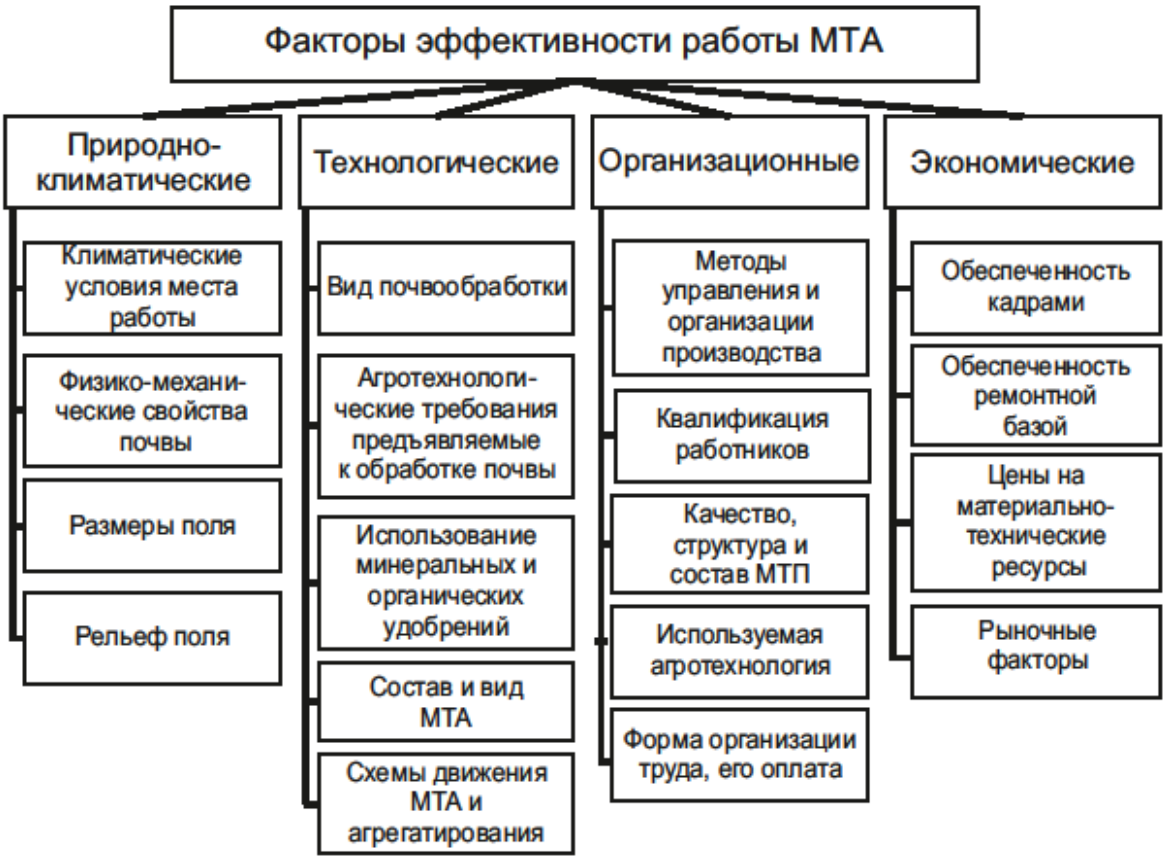


Рисунок 1.8 – Направления повышения эффективности работы МТА

Рассматривая производительность МТА, профессор С.А. Иофинов [56, 57] утверждает, что для ее повышения необходимо рассматривать время смены с учетом скорости движения почвообрабатывающего агрегата.

В работе А.А. Зангиева и др. [40] рассматривается более широкий подход к повышению производительности МТА с учетом комплексного обоснования всех геометрических параметров, режимов работы и состава МТА, оказывающих влияние на производительность.

На эффективность работы МТА также оказывает влияние его техническое состояние, которое можно оценить временем работы машины без поломок. В.А. Иванниковым [1] была предложена методика определения безотказной работы МТА по совокупности внезапных и постепенных отказов.

Профессор Р.Ш. Хабатов [145] впервые провел комплексное исследование по обоснованию параметров МТА и состава МТП на основе вероятностных методов.

Рассматривая опыт зарубежных стран по созданию организаций, оказывающих помощь сельхозтоваропроизводителям необходимо отметить схожесть ситуаций и с Республикой Дагестан.

Более половины затрат зарубежный фермер тратит на работу МТА и иногда не в состоянии полностью завершить агротехнологический процесс. В связи с этим в зарубежных странах: Германии, Франции, Италии, Нидерландах, Великобритании и др. – для оказания выполнения различных услуг фермеру используются различные формы сервиса, такие, как машинные кооперативы, машинные пулы, машинные ринги, CUMA (во Франции), аренда, прокат и др. [9, 10].

В Германии широкое распространение получили объединения фермеров. В составе объединения находятся несколько крупных фермерских хозяйств, которые совместно в равнозначной пропорции (или в договорном отношении) осуществляют приобретение новой техники. Оптимальное количество членов объединения фермеров составляет 2–3 (для легкости отношений), но когда необходимо приобрести дорогостоящую технику, работающую сезонно, то количество членов объединения увеличивается до 5–8 [10, 19, 26, 91, 93, 133, 158, 159].

Аналогичная ситуация прослеживается и в Австрии, Польше [134, 143], но в отличие от Германии некоторые объединения фермеров осуществляют вместо покупки техники ее аренду или лизинг [4]. Во Франции объединения фермеров получили название CUMA, они имеют льготы при налогообложении, получении кредита и во время приобретения техники [16, 78]. В США и Великобритании для выполнения механизированных работ фермер может выбрать один из трех вариантов контрактов: помощь подрядчика – контрактора; аренду по контракту на 2–3 года; краткосрочную аренду или прокат [65, 67, 78, 81]. Но при общей схожести кооперации машин в зарубежных странах все же ее формы различны, и в первую очередь это обусловлено экономическими и юридическими отношениями между фермером и предприятием, оказывающим ему услуги [16, 41, 61, 69].

В настоящее время как в зарубежных странах, так и в России крестьянско-фермерские хозяйства активно используют аренду или прокат техники. Отличие аренды техники от ее проката заключается в том, что при аренде техника находится в хозяйстве арендатора, а при прокате возможно кратковременно выполнение работы данной техникой. Кроме того, различие аренды и проката выражается в сроках договорных отношений [7, 8, 20]. В связи с этим в России в среднем 22,8 % крестьянских (фермерских) хозяйств пользуются арендой и прокатом техники [22, 24, 35, 37].

В США, Канаде и Австралии на примере Германии объединение фермеров названо машинным пулом. Отличительная особенность машинных пулов заключается в том, что фермеры приобретают технику в раздельное владение, а доля оплаченных издержек зависит от времени работы техники на ферме [16, 156, 157].

В Германии кроме объединений фермеров используется машинный ринг – это объединение фермерских хозяйств для совместного использования сельскохозяйственной техники, оказания механизированных и агротехнических услуг сторонним организациям [6, 56, 153, 154, 155].

Из вышеизложенного можно сделать заключение, что не все рассмотренные формы использования техники по той или иной причине могут быть использованы в Республике Дагестан. На сегодняшний день в республике активно развиваются МТС, однако в рамках существующих и вновь создаваемых МТС есть целесообразность внедрять прокат и аренду техники, а также развивать кооперативы по ремонту техники и по ее использованию.

При рассмотрении существующих работ, посвященных эффективному функционированию различных структур и форм организаций для выполнения работ, связанных с возделыванием сельскохозяйственных культур, было выявлено, что они в основном анализируют повышение производительности отдельно взятых машинно-тракторных агрегатов (МТА) и структур, входящих в состав МТС. При этом очень важный показатель – как минимизация затрат с

сохранением качества производства работ – или вовсе не рассматривался, или рассматривался частично.

При анализе затрат энергии [38], необходимых для выполнения агротехнологий по возделыванию зерновых культур, было установлено, что наибольшее количество энергозатрат составляют подготовка почвы к посеву и внесение минеральных удобрений [148]. Но высокие показатели данных операций связаны с приобретением удобрений и посевного материала. Если рассмотреть затраты энергии с точки зрения использования машин, то на первое место выходят затраты, связанные с выполнением уборочно-транспортных работ. При этом без качественного выполнения данных работ фермер не получит прибыли.

Анализ парка машин КФХ Республики Дагестан показал, что мелкий фермер не в состоянии содержать комбайн, поэтому ему приходится прибегать к услугам МТС. В настоящий момент в республике отсутствуют какие-либо договоренности о работе между МТС и мелким фермером, что приводит к снижению производительности работ МТС и потере урожая со стороны фермера.

Снижения затрат можно добиться путем правильной организации выполняемых работ и оптимального комплектования звеньев машин, выполняющих определенный вид работы, обладающих высокой производительностью.

1.4 Расчет количественного состава парка машин для выполнения сельскохозяйственных операций

В настоящее время в республике функционирует 12 МТС, которые предоставляют сельхозтоваропроизводителям различные услуги, например уборочно-транспортные работы, различные почвообрабатывающие операции, ремонт и т. д. Наиболее востребованная операция, выполняемая МТС , – это уборка и транспортировка урожая. Вследствие высокой стоимости уборочной техники и затрат на ее содержание мелкие хозяйства, а их насчитывается в республике более 40 тысяч, не в состоянии приобрести уборочную технику и вынуждены обращаться в МТС.

Для выполнения всего комплекса работ для в состав МТС должны входить несколько видов звеньев, состоящих из различных машин, а именно:

– звено машин, предназначенных для выполнения предпосевных работ, состоящее из тракторов и почвообрабатывающих машин;

– звено машин, предназначенных для выполнения посевных работ и ухода за посевами, состоящее из энергонасыщенных тракторов и посевных машин, машин для внесения минеральных удобрений и опрыскивателей;

– звено машин, выполняющих уборочно-транспортную операцию, состоящее из комбайна и грузовых автомобилей, осуществляющих перевозку собранного урожая;

– звено по сервисному обслуживанию техники.

Количественный и качественный состав машинного парка МТС должен определяться в зависимости от производительности машин, предполагаемых объемов работ, а также сроков их выполнения. При этом желательно использовать тракторы в течение всего года на различных операциях. Для этого необходимо комплектование МТС почвообрабатывающими орудиями, обеспечивающими задействование всего парка тракторной техники с различным номинальным тяговым усилием. Также необходимо учесть факт повышения затрат на транспортировку механизированных звеньев при выполнении работ в отдаленных районах республики [50, 54, 55].

С целью обоснования работы МТС при выполнении полного комплекса операций по возделыванию сельскохозяйственных культур необходимо произвести разбивку или объединение нескольких операций, выполняемых механизированным звеном определенного вида. Поэтому эффективность работы механизированных звеньев будет зависеть от их производительности и взаимосвязанной работы. То есть для выполнения некоторых видов операций, например, уборки, необходимо обеспечение непрерывной работы зерноуборочного комбайна, с которым связана работа машины, обеспечивающей погрузку, доставку и выгрузку собранного урожая. Если не обеспечить согласованность работы комбайна и грузовых автомобилей, то могут образоваться технологические

простои комбайна или машин, увеличится время выполнения уборочно-транспортных работ, что отразится на качестве выполнения работ и их стоимости [82, 86, 87]. Уборочно-транспортные звенья необходимо формировать из современных высокоэффективных машин с учетом научных достижений [83, 89, 90, 150].

Для оптимизации состава и структуры механизированных звеньев МТС, в состав которых входят энергонасыщенные тракторы, комбайны и почвообрабатывающие орудия, следует использовать методы экономико-математического моделирования. Входной величиной для расчета количественного и качественного состава парка машин должна быть выбрана посевная площадь. Таким образом математическая модель, описывающая оптимальный состав парка машин МТС, необходимого для комплектования механизированных звеньев, в общем виде должна содержать минимум приведенных затрат. Эффективность работы сельскохозяйственных машин при выполнении требуемой агротехнологии можно оценить коэффициентом использования различных машин $K_{исп.i}$:

$$K_{исп.i} = \sum_{i=1}^{n} V_i / V_{об}, \; k = 1,2,3,...,n \qquad (1.2)$$

где V_i – объем сельскохозяйственных работ выполненный i-м видом машин, га, т;

$V_{об}$ – общий объем сельскохозяйственных работ данного вида, га, т.

Целесообразнее при определении коэффициента использования машин применять часовую производительность машины, по которой можно провести расчет времени выполнения данного вида работ:

$$K`_{исп.i} = \sum_{=1}^{n} (m_i П_{эi} T_i) / V_{об}, \qquad (1.3)$$

где m_i – число машин данного вида;

$П_{эi}$ – часовая эксплуатационная производительность машины, га/ч;

T_i – число часов работы машины, ч.

Выполнение сельскохозяйственных работ возможно различными типами МТА, поэтому эффективность их использования будет зависеть от коэффици-

ента эффективности, и при сравнении коэффициентов разных МТА можно судить об эффективности их применения. Однако данный коэффициент не дает возможности оценить затраты, связанные с использованием данного МТА, поэтому необходимо провести расчет приведенных затрат МТА

$$З_{пi} = C_{м.ч.i} X_i, \tag{1.4}$$

где $З_{пi}$ – приведенные затраты при эксплуатации машины i-го типоразмера, руб.;

X_i – продолжительность работ машины, ч;

$С_{м.ч.i}$ – стоимость одного часа работы машины *i*-го типоразмера, руб./ч.

Продолжительность работы машин при выполнении сельскохозяйственных операций определим как

$$X_i = V_i / П_{эi}. \tag{1.5}$$

Расчет продолжительности работы машин при выполнении сельскохозяйственной операции необходимо производить с учетом полного выполнения объемов работ, тогда введем ограничение вида

$$X_i \le Ф_i; \tag{1.6}$$

где $Ф_i$ – фонд рабочего времени машины *i*-го типоразмера.

Определение и сравнение коэффициента эффективности применяемого вида и типа МТА будет проводиться в следующей последовательности. Сначала рассматривается объем работ, который необходимо выполнить предлагаемыми видами МТА, и записываются известные величины соответственно V_j, $Ф_i$, $П_{эi}$, $С_{м.ч.i}$. Далее определяется продолжительность работы МТА при выполнении заданного объема работ, и полученные значения записываются в таблицу 1.2.

Затем производится расчет приведенных затрат, и этот показатель также заносится в таблицу. Последним этапом расчета является определение числа приоритета $Z_{прi}$, которое находится суммированием по строкам, записанным в ячейках расчетной таблицы.

Таблица 1.2 – Расчет оптимального выбора состава машин, выполняющих сельскохозяйственные операции по возделыванию сельскохозяйственных культур

Состав агрегата	Вид сельскохозяйственной операции				Фонд рабочего времени, Ф	Число приоритета, $Z_{пр}$
	V_1	V_2	…	V_n		
1	$П_{Э11}$ $С_{м.ч.11}$ $Х_{11}$ $З_{п\,11}$	$П_{Э12}$ $С_{м.ч.12}$ $Х_{12}$ $З_{п\,12}$	…	$П_{Э1n}$ $С_{м.ч.1n}$ $Х_{1n}$ $З_{п\,1n}$	$Ф_1$	$Z_{пр1}$
2	$П_{Э21}$ $С_{м.ч.21}$ $Х_{21}$ $З_{п\,21}$	$П_{Э22}$ $С_{м.ч.22}$ $Х_{22}$ $З_{п\,22}$	…	$П_{Э2n}$ $С_{м.ч.2n}$ $Х_{2n}$ $З_{п\,2n}$	$Ф_2$	$Z_{пр2}$
3	$П_{Э31}$ $С_{м.ч.31}$ $Х_{31}$ $З_{п\,31}$	$П_{Э32}$ $С_{м.ч.32}$ $Х_{32}$ $З_{п\,32}$	…	$П_{Э3n}$ $С_{м.ч.3n}$ $Х_{3n}$ $З_{п\,3n}$	$Ф_3$	$Z_{пр3}$
…	…	…	…	…	…	…
M	$П_{Эm1}$ $С_{м.ч.m1}$ $Х_{m1}$ $З_{п\,m1}$	$П_{Эm2}$ $С_{м.ч.m2}$ $Х_{m2}$ $З_{п\,m2}$	…	$П_{Эmn}$ $С_{м.ч.mn}$ $Х_{mn}$ $З_{п\,mn}$	$Ф_m$	$Z_{прm}$

В итоге наиболее эффективным агрегатом, выполняющим сельскохозяйственную операцию при возделывании сельскохозяйственных культур, будет тот, который в результате расчета будет иметь большее значение числа приоритета. При этом необходимо учесть тот факт, что чем больше число полей, на которых необходимо провести почвообрабатывающие операции силами одного МТС, тем выше достоверность вывода, отвечающего за эффективность работы того или иного сельскохозяйственного агрегата или комплекса машин, выполняющих определенный вид работ, например уборочно-транспортные работы.

В связи с тем, что парк машин МТС в Республике Дагестан практически сформирован, необходимо произвести расчет основных затрат, необходимых для функционирования механизированных звеньев в составе МТС.

При рассмотрении алгоритма эффективности применения МТС при взаимоотношениях между МТС и сельхозтоваропроизводителем было установлено, что для начала взаимоотношений необходимо рассмотреть состав и структуру существующих МТС, провести анализ деятельности сельхозтоваропроизводителя (рисунок 1.9). Затем необходимо провести экономический расчет эффективности МТС с целью выявления себестоимости выполнения сель-

скохозяйственных работ и наметить пути повышения производительности машин при выполнении сельскохозяйственных операций.

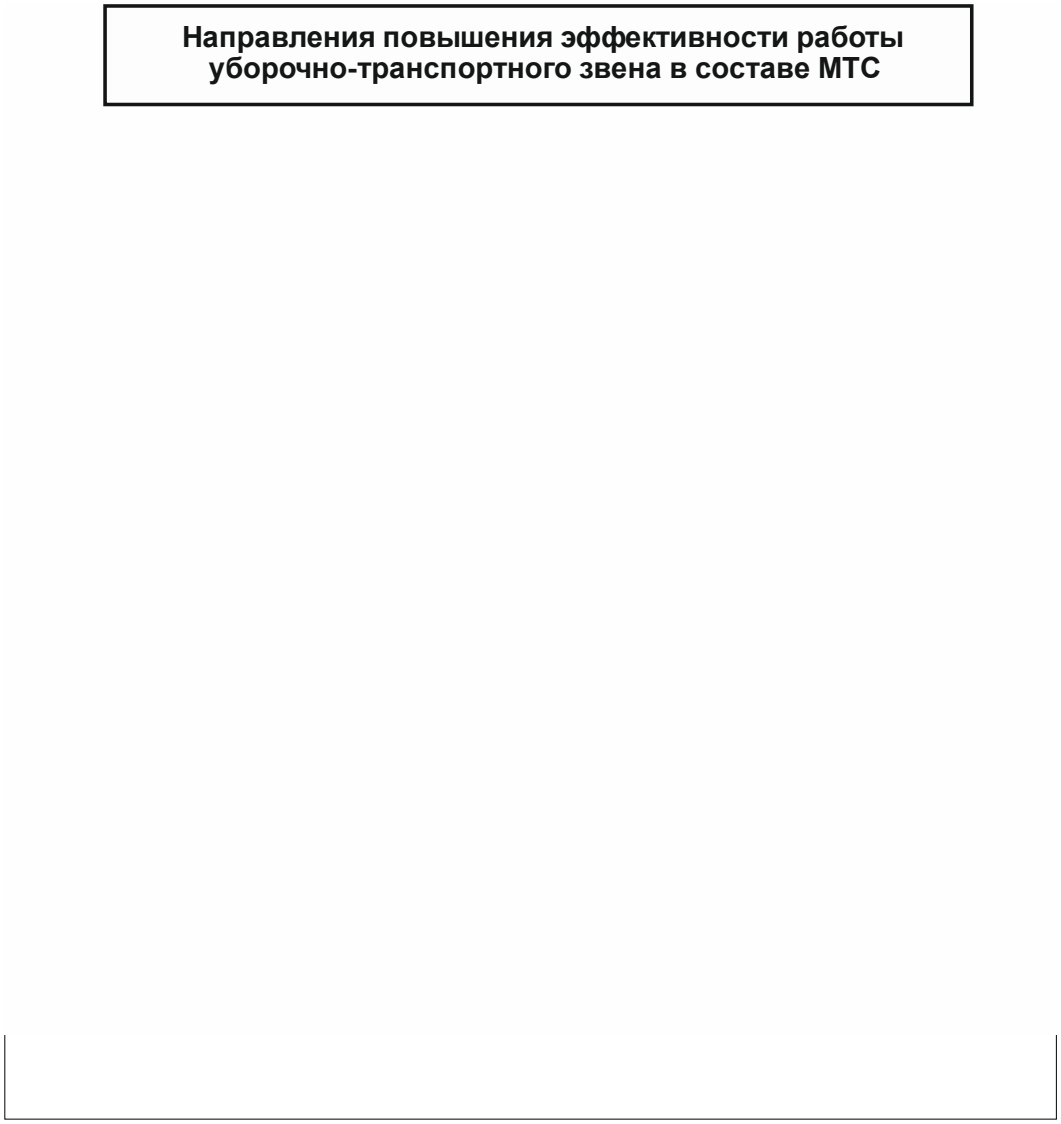


Рисунок 1.9 – Схема алгоритма повышения эффективности уборочно-транспортного звена в составе МТС

Как было сказано ранее, рекомендуется механизированные звенья разбить на несколько видов согласно их типу или виду выполняемых сельскохозяйственных операций. Так, рассматривая работу механизированного звена, обеспечивающего предпосевную обработку и посев сельскохозяйственных культур, можно отметить то обстоятельство, что МТС в полном объеме и установленные сроки выполняет данные операции. При этом мелкие сельхозтоваропроизводители не прибегают к помощи сил и средств МТС при выполнении

данных операций. Это объясняется тем, что мелкие собственники имеют собственный парк МТА и вполне справляются со своими посевными площадями.

Однако необходимо отметить тот факт, что при выполнении уборочно-транспортных работ собственных сил мелких сельхозтоваропроизводителей не хватает, и они прибегают к помощи механизированных звеньев МТС. Здесь возникает спорный вопрос о том, что в настоящий момент в Республике Дагестан нет четких взаимоотношений между МТС и крестьянско-фермерским хозяйством. Заключая договор о выполнении уборочно-транспортных работ, КФХ вынуждено идти на все требования и условия администрации МТС. Порой эти требования настолько высоки, что КФХ невыгодно прибегать к помощи МТС, что в конечном итоге приводит к неэффективности работы как КФХ, так и МТС. То есть КФХ несут большие убытки за счет несобранного в срок урожая, а МТС из-за отсутствия заказчика и простоя техники. Также необходимо отметить и работу зернового элеватора. При отсутствии зерна или его наличии, но плохого качества, вследствие долгой уборки, элеватор также несет убытки из-за простоя или высоких затрат на хранение некачественного зерна.

Анализ работы МТС показывает, что наиболее существенными факторами, повышающими успешность функционирования МТС, являются организационно-экономическое, техническое и технологическое направления (рисунок 1.10). Рассматривая каждый блок направлений отдельно, можно установить, что организационно-экономическое направление в данной работе представлено использованием инжиниринговых мероприятий, касающихся уборочно-транспортных звеньев и транспортных единиц.

Техническое направление в настоящее время базируется на модернизации имеющихся машин, входящих в состав МТС.

Технологическое направление также связано с уборочно-транспортными звеньями и транспортными машинами. В свою очередь очевидно, что модернизация существующих машин, направленная на повышение эффективности транспортных работ, напрямую зависит от производительности машины. В

свою очередь производительность машины является функцией скорости передвижения и объема перевозимого груза.

Рисунок 1.10 – Решения по повышению эффективности функционирования уборочно-транспортного звена в системе МТС

Таким образом установлено, что повышение эффективности функционирования МТС напрямую зависит от эффективности уборочно-транспортных звеньев и транспортных машин.

Также необходимо отметить тот факт, что с целью снижения энергоемкости процесса выполнения уборочно-транспортных работ необходимо оптимальное комплектование звеньев. При этом экономически целесообразнее производить транспортировку собранного урожая с помощью автопоездов, состоящих из грузового автомобиля и прицепа. В процессе движения автопоезда в его тягово-сцепном устройстве (ТСУ) возникают высокие нагрузки, которые приводят к его разрушению. В связи с этим необходимо рассмотреть способы и

существующие конструкции ТСУ, обеспечивающие снижение нагрузки в конструкции ТСУ.

1.5 Анализ тягово-сцепных устройств автопоездов (ТСУ)

Многочисленные исследования, проведенные в области динамики автопоездов, побудили исследователей и изобретателей к разработке большого количества вариантов тягово-сцепных устройств, работа которых обеспечивала бы комфортность водителя машины и повышала эксплуатационные показатели автопоезда.

В настоящее время разработано большое количество ТСУ разной конструкции с применением различных материалов. Однако в большинстве конструкций ТСУ применяются резиновые буфера. Несомненно, конструкция данных ТСУ наиболее проста, однако физико-механические свойства резины зависят от температуры окружающей среды, да и нагрузки, передаваемые резиновыми буферами, небольшие. Наиболее часто применяются пружинные ТСУ. По конструкции данные ТСУ просты, легки в изготовлении, обладают достаточной надежностью и высокой деформацией при высоких нагрузках.

В настоящий момент известна конструкция ТСУ (рисунок 1.11), [110] которое крепится на раму *1* тягача и содержит корпус *2*, в котором размещены буксирный крюк *4* со штоком *5* и упругий элемент *3*.

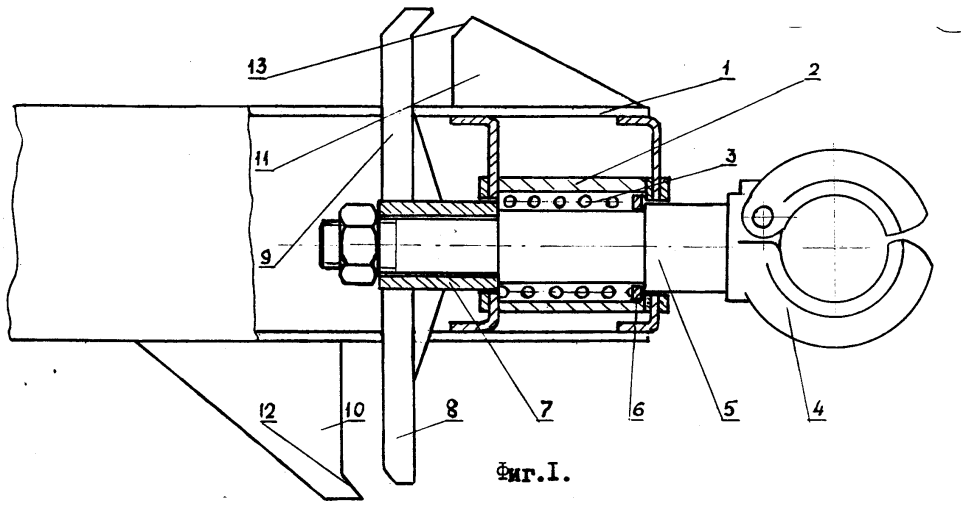


Рисунок 1.11 – ТСУ (патент 2099201)

Также известна конструкция ТСУ автопоезда [115], содержащая крюк, соединенный двумя шпильками, двумя специальными шайбами, двумя стопорными кольцами и четырьмя гайками с Т-образной вставкой. Т-образная вставка контактирует с одной стороны с четырьмя пружинами, а с другой – со сцепной петлей.

Пневматические ТСУ по сравнению с пружинными ТСУ и резиновыми буферами обладают низкой материалоемкостью и широким диапазоном деформации. Другим достоинством пневматических ТСУ является то, что в них возможна регулировка жесткости, и они способны передавать большие нагрузки. Однако недостатком пневматических ТСУ является сложность в изготовлении, низкая надежность, неудобства в эксплуатации и обслуживании.

В конструкции ТСУ, предложенной П. П. Гамаюновым, [112], наряду с пружинными элементами предусмотрены дополнительные элементы, в качестве которых выступают упругие демпферы, позволяющие осуществлять дополнительно блокировку тягового звена. Характер работы упругих демпферов зависит от силы упругости пружин на данном участке деформации. Но данные упругие демпферы обладают рядом недостатков, одним из которых является инертность нарастания блокирующей силы. Поэтому вместо них могут быть использованы жесткие фрикционные элементы [113].

Изменение динамических процессов в тягово-сцепном устройстве быстротечно и протекает с ударными нагрузками. В связи с этим в некоторых конструкциях ТСУ устанавливается гидравлический демпфер [3]. Однако широкое применение гидравлических демпферов связано с рядом недостатков: они не обеспечивают эффективной работы ТСУ в широком диапазоне переменных ударных нагрузок, возникающих в результате различной загрузки прицепного средства.

Известна конструкция ТСУ автопоезда, содержащая [116] два гидроцилиндра, обеспечивающие соединение тягача с прицепом. Гидроцилиндры позволяют гасить продольные колебания, передаваемые на тягач от прицепа при движении, за счет гидравлического демпфера, включенного в гидросистему.

При использовании тягово-сцепного устройства [2] повышается поперечная устойчивость ТТА на повороте за счет изменения его кинематических параметров. Однако при прямолинейном движении рабочий процесс в данном ТСУ протекает так же, как и в предыдущем устройстве. При воздействии переменных ударных нагрузок поршень перемещается относительно корпуса в направлении, противоположном действующей нагрузке, за счет этого осуществляется сглаживание воздействия данных нагрузок.

Но, как и в конструкции устройства [111], отсутствует возможность регулирования гидравлического сопротивления перетекающей жидкости, что затрудняет повышение эффективности работы данного устройства в зависимости от различной загрузки прицепа.

Сглаживание переменных ударных нагрузок в ТСУ осуществляется за счет создания предварительного сопротивления путем включения в конструкцию устройства золотника. Однако данная конструкция имеет недостаток, заключающийся в том, что эффективная работа по сглаживанию ударных нагрузок осуществляется лишь в случае наката, тогда как в случае отставания золотник, перемещаясь в штоке амортизатора, упирается в заднюю стенку и перекрывает дросселирующие отверстия и клапаны в штоке.

Известно ТСУ [114], выполненное в виде дышла жесткой силовой конструкции треугольной формы и включающее продольные и поперечные тяги, соединенные в виде треугольника. В вершине треугольника установлена сцепная петля для соединения со сцепным элементом грузового автомобиля. С целью повышения надежности конструкции сцепная петля изготовлена из высокопрочного материала.

Общим недостатком, объединяющим все тягово-сцепные устройства, является невозможность обеспечения безаварийной работы в процессе эксплуатации в сложных дорожных условиях при значительных углах слома между автомобилем и прицепом.

1.6 Цель и задачи исследования

Анализ состояния АПК Республики Дагестан показывает, что в результате реформирования сельского хозяйства произошло уменьшение посевных площадей, сокращение численности сельскохозяйственной техники и снижение уровня ее готовности. Полностью прекратились поставки новых машин в республику, и МТП существующих МТС не обновлялся.

Сложившаяся негативная ситуация усугубляется тем, что в настоящий момент мелкие крестьянские хозяйства не в состоянии выполнять уборочно-транспортные работы вследствие дороговизны используемых машин и прибегнуть к помощи МТС из-за отсутствия четких взаимовыгодных отношений. Это обстоятельство заставляет нас заниматься поиском качественно новых форм взаимоотношений между потребителем и предоставителем услуг по уборке урожая, транспортировке, переработке, хранению и т. д.

Учитывая сложные природно-климатические условия в Республике Дагестан, необходимо в короткие сроки проводить уборочно-транспортные работы. В связи с этим необходимо повысить производительность на уборочно-транспортных работах путем оптимизации количественного состава уборочно-транспортного звена и повышения производительности автопоездов. В свою очередь повысить производительность автопоезда в сложных дорожных условиях Республики Дагестан можно за счет снижения динамического воздействия прицепа путем использования усовершенствованных конструкций ТСУ.

Целью данного исследования является повышение производительности автопоездов, оборудованных демпфирующим тягово-сцепным устройством, путем снижения динамического воздействия прицепа на автомобиль.

В соответствии с поставленной целью в работе необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ эффективности использования уборочно-транспортных звеньев в условиях Республики Дагестан.

2. Теоретически обосновать рациональный состав уборочно-транспортного звена, определить производительность автопоезда, оборудованного демпфирующим тягово-сцепным устройством, и установить влияние его конструктивно-технологических параметров на скоростной режим автопоезда.

3. Провести экспериментальные исследования влияния тягово-сцепного устройства с дополнительным пружинным элементом на динамическое воздействие прицепа, скоростные характеристики и производительность автопоезда.

4. Определить технико-экономическую эффективность применения автопоездов, оборудованных тягово-сцепным устройством, в составе уборочно-транспортных звеньев.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОПОЕЗДОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ

2.1 Технология проведения уборочно-транспортных работ в Республике Дагестан

В настоящий момент в АПК Республики Дагестан сосредоточено большое количество сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности, которые легли в основу создания и комплектования МТС. В республике сосредоточено большое количество мелких крестьянско-фермерских хозяйств, которые обращаются в МТС за помощью, особенно для проведения уборочно-транспортных работ.

В Дагестане сложные климатические условия, так как в конце лета выпадает большое количество осадков, при этом наблюдается быстрая изменчивость погоды в течение дня. Поэтому с целью сохранения урожая и его хорошего качества необходимо осуществлять процесс уборки в короткое время. Для этого необходимо повысить производительность транспортно-уборочных машин и обосновать их количество.

Так, количество зерноуборочных комбайнов в одном механизированном звене будет зависеть от интенсивности созревания зерновой культуры, формы и площади поля, а также от урожайности зерновой культуры. В связи с тем, что средняя площадь полей в Республике Дагестан достигает 30 га, а длина гона 400 м (рисунок 2.1), целесообразнее механизированные звенья комплектовать 1–2 зерноуборочными комбайнами одной марки. Наиболее распространенные зерноуборочные комбайны в республике – это ДОН-1500, СК-5 «Нива» и «Енисей-1200».

Количество комбайнов $N_{к,}$ необходимое для уборки зерновых культур за определенный период времени, когда наступила восковая спелость, можно определить исходя из его производительности:

$$N_к = \frac{S_п}{T_р П_к}, \qquad (2.1)$$

где $S_п$ – площадь поля, закрепленная за механизированным звеном, га;

$T_р$ – соответственно количество рабочих дней, необходимые для выполнения уборочно-транспортных работ, дни;

$П_к$ – соответственно сменная производительность зерноуборочного комбайна, га/смена.

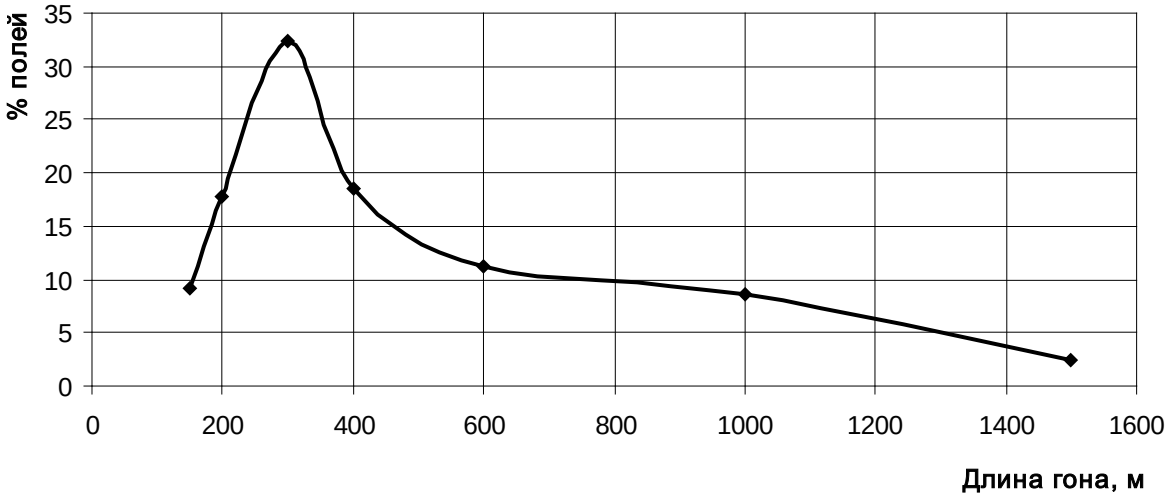


Рисунок 2.1 – Распределения полей Республики Дагестан по длине гона

Снижение сроков проведения уборочных работ возможно путем использования высокопроизводительных зерноуборочных комбайнов. За основу расчета количественного состава уборочно-транспортного звена возьмем производительность зерноуборочного комбайна в тоннах убираемого урожая

$$П_к = 0{,}36 В_з \upsilon_р У К_ш, \qquad (2.2)$$

где $B_з$ – ширина захвата зерноуборочного комбайна, м;

$\upsilon_р$ – скорость зерноуборочного комбайна, км/ч;

У – урожайность убираемой культуры, т/га;

$K_ш$ – коэффициент использования ширины жатки.

Однако с целью снижения сроков выполнения уборочных работ при увеличении производительности комбайна необходимо соблюдать условие быстрой транспортировки собранного урожая. В настоящий момент в Республике Дагестан работает один аккредитованный элеватор. Собранный урожай от зерноуборочного комбайна с помощью грузовых автомобилей транспортируется

на механический ток или склад, а затем с помощью автопоездов зерно перевозится на элеватор.

На сегодняшний день в республике большая часть сельскохозяйственных производителей – это мелкие фермеры, у которых отсутствуют складские помещения, в которых они могли бы хранить собранный урожай. В связи с этим с целью повышения производительности уборочно-транспортных звеньев нами предлагается использовать два способа транспортировки собранного урожая:

- первый – уборка и отгрузка из комбайна в автопоезд, транспортировка на ток и транспортировка на элеватор автопоездами с демпфирующими ТСУ;
- второй – уборка, отгрузка из комбайна, транспортировка на элеватор автопоездами с демпфирующими ТСУ.

Тогда технологический процесс транспортировки зерна будет выглядеть следующим образом (рисунок 2.2).

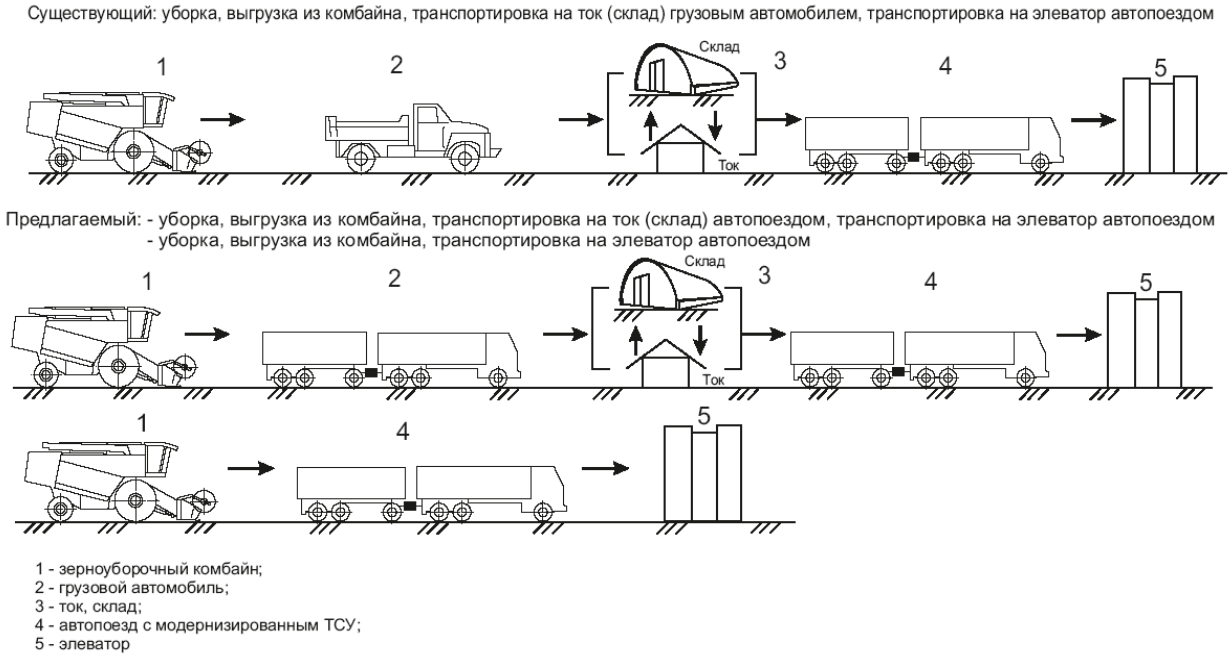


Рисунок 2.2 – Схема технологического процесса транспортировки зерна

Согласно представленной схеме технологический процесс транспортировки зерна будет осуществляться при следующих условиях:

Вариант 1 – $П_к n_к \le П_{га} n_{га} \le \left| П_{мт} n_{мт} \right| \le П_а n_а \le \left| П_э n_э \right|$, (2.3)

Вариант 2 – $П_к n_к \le П_а n_а \le \left| П_э n_э \right|$, (2.4)

где $П_к$, $П_{га}$, $П_{мт}$, $П_а$, $П_э$ – соответственно производительности зерноуборочного комбайна, грузового автомобиля, механического тока (сортировочный пункт), автопоезда, элеватора, т/ч;

$n_к$, $n_{га}$, $n_{мт}$, $n_а$, $n_э$ – соответственно количество зерноуборочных комбайнов, грузовых автомобилей, механических токов (сортировочный пункт), автопоездов, элеваторов, шт.

Проводя анализ представленных уравнений, можно отметить тот факт, что для обеспечения беспрерывной работы зерноуборочного комбайна необходимо подобрать такое количество грузовых машин, которое удовлетворяло бы условию

$$n_a П_a \geq n_к П_к . \tag{2.5}$$

Тогда потребное количество грузовых автомобилей для бесперебойной перевозки собранного урожая определим как

$$n_a = \frac{n_к П_к}{П_a} . \tag{2.6}$$

Для определения оптимального количества грузовых машин, необходимых для транспортировки собранного урожая, по зависимости (2.6) необходимо в качестве начальных условий задаться производительностью комбайна. Анализ зависимости (2.3) показал, что на производительность комбайна в большей степени влияет скорость его движения, которая в свою очередь зависит от урожайности убираемой культуры. В ходе расчета производительности комбайнов при уборке зерновых культур была получена номограмма (приложение Г), по которой, зная урожайность зерновых культур и тип комбайна, можно определить производительность комбайна при любой скорости его движения.

Зная производительность комбайна и время загрузки его бункера, для выполнения условия (2.6) необходимо определить часовую производительность грузового автомобиля, которая равна

$$П_a = \frac{Г}{t_{езд}} = \frac{V_к \rho_з K_{нк}}{t_{езд}} , \tag{2.7}$$

где Г – номинальная грузоподъемность автомобиля, т;

$V_к$ – объем кузова автомобиля, м^3;

$\rho_з$ – плотность зерна, т/м^3;

$K_{нк}$ – коэффициент наполнения кузова автомобиля;

$t_{езд}$ – время затрачиваемое на ездку грузового автомобиля, ч.

Анализ зависимости (2.7) показал, что повышение производительности грузового автомобиля возможно путем увеличения его грузоподъемности за счет использования прицепов и снижения времени ездки. Рассмотрим подробнее данный процесс.

2.2 Влияние скорости движения автопоезда и дальности транспортировки зерна на величину времени ездки

Согласно рассмотренным технологическим схемам транспортирования собранного урожая (рисунок 2.2) время ездки $t_{езд}$ складывается из времени движения грузового автомобиля с грузом $t_{гр}$, времени движения без груза $t_{бгр}$ и времени простоя на погрузке и разгрузке $t_{пр}$, тогда [48, 53, 146]

$$t_{езд} = t_{гр} + t_{бгр} + t_{пр} = t_{загр} + t_{гр} + t_{разгр} + t_{бгр}. \quad (2.8)$$

Анализ зависимости (2.8) показал, что снижение времени ездки грузового автомобиля или автопоезда возможно путем снижения времени движения автомобиля с грузом и без него, за счет повышения скорости его движения. Так как в состав времени одной ездки грузового автомобиля входит время, затрачиваемое на загрузку автомобиля зерном из комбайна, его выгрузку на элеваторе, то можно считать данные величины постоянными ($t_{загр}$ = const, $t_{разгр}$ = const) и зависящими от производительности загрузочных устройств комбайна и элеватора.

Время, затрачиваемое на простой грузового автомобиля под погрузкой и выгрузкой, будет складываться из времени выгрузки кузова автомобиля на складе или элеваторе $t_{сэ}$ и времени загрузки автомобиля у комбайна, тогда с учетом емкости бункера комбайна и производительности выгружающих устройств комбайна

$$t_{пр} = K_{сл} t_{сэ} + \frac{V_{бк}}{П_{шк}} + t_{орг}, \qquad (2.9)$$

где $K_{сл}$ – коэффициент, учитывающий время, затрачиваемое из-за сложности заезда на склад или элеватор;

$t_{сэ}$ – время, затрачиваемое на выгрузку грузового автомобиля (равно времени опрокидывания кузова автомобиля), ч;

$V_{бк}$ – объем бункера комбайна, м^3;

$П_{шк}$ – производительность выгрузного устройства комбайна, м^3/ч;

$t_{орг}$ – время, затрачиваемое на простои по организационным причинам, ч.

Рассматривая основные показатели, влияющие на время одной ездки грузового автомобиля (рисунок 2.3), можно констатировать тот факт, что в суммарное время ездки автомобиля входит параметр времени, затрачиваемого на движение автомобиля, и добиться снижения данного показателя можно только за счет увеличения скорости движения автомобиля. Суммарное время движения грузового автомобиля можно выразить отношением, составленным с учетом того, что суммарная длина пробега грузового автомобиля за одну ездку $\ell_е$ будет складываться из пробега с грузом $\ell_{гр}$ и пробега без него $\ell_{бгр}$, то есть $\ell_е = \ell_{гр} + \ell_{бгр}$. Тогда

$$t_{гр} = \frac{\ell_{гр}}{\upsilon_{теор} K_{\upsilon}}, \qquad (2.10)$$

$$t_{бгр} = \frac{\ell_{бгр}}{\upsilon_{теор}}, \qquad (2.11)$$

где $\ell_{гр}$, $\ell_{бгр}$ – соответственно длины ездки автомобиля с грузом и без него, км;

$\upsilon_{теор}$ – теоретическая скорость движения автомобиля, км/ч;

K_{υ} – коэффициент снижения скорости, зависящий от дорожных условий, для грузового автомобиля K_{υ} = 0,9…0,95, для автопоездов K_{υ} = 0,8…0,85.

Коэффициент снижения скорости движения автомобиля будем определять как

$$K_{\upsilon} = \frac{\upsilon_{дса}}{\upsilon_{теор}}, \qquad (2.12)$$

где $\upsilon_{дса}$ – действительная (рабочая) скорость движения автомобиля, км/ч.

Теоретическая скорость движения автомобиля на определенном участке дороги равна

$$\upsilon_{теор} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\upsilon_{max_i}}{i} = \sum_{i=1}^{n} \frac{S_i}{t_i}, \qquad (2.13)$$

где $\upsilon_{max\ i}$ – теоретическая максимальная скорость движения автомобиля на i-м участке дороги, км/ч;

i – количество разных участков дороги;

S_i – длина пути, пройденного автомобилем на i-м участке дороги, км;

t_i – время, затраченное на прохождение автомобилем i-го участка дороги, ч.

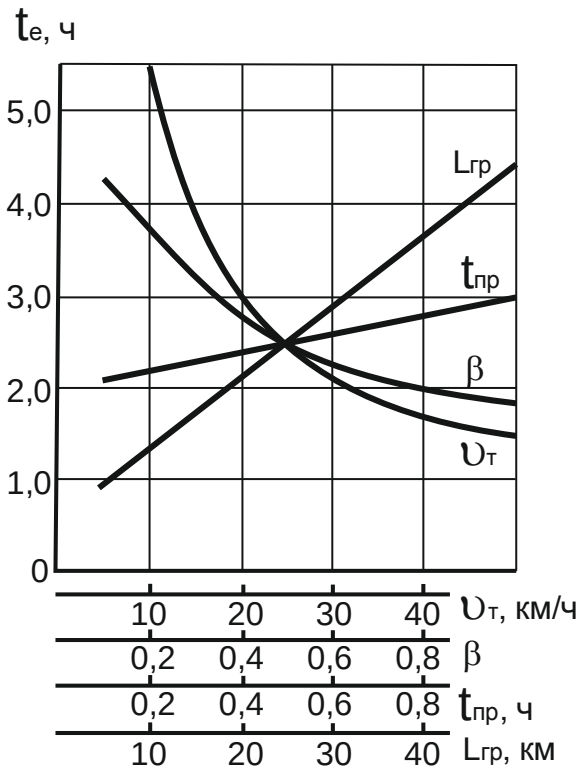


Рисунок 2.3 – Влияние основных факторов
на время ездки грузового автомобиля

Задавшись допущением, что максимальная скорость движения автомобиля реализуется номинальной мощностью двигателя, для определения максимальной скорости движения автомобиля определим величину силы тяги, при-

ложенной к ведущим колесам, и совокупность действующих сил сопротивления при движении автомобиля. Тогда уравнение движения автомобиля можно записать как

$$\frac{d\upsilon}{dt} = \frac{g}{\delta G_a}\left[F_к(\upsilon) - \sum F_c(\upsilon)\right], \qquad (2.14)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2;

δ – коэффициент учета вращающихся масс автомобиля;

$G_а$ – вес автомобиля, Н;

$F_к(\upsilon)$ – касательная сила тяги, развиваемая движителями автомобиля, Н;

$\Sigma F_с(\upsilon)$ – сумма сил сопротивления движению автомобиля, Н.

Анализ зависимости (2.14) показывает, что движение автомобиля возможно, когда касательная сила тяги, приложенная к движителю, больше суммарного сопротивления движению автомобиля. Касательную силу тяги, реализуемую при максимальной мощности, определим согласно зависимости [17]:

$$F_к = \frac{716{,}2Ne_{дв}}{n_{вк}} \frac{i_o i_{кпп} \eta_m}{r_к}, \qquad (2.15)$$

где $Ne_{дв}$ – мощность двигателя, Вт;

$n_{вк}$ – частота вращения коленчатого вала, об/мин;

$i_о$ – передаточное число главной передачи автомобиля;

$i_{кпп}$ – передаточное число коробки переменных передач;

$r_к$ – радиус качения колеса, м;

$\eta_т$ – механический КПД трансмиссии.

Суммарное сопротивление, затрачиваемая на передвижение автомобиля, определим как

$$F_с = F_{пер} + F_{укл} + F_{ин} + F_{воз}, \qquad (2.16)$$

где $F_{пер}$ – сила сопротивления, затрачиваемая на передвижение автомобиля, Н;

$F_{укл}$ – сила сопротивления движению автомобиля при преодолении уклона местности, Н;

$F_{ин}$ – сила, затрачиваемая на преодоление инерционных сил от вращающихся масс, Н;

$F_{воз}$ – сила сопротивления воздуха при движении автомобиля, Н.

Силу сопротивления передвижению автомобиля определим как

$$F_{пер} = f_{кач} G_а, \tag{2.17}$$

где $f_{кач}$ – коэффициент сопротивления качению движителя;

$G_а$ – максимальный вес автомобиля, Н.

Сила сопротивления движению автомобиля при преодолении уклона местности определяется как

$$F_{укл} = G_а \sin\alpha, \tag{2.18}$$

где α – угол уклона местности, град.

Сила, затрачиваемая на преодоление инерционных сил от вращающихся масс, определяется как

$$F_{ин} = 0{,}277\delta_{вр} \frac{G_a}{g} \frac{\upsilon_a}{t_p}, \tag{2.19}$$

где $\delta_{вр}$ – коэффициент инерции вращающихся масс;

$\upsilon_а$ – скорость движения автомобиля, км/ч;

$t_р$ – время разгона автомобиля, ч.

Сила сопротивления воздуха при движении автомобиля зависит от скорости движения и формы лобовой поверхности автомобиля и определяется как

$$F_{воз} = K_{оп} S_{лоб} \upsilon^2_а / 1000, \tag{2.20}$$

где $K_{оп}$ – коэффициент обтекаемости поверхности;

$S_{лоб}$ – площадь лобового сопротивления машины, м^2.

Подставив зависимости (2.17), (2.18), (2.19) и (2.20) в уравнение (2.16), получим суммарное сопротивление движению автомобиля

$$F_с = f_{кач} G_а + G_а \sin\alpha + 0{,}277\delta_{вр} \frac{G_a}{g} \frac{\upsilon_a}{t_p} + K_{оп} S_{лоб} \upsilon^2_а. \tag{2.21}$$

Зная, что мощность двигателя расходуется на преодоление суммарного сопротивления движению автомобиля, можно записать следующее :

$$Ne_{дв} = F_с \upsilon_а / \eta_т. \tag{2.22}$$

Подставив выражение (2.21) в зависимость (2.22) и решив квадратное уравнение, получим скорость передвижения автомобиля

$$\upsilon_a = \frac{-\beta_a + \sqrt{\beta_a^{\,2} - 4\alpha_a\gamma_a}}{2\alpha_a}, \qquad (2.23)$$

где $\alpha_а = K_{оп}S_{лоб}$; $\beta_а = Ne_{дв}\eta_т$; $\gamma_а = G_а(f_{кач} + \sin\alpha + 0{,}277\frac{\delta_{вр}}{g}\frac{\upsilon_p}{t_p})$.

Определение средней максимальной теоретической скорости движения автомобиля по зависимости (2.13) крайне тяжело из-за необходимости разбиения пройденного автомобилем пути на множество отрезков, на каждом из которых необходимо произвести замер пути и времени прохождения данного отрезка. В связи с этим рекомендуется производить расчет средней максимальной теоретической скорости движения автомобиля с учетом коэффициента снижения скорости движения. Тогда

$$\upsilon_{ср} = \upsilon_а K_\upsilon. \qquad (2.24)$$

Подставив в зависимость (2.8) уравнения (2.9), (2.10) и (2.11), получим время одной ездки грузового автомобиля при максимальной грузоподъемности

$$t_e = \frac{\ell_{гр}\left(2K_{оп}S_{лоб}\right)}{\left[-Ne_{дв}\eta_m + \sqrt{\left(Ne_{дв}\eta_m\right)^2 - 4K_{оп}S_{лоб}\left(f_{кач} + \sin\alpha + 0{,}277\frac{\delta_{вр}}{g}\frac{\upsilon_a}{t_p}\right)}\right]K_\upsilon} +$$

$$+\frac{\ell_{бгр}\left(2K_{оп}S_{лоб}\right)}{\left[-Ne_{дв}\eta_m + \sqrt{\left(Ne_{дв}\eta_m\right)^2 - 4K_{оп}S_{лоб}\left(f_{кач} + \sin\alpha + 0{,}277\frac{\delta_{вр}}{g}\frac{\upsilon_a}{t_p}\right)}\right]} + \qquad . \qquad (2.25)$$

$$+\left(K_{сл}t_{сэ} + \frac{V_{бк}}{П_{шк}} + t_{орг}\right)$$

По зависимости (2.25) был произведен расчет времени одной ездки грузового автомобиля в зависимости от дальности возки и коэффициента снижения скорости движения, который представлен на рисунках 2.4, 2.5 и в приложении Д для автомобиля ГАЗ-53 и зерноуборочного комбайна СК-5, для автомобиля КАМАЗ-5320 и комбайна ДОН-1500 и для автомобиля КАМАЗ-53212 и комбайна ДОН-1500.

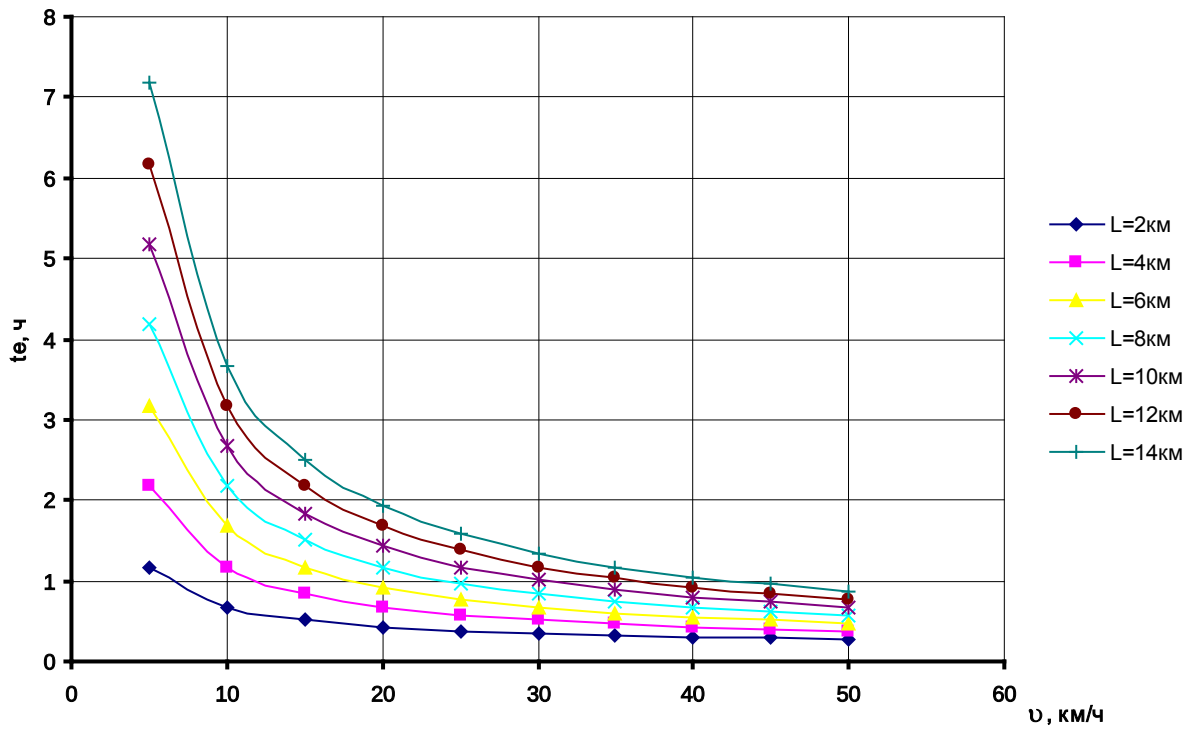


Рисунок 2.4 – Время одной ездки грузового автомобиля ГАЗ-53 в зависимости от дальности возки собранного урожая с учетом коэффициента снижения скорости движения *K*υ = 0,8

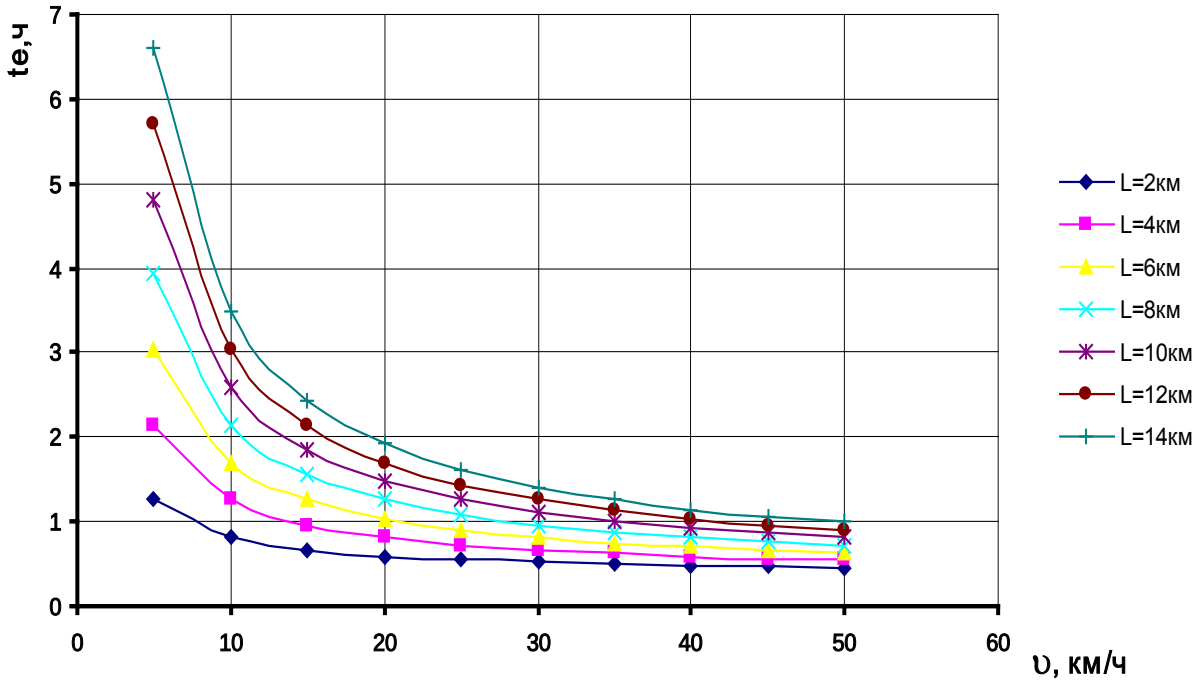


Рисунок 2.5 – Время одной ездки грузового автомобиля КАМАЗ-5320 в зависимости от дальности возки собранного урожая с учетом коэффициента снижения скорости движения *K*υ = 0,9

С целью повышения производительности грузовых автомобилей при реализации второго варианта выполнения уборочно-транспортных работ рекомендуется увеличить грузоподъемность автомобиля за счет применения дополнительных устройств – прицепов. Однако если грузовой автомобиль использовать с прицепом (автопоезд), тогда скорость движения автомобиля снижается на единицу приращения полного веса прицепа, которое можно записать в виде

$$\upsilon_{авп} = \upsilon_а - \Delta\upsilon K_{зад}(G_{авп}-G_п), \qquad (2.26)$$

где $\Delta\upsilon$ – снижение скорости движения на единицу приращения полного веса автопоезда, (км/ч)/Н;

$K_{зад}$ – коэффициент, характеризующий задержку по времени динамического воздействия прицепа;

$G_{авп}$ – вес автопоезда, Н;

$G_п$ – вес прицепа, Н.

Анализ зависимости (2.26) показывает, что при заданном весе прицепа и соответствующем значении величины $\Delta\upsilon$ добиться увеличения скорости движения автопоезда можно путем снижения величины коэффициента задержки по времени. Максимальная величина данного коэффициента равна $K_{зад}$ =1 при использовании жесткой сцепки автомобиля с прицепом. При установке на автопоезд ТСУ величина коэффициента $K_{зад}$ снижается прямо пропорционально времени, затрачиваемому на деформирование демпфирующего устройства. Графическая зависимость средней скорости движения автопоезда от условий эксплуатации представлена на рисунке 2.6.

Согласно зависимости (2.25) был проведен расчет времени одной ездки автопоезда (приложение Е) с учетом скорости движения, определяемой по зависимости (2.26), который можно проанализировать на графической зависимости, рисунок 2.7. Анализ зависимости показал, что на время одной ездки автопоезда наибольшее влияние оказывает скорость движения.

Определив время одной ездки грузового автомобиля и автопоезда, можно определить его производительность при транспортировке зерна.

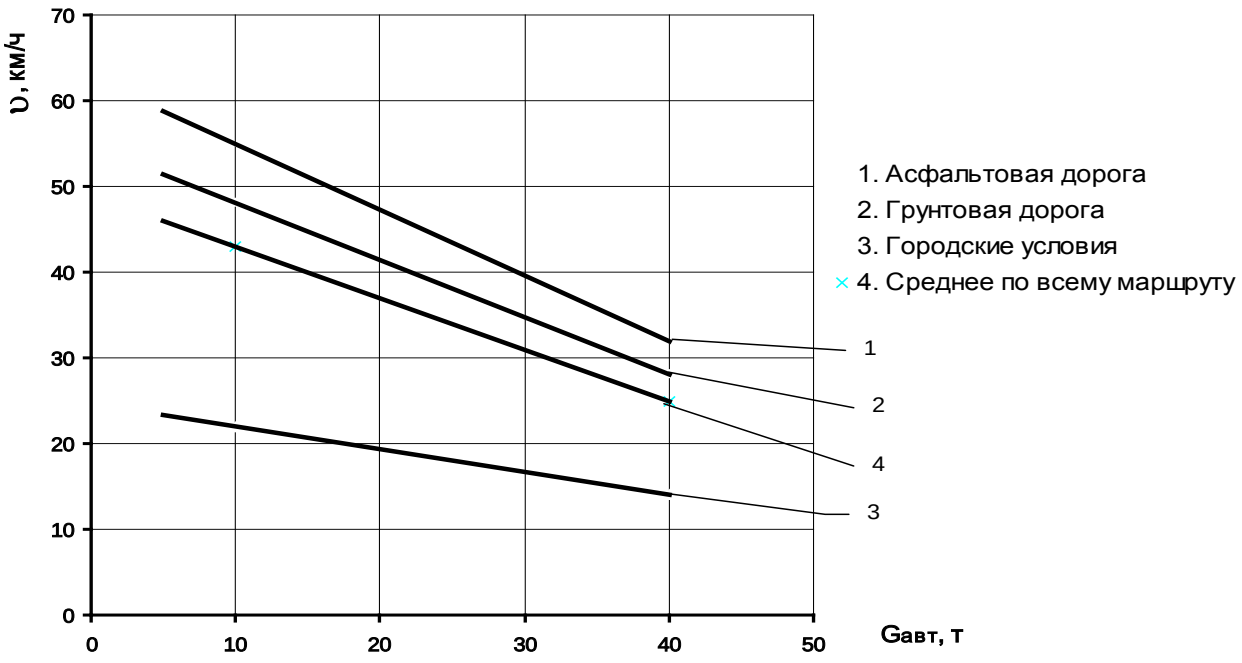


Рисунок 2.6 – Зависимость средней скорости движения автопоезда на базе автомобиля КАМАЗ-5320 от условий эксплуатации

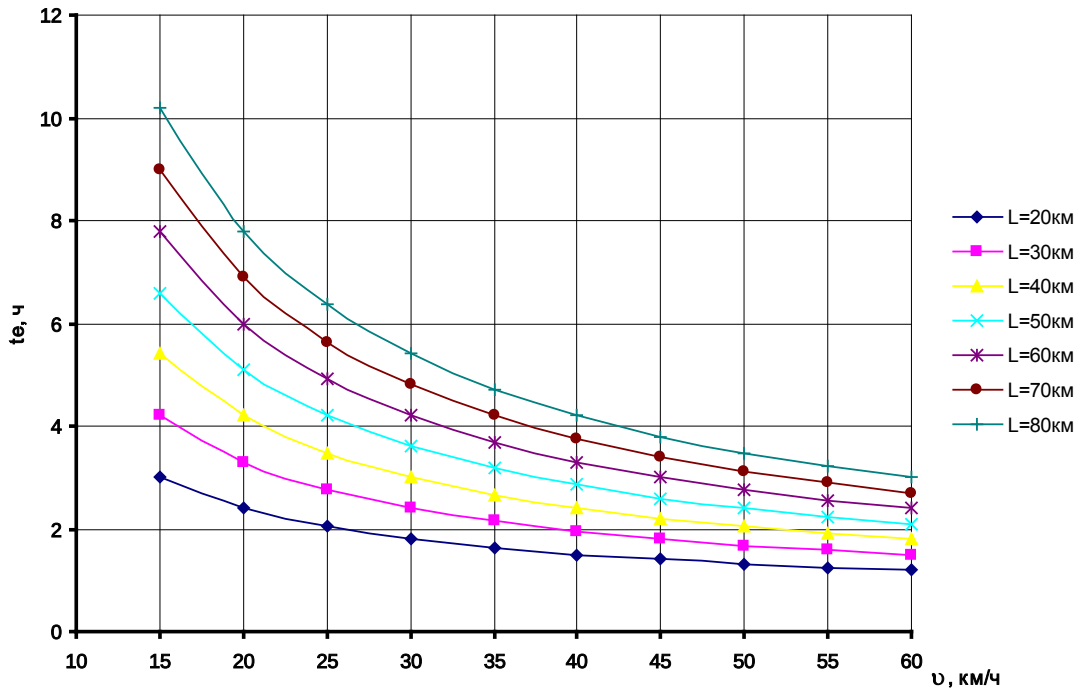


Рисунок 2.7 – Влияние дальности возки и скорости движения автопоезда КАМАЗ-5320 + прицеп 8560-82-02 на время ездки при движении по дороге с твердым покрытием

2.3 Влияние времени ездки на производительность грузового автомобиля и автопоезда при транспортировке зерна

Анализируя зависимость (2.7), можно отметить, что на производительность грузового автомобиля и автопоезда наибольшее влияние оказывают длина ездки и скорость движения. Как видно из представленных зависимостей, применять автопоезда необходимо при дальности транспортирования собранного урожая свыше 20 км. В связи с этим для сельских хозяйств Республики Дагестан рекомендуется использовать две разные технологии транспортирования собранного урожая.

Первый – перевозка урожая производится грузовым автомобилем или автопоездом от места его уборки (комбайн) до открытого или закрытого склада, расположенного на территории КФХ. Если средняя дальность возки зерна от поля до склада составил 7–9 км, тогда целесообразно использовать грузовой автомобиль. При длине возки свыше 20 км необходимо использовать автопоезд.

Второй – перевозка собранного урожая производится автопоездом от места его уборки (комбайн) до элеватора.

Определив время ездки, затрачиваемое грузовым автомобилем или автопоездом в соответствии с предлагаемым вариантом транспортировки собранного урожая, можно определить производительность грузового автомобиля

$$П_м = \frac{V_к \rho_з K_{нк}}{\dfrac{\ell_{гр}\left(2K_{оп}S_{лоб}\right)}{\left[-Ne_{дв}\eta_m + \sqrt{\left(Ne_{дв}\eta_m\right)^2 - 4K_{оп}S_{лоб}\left(f_{кач} + \sin\alpha + 0{,}277\dfrac{\delta_{вр}}{g}\dfrac{\upsilon_p}{t_p}\right)}\right]K_\upsilon}} + \frac{V_к \rho_з K_{нк}}{\dfrac{\ell_{бгр}\left(2K_{оп}S_{лоб}\right)}{\left[-Ne_{дв}\eta_m + \sqrt{\left(Ne_{дв}\eta_m\right)^2 - 4K_{оп}S_{лоб}\left(f_{кач} + \sin\alpha + 0{,}277\dfrac{\delta_{вр}}{g}\dfrac{\upsilon_p}{t_p}\right)}\right]} + \left(K_{сл}t_{сэ} + \dfrac{V_{бк}}{П_{шк}} + t_{орг}\right)}. \quad (2.27)$$

Производительность грузового автомобиля при транспортировке собранного урожая определим как

$$П_{авт} = \frac{Г}{t_{езд}} = \frac{V_{кп}\rho_з K_{нк}}{L_{езд}}\left[\upsilon_{авт} - \Delta\upsilon K_{зад}\left(G_{авт} - G_п\right)\right], \quad (2.28)$$

где Г – номинальная грузоподъемность автопоезда, т;

$t_{езд}$ – время, затрачиваемое на ездку автопоездом, ч;

$V_{кп}$ – объем кузова автомобиля и прицепа, м^3;

$\rho_з$ – плотность зерна, т/м^3;

$K_{нк}$ – коэффициент заполнения кузова автомобиля и прицепа;

$L_{езд}$ – длина транспортирования собранного урожая, км;

$\Delta\upsilon$ – снижение скорости движения на единицу приращения полного веса автопоезда, км/чН;

$K_{зад}=1/K_{дп}$ – коэффициент характеризующий задержку по времени динамического воздействие прицепа;

$K_{дп}$ – коэффициент динамического воздействия прицепа;

$G_{авп}$ – вес автопоезда, Н;

$G_п$ – вес прицепа, Н.

Для определения производительности грузового автомобиля необходимо знать время его загрузки комбайном. Согласно технологии уборки зерновых культур выгрузка собранного урожая осуществляется зерноуборочным комбайном в тот момент, когда его бункер полностью загружен. Следовательно, потребность в грузовом автомобиле при наполнении бункера комбайна отсутствует, и это время можно потратить на перевозку зерна на место складирования [47]. Тогда время, затрачиваемое комбайном на наполнение бункера, будет зависеть от производительности комбайна, следовательно

$$t_н = \frac{V_{бк}\rho_з}{П_к}, \quad (2.29)$$

где $\rho_з$ – плотность зерна, кг/м^3.

Расчет времени заполнения бункера будет производиться исходя из пропускной способности зерноуборочного комбайна с учетом скорости его движения и урожайности сельскохозяйственных культур (приложение Ж).

Как показали расчеты и графические зависимости? среднее время наполнения бункера комбайна ДОН-1500 составляет $T_б$ = 0,527 ч, комбайна СК-5 «Нива» – $T_б$ = 0,545 ч, комбайна ДОН-1200 – $T_б$ = 0,529 ч, и «Енисей-1200» – $T_б$ = 0,8 ч.

Зная время загрузки и выгрузки комбайна и воспользовавшись аналитической зависимостью (2.27), можно провести расчет производительности грузовых автомобилей (приложение З), графическое изображение которой представлено на рисунках 2.8 и 2.9. Аналогично был проведен расчет производительности автопоезда (приложение И) согласно зависимости (2.28), графическая интерпретация которой представлена на рисунке 2.10.

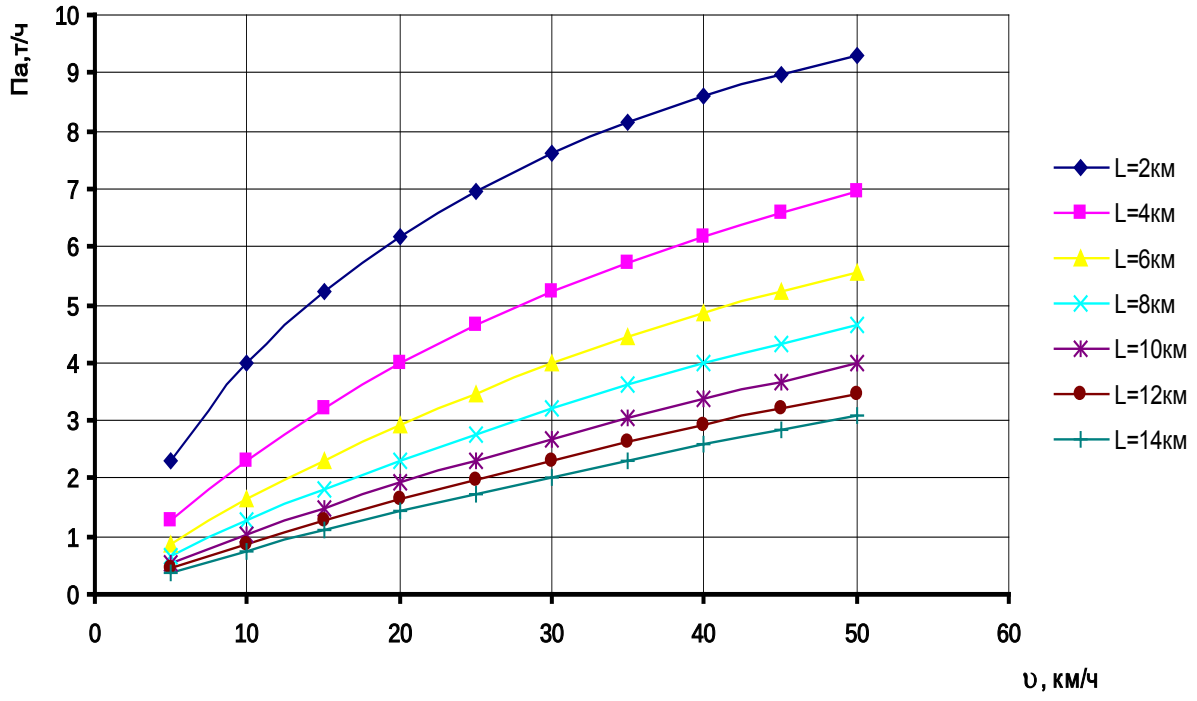


Рисунок 2.8 – Производительность грузового автомобиля ГАЗ-53 в зависимости от дальности возки собранного урожая с учетом коэффициента снижения скорости движения $K_υ$ = 0,9 и коэффициента наполнения кузова $K_{нк}$ = 0,8

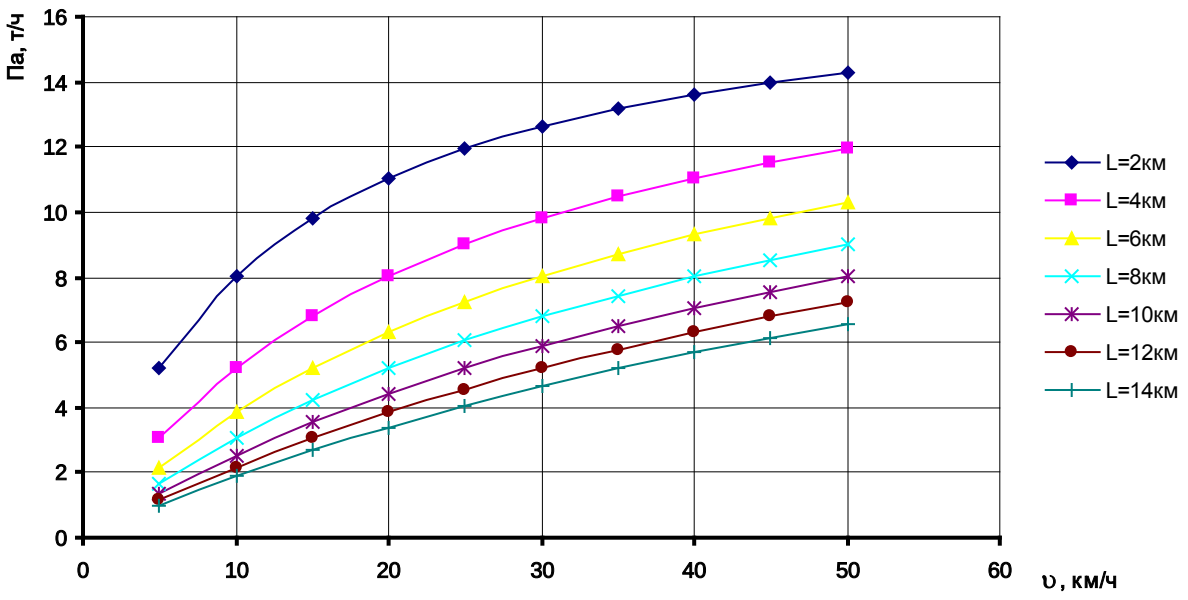


Рисунок 2.9 – Производительность грузового автомобиля КАМАЗ-5320 в зависимости от дальности возки собранного урожая с учетом коэффициента снижения скорости движения $K_{\upsilon} = 0{,}9$ и коэффициента наполнения кузова $K_{нк} = 0{,}8$

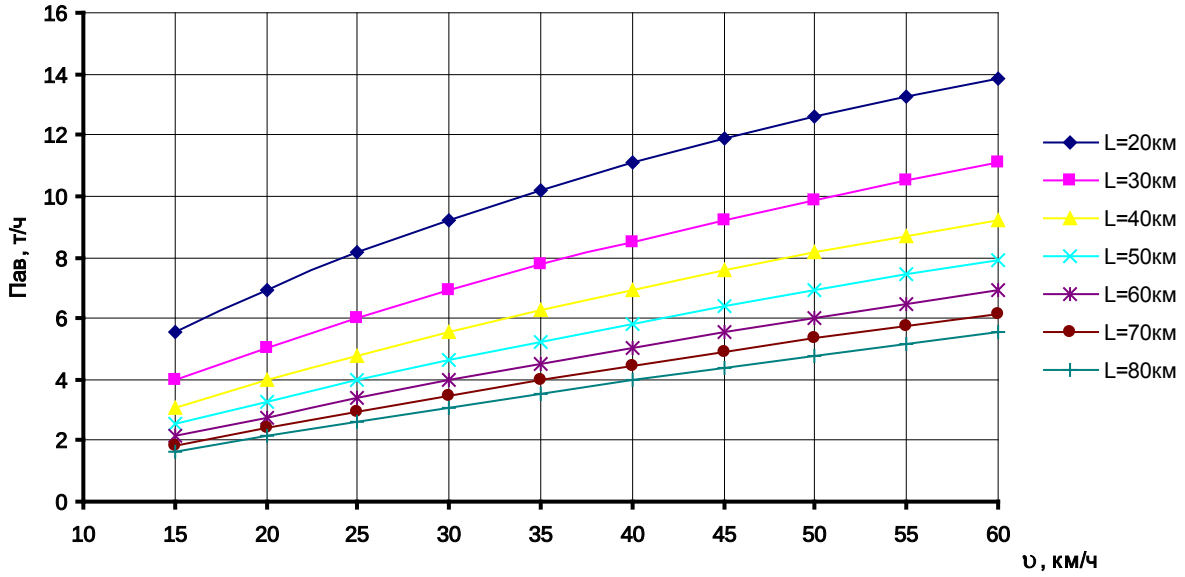


Рисунок 2.10 – Влияние дальности возки и скорости движения автопоезда КАМАЗ-5320 + прицеп 8560-82-02 на его производительность при движении по дороге с твердым покрытием с учетом коэффициента снижения скорости движения $K_{\upsilon} = 0{,}9$ и коэффициента наполнения кузова $K_{нк} = 0{,}9$

Определив производительность грузовых машин и автопоездов при транспортировке собранного урожая, далее необходимо определить их потребное количество с целью оптимального комплектования по количественному составу уборочно-транспортного звена.

2.4 Расчет потребного количества транспортирующей техники для выполнения уборочно-транспортных работ

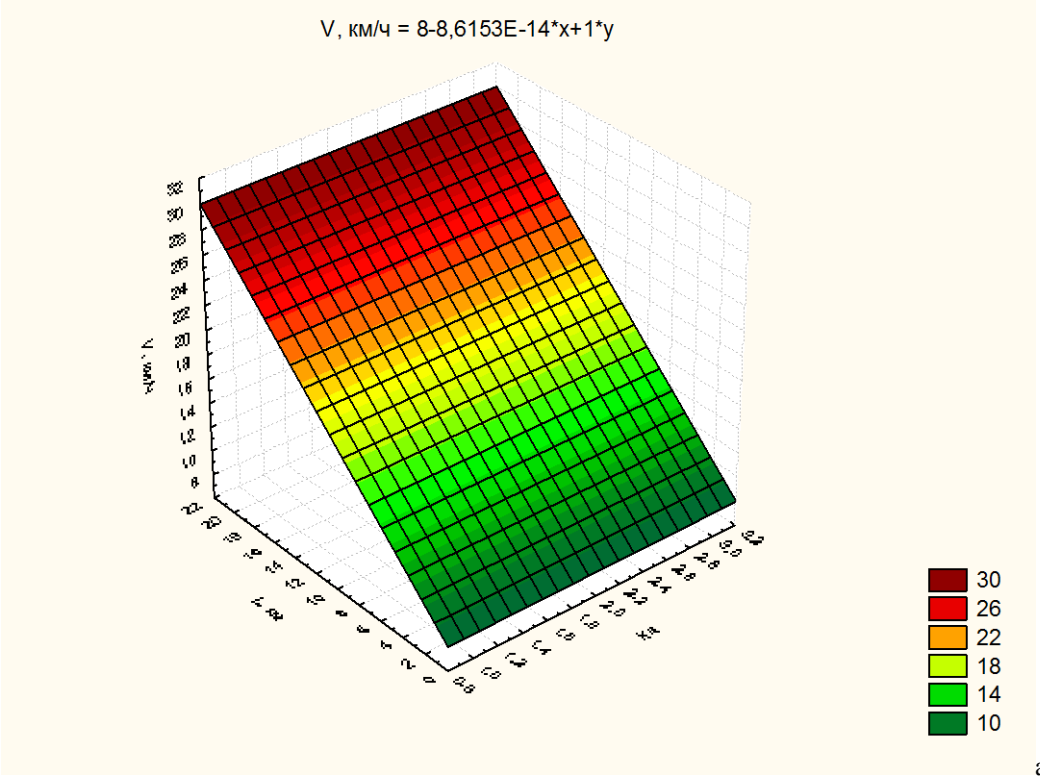
Произведя расчет производительности грузовых автомобилей и автопоездов, необходимо определить их оптимальное количество, обеспечивающее бесперебойную работу зерноуборочного комбайна. Тогда с учетом зависимости (2.6) количество грузовых машин, необходимых для обслуживания одного зерноуборочного комбайна с учетом времени заполнения его бункера, определится как

$$K_a = \frac{V_{бк}\rho_з \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{\ell_{гр}\left(2K_{оп}S_{лоб}\right)}{\left[-Ne_{дв}\eta_m + \sqrt{\left(Ne_{дв}\eta_m\right)^2 - 4K_{оп}S_{лоб}\left(f_{кач} + \sin\alpha + 0{,}277\dfrac{\delta_{вр}}{g}\dfrac{\upsilon_a}{t_p}\right)}\right]K_\upsilon} + \\ + \dfrac{\ell_{бгр}\left(2K_{оп}S_{лоб}\right)}{\left[-Ne_{дв}\eta_m + \sqrt{\left(Ne_{дв}\eta_m\right)^2 - 4K_{оп}S_{лоб}\left(f_{кач} + \sin\alpha + 0{,}277\dfrac{\delta_{вр}}{g}\dfrac{\upsilon_a}{t_p}\right)}\right]} + \\ + \dfrac{\ell_e\left(2K_{оп}S_{лоб}\right)}{\left(K_{сл}t_{сэ} + \dfrac{V_{бк}}{П_{шк}} + t_{орг}\right)} \end{array} \right\}}{t_н q_н \gamma_г}. \quad (2.30)$$

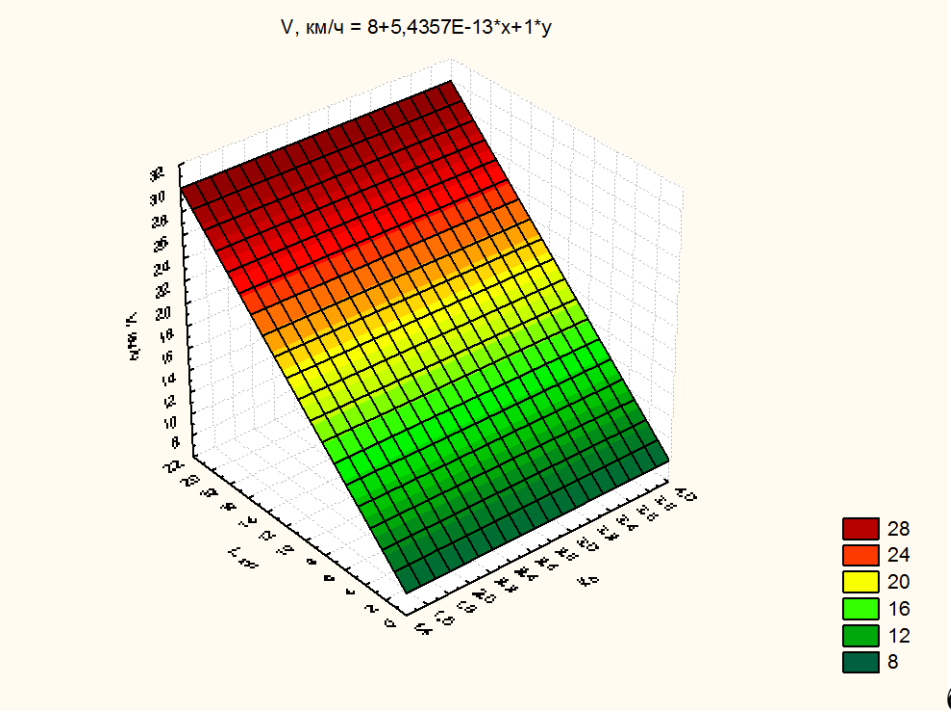
Анализ зависимости (2.30) для транспортно-уборочных работ в условиях Республики Дагестан был произведен в программном продукте Statistica 6,0 на примере работы одного комбайна ДОН-1500 и грузовых автомобилей ГАЗ-53 и КАМАЗ-5320. Результаты исследований представлены на рисунке 2.11.

Применение грузовых автомобилей при транспортировке собранного урожая целесообразно при расчетном времени одной ездки, не превышающем одного часа. Тогда для бесперебойной работы зерноуборочного комбайна целе-

сообразно применять по 2 грузовых автомобиля, обеспечивающих перевозку зерна на расстояние, не превышающее 10 км, при средней скорости движения не более 35 км/ч, что характерно для дорог с жестким покрытием. Для грунтовых дорог оптимальная дальность перевозки не превышает 8 км.



а)



б)

Рисунок 2.11 – Потребное количество грузовых машин для выполнения уборочно-транспортных работ: *а* – комбайн СК-5 Нива + автомобиль ГАЗ-53; *б* – комбайн ДОН-1500 + автомобиль КАМАЗ-5320

Как показали расчеты, применение данных машин вполне удовлетворяет условиям работоспособности транспортно-уборочного звена, но при выполнении первого варианта технологии уборки, которая подразумевает транспортировку зерна на механический ток для предварительной сортировки.

Однако необходимо отметить тот факт, что большинство мелких фермеров в Республике Дагестан не имеют собственных складов для хранения зерна и вынуждены транспортировать собранный урожай сразу на элеватор. В республике имеется один аккредитованный элеватор, и он расположен на большом расстоянии от многих фермеров. Тогда рекомендуется применять второй вариант выполнения уборочно-транспортных работ, при котором транспортировка собранного урожая осуществляется непосредственно от комбайна на элеватор.

Для реализации второй схемы транспортировки собранного урожая необходимо использовать автопоезд, состоящий из грузового автомобиля и прицепа. Расчетное количество автопоездов для перевозки урожая, собранного комбайном ДОН-1500, в зависимости от дальности возки представлено на рисунке 2.12.

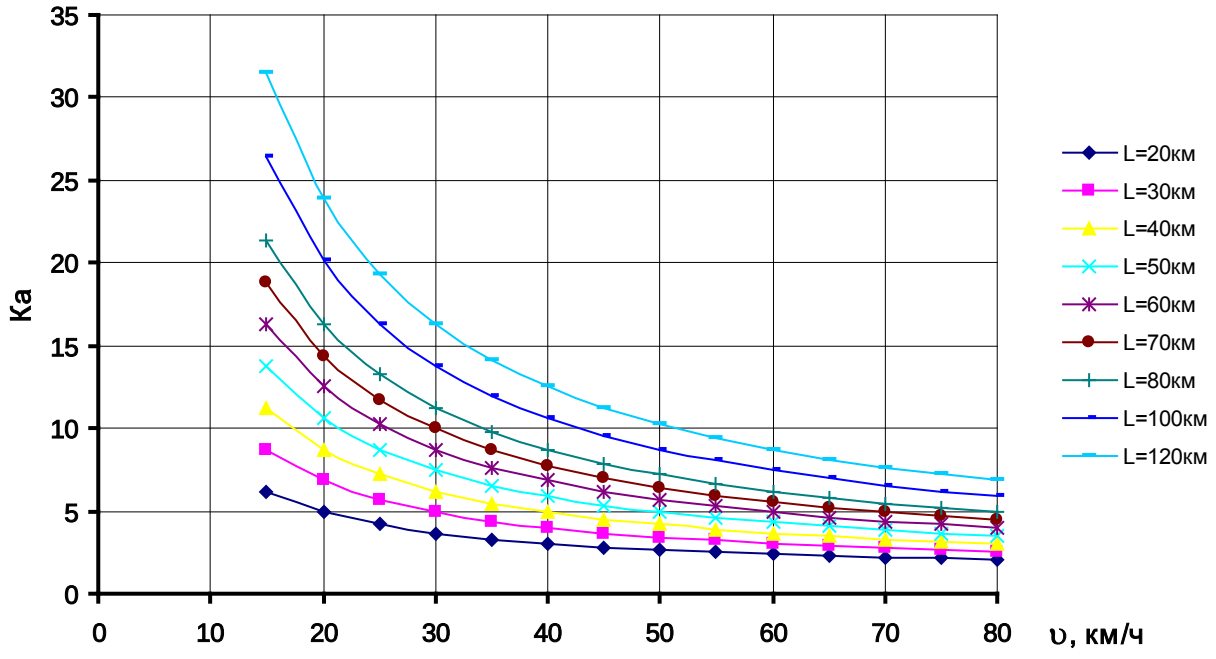


Рисунок 2.12 – Потребное количество автопоездов для выполнения уборочно-транспортных работ: комбайн ДОН-1500 + автомобиль КАМАЗ-5320 и прицеп 8560=82-02

Как видно, для обеспечения бесперебойной работы уборочно-транспортного звена требуется большое количество автопоездов, поэтому необходимо повышать производительность автопоездов путем повышения скорости их движения. В процессе передвижения автопоезда и по грунтовой дороге, и по дороге с жестким покрытием в сцепном устройстве создается большое крюковое усилие вследствие выбора зазоров в ТСУ, приводящее к динамическому воздействию прицепа, обладающего большой массой, движущегося по неровной поверхности. Так как тормозные и движущие силы в процессе движения автопоезда являются функцией времени и изменяются по линейному закону, то зазоры и жесткость упругой связи в ТСУ оказывают большое влияние на крюковое усилие в виде динамического воздействия и как следствие – на скорость движения автопоезда. Рассмотрим более подробно данный вопрос.

2.5 Расчет сцепного устройства автопоезда

Анализ парка машин в МТС Республики Дагестан показал, что наиболее распространенными автомобилями, осуществляющими грузоперевозки в сельскохозяйственном производстве, являются грузовые автомобили семейства КАМАЗ, а именно КАМАЗ-5320.

Более 80% грузоперевозок во время проведения уборочно-транспортных работ осуществляется автопоездами в сочетании грузовой автомобиль КАМАЗ-5320 или КАМАЗ-53212 и прицеп марки КАМАЗ модель 8560-82-02 грузоподъемностью 10 тонн, самосвальный.

Предварительные исследования показали, что более 52 % сцепных устройств выходят из строя по причине износа и поломок демпфирующих устройств. В основном это связано с перегрузом автопоездов и качеством дорог, что приводит к значительным перегрузкам демпфирующих элементов в сцепных устройствах автопоездов.

Для выявления и классификации дефектов сцепных устройств автомобиля КАМАЗ-5320 и прицепа 8560-82-02 проведен анализ ремонтного фонда и де-

талей, не подлежащих восстановлению, в рамках СПоК МТС «Махачкалинская».

Анализ повреждений [75, 76, 120] позволил установить наличие следующих дефектов в сцепных устройствах: износ и потеря упругости, поломка пружин; трещины и износ втулок сцепного устройства; износ и срез резьбы центрального винта; износ штока сцепного устройства; износ отверстий крепления и трещин в раме автомобиля; отрыв болтов крепления сцепного устройства к раме грузового автомобиля; отрыв сцепной петли.

Частота выявленных дефектов (коэффициент повторности) показана на рисунке 2.13. Причины отказов тягово-сцепного устройства, не влияющих на безопасность движения автопоезда, в данном случае не рассматриваются.

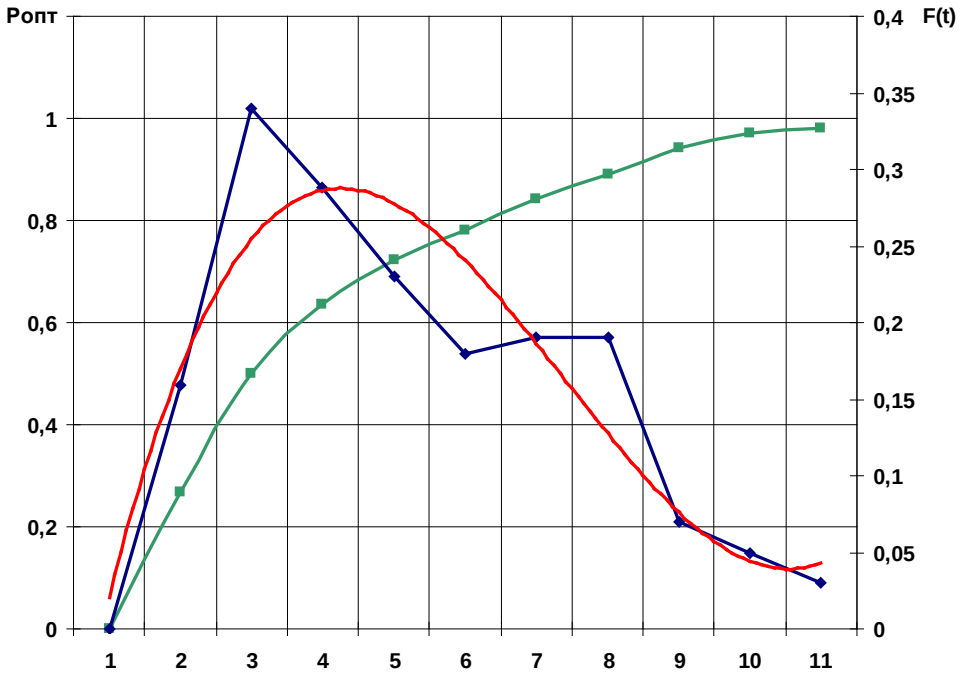


Рисунок 2.13 – Распределение повреждений сцепного устройства

Классификация дефектов позволила выявить два элемента, влияющих на надежность сцепного устройства. Это собственно сцепное устройство, смонтированное на автомобиле, и сцепное устройство, выполненное в виде петли на прицепе. Наиболее характерной причиной поломки части сцепного устройства, находящегося на прицепе, является отрыв петли, он составляет около 30 % от

общего числа случаев, вызванных износом и потерей упругости пружин на сцепном устройстве автомобиля.

Анализ показывает, что износ и потеря упругости пружинного элемента и поломка самой пружины являются основными дефектами и служат причинами ускоренного износа втулки и штока сцепного устройства, а также резьбового соединения штока и болтов крепления сцепного устройства. Основной причиной является динамическая нагрузка в процессе передвижения автопоезда с максимальной загрузкой по неровной поверхности дороги.

Для выявления эмпирического износа, распределения величины износа и потери упругости пружин сцепного устройства автомобиля КАМАЗ был принят объем выборки 100 единиц. Зона рассеивания износов пружин составила R = 3,0…10,5 мм, и ее средняя величина составляла 7,5 мм. Обработка результатов измерений проводилась методами математической статистики в программном продукте Microsoft Excel [103, 152].

Средняя арифметическая величина износа равна $\overline{X} = 4{,}72$ мм. Среднее квадратичное отклонение величины износа равно σ_{xi} = 3,06. Коэффициент вариации ν = 0,64 позволяет использовать теоретический закон распределения Вейбулла.

Достаточно высокая вероятность совпадения опытных и теоретических данных свидетельствует о правильности выбора закона распределения. Износ пружин в основном имеет правостороннюю асимметрию, что не противоречит сущности закона Вейбулла и объясняется физической сущностью процесса износа и влияния его на жесткость пружин. Это указывает на необходимость решения данного вопроса в плоскости повышения работоспособности сцепного устройства без изменения его функциональных характеристик.

Для решения данной проблемы на автопоездах нами предлагается использовать стандартное серийно выпускаемое сцепное устройство по ГОСТ 2349–75, устанавливаемое на грузовом автомобиле, а на прицепе использовать стандартную сцепную петлю, с тыльной стороны которой установлен пружин-

ный элемент [151]. Данное решение вызвано тем, что сцепное устройство автомобиля более чем на 60 % пути следования выключено из работы.

Наши исследования показали, что в режиме торможения автопоезд движется перед встречей с препятствием, а в режиме разгона (переключения передач) – после встречи с препятствиями. Исследованиями установлено, что дорожное покрытие, например, автомагистрали ведущие в Докузпаринский, Ахтынский, Рутульский и другие районы республики, имеют на 1 км пути до 30 ям площадью до 0,6 м^2 и глубиной выбоины от 4 до 21 см. При этом возможность маневра сохраняется для 22 выбоин, что составляет 73 % от общего числа ям. Наличие маневра приводит к увеличению длины пути до 14,6 %. При этом пробои сцепки в 80 % случаев наблюдаются при разгоне автомобиля относительно прицепа.

Одной из наиболее важных, наряду с характеристиками упругих элементов, поддерживающих соответствующие частоты собственных колебаний и высокую гибкость звеньев автопоезда, является способность тягово-сцепных устройств кинетическую энергию предварительно разогнанного тягача использовать на разгонных режимах и при трогании с места так, чтобы разделить по времени начало движения автомобиля и прицепа без рывков. Эти обстоятельства делают их незаменимыми при движении автопоезда в тяжелых дорожных условиях и на местности с разнообразным рельефом, характерным для дорог Республики Дагестан.

Конструкция крюковых устройств не позволяет использовать гайку для регулировки предварительного поджатия пружин, что негативно сказывается на работе сцепного устройства, при этом усадка и износ резинового буфера ввиду частых перегрузок и сложных дорожных условий приводят к преждевременной утрате функций демпфера.

Снизить негативность данных процессов возможно при использовании дополнительного пружинного элемента на дышле прицепа [117]. Предлагаемая конструкция сцепного устройства прицепа [117] выглядит следующим образом (рисунок 2.14). На стандартной раме прицепа устанавливается тяговая петля *1*

со стержнем *2*, который установлен в отверстии, выполненном в передней части рамы прицепа *3*, с возможностью осевого перемещения. На другом конце стержня установлена кольцевая пружина *4*, с обеих сторон поджимаемая опорными шайбами *5*. Наружный конец стержня резьбовой, на который для создания предварительного поджатия кольцевой пружины навешивается гайка *6* со шплинтом *7*. Кольцевая пружина состоит из набора внутренних и наружных стальных колец. Кольца друг на друга опираются конусными поверхностями. Нагружение пружины по оси приводит к ее деформированию, при этом наружные кольца растягиваются, а внутренние сжимаются. Кольца вдвигаются друг в друга, и общая длина пружины сокращается. После снятия нагрузки упругая энергия колец возвращает пружину в первоначальное положение, преодолевая трение на конусных поверхностях.

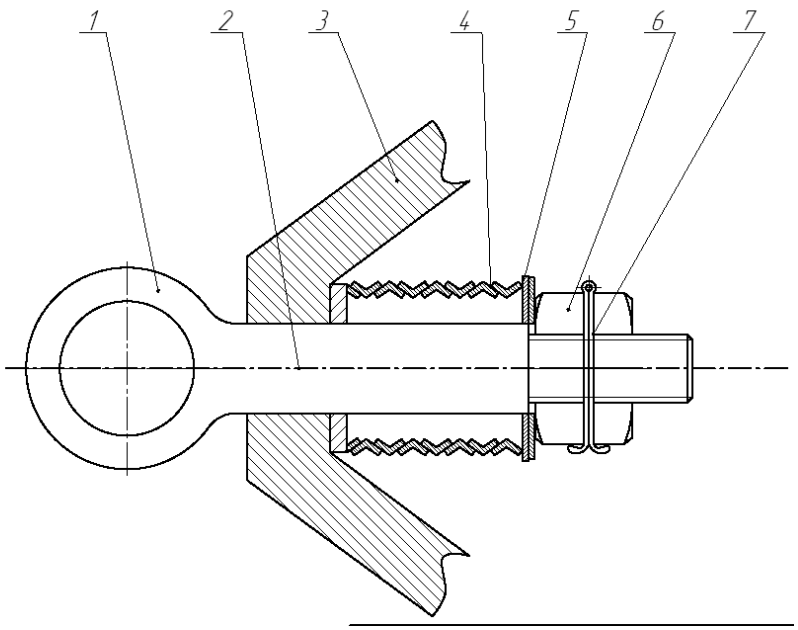


Рисунок 2.14 – Схема предлагаемой конструкции сцепного устройства прицепа: *1* – петля тяговая; *2* – стержень; *3* – рама прицепа; *4* – пружина кольцевая; **5** – шайба опорная; *6* – гайка; *7*– шплинт

Устройство работает следующим образом. При трогании с места или в аналогичной ситуации при движении петля находится в жестком соединении с тягачом. Стержень *2* перемещается вместе с задней опорной шайбой, упираясь

в гайку *6* сжимает пружину *4*, обеспечивая тем самым более плавное трогание автопоезда. При этом тягач преодолевает сопротивление движению в тот момент, когда усилие на сжатие пружины еще незначительно, но достаточно, чтобы во времени разделить начало движения автомобиля и прицепа. Автомобиль преодолевает инерцию еще до момента достижения усилия на крюке, равного силе, необходимой для выхода из состояния покоя прицепа. Поэтому разгон, трогание с места прицепа осуществляется возросшим к этому времени крюковым усилием тягача и запасом инерции движущихся частей его массы.

При отсутствии пружины начало движения, равно как и ускорение, сопровождалось повышенной динамикой работы, рывками, что отрицательно сказывалось на работе как машины, так и водителя. Установленная пружина за счет деформации позволяет разделить во времени моменты трогания с места и разгона тягача и прицепа и тем самым создает возможность поочередного начала движения масс автопоезда с натягом без рывков.

Выбор кольцевой пружины обоснован свойствами таких пружин гасить резонансные колебания, незначительной величиной деформации и относительной компактностью.

Таким образом, предлагаемое тягово-сцепное устройство, предлагаемое для автомобиля КАМАЗ-5320, работающего с прицепом 8560-82-02, позволяет обеспечить тягово-сцепные качества транспортного средства, снижение динамических нагрузок на его ходовую часть и трансмиссию при неустановившихся режимах движения путем гашения продольных резонансных колебаний прицепа и разделения моментов трогания тягача и прицепа.

В процессе движения автопоезда по дороге наиболее неблагоприятными с точки зрения усилий, действующих на элементы конструкции сцепного устройства, являются режимы движения автопоезда с резким приложением к его движителям тяговых или тормозных усилий. На данных режимах возникают высокие нагрузки, которые вызваны в основном свободными продольными колебаниями звеньев. Возникновение больших усилий может привести к поломкам сцепных устройств и опасным последствиям. Рассмотрим процесс движения

груженого автопоезда в момент трогания или переключения передачи, имея в виду, что наибольшие усилия в сцепном устройстве будут возникать в момент переключения передач или когда происходит торможение автомобиля с последующим разгоном.

Рассмотрим случай, когда ось автомобиля совпадает с осью прицепа. В противном случае при угле в плане между осями прицепа и автомобиля более 28° сцепное устройство автомобиля при наличии износов практически не работает. Это является причиной повышения динамических нагрузок и поломок узла сцепки у прицепа.

Совокупность всех вышеперечисленных факторов указывает нам путь направления исследований и место установки другого демпфирующего элемента – это присоединительная петля прицепа. При установке пружинного элемента на прицеп он будет работать при любом положении прицепа относительно автомобиля.

В момент передвижения автопоезда колеса автомобиля и прицепа движутся с одинаковой скоростью. В момент переключения передачи происходит небольшое замедление автомобиля и прицепа с последующим ускорением грузового автомобиля за счет касательных сил $F_{к2}$ и $F_{к3}$ на ведущих колесах автомобиля (рисунок 2.16).

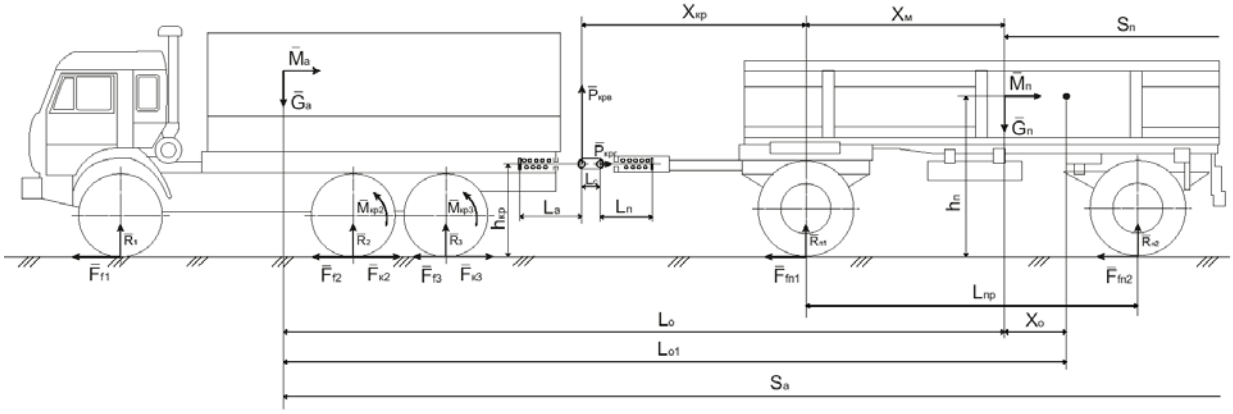


Рисунок 2.16 – Схема сил, действующих на автопоезд в процессе движения

В процессе движения автопоезда по дорожному покрытию движители автомобиля и прицепа будут преодолевать сопротивление передвижению, причем

соотношение их таково, что суммарное сопротивление передвижению автомобиля больше, чем прицепа [51]. А вследствие того, что в сцепном устройстве установлены пружинные элементы и имеются зазоры, возникают продольные колебания звеньев автопоезда, которые можно записать в виде дифференциального уравнения

$$\left.\begin{aligned} \mathrm{M}_a \frac{d^2 S_a}{dt^2} &= \left(F_{ка} + f_{пер} G_a\right) - \left(f_{тр} - f_{пер\,a}\right) P_{крв} - cS \\ \mathrm{M}_n \frac{d^2 S_n}{dt^2} &= \left(F_{fn} + f_{пер} G_n\right) + \left(f_{тр} - f_{пер\,n}\right) P_{крв} + cS \end{aligned}\right\}, \qquad (2.31)$$

где $G_а$ – вес автомобиля, кН;

$G_п$ – вес прицепа, кН;

$F_{ка}$ – суммарная касательная сила тяги, развиваемая ведущими колесами автомобиля, кН;

$F_{fп}$ – суммарная сила сопротивления передвижению переднего и заднего колес прицепа, кН;

$f_{тр}$ – коэффициент трения при относительном перемещении крюковой петли в крюке сцепного устройства;

$f_{пер}$ – коэффициент сопротивления передвижению колес автомобиля и прицепа;

$P_{крв}$ – вертикальная реакция в сцепном устройстве от крюкового усилия, кН;

c – приведенный коэффициент жесткости упругого элемента сцепного устройства, Н/м;

S – величина сжатия упругого элемента сцепного устройства в процессе передвижения автомобиля с прицепом.

Вертикальную реакцию в сцепном устройстве, возникающую от действия крюкового усилия при передвижения прицепа, определим относительно точки опоры переднего колеса прицепа. При этом ввиду малости массы колес относительно массы прицепа сделаем допущение о том, что моменты инерции колес и сопротивления качению не учитываются, тогда

$$P_{крв} X_{кр} + G_n X_м + M_n h_n - R_{n2}\left(L_{пр} + X_{кр}\right) + P_{крг} h_{кр} = 0, \qquad (2.32)$$

где $X_{кр}$ – расстояние от крюка сцепного устройства автомобиля до оси переднего колеса прицепа, м;

$X_м$ – расстояние от оси переднего колеса прицепа до точки приложения центра тяжести прицепа, м;

$h_п$ – расстояние от дневной поверхности до точки приложения центра тяжести прицепа, м;

$R_{п2}$ – реакция со стороны грунта на заднем колесе прицепа, кН;

$L_{пр}$ – расстояние между передним и задним колесами прицепа, м;

$h_{кр}$ – расстояние от дневной поверхности до сцепного устройства, м.

Из уравнения (2.32) выразим вертикальную составляющую крюкового усилия

$$P_{крв} = \frac{R_{п2}\left(L_{пр} + X_{кр}\right) - G_п X_м - M_п h_п - P_{крг} h_{кр}}{X_{кр}}. \qquad (2.33)$$

Приняв, что центр тяжести прицепа расположен ровно посередине, тогда справедливо равенство

$$R_{п1} = R_{п2} = {G_п}/{2}. \qquad (2.34)$$

Так как в сцепном устройстве установлен пружинный элемент, то при сжатии пружин возникает ряд перемещений в сцепном устройстве: петли сцепного устройства в крюке и штоков крюка и сцепной петли. В результате перемещений, вызванных крюковым усилием, вертикальная составляющая $P_{кр.в}$ перемещается в сторону прицепа на величину $L_с$, что сопровождается возникновением трения в сцепном устройстве. А так как пружинный элемент должен полностью выдерживать усилие, возникающее на крюке, то его целесообразно представить в виде усилия сжатия пружины

$$P_{крг} = cS, \qquad (2.35)$$

где c – приведенный коэффициент жесткости пружинного элемента сцепного устройства, Н/м;

S – величина сжатия пружинного элемента в процессе передвижения автомобиля с прицепом, мм.

Тогда зависимость (2.33) примет вид

$$P_{крв} = \frac{0{,}5G_n\left(L_{пр} + X_{кр}\right) - G_n X_м - M_n h_n - cSh_{кр}}{X_{кр} + f_{тр} h_{кр}}. \qquad (2.36)$$

В предлагаемой конструкции ТСУ предусмотрена установка дополнительного пружинного элемента на тяговой петле прицепа, тогда согласно схеме сил, действующих на ТСУ в горизонтальной плоскости (рисунок 2.17), получим, что уравнения движения точки M приложения силы $P_{крг}$ можно записать в виде

$$C_а(x_п - x_а) = P_{крг}, \qquad (2.37)$$

$$\frac{P_{крг} d^2 x_a}{dt^2} - C_n\left(x_n - x_a\right) + C_a x_a = 0, \qquad (2.38)$$

где x_1 и x_2 - координаты точки M и силы приложения крюкового усилия в горизонтальной плоскости;

$C_а$ и $C_п$ – соответственно жесткости пружин, установленных на крюке автомобиля и сцепной петле прицепа, Н/м.

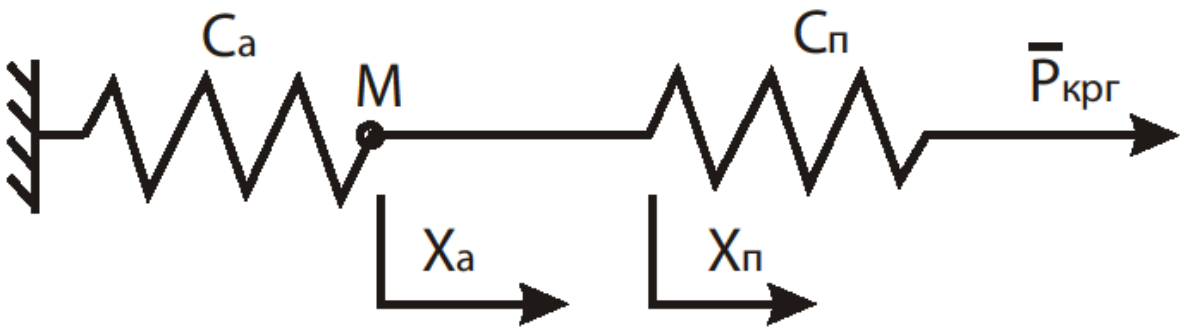


Рисунок 2.17 – Схема воздействия прицепа на автопоезд с предлагаемой конструкцией ТСУ

Во время трогания или торможения автопоезда крюковое усилие, возникающее в горизонтальной плоскости ТСУ, будет характеризоваться массой прицепа, тогда путь, пройденный точкой M, будет зависеть от ускорения, придаваемого системе массой прицепа $M_п$ при разгоне или торможении, которое можно записать в виде

$$x_а = \upsilon_а t, \qquad (2.39)$$

где $\upsilon_а$ – скорость движения автопоезда, км/ч;

t – время пути точки M, ч.

Подставив зависимость (2.39) в уравнение (2.38) и выполнив математические преобразования, получим

$$\frac{M_n d^2 x_n}{dt^2} + \frac{C_n + C_a}{M_n} x_a = \frac{C_n}{M_n} \upsilon_a t. \qquad (2.40)$$

Общее решение уравнения (2.60) имеет следующий вид :

$$x_n = A sin \sqrt{\frac{C_n + C_a}{M_n} t} + B cos \sqrt{\frac{C_n + C_a}{M_n} t} + Dt. \qquad (2.41)$$

Анализ зависимости (2.41) показывает, что данное уравнение имеет решение при условии, что жесткость пружинного элемента, установленного на прицепе, больше жесткости пружины, установленной на крюке автомобиля, $C_п < C_а$, только в этом случае в начале процесса движения прицеп, создавая усилие на крюке, сжимает пружину, установленную на крюке, и при достижении максимального усилия сжатия начинается процесс сжатия пружины, установленной на прицепе. В связи с этим на прицеп необходимо устанавливать кольцевую пружину, так как ее характеристики позволяют реализовать предлагаемое суждение. Задавшись начальными условиями, что $t = 0$, получим $x_п = 0$; $x_п = \upsilon_а$. Подставляя начальные условия в уравнение (2.41), получаем

$$x_n = \frac{\upsilon_a}{\omega} \frac{C_n}{(C_a + C_n)} sin\,\omega t + \frac{C_n}{C_a + C_n} \upsilon_a t. \qquad (2.42)$$

где $\omega = \sqrt{\frac{C_n + C_a}{M_n}}$ – частота колебаний системы, Гц.

Относительно к силовых характеристик было установлено, что усилие, возникающее в ТСУ, будет складываться из усилий, создаваемых прицепом при равномерном и ускоренном движении, тогда

$$F_{крг} = F'_{крг} + \Delta F_{крг}, \qquad (2.43)$$

где $F'_{крг}$ – горизонтальное крюковое усилие, действующее в ТСУ, Н;

$\Delta F_{крг}$ – прирост горизонтального крюкового усилия вследствие ускоренного движения, Н.

Тогда, используя зависимость (2.42), уравнение (2.43) можно записать в следующем виде:

$$F_{крг} = F'_{крг} + \upsilon_a \frac{C_n \omega M_n}{C_a + C_n} \sin \omega t . \qquad (2.44)$$

Анализ зависимости (2.44) показал, что на характер изменения горизонтального усилия в ТСУ оказывают влияние жесткость пружинного элемента и частота колебаний, вызванных движением автопоезда по неровной поверхности. Характер изменения горизонтального усилия в ТСУ для автопоезда в составе КАМАЗ-5320 и прицепа 8560-82-02 на режиме трогания с места и торможения представлен на рисунках 2.18 и 2.19.

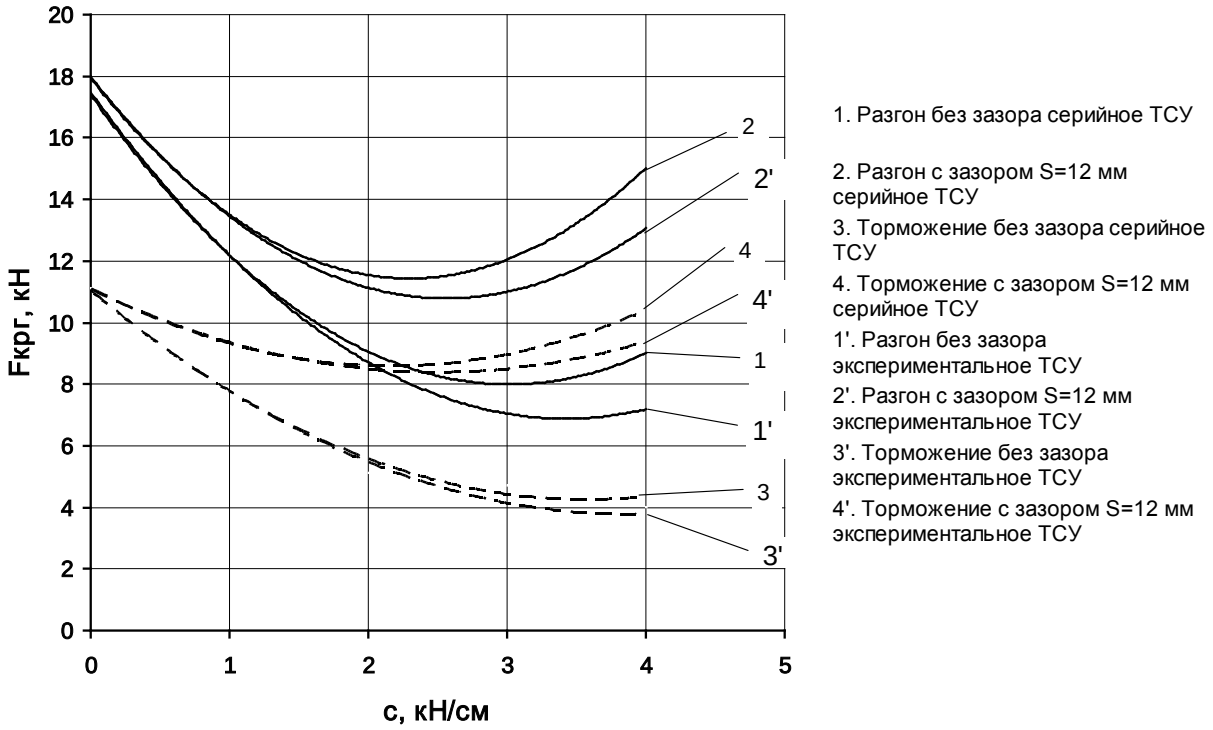


Рисунок 2.18 – Изменение горизонтального крюкового усилия в ТСУ автопоезда в зависимости от коэффициента жесткости упругой связи «*с*» и зазора в ТСУ

Для сцепных устройств с зазором есть диапазон жесткости упругого элемента ТСУ, в котором продольное усилие имеет минимальное значение. Этот минимум с увеличением зазора соответствует меньшим значениям жесткости пружинного элемента. С уменьшением жесткости связи усилия в ТСУ стремятся к пределу, равному двукратной величине продольного усилия как при трога-

нии, так и при торможении. Как видно, осуществлять подбор жесткости пружинного элемента ТСУ необходимо с учетом оптимального выбора всех зазоров, возникающих в ТСУ в процессе движения автопоезда. Одним из технических решений выбора зазора в соприкосновении крюка и тяговой петли прицепа будет установка дополнительных подпружиненных шариков на петле прицепа [118].

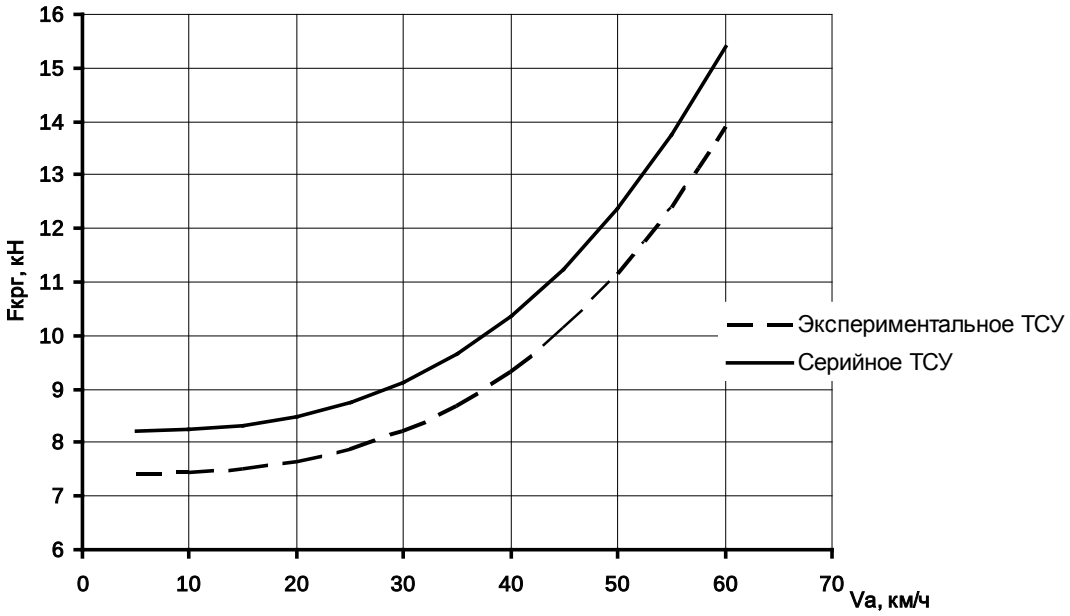


Рисунок 2.19 – Изменение горизонтального крюкового усилия в ТСУ автопоезда в зависимости от скорости движения автопоезда

При рассмотрении влияния скорости движения автопоезда было установлено, что увеличение скорости движения приводит к постоянному росту горизонтального крюкового усилия. Это объясняется тем, что увеличение скорости движения повышает частоту колебаний, если принять, что неровности дороги есть величина постоянная.

Как показали результаты теоретических суждений о необходимости подбора жесткостей пружин, установленных в предлагаемой конструкции ТСУ, в уравнение (2.31) целесообразнее подставить значение приведенной жесткости пружинного элемента, которое будет определяться с учетом жесткости двух пружин по зависимости

$$c = \frac{c_a c_n}{c_a + c_n}, \qquad (2.45)$$

где $c_а$ и $c_п$ – соответственно жесткости пружин установленных на крюке автомобиля и сцепной петле прицепа, Н/мм.

Подставив уравнение (2.37) в зависимость (2.31), получим дифференциальное уравнение системы автомобиль – прицеп в процессе движения

$$\left.\begin{aligned} M_a \frac{d^2 S_a}{dt^2} &= \left(F_{ка} - f_{пер} G_a\right) - \left(f_{тр} - f_{пер\,a}\right) \frac{0{,}5 G_n \left(L_{пр} + X_{кр}\right) - G_n X_м - M_n h_n - cSh_{кр}}{X_{кр} + f_{тр} h_{кр}} - cS \\ M_n \frac{d^2 S_n}{dt^2} &= \left(F_{fn} + f_{пер} G_n\right) + \left(f_{тр} - f_{пер\,n}\right) \frac{0{,}5 G_n \left(L_{пр} + X_{кр}\right) - G_n X_м - M_n h_n - cSh_{кр}}{X_{кр} + f_{тр} h_{кр}} + cS \end{aligned}\right\}. \qquad (2.46)$$

Проводя математические преобразования в данной зависимости, целесообразно обозначить ряд величин коэффициентами, например:

$$A = \frac{0{,}5 G_n \left(L_{пр} + X_{кр}\right)}{X_{кр} + f_{тр} h_{кр}} \left(f_{тр} - f_{пера}\right); \qquad B = \frac{G_n X_м}{X_{кр} + f_{тр} h_{кр}} \left(f_{тр} - f_{пера}\right);$$

$$C = \frac{h_n}{X_{кр} + f_{тр} h_{кр}} \left(f_{тр} - f_{пера}\right); \qquad D = \frac{h_{кр}}{X_{кр} + f_{тр} h_{кр}} \left(f_{тр} - f_{пера}\right).$$

С учетом введенных обозначений в виде коэффициентов дифференциальное уравнение движения автомобиля с прицепом примет вид

$$\left.\begin{aligned} M_a \frac{d^2 S_a}{dt^2} &= \left(F_{ка} - f_{пер} G_a\right) - A - B - M_n \frac{d^2 S_n}{dt^2} C - c(1 - D) S \\ M_n \frac{d^2 S_n}{dt^2} &= \left(F_{fn} + f_{пер} G_n\right) + A + B + M_n \frac{d^2 S_n}{dt^2} C + c(1 - D) S \end{aligned}\right\}. \qquad (2.47)$$

Во время разгона или переключения передач автомобиля происходит сжатие пружинного элемента в сцепном устройстве на величину S после того, как устранится зазор $L_с$ в соединении крюк и сцепная петля. Геометрические параметры крюка и сцепной петли регламентируются ГОСТ 2349–75 [29], согласно которому диаметр прутка, из которого выполнена сцепная петля, равен 42 мм, а диаметр места соединения петли в крюке равен 48 мм, следовательно, величина зазора между петлей и крюком может изменяться в диапазоне от 0 до 6 мм.

После выбора зазора в сцепном устройстве происходит сжатие пружинного элемента, установленного на автомобиле, на величину $L_а$, а пружины в сцепке прицепа на величину $L_п$. В связи с тем, что пружинные элементы установлены по разным сторонам тягово-сцепного устройства, сжатие пружин приводит к увеличению расстояния между центрами тяжести автомобиля и прицепа на величину

$$X_о = L_{о1} - L_о, \tag{2.48}$$

где $L_{о1}$ и $L_о$ – соответственно расстояния между центрами тяжести грузового автомобиля и прицепа после процесса движения (разгона) и до движения (остановка, равномерное движение), м.

Следовательно, в процессе движения грузового автомобиля относительно заданной точки (начало отсчета движения) можно записать выражение, определяющее максимальную величину сжатия пружинных элементов сцепного устройства:

$$S_a - S_n = L_{o1} - \left(L_a + L_c + L_n\right), \tag{2.49}$$

где $L_а$ – величина сжатия пружинного элемента, установленного на автомобиле, м;

$L_п$ – величина сжатия пружинного элемента, установленного на прицепе, м;

$L_с$ – величина зазора между крюком и сцепной петлей тягово-сцепного устройства, м;

Тогда, произведя двойное дифференцирование уравнения (2.31), получим

$$\frac{d^2S_a}{dt^2} - \frac{d^2S_n}{dt^2} = -\frac{d^2S}{dt^2}. \tag{2.50}$$

Выразим из уравнения (2.50) величину $\frac{d^2S_п}{dt^2}$ и подставим в зависимость (2.31), получим

$$\left.\begin{aligned} M_a\frac{d^2S_a}{dt^2} &= \left(F_{ка} - f_{пер}G_a\right) - A - B - M_n\left(\frac{d^2S_a}{dt^2} + \frac{d^2S}{dt^2}\right)C - c(1-D)S, \\ M_n\left(\frac{d^2S_a}{dt^2} + \frac{d^2S}{dt^2}\right) &= \left(F_{fn} + f_{пер}G_n\right) + A + B + M_n\left(\frac{d^2S_a}{dt^2} + \frac{d^2S}{dt^2}\right)C + c(1-D)S \end{aligned}\right\}. \tag{2.51}$$

Вычитая из первого уравнения зависимости (2.51) второе уравнение, получим дифференциальное уравнение для определения относительного перемещения крюка и сцепной петли тягово-сцепного устройства

$$\frac{d^2S}{dt^2}+\frac{1-D}{1+C}\frac{M_a+M_n}{M_aM_n}\frac{c_ac_n}{c_a+c_n}S=$$
$$=\frac{F_{ка}M_n-F_{fn}M_a+CM_n\left\{\left[F_{ка}-F_{fn}+f_{пер}\left(G_a+G_n\right)\right]-B\left(M_a+M_n\right)\right\}}{\left(1+C\right)M_aM_n}. \quad (2.52)$$

Конструкция тягово-сцепного устройства обеспечивает присоединение прицепа к грузовому автомобилю, при этом расположения крюка грузового автомобиля и сцепная петля прицепа располагаются на одном уровне по высоте согласно ГОСТ Р 52281–2004 [30]. Тогда отношение $\frac{1-D}{1+C}$ можно приравнять единице. Решая дифференциальное уравнение (2.46), можно определить максимальную величину сжатия пружинных элементов с учетом их жесткости

$$S=\frac{F_{кр}\left(c_a+c_n\right)\left[1+\sqrt{1+\left(\frac{c_ac_n}{c_a+c_n}\frac{\upsilon_oL_c}{F_{кр}\beta}\right)^2}\,sin\left(\beta t+\varepsilon\right)\right]}{c_ac_n}, \quad (2.53)$$

где $F_{кр}$ – усилие возникающее в тягово-сцепном устройстве при движении грузового автомобиля с прицепом, кН;

υ_o – относительная скорость элементов тягово-сцепного устройства, м/с;

β – угловая частота собственных колебаний элементов тягово-сцепного устройства, с $^{-1}$;

t – время разгона или движения автомобиля, с;

ε – коэффициент, характеризующий нагрузку в тягово-сцепном устройстве в процессе движения автомобиля.

Установка двух пружинных элементов в тягово-сцепном устройстве будет сопровождаться колебаниями в горизонтальной плоскости, вызываемыми массами грузового автомобиля и прицепа за счет движения с переменной скоростью. Тогда угловую частоту колебаний определим как

$$\beta = \sqrt{\frac{c_a c_n}{c_a + c_n} \frac{M_a + M_n}{M_a M_n}}\,. \qquad (2.54)$$

Тягово-сцепное устройство, кроме пружинного элемента, представляет собой жесткую конструкцию, из этого можно допустить, что скорость перемещения элементов конструкции тягово-сцепного устройства будет примерно соответствовать скорости движения грузового автомобиля.

Величину усилия, возникающего в тягово-сцепном устройстве при движении грузового автомобиля, оснащенного прицепом, с учетом предварительного снижения скорости автомобиля и последующего ее увеличения, что соответствует режиму переключения передач или преодоления препятствия, определим как

$$F_{кр} = \left[\frac{M_n}{M_a + M_n} F_{fa} - \left(1 - \frac{M_n}{M_a + M_n}\right) F_{fn} + \frac{M_n}{M_a + M_n} C\left(F_{fa} + F_{fn}\right) + \right.$$
$$\left. + \frac{M_n}{M_a + M_n} C f_{пер}\left(G_a + G_n\right) \right] \frac{1}{1 - D}. \qquad (2.55)$$

Определяя значение коэффициента, характеризующего нагрузку в тягово-сцепном устройстве необходимо, задаться начальными условиями: t = 0; S = 0; $\frac{dS}{dt} = \upsilon_o L_c$, тогда

$$\varepsilon = -arcsin \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{c_a c_n}{c_a + c_n} \frac{\upsilon_o L_c}{F_{кр}\beta} \right)}}\,. \qquad (2.56)$$

Если рассматривать процесс движения грузового автомобиля с прицепом при максимальной загруженности с учетом ускоренного движения, тогда величина $\sin(\beta t + \varepsilon) = 1$, и с учетом этого максимальная величина сжатия пружинных элементов тягово-сцепного устройства определится как

$$S = F_{кр} \left[1 + \sqrt{1 + \left(\frac{c_a c_n}{c_a + c_n} \frac{\upsilon_o L_c}{F_{кр}\beta} \right)} \right]. \qquad (2.57)$$

Необходимо отметить тот факт, что пружинные элементы, установленные на грузовом автомобиле и прицепе, имеют предварительное поджатие. В процессе движения в тягово-сцепном устройстве создаются нелинейные колебания [39]. Наличие нелинейных колебаний позволяет исключить резонансное явление.

Расчет нелинейных колебаний можно провести с использованием метода минимизации квадратичного уклонения, предложенного Я.Г. Пановко [109]. В основе метода квадратичного уклонения лежит замена действующей нелинейной характеристики крюкового усилия как функции от перемещения пружинного элемента тягово-сцепного устройства $F_{кр} = f(S)$ некоторым линейным выражением с известной или определяемой величиной $F_{кр} = c^*S$, у которой жесткость пружинного элемента c^* должна удовлетворять минимальным требованиям интеграла

$$J = \int_{-A}^{+A} \{[f(S) - c^* S]S\}^2 dS , \qquad (2.58)$$

где $[f(S) - c^* S]$ – величина уклонения заменяющей характеристики от заменяемой;

А – амплитуда колебаний элементов тягово-сцепного устройства, мм.

Для определения жесткости пружинного элемента необходимо взять производную по c^* от выражения (2.58); и приравняв ее нулю, получим

$$c^* = \frac{5}{2A^5} \int_{-A}^{+A} f(S) S^3 dS . \qquad (2.59)$$

В предлагаемом сцепном устройстве пружинные элементы на крюке и сцепном устройстве прицепа находятся на одной оси симметрично, поэтому и характеристики данных пружинных элементов симметричны, следовательно, выражение (2.59) можно записать в виде

$$c^* = \frac{5}{A^5} \int_{0}^{A} f(S) S^3 dS . \qquad (2.60)$$

Дифференциальное уравнение нелинейных колебаний элементов конструкции тягово-сцепного устройства выглядит следующим образом:

$$\frac{d^2S}{dt^2}+\frac{f(S)}{M_{пр}}=\frac{F_{fa}(t)M_a+F_{fn}(t)M_n}{M_aM_n}, \qquad (2.61)$$

где $F_{fa}(t)$ и $F_{fa}(t)$ – соответственно функции сил, действующих во времени на автомобиль и прицеп;

$M_{пр}=\dfrac{M_aM_n}{M_a+M_n}$ – суммарная приведенная масса грузового автомобиля и прицепа, кг.

В дифференциальное уравнение (2.61) подставим вместо $f(S)$ значение величины $c*S$, получим линейное уравнение относительного перемещения крюка со сцепной петлей. Однако установка дополнительного пружинного элемента на прицепе приведет к появлению нелинейной упругой характеристики тягово-сцепного устройства предлагаемой конструкции. С учетом предварительного поджатия пружинных элементов графическая зависимость перемещения крюка и сцепной петли в зависимости от крюкового усилия показана на рисунке 2.20.

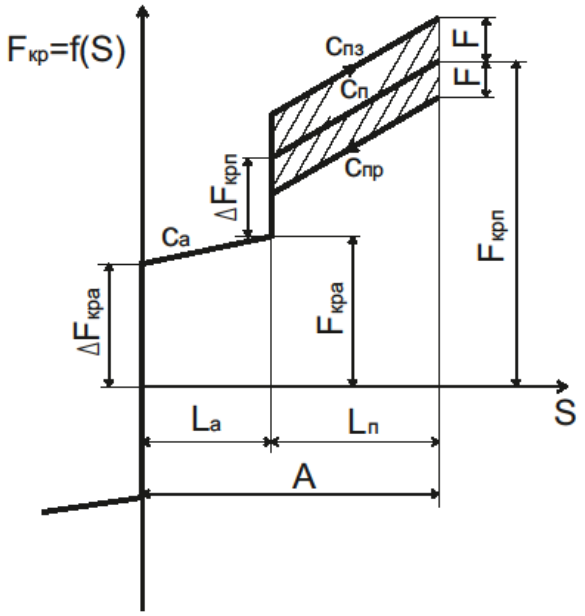


Рисунок 2.20 – График зависимости влияния крюкового усилия на перемещение крюка и сцепной петли

Для определения жесткости пружинного элемента с учетом нелинейности упругости запишем величины относительного перемещения в тягово-сцепном устройстве:

при $S = 0$ $f(S) = F_{кра}$;

при $0 < S < L_а$ $f(S)=F_{кра} + c_а L_а$;

при $L_а < S < L_п$ $f(S) = F_{кра} + c_а L_а + c_п(A - L_п) + F_{крп}$,

где A – амплитуда вынужденных колебаний в тягово-сцепном устройстве, она будет соответствовать сумме величин деформаций в крюке автомобиля и сцепной петли прицепа, тогда $A = L_а + L_п$, м.

С учетом записанных условий и выражения (2.60) приведенную жесткость тягово-сцепного устройства определим как

$$c^* = \frac{5}{A^5}\left\{\int_0^{L_a}\left(F_{кра} + c_a L_a\right)S^3 dS + \int_{L_a}^{L_n}\left[F_{кра} + c_a L_a + c_n\left(A - L_n\right) + \Delta F_{крп}\right]S^3 dS\right. . \qquad (2.62)$$

Проинтегрировав уравнение (2.62), получим зависимость приведенной жесткости тягово-сцепного устройства с учетом предварительного сжатия пружинных элементов в общем виде

$$c^* = c_n - \left(c_n - c_a\right)\alpha\left(\frac{5-\alpha^4}{4}\right) + \frac{5}{7}aA^2\left(1-\beta^7\right) + b\left(1-\beta^5\right), \qquad (2.63)$$

где $\alpha = \frac{L_a}{A}$; $\beta = \frac{L_n}{A}$ – коэффициенты;

$F_{кра}$, $F_{крп}$ – соответственно усилия предварительного поджатия пружинных элементов тягово-сцепного устройства, Н.

Так как в предлагаемой конструкции тягово-сцепного устройства установлено два пружинных элемента, то приведенная жесткость пружинных элементов тягово-сцепного устройства с учетом нелинейности будет определяться в виде кривой при следующих условиях:

– при условии, что жесткости пружин, установленных на автомобиле и прицепе, не равны $c_а \neq c_п$, $\beta=1$, зазор в сцепке крюк–петля отсутствует, $L_с = 0$, тогда

$$c^* = c_n - \left(c_n - c_a\right)\alpha\left(\frac{5-\alpha^4}{4}\right) + \frac{5}{4A}\left[F_{кра} + F_{крп}\left(1-\alpha\right)\right]; \qquad (2.64)$$

– при условии, что жесткости пружин, установленных на автомобиле и прицепе, равны, $c_а = c_п$, $\beta = 1$, зазор в сцепке крюк–петля отсутствует, $L_с = 0$, тогда

$$c^* = c_п + \frac{5}{4A}\left[F_{кра} + F_{крп}\left(1 - \alpha^4\right)\right]. \quad (2.65)$$

Как видно из представленных выражений, во всех случаях приведенная жесткость пружинного элемента тягово-сцепного устройства прямо пропорциональна амплитуде колебаний, а при наличии предварительного поджатия зависит еще и от величины этого поджатия. Предварительное поджатие пружинных элементов имеет важное значение при движении грузового автомобиля с прицепом по неровным дорогам, например при наличии выбоин, или по полю, с которого необходимо вывезти собранный урожай. Однако длина пути движения автомобиля с прицепом по полю меньше, нежели длина его движения по дороге с покрытием. Тогда, если рассматривать движение грузового автомобиля с прицепом по дороге, которая при этом имеет синусоидальный характер неровностей, то функция вынужденных колебаний в тягово-сцепном устройстве примет вид [105]

$$F_{кр}(t) = \frac{2\pi h_н g K_{навт}}{l} sin(\omega t + \varepsilon), \quad (2.66)$$

где $h_н$ – высота нервностей дороги, м;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

$K_{навт} = \dfrac{M_a + M_п}{M_a}$ – коэффициент нагрузки для автопоездов, $К_{навт}$= 1,5…1,8;

ℓ – длина дорожных неровностей, м;

ω – частота вынужденных колебаний, рад/с;

ε – исходная фаза нагрузки.

Я.Х. Закин установил, что 85–95 % дорожных неровностей, способных вызвать вынужденные колебания, имеют длину в пределах ℓ = 2–3 м [39], тогда, задаваясь величиной скорости движения грузового автомобиля с прицепом, можно определить частоту вынужденных колебаний

$$\omega = \frac{2\pi\upsilon_a}{\ell}, \tag{2.67}$$

где υ_a – скорость движения грузового автомобиля с прицепом, м/с.

При условии, что средняя скорость движения грузового автомобиля с прицепом не превышает υ_a = 25…30 км/ч, а длина неровностей дороги, способных вызвать вынужденные колебания, находится в пределах ℓ = 2…3 м, тогда расчетное значение частоты вынужденных колебаний составит ω = 13…26 рад/с что соответствует частоте колебаний ω = 2,6…4,2 Гц.

Используя метод минимизации квадратичного уклонения, выражение (2.66) можно представить в виде

$$\frac{d^2S}{dt^2} + (\beta *)^2 S = \frac{2\pi h_н g\Gamma_{ап}}{\ell}\sin(\omega t + \varepsilon). \tag{2.68}$$

В соответствии с данным выражением амплитуда вынужденных колебаний будет определена как

$$A = \frac{2\pi h_н g\Gamma_{ап}}{\ell\left[(\beta *)^2 - \omega^2\right]}. \tag{2.69}$$

Если принимать во внимание, что упругая характеристика пружинных элементов тягово-сцепного устройства является нелинейной величиной, то, задавшись жесткостью пружинных элементов, определяемой по формуле (2.67), можно определить амплитуду вынужденных колебаний

$$A = \frac{2\pi h_н g\Gamma_{ап}}{\ell\left(\frac{c}{M_{ап}} + \frac{5F_{кр}}{4M_{ап}} - \omega^2\right)}, \tag{2.70}$$

где $M_{ап}$ – суммарный вес автопоезда, Н.

Анализ зависимости (2.70) показывает, что на величину амплитуды вынужденных колебаний в ТСУ оказывают влияние масса прицепа и скорость передвижения автопоезда. Графические зависимости влияния данных параметров представлены на рисунке 2.21. Как видно, с увеличением скорости движения автопоезда величина амплитуды вынужденных колебаний снижается как у серийного, так и у экспериментального ТСУ.

При движении автопоезда с пассивным прицепом усилие, возникающее в ТСУ от воздействия прицепа, можно определить по зависимости [39]

$$F_{кр} = mj_o M_n \left[1 + \sqrt{1 + \left(\frac{\upsilon_n}{j_o} \beta \right)^2} \right], \qquad (2.71)$$

где m – коэффициент весовой характеристики прицепа;

$j_о$ – относительное ускорение, м/с^2;

$M_п$ – приведенный вес прицепа, Н;

$\upsilon_п$ – скорость движения прицепа, м/с;

β – круговая частота собственных колебаний звеньев ТСУ в продольном горизонтальном направлении.

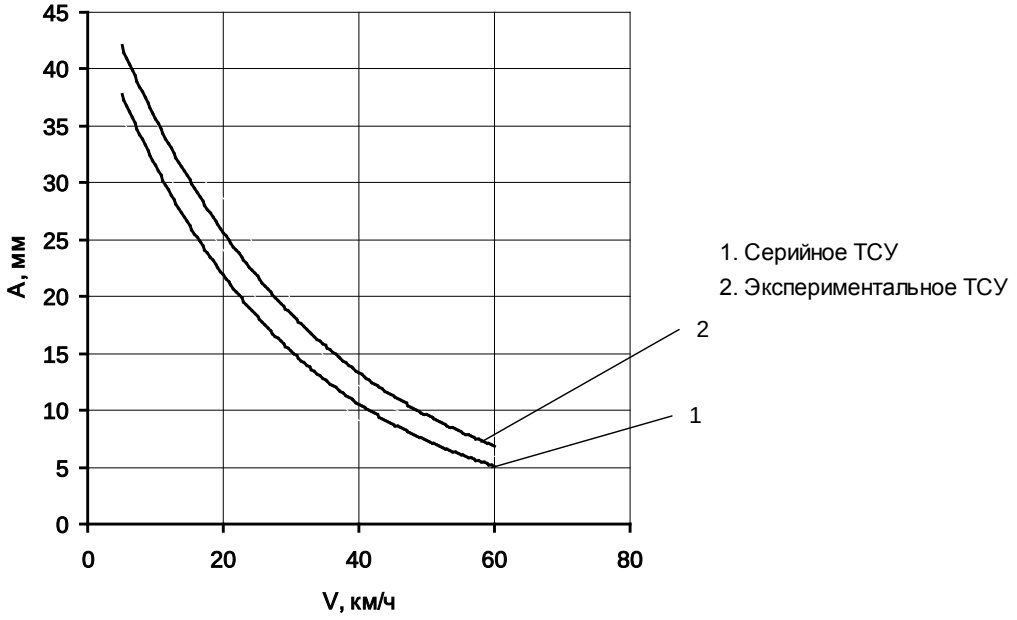


Рисунок 2.21 – Влияние скорости движения автопоезда на величину амплитуды вынужденных колебаний

В связи с тем, что при трогании или торможении автопоезда прицеп в виде силовой характеристики не может действовать на ТСУ мгновенно, его воздействие на ТСУ длится в течение некоторого периода времени, тогда сила, возникающая в результате действия массы прицепа на ТСУ, является функцией времени и изменяется по линейному закону вида

$$F_{пр}=K_р t_п, \qquad (2.72)$$

где $K_р = F_{пр}/t_п$ – коэффициент роста усилия в ТСУ от воздействия прицепа, Н/с;

$F_{пр}$ – максимальное усилие, создаваемое прицепом в процессе трогания или торможения, Н;

$t_п$ – время нарастания силы $F_{пр}$ от минимального значения до максимального, с.

Сопротивление, возникающее при движении прицепа, можно определить по зависимости (2.13), только вместо веса автомобиля необходимо подставить вес прицепа. Так как в конструкции предлагаемого ТСУ установлен дополнительный пружинный элемент на тяговой петле прицепа, то время нарастания силы $F_{пр}$ будет задерживаться прямо пропорционально величине деформации пружинного элемента, тогда при условии, что скорость прицепа равна скорости разгона или торможения автомобиля, получим

$$t_п = L_п/\upsilon_р. \qquad (2.73)$$

При рассмотрении зависимости (2.71) с учетом коэффициента роста усилия в ТСУ при воздействии прицепа было установлено, что при $K_р \to 0$ время нарастания силы $F_{пр}$ стремится к бесконечности, $t_п \to \infty$, тогда усилие в ТСУ приближается к статическому. По мере роста величины $K_р$ усилия в ТСУ увеличиваются и достигают максимального значения при при $K_р \to \infty$ ($t_п \to 0$). Сопоставив зависимости (2.71) и (2.72) с учетом зависимости (2.73), величину коэффициента роста усилия в ТСУ целесообразнее заменить коэффициентом динамического воздействия прицепа, который будет определяться как

$$K_{дп} = \sqrt{1 + \frac{2L_c c_n}{F_{пр}}}. \qquad (2.74)$$

На величину коэффициента динамичности оказывают влияние величина жесткости пружинного элемента, установленного на петле прицепа, и скорость движения автопоезда (рисунки 2.22 и 2.23).

Как видно, установка дополнительного пружинного элемента в экспериментальном ТСУ позволяет снизить негативное воздействие прицепа на автомобиль, тем самым давая возможность увеличения скорости движения автопоезда. По результатам расчета скорости движения автопоезда с учетом зависи-

мостей (2.13) и (2.28) была построена графическая зависимость влияния массы автопоезда на скорость его движения (рисунок 2.24).

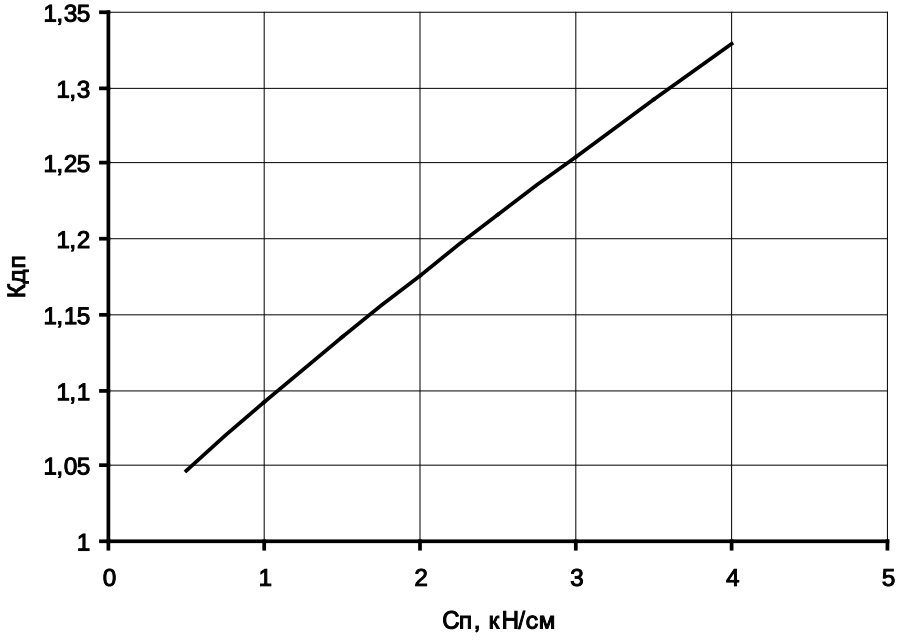


Рисунок 2.22 – Влияние жесткости пружинного элемента, установленного в ТСУ прицепа, на коэффициент динамичности при постоянной скорости движения

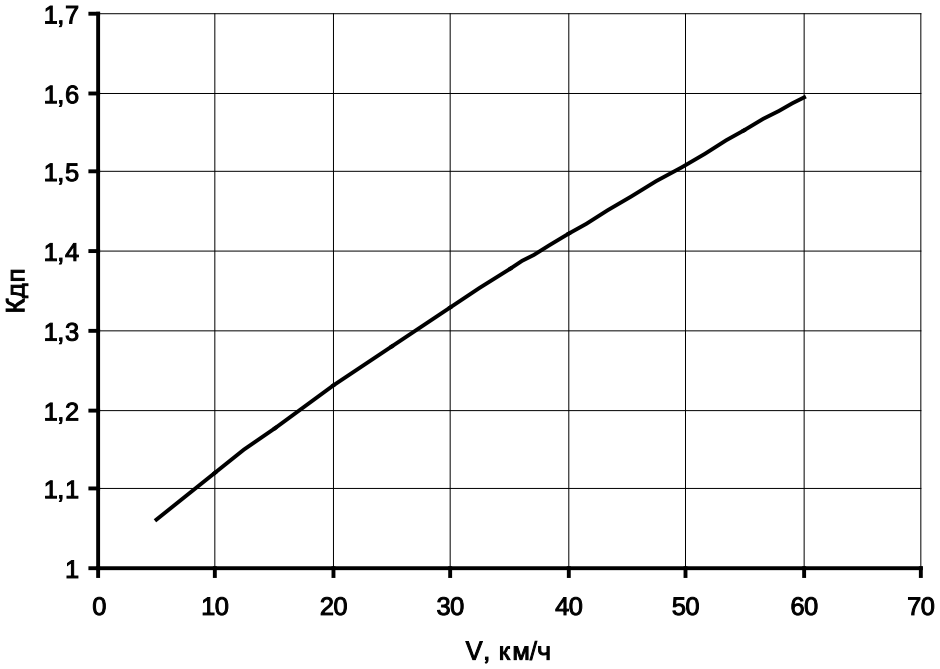


Рисунок 2.23 – Влияние скорости движения на коэффициент динамичности при постоянной жесткости пружинного элемента

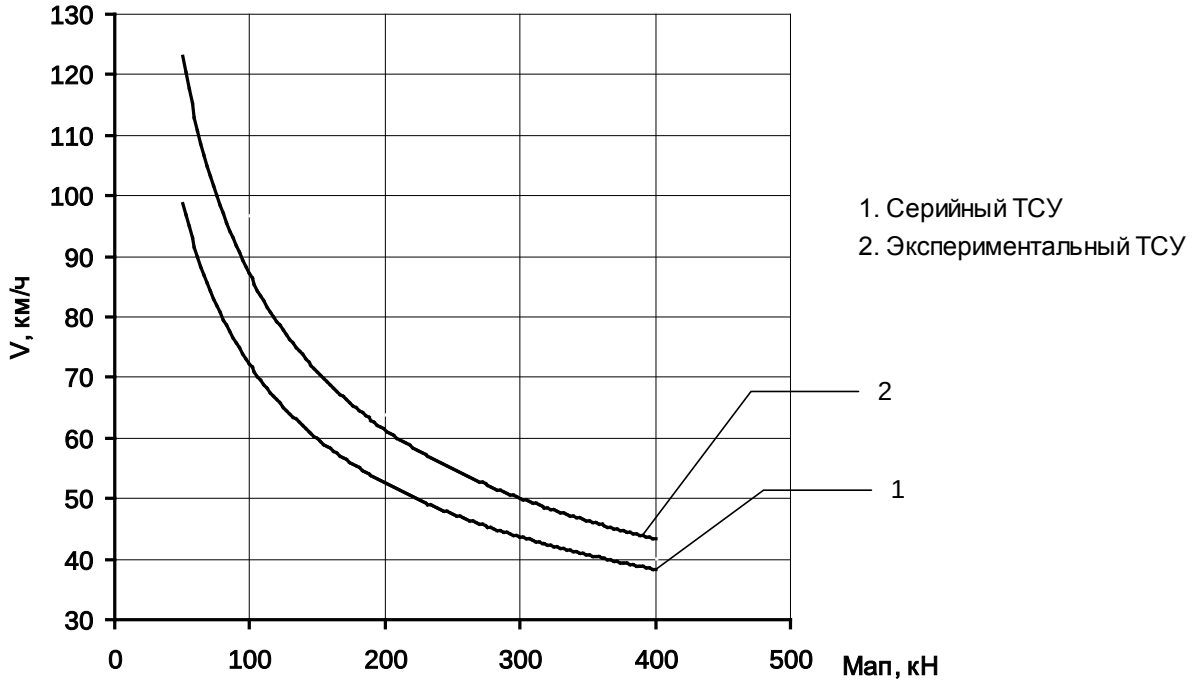


Рисунок 2.24 – Влияние массы автопоезда на скорость его движения

Анализ графической зависимости показал, что увеличение общего веса автопоезда приводит к снижению скорости его передвижения при любых конструкциях ТСУ, однако скорость автопоезда с экспериментальным ТСУ снижается менее значительно, да и сама скорость выше по сравнению с серийным ТСУ. Применение дополнительного пружинного элемента позволяет повысить скорость передвижения автопоезда, а значит и производительность автопоезда с ТСУ, оснащенным дополнительным пружинным элементом, которую можно рассчитать по зависимости (2.28).

Как показали расчеты, производительность автопоезда с ТСУ, оснащенным дополнительным пружинным элементом, в среднем на 14,5 % выше по сравнению с производительностью автопоезда, в котором использовано серийное ТСУ (рисунок 2.25).

Определив производительность автопоезда с ТСУ, имеющим дополнительный пружинный элемент, необходимо провести расчет пружинного эле-

мента экспериментального ТСУ. Методика расчета представлена в приложении К.

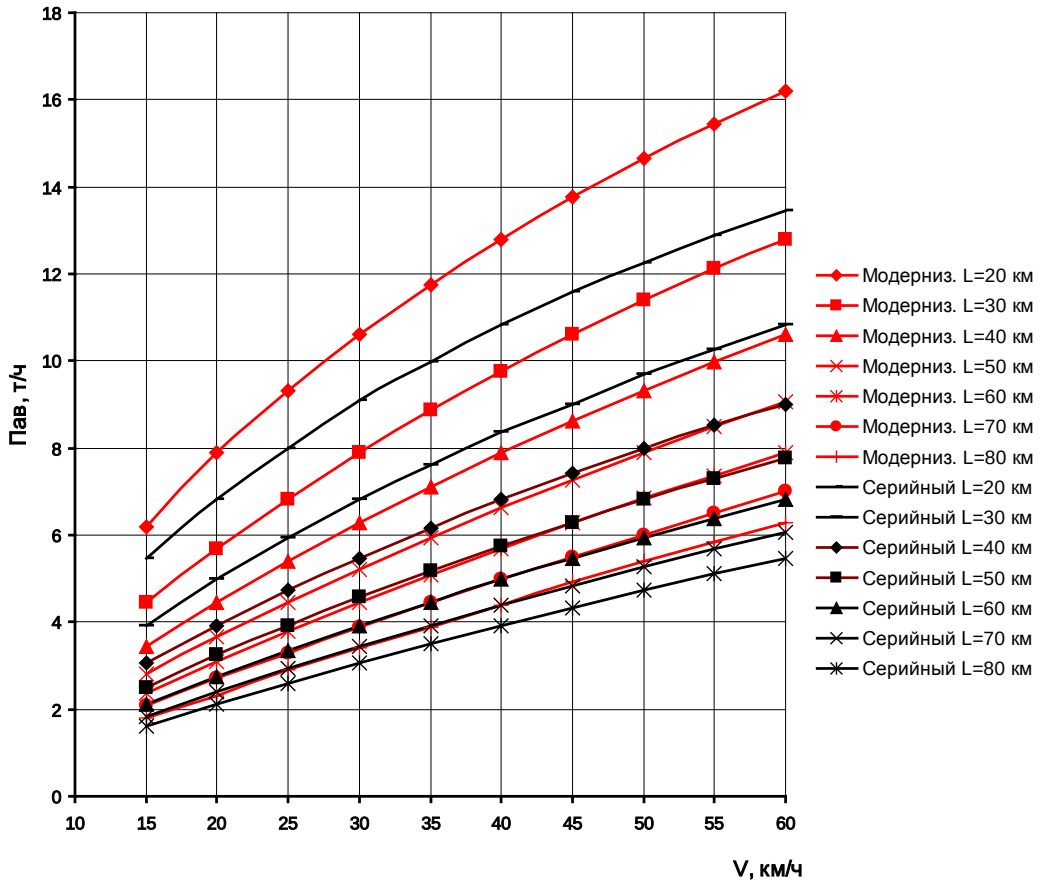


Рисунок 2.25 – Влияние скорости движения автопоезда и дальности возки на производительность

Соотношения размеров кольцевой пружины, устанавливаемой на сцепную петлю прицепа выбираем, согласно справочнику П.И. Орлова [105], при этом за основной размер примем внутренний диаметр. Внутренний диаметр кольца кольцевой пружины должен быть больше диаметра тела сцепной петли. Согласно конструкции сцепной петли диаметр ее тела составляет 60 мм, тогда с учетом максимального усилия на крюке, равного $F_{кр}$ = 180 кН, величины деформации внутреннего кольца пружины и материала из которого изготовлено кольцо сталь (60С2ХА), его геометрические размеры следующие:

– внутреннее кольцо: внутренний диаметр $d_{ов}$ = 63 мм, наружный диаметр $d_{он}$ = 78 мм, толщина стенки δ = 5 мм, ширина кольца S = 25 мм, угол наклона конуса кольца α = 19 град;

– внешнее кольцо: внутренний диаметр $d_{ов}$ = 63 мм, наружный диаметр $d_{он}$ = 80 мм, толщина стенки δ = 5 мм, ширина кольца S = 25 мм, угол наклона конуса кольца α = 19 град.

В итоге установка дополнительного пружинного элемента на прицепе в виде кольцевой пружины позволит создавать в процессе движения автопоезда возможность поочередного движения масс грузового автомобиля и прицепа с натягом без рывков.

Выводы по разделу

1. Представлено два варианта выполнения уборочно-транспортных работ. Первый вариант – транспортировка собранного урожая осуществляется автопоездами на механический ток с последующей переработкой и транспортировкой с помощью автопоездов на элеватор. Второй вариант – транспортировка урожая автопоездами непосредственно от комбайна на элеватор.

2. Выведены аналитические зависимости времени ездки автомобиля от скорости движения в сложных дорожных условях Республики Дагестан, на основе которых произведен расчет оптимального количественного состава уборочно-транспортного звена в зависимости от урожайности зерновых культур и дальности их перевозки.

3. Обоснована конструкция ТСУ с установленным на прицепе дополнительным пружинным элементом, которая позволяет снизить динамическую составляющую крюкового усилия, возникающую при движении автопоезда, что повышает скорость передвижения автопоезда и производительность.

4. Выведены аналитические зависимости движения автопоезда, состоящего из грузового автомобиля КАМАЗ-5320 и прицепа 8560-82-02, и усилий, возникающих в ТСУ предлагаемой конструкции, доказывающие возможность увеличения скорости движения автопоезда и его производительности. Теоретически обоснованы геометрические параметры пружинного элемента в зависимости от типа дороги, по которой происходит движение автопоезда, и общей массы прицепа.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа исследований

На основании поставленной цели и задач исследования, изложенных в первом и втором разделах, программой экспериментальных исследований были предусмотрены дорожно-полевые испытания комплекта машин уборочно-транспортного звена, обработка экспериментальных данных и их анализ с целью решения поставленных задач. Для этого были проведены следующие исследования:

1. Определение количественного состава уборочно-транспортного звена при выполнении уборки зерновых культур.
2. Проведение сравнительных испытаний автопоездов, состоящих из грузового автомобиля КАМАЗ-5320 и прицепа 8560-82-02 тягово-сцепными устройствами с серийной и предлагаемой конструкций.

3.2 Методика проведения замеров и обработки данных при определении количественного состава уборочно-транспортного звена

Принцип системного подхода для решения поставленных в работе задач исследования означает изучение в едином целом всего технологического процесса – от почвообрабатывающих операций до уборки урожая с поля. Это, в свою очередь, определяет необходимость исследования взаимодействия звеньев комплекса машин, оценки влияния условий работы на эффективность процесса сельскохозяйственного производства.

На первом этапе исследований изучалась вся совокупность информации, прямо или косвенно характеризующая объект исследования и условия его функционирования. В качестве источников информации использовались:

1. Годовые и оперативные отчеты, производственно-финансовые планы, проектно-сметная документация агрохимического обслуживания, технологи-

ческие карты возделывания сельскохозяйственных культур в МТС Республики Дагестан;

2. Статистические сборники статистического управления Республики Дагестан, схематические карты районов, сводные показатели паспортизации полей и дорог.

Полученная информация подвергалась предварительной проверке на достоверность методом баланса. Выполнению статистических оценок предшествовало формирование выборочной совокупности. Численность выборки [27, 33], при случайном бесповоротном отборе, определялась по выражению

$$n_x = \frac{t_1 N}{N\left(\frac{\Delta x}{V_x}\right)^2 + t_1^2}, \tag{3.1}$$

где t_1 – 1,96 – величина нормированного отклонения, при значении доверительной вероятности 0,96 принята согласно [14, 33];

n_x, N – численность единиц соответственно выборочной генеральной совокупностей;

V_x – коэффициент вариации, %;

Δx – относительная ошибка, принята равной 5 %.

Рассматривалось распределение МТС по Республике Дагестан, коэффициент вариации таких показателей, как масса доставленного груза, суммарная грузоподъемность машин, производительность уборочной машины.

Использование теории надежности позволяет описать влияние вероятности работоспособного состояния технических средств на производительность процесса уборки и транспортировки собранного урожая зерновых культур. Здесь важно определить величину вероятности. Ее значение находили по методике профессора И. Е. Ульмана [144], дополненной М. К. Волковым [25]. При этом вероятность работоспособного состояния машин находится как

$$P = \frac{c}{n_x}, \tag{3.2}$$

где n_x – число обследованных машин;

c – число машин, находящихся на момент обследования в работоспособном состоянии. Количество обследованных машин для получения достоверной оценки их надежности в обычных условиях эксплуатации, согласно [25], находим по выражению

$$n_n = \frac{t_\alpha^2 P}{\Delta_P^2 (1 - P)}, \tag{3.3}$$

где Δ_P – допустимая относительная ошибка.

С учетом изменчивости условий работы в течение года принято, что за каждый из 12 месяцев года, по каждому предприятию МТС Республики Дагестан для различных видов тракторов, прицепов, комбайнов следует получить значение Р, т. е. фактически $n_n > 500$.

При получении данных в результате фотохронометражных наблюдений, определения расстояний переездов между зерноуборочным комбайном и местом складирования собранного урожая на складах хозяйств использовались следующие приборы: секундомер механический ГОСТ 5072–79 (погрешность 0,6 %); весы автомобильные ВА-30т ГОСТ 29329–92 (погрешность 1,0 %); рулетка 100 м «Строитель» ГОСТ 7502-98 (погрешность 0,25 %). При транспортировании собранного урожая до элеватора расстояние от места погрузки зерна до элеватора определялось по карте районов Республики Дагестан с использованием программного продукта Google Планета Земля.

Данные хронометражных наблюдений предполагалось использовать для определения значений величин и закономерностей с целью последующего их применения в математических моделях. По утверждению Ю. К. Киртбая [62, 63, 64], надежность результата наблюдений при этом должна быть большая. Поэтому доверительная вероятность принята равной 0,99. Тогда с учетом данных об ошибке измерительных приборов, согласно [23], принято, что масса сельскохозяйственной культуры (зерно) в кузове должна определяться в 10-кратной повторности, а продолжительность циклических операций следует замерять не менее чем 30 раз.

Число измерений расстояний переездов между объектами работ (отделениями, бригадами) определено согласно зависимости [27, 60]

$$n_\ell = \left(\frac{t_\alpha V_\ell}{\Delta_\ell} \right)^2 . \qquad (3.4)$$

Следовательно, для получения надежной оценки этого параметра необходимо измерить его во всех хозяйствах Республики Дагестан.

Экспериментальные исследования проводились с учетом требований и рекомендаций, изложенных в ГОСТ Р 52778–2007 [32], ГОСТ Р 52777–2007 [31], ГОСТ 17460–72 [28].

Затраты сменного времени определялись на протяжении 3...5 контрольных смен (чистое время работы комплекса не менее 15 часов). Затраты эксплуатационного времени при доставке собранного урожая на расстояние 1, 3, 5, 7 км устанавливались на протяжении 20 смен. При этом время измерялось с предельной ошибкой ± 0,5 мин, т. е. округлялось до одной минуты. Классификация фиксируемых затрат времени для транспортно-технологических агрегатов приведена на рисунке 3.1.

Рисунок 3.1 – Составляющие времени ездки автопоезда

С учетом этой классификации, требований ГОСТ Р 52778–2007 и рекомендаций М. Н. Костомахина [71] выполнены шифровка, последующая группировка и определение структуры затрат времени.

Схема расстановки наблюдателей приведена на рисунке 3.2. Результаты фиксировались проводилась в специально разработанных бланках рабочего времени.

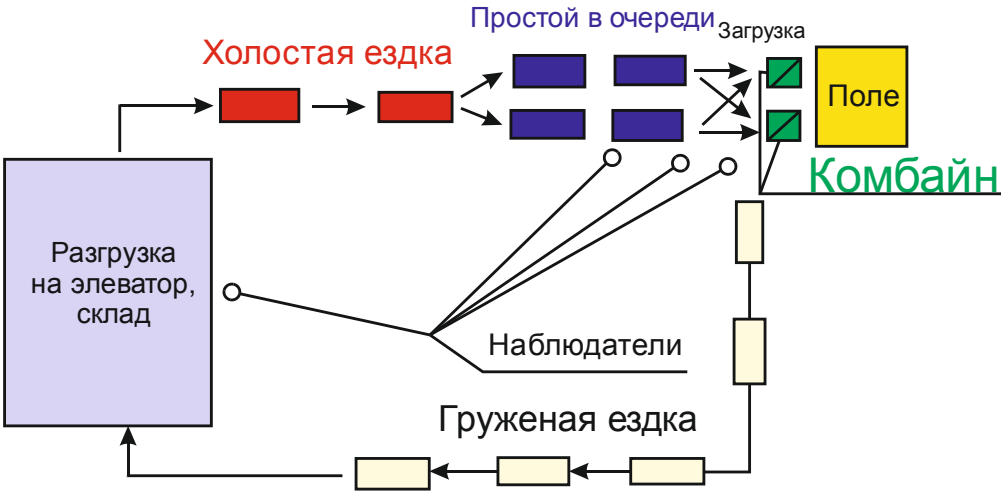


Рисунок 3.2 – Схема работы комплекса уборочно-транспортных машин и расстановка исполнителей

Параллельно с фотохронометражными наблюдениями устанавливались: плотность, состояние зерна, масса погружаемого материала, коэффициент использования грузоподъемности транспортно-технологических средств.

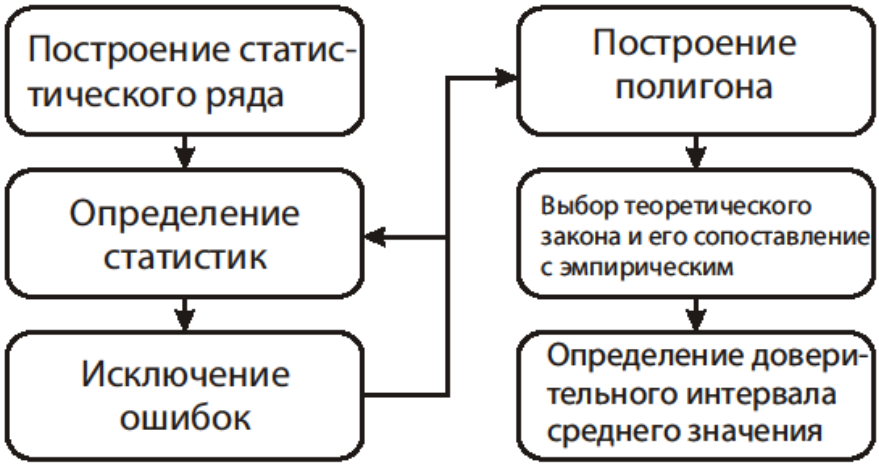


Рисунок 3.3 – Последовательность обработки опытных данных

В соответствии с представленной на рисунке 3.3 последовательностью обработки данных использовались зависимости и выражения, представленные в приложении Л.

3.3 Методика проведения полевых исследований

В ходе проведенного анализа количественного и качественного состава уборочно-транспортных звеньев, входящих в состав МТС Республики Дагестан, было установлено, что наиболее распространенными зерноуборочными комбайнами являются комбайны марки СК-5 «Нива» и ДОН-1500, а транспортировку собранного урожая с места уборки до места складирования осуществляют грузовые автомобили ГАЗ-53 и КАМАЗ-5320 используемый с прицепом 8560-82-02 (рисунок 3.4).

Рисунок 3.4 – Общий вид автопоезда, состоящего из грузового автомобиля КАМАЗ-5320 с прицепом 8560-82-02

В ходе полевых исследований определялся количественный состав уборочно-транспортного звена, состоящего из грузового автомобиля и зерноуборочного комбайна. Исследования проводились для определения количества грузовых машин и их комплектования для обеспечения перевозки собранного урожая в зависимости от урожайности зерновых культур и дальности возки.

При транспортировке собранного урожая до элеватора рекомендовалось использовать автопоезда. С целью снижения динамических нагрузок в тягово-сцепном устройстве автопоезда предлагается установить дополнительный пружинный элемент на прицепе (рисунок 3.5). Подробнее с конструкцией устройства можно ознакомиться во втором разделе диссертационной работы.

В ходе полевых исследований автопоездов предусматривалось в зависимости от типа дороги, по которой происходит движение автопоезда, производить замеры крюкового усилия в тягово-сцепном устройстве, величину частоты и амплитуды колебаний. Исследования проводились на автопоезде, состоящем из грузового автомобиля КАМАЗ-5320 с прицепом 8560-82-02 согласно рекомендациям ГОСТ Р 52302–2004 «Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний».

Рисунок 3.5 – Общий вид прицепа с пружинным элементом, установленным на сцепной петле

В ходе исследований автопоезд двигался по дорогам четырех типов: качественное асфальтовое покрытие; грунтовая дорога; асфальтовое покрытие с выбоинами; асфальтовое покрытие в разбитом состоянии.

В процессе передвижения автопоезда по дорогам скорость его варьировалась от 0 до 50 км/ч с интервалом 5 км/ч. Фиксация скорости производилась

визуально на панели приборов автомобиля. Время движения фиксировалось с помощью секундомера, и результаты замеров записывались в журнал исследований.

Для определения величины крюкового усилия, амплитуды и частоты колебаний тягово-сцепного устройства предлагаемой конструкции использовались следующие устройства.

С целью определения крюкового усилия, возникающего на сцепной петле прицепа была разработана экспериментальная тензометрическая петля с установленными тензометрическими датчиками 2ФКП-5х200. Датчики наклеивались на предварительно подготовленную поверхность. Регистрация сигнала с датчиков осуществлялась с помощью тензометрической станции MIC-018, которая устанавливалась в кабине автомобиля.

Запись сигналов осуществлялась с помощью специального программного обеспечения Recorder, разработанного НПЦ «Мера» (г.Королев), а обработка результатов исследований – с помощью программы WINПОС (НПЦ «Мера»).

Величина крюкового усилия определялась по выражению

$$F_{кр} = \mu_{кр} h_{кр}, \tag{3.5}$$

где $\mu_{кр}$ – масштаб записи крюкового усилия, кН/мм;

$h_{кр}$ – среднее значение ординаты на данной ступени, мм.

С целью перевода результатов обработки данных программы WINПОС в истинные значения величины крюкового усилия тензометрическую петлю предварительно тарировали на прессе Амслера.

Тарировка и проверка тензометрической аппаратуры и приборов производилась дважды: в период до и после проведения испытаний. В ходе проведения тарировки тензометрической петли определялся масштаб записи как отношение истинной нагрузки к ординате отклонения графика относительно оси абсцисс в программе WINПОС:

$$\mu_{кр} = \frac{F_н}{h_{кр\,о}}, \tag{3.6}$$

где $F_н$ – величина нагрузки, создаваемой на тензометрической петле, кН; от 0 до 200 кН с интервалом 5 кН

$h_{кро}$ – величина ординаты отклонения графика относительно оси абсцисс, мм.

В процессе движения автопоезда в тягово-сцепном устройстве предлагаемой конструкции возникают перемещения, вызванные деформационными свойствами пружинных элементов, установленных на крюке автомобиля и петле прицепа. В ходе испытаний производился замер частоты и амплитуды колебания сцепной петли прицепа. Замер осуществлялся с помощью прибора ДВТ 50, в котором установлен вихретоковый датчик ВШПА.421412.100.035 (рисунок 3.6). Корпус датчика закреплялся на раме прицепа, а шток с мерной линейкой – на крюке автомобиля. Величина регистрации частоты колебаний датчика находится в диапазоне от 0 до 20 Гц, а амплитуда колебаний составляет от 0 до 250 мм. Регистрация показаний прибора осуществлялась на тензометрической станции MIC-018.

В конструкции предлагаемого тягово-сцепного устройства предусматривается установка кольцевой пружины (рисунок 3.7). Геометрические параметры кольцевой пружины определены во второй главе. Для подтверждения теоретических суждений об обеспечении заданного крюкового усилия были определены силовые нагрузки кольцевой пружины.

Рисунок 3.6 – Датчик ДВТ 50

Рисунок 3.7 – Общий вид кольцевой пружины

Нагрузочную характеристику создавал и фиксировал гидравлический пресс (рисунок 3.8). Пружина устанавливалась на нижней неподвижной плите стенда и сжималась под действием сжимающего усилия, создаваемого нижней подвижной плитой стенда. Усилие сжатия фиксировал индикатор часового типа, установленный на стенде, а величину сжатия (осадки) кольцевой пружины определяли с помощью штангенциркуля ЩЦЦ-I-250 0,01, выполненного по ГОСТ 166–89 (рисунок 3.9). Результаты замеров заносили в рабочий журнал.

В процессе проведения экспериментальных исследований автопоезд комплектовался согласно инструкции завода-изготовителя. Полностью заправлялся ГСМ, перед началом исследований двигатель автомобиля прогревался до рабочей температуры. Движение осуществлялось на различных передачах, необходимых для достижения соответствующей скорости движения автопоезда. Автопоезд загружался зерном согласно номинальной грузоподъемности автомобиля и прицепа. Взвешивание производилось на весах, и результаты фиксировались в журнале исследований.

3.4 Методика анализа и обработки экспериментальных данных

3.4.1 Методика статистической обработки экспериментальных данных

Для качественной и количественной оценки связей между двумя признаками применялся метод парной корреляции. Получение с помощью данного метода статистических связей, близких к функциональным, позволило в дальнейшем упростить построение и решение сложных математических зависимостей, описывающих поведение объекта исследований, облегчить сбор исходной информации.

Рисунок 3.8 – Общий вид гидравлического пресса

При построении зависимости одного параметра y от другого x перед выполнением собственно оценки корреляции и регрессии проверялось соблюдение того, что: y линейно зависит от x, отклонения распределены но нормальному закону, изменение x не изменяет величины дисперсии (дисперсии для каждого значения однородны). Чаще всего в анализированных связях имели место линейные зависимости, что подтверждалось графическим или табличным отображением показателей, существующими аналитическими зависимо-

стями для подобных связей, логическим анализом физической сущности влияния аргумента на функцию. Выполнение второго из перечисленных условий, имеющего значение только при больших отклонениях [33], проверялось в соответствии с известным способом проверки статистической гипотезы [36, 136].

Рисунок 3.9 – Замер величины деформации кольцевой пружины

Проверка однородности дисперсии, при наличии определенного количества данных y, соответствующих одному из значений x, выполнялась с помощью критерия Бартлетта [121, 132]. Методика статистической обработки экспериментальных данных представлена в приложении Л.

В целях построения удобной и приемлемой для анализа модели процесса транспортно-уборочных работ при возделывании зерновых культур было выполнено исключение заведомо взаимосвязанных и несущественных факторных показателей, для чего использовались метод группировок и метод индексов. В этих же целях применялись и полученные ранее статистические зависимости, определялись диапазоны изменения факторов, их вариация. На следующем этапе отбора существенных факторов строилась матрица парных коэффициентов корреляции, расчет которых согласно зависимости (3.9) выполнялся на

ЭВМ. Затем проводилось ранжирование факторов и определение методом наименьших квадратов в программном продукте Microsoft Excel.

3.4.2 Методика многофакторного планирования исследований

С целью выявления значимых факторов, определяющих процесс движения автопоезда, состоящего из грузового автомобиля КАМАЗ-5320 и прицепа 8560-82-02 с тягово-сцепным устройством, имеющим дополнительный пружинный элемент на сцепке прицепа, используем теорию многофакторного планирования экспериментов [15, 59].

На основании предварительного изучения литературных источников и результатов экспериментальных исследований были выявлены и определены основные факторы, способные оказывать сильное воздействие на величину крюкового усилия в ТСУ в процессе движения автопоезда. В результате в качестве переменных факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на крюковое усилие автопоезда, были приняты:

– суммарный вес прицепа, состоящий из веса груза, находящегося в прицепе, и собственного веса прицепа, $G_{пр}$, кН;

– скорость передвижения автопоезда, $\upsilon_{авт}$, м/с;

– тип дороги, по которой происходит движение автопоезда, Т.

В качестве критерия оптимизации выбрано крюковое усилие, возникающее в тягово-сцепном устройстве автопоезда. Результаты реализации многофакторного эксперимента приведены в четвертом разделе диссертационной работы.

Результаты многофакторных экспериментов обрабатывались по методике, изложенной в работах [5, 56, 57, 130, 131], а сама методика обработки данных представлена в приложении Л.

3.4.3 Определение погрешности средств измерения

Оценка погрешности измерений параметров дает возможность судить о точности результатов и качестве проведенных экспериментов. Точность измерений опытных данных определялась по методике, основанной на положении теории ошибок, которая подробно изложена в специальной литературе [5, 42, 56, 80, 104].

Погрешности средств измерений определяли согласно РТМ 70.13/29.00-78 «Научно-техническая документация по метрологическому обеспечению испытаний сельскохозяйственной техники». Погрешность определяли при номинальных условиях в соответствии со значениями, указанными в паспортах приборов, с соблюдением требований инструкции по их эксплуатации.

Методика определения погрешности средств измерения представлена в приложении Л.

Коэффициент вариации поисковых опытов по определению крюкового усилия, возникающего в тягово-сцепном устройстве автопоезда, состоящего из грузового автомобиля КАМАЗ-5320 и прицепа 8560-82-02, в ходе полевых исследований колебался в пределах 5,4–9,1 %. Принимаем допустимое значение показателя точности равным 5 % [42], тогда число повторностей, необходимое для получения требуемой точности опыта, составит 1,8–2,9. Исходя из этого, количество измерений в исследованиях принято равным трем.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

4.1 Определение количественного состава уборочно-транспортного звена

С целью определения количественного состава уборочно-транспортного звена были проведены исследования, в ходе которых определялось время загрузки бункера комбайна, время выгрузки бункера комбайна в грузовой автомобиль, время движения грузового автомобиля до элеватора, время выгрузки автомобиля на элеваторе.

Исследования проводились на базе СПК «Дружба», расположенного в Казбековском районе Республики Дагестан (рисунок 4.1).

Рисунок 4.1 – Расположение СПК «Дружба»

Уборка яровой пшеницы сорта Мелянопус 69 осуществлялась с помощью зерноуборочного комбайна ДОН-1500 с последующей транспортировкой на

элеватор ОАО «Шамхалхлебпродукт» расположенный в поселке Тюбе Кумторкалинского района (рисунок 4.2).

Рисунок 4.2 – Месторасположение элеватора ОАО «Шамхалхлебопродукт»

Расстояние от места уборки яровой пшеницы до места ее складирования определяли, используя программный продукт Google Earth, и оно составило 80957 м (рисунок 4.3). Характеризуя дорогу, по которой происходит транспортирование собранного урожая, необходимо отметить, что ее можно разделить на два участка. Первый участок дороги представляет собой извилистую дорогу с постоянными подъемами и спусками. Второй участок дороги расположен на ровных участках с хорошей видимостью. На всех участках дороги имеется асфальтовое покрытие с выбоинами.

Если транспортировка собранного урожая производится непосредственно на складское хозяйство СПК «Дружба», то дальность возки колеблется от 1843

м до 6647 м (рисунок 4.4). При этом транспортировка собранного урожая производится по грунтовой дороге.

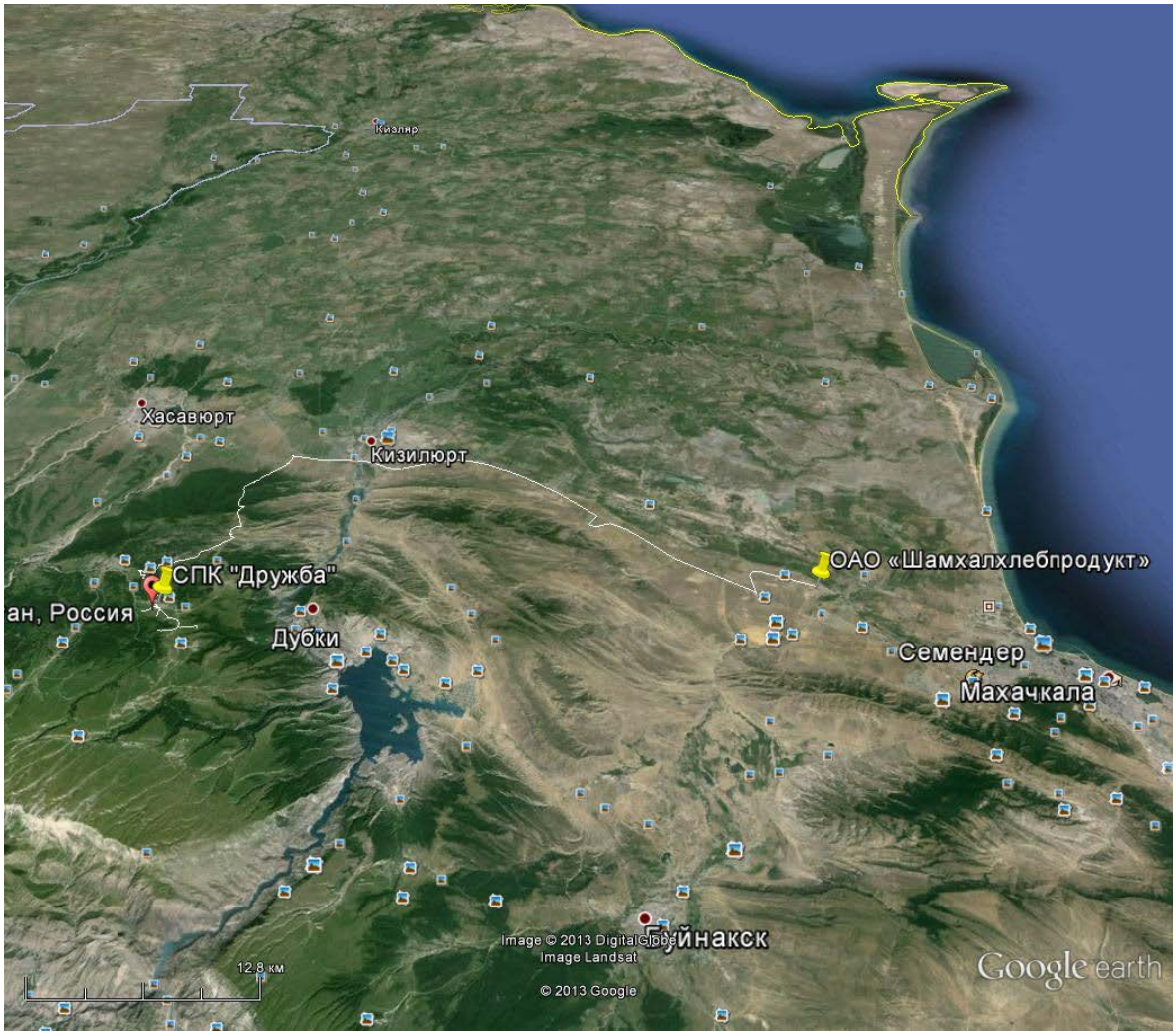


Рисунок 4.3 – Определение расстояния возки собранного урожая

Замерами урожайности яровой пшеницы было установлено, что урожайность колеблется в диапазоне от 19,5 ц/га до 22,3 ц/га и средний показатель по полям СПК «Дружба» составил 20,9 ц/га.

В ходе расчета производительности комбайна с учетом урожайности зерновых культур и пропускной способности жатки было установлено, что производительность комбайна СК-5 при урожайности 20,9 ц/га составила 5,4 т/ч, тогда время загрузки бункера емкостью 3 м^3 составило в среднем 41 минуту. Для комбайна ДОН-1500 при производительности 10,3 т/ч время наполнения бункера емкостью 6 м^3 в среднем составило 28 минут.

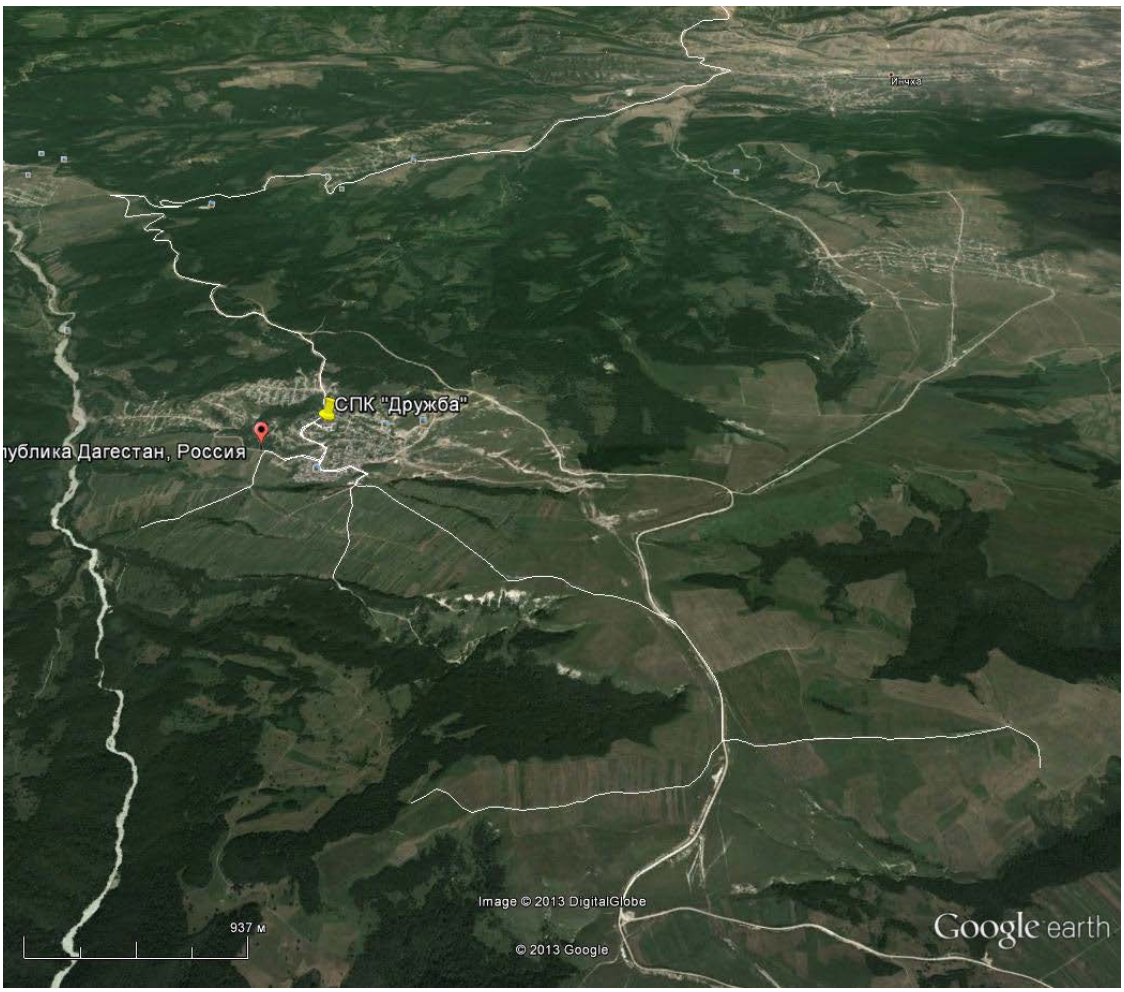


Рисунок 4.4 – Определение дальности возки собранного урожая на складское хозяйство СПК «Дружба»

Время выгрузки бункера комбайна СК-5 колебалось от 195 с до 263 с и в среднем составило 229 с, или 3,8 мин, тогда как время выгрузки бункера комбайна ДОН-1500 колебалось от 183 с до 245 с и в среднем составило 214 с, или 3,6 мин.

В процессе исследований были рассмотрены два варианта транспортировки собранного урожая. Первый вариант – собранный урожай перемещается на складские хозяйства СПК «Дружба» с последующей переработкой и транспортированием на элеватор автопоездами. Второй вариант – собранный урожай транспортируется непосредственно на элеватор автопоездами, минуя складское хозяйство предприятия.

При реализации первого варианта грузовой автомобиль с собранным урожаем проходит процедуру взвешивания и осуществляет выгрузку на складе

СПК «Дружба». Для транспортировки использовались автомобили ГАЗ-53, КАМАЗ-5320 и КАМАЗ-53212. Среднее время взвешивания и выгрузки грузовых автомобилей составило соответственно 18 мин, 22 мин. Тогда суммарное время ездки грузового автомобиля ГАЗ-53 колеблется от 24 мин до 47 мин; автомобиля КАМАЗ-5320 и КАМАЗ-53212 – от 28- до 53 мин (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Потребное количество машин для обеспечения бесперебойной работы комбайнов в зависимости от времени ездки грузового автомобиля по грунтовой дороге на расстояние от 2 до 8 км и при времени заполнения бункера комбайна СК-5 – 41 мин и ДОН-1500 – 28 мин

Марка автомобиля	Грузоподъемность, т	Затраченное время, мин				Время одной ездки, мин	Требуемое количество машин
		загрузка и время переезда	взвешивание	выгрузка	нахождения в пути		
Совместная работа с комбайном СК-5 Нива, емкость бункера V = 3 м^3							
ГАЗ-53	3,0	3,2–4,4	5–8	10–13	6–22	24–47	1
Камаз-5320	8,0	3,2–4,4	6–9	13–16	6–24	28–53	0,5
Камаз-53212	10,0	3,2–4,4	6–9	13–16	6–24	28–53	0,5
Совместная работа с комбайном ДОН-1500, емкость бункера V=6 м^3							
ГАЗ-53	3,0	3,1–4,5	5–8	10–13	6–22	24–48	4
Камаз-5320	8,0	3,1–4,5	6–9	13–16	6–24	28–53	2
Камаз-53212	10,0	3,1–4,5	6–9	13–16	6–24	28–53	2

Рассматривая последний столбец таблицы 4.1, необходимо отметить, что расчет количества грузовых машин был проведен согласно времени загрузки бункера комбайна и полностью удовлетворяет теоретическим исследованиям. Указанное не целое число свидетельствует о том, что данная машина способна одновременно обслуживать два комбайна, только время загрузки машины увеличится в среднем на 5–8 минут: это время перемещения машины по полю от одного комбайна до другого.

Согласно представленным исследованиям было установлено, что при дальности перевозки груза, не превышающей 20 км, целесообразнее использовать грузовые автомобили марок ГАЗ-53 и КАМАЗ-5320. Однако транспортировать собранный урожай на элеватор с помощью грузовых машин нецелесооб-

разно вследствие их невысокой производительности при транспортировании на большое расстояние.

При выполнении второго варианта транспортирование собранного урожая осуществляется с помощью автопоезда непосредственно сразу на элеватор, минуя перевалочный пункт в виде тока. При этом подразумевается использование автопоезда с серийным ТСУ при транспортировании от механического тока до элеватора, а автопоезда с модернизированным ТСУ – непосредственно от комбайна на элеватор. Так как удаление элеватора от предприятия составляет 81 км, то автопоезд с модернизированным ТСУ проделывает путь на 6,6 км больше по сравнению с автопоездом, имеющим серийное ТСУ.

Потребное количество автопоездов для обеспечения бесперебойной работы комбайнов представлено в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Потребное количество автопоездов для обеспечения бесперебойной работы комбайнов в зависимости от времени ездки автопоезда на расстояние 81 км по дороге с твердым покрытием

Марка автомобиля	Грузоподъемность, т	Затраченное время, мин			Время одной ездки, мин	Требуемое количество машин
		загрузка и время переезда	взвешивание, выгрузка	нахождение в пути		
Камаз-5320+прицеп (серийное ТСУ)	16,0	8,2–10,5	13–16	154–166	175–192	6–7
Камаз-5320+прицеп (экспериментальное ТСУ)	16,0	8,2–10,5	13–16	126–148	147–174	5–6

Результаты исследований показали, что автопоезд с экспериментальным ТСУ двигался с более высокой скоростью и это позволило снизить время одной ездки от 9,3 до 16,2 % по сравнению с временем ездки автопоезда с серийным ТСУ. Данное обстоятельство позволило обеспечивать бесперебойную работу уборочно-транспортного звена с меньшим количеством автопоездов.

Для удобства расчета требуемого количества грузовых автомобилей для обеспечения непрерывной работы уборочно-транспортного звена была построена номограмма (рисунок 4.5).

Как показали исследования, повышение эффективности применения автопоездов путем увеличения производительности возможно только за счет повышения скорости движения. Так как грузоподъемность автомобиля и прицепа регламентирована заводом-изготовителем и повысить ее невозможно, то повышение производительности автопоездов при транспортировке собранного урожая возможно за счет увеличения скорости их движения. Теоретические предпосылки, приведенные во втором разделе, доказали возможность увеличения скорости движения автопоезда за счет использования ТСУ с дополнительным пружинным элементом, установленным на прицепе. Необходимо более подробно рассмотреть данный вопрос.

4.2 Влияние скорости движения автопоезда на усилие, возникающее в тягово-сцепном устройстве

Целесообразность использования автопоездов в сельскохозяйственном производстве определяется системой показателей, отражающих степень затрат на перевозки без снижения эксплуатационных характеристик не только автомобиля, но и автопоезда в целом. Поэтому особое внимание при использовании автопоездов уделено тягово-сцепным устройствам.

Общепризнано, что одним из основных показателей работы тягово-сцепных устройств является способность противостоять продольным колебаниям звеньев при неустановившихся режимах движения поездов.

На наш взгляд, наиболее характерными признаками, влияющими на величину нагрузок, являются: скорость движения автопоезда; вес прицепа; дорожные условия. Рассмотрим воздействие указанных параметров на величину усилий, возникающих в тягово-сцепном устройстве автопоезда.

С целью определения влияния скорости движения автопоезда на крюковое усилие, возникающее в ТСУ, были проведены полевые исследования. В хо-

де исследований определялось крюковое усилие в ТСУ при движении автопоезда, состоящего из грузового автомобиля КАМАЗ-5320 и прицепа 8560-82-02, по дороге с асфальтовым покрытием и грунтовой дороге. В ходе исследований фактором варьирования являлась скорость движения автопоезда, которая изменялась в пределах от 0 до 50 км/ч при полной снаряженной массе автомобиля и прицепа. Значения экспериментальных данных представлены на графических зависимостях рисунков 4.6 и 4.7.

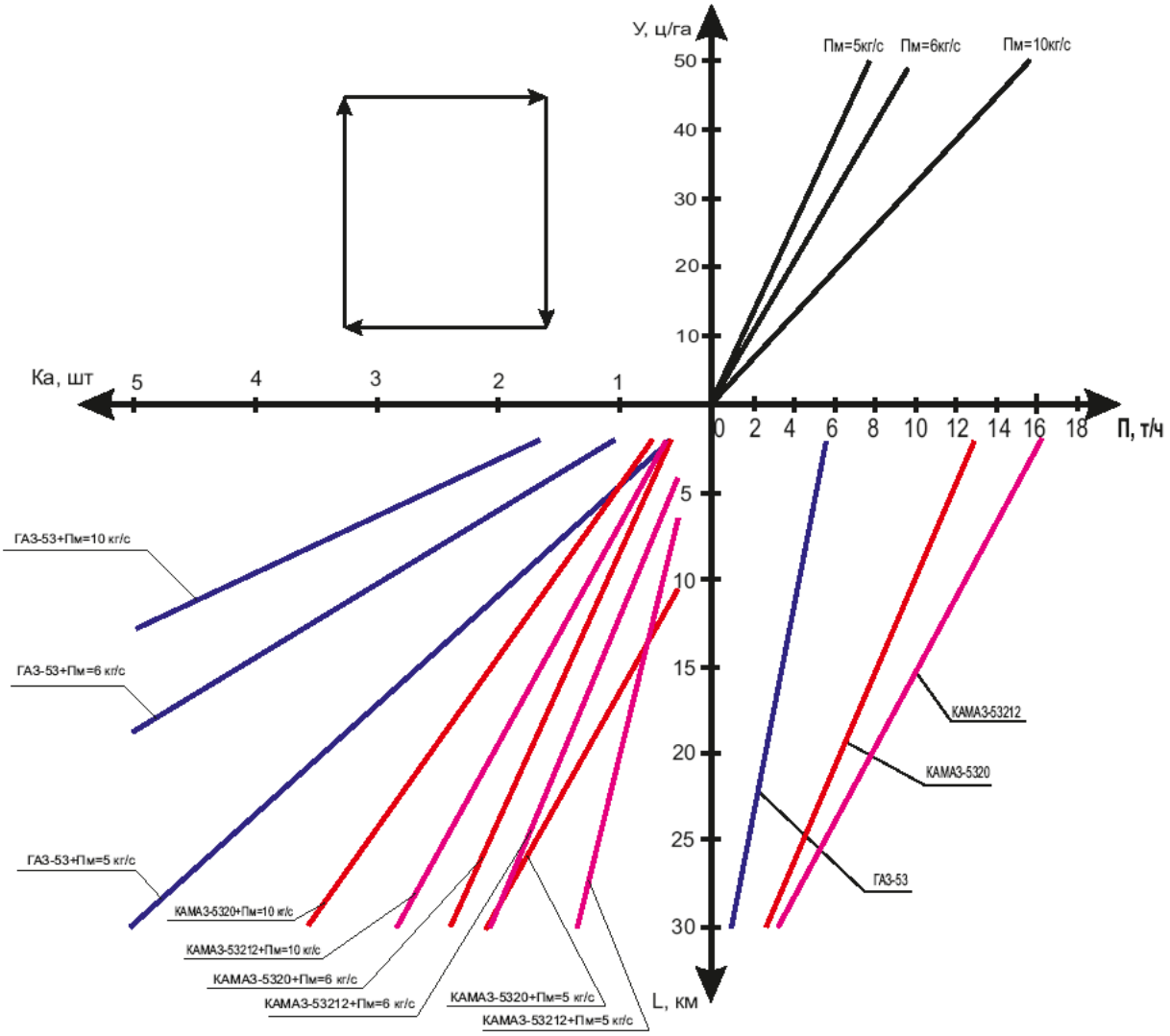


Рисунок 4.5 – Номограмма количественного состава уборочно-транспортного звена

В ходе эксперимента рассматривались два тягово-сцепных устройства: крюк с пружинным упругим элементом (серийное ТСУ); крюк с пружинным

элементом и дополнительным пружинным элементом установленным на прицепе (экспериментальное ТСУ).

Анализ представленных данных показал, что с увеличением скорости движения автопоезда происходит повышение крюкового усилия в ТСУ, которое можно описать в виде аппроксимационной зависимости вида $F_{кр\ сер} = 5{,}4437Ln(\upsilon) – 7{,}7405$ для серийного ТСУ и $F_{кр\ экс} = 4{,}5382Ln(\upsilon) – 6{,}235$ для экспериментального ТСУ. При увеличении скорости движения автопоезда с 10 км/ч до 50 км/ч происходит рост крюкового усилия в серийном ТСУ в 2,9 раза, а экспериментальном ТСУ в 3,2 раза. Данное обстоятельство можно объяснить тем, что при скорости движения равной 10 км/ч крюковое усилие в серийном ТСУ на 22,9 % выше по сравнению с экспериментальным ТСУ.

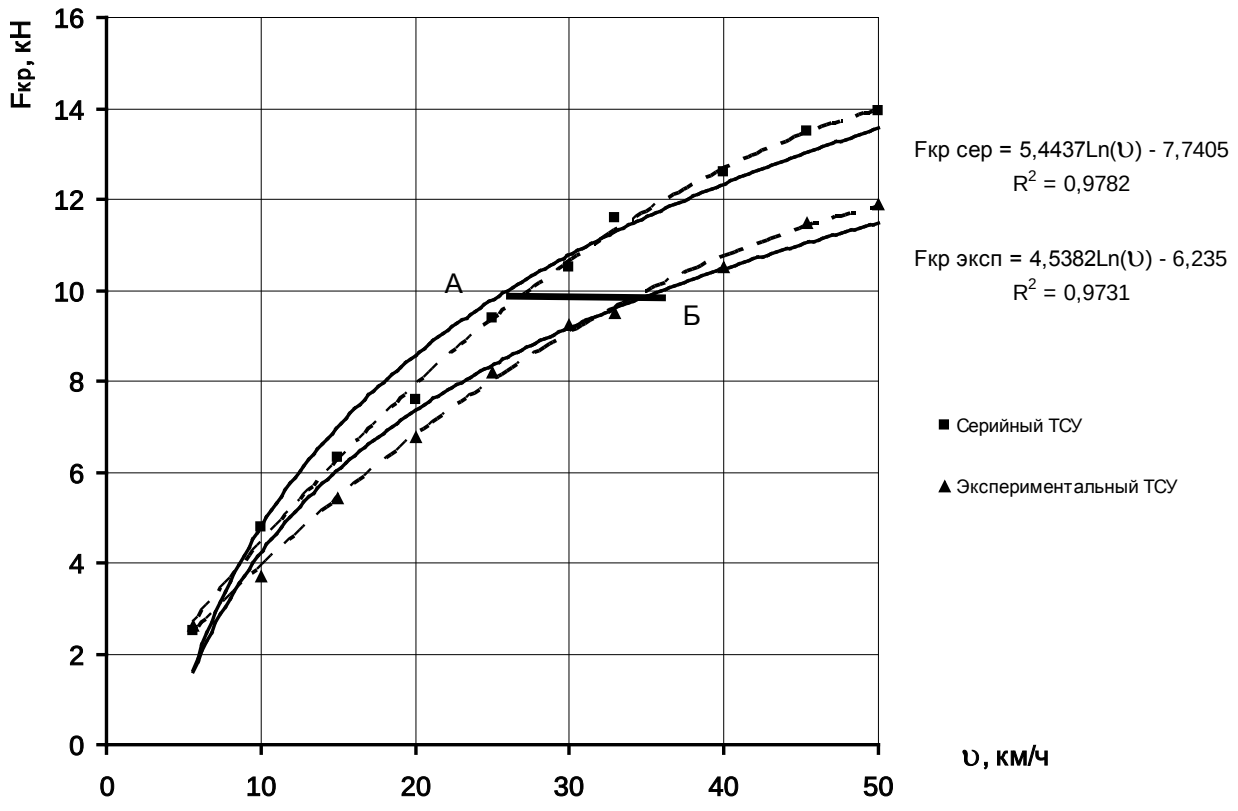


Рисунок 4.6 – Влияние скорости движения автопоезда (КАМАЗ-5320 и прицепа марки КАМАЗ модель 8560-82-02) по дороге с асфальтовым покрытием на величину нагрузки в тягово-сцепном устройстве, вес прицепа составляет $G_{пр}$=102100 Н. _____ – экспериментальная; _ _ _ – теоретическая.

Однако при повышении скорости движения величина влияния скорости движения автопоезда на числовое значение крюкового усилия снижается. Было установлено, что при скорости движения, равной 20 км/ч, крюковое усилие серийного ТСУ на 13,8 % по сравнению с экспериментальным ТСУ. При дальнейшем увеличении скорости движения автопоезда величина повышения крюкового усилия серийного ТСУ относительно экспериментальных ТСУ составила при скорости движения 30 км/ч 11,9 %; при скорости 40 км/ч – 16,5 и скорости 50 км/ч – 14,7 %. Как видно применение экспериментального ТСУ на автопоездах позволяет снизить крюковое усилие в ТСУ в среднем на 15,1 % по сравнению с серийным ТСУ.

Необходимо отметить, что при фиксированном значении $F_{кр}$ = 10 кН режима нормальных эксплуатационных нагрузок, установка пружинного элемента на прицепе приведет к увеличению скорости с 22 км/ч (точка *А*) до 36 км/ч (точка *Б*), что на 14 км/ч, или 38,8 %, больше. Увеличение скорости в свою очередь приведет к увеличению производительности или снижению стоимости грузоперевозок.

Аналогичная тенденция увеличения крюкового усилия в ТСУ прослеживается и при движении автопоезда и по грунтовой дороге (рисунок 4.7).

При движении автопоезда по грунтовой дороге с максимально загруженным прицепом по массе величина изменения крюкового усилия в зависимости от скорости движения была аналогичной движению по асфальтированной дороге. Наибольшее значение крюкового усилия было зафиксировано в серийном ТСУ, которое аппроксимируется зависимостью вида $F_{кр\ сер} = 6{,}0761 Ln\upsilon – 8{,}8494$, $R^2 = 0{,}9611$, для экспериментального ТСУ уравнение имеет вид
$F_{кр\ экс} = 5{,}19231 Ln\upsilon – 7{,}5106$, $R^2 = 0{,}9535$. Так, при скорости движения автопоезда, равной 10 км/ч, крюковое усилие в серийном ТСУ было на 24,0 % % больше по сравнению с крюковым усилием экспериментального ТСУ. Дальнейшее увеличение скорости движения автопоезда позволяет снизить процент до 13,7 % соответствующий скорости движения 45 км/ч. В среднем крюковое усилие возни-

кающее в экспериментальном ТСУ на 14,5 % ниже по сравнению с крюковым усилием в серийным ТСУ.

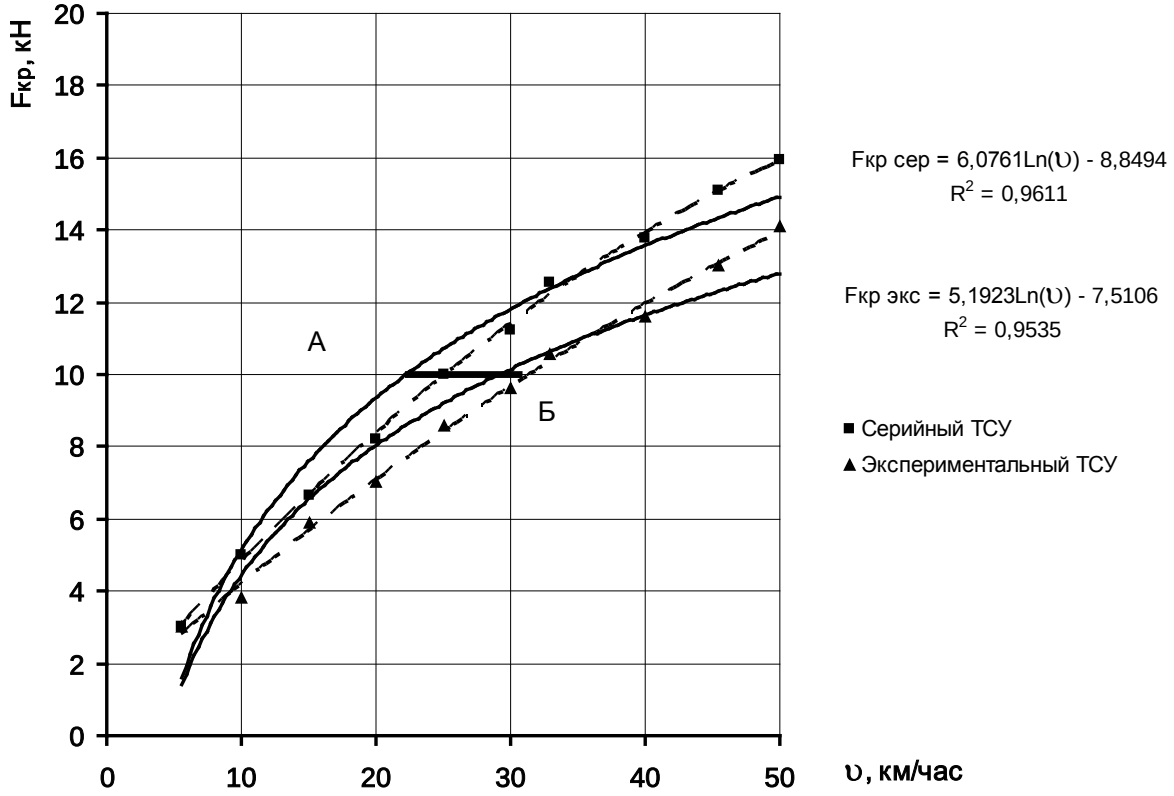


Рисунок 4.7 – Влияние скорости движения автопоезда (КАМАЗ-5320 и прицепа марки КАМАЗ модель 8560-82-02) по грунтовой дороге на величину нагрузки в тягово-сцепном устройстве, вес прицепа составляет $G_{пр}$ = 102100 Н.
_____ – экспериментальная; _ _ _ – теоретическая.

В результате проведения исследований выбор скорости движения автопоезда осуществлялось на основании экспериментальных данных, на основании которых определен коэффициент скоростного максимума движения автопоезда.

Коэффициент скоростного максимума движения автопоезда K_υ определялся как отношение скорости по дороге с конкретными дорожными условиями к скорости автопоезда по дороге с качественным дорожным покрытием. В результате для каждого типа дорожного покрытия коэффициент скоростного максимума движения автопоезда определен по формуле

$$K_\upsilon = \frac{\upsilon_{тр}}{\upsilon_{тр\,max}}, \qquad (4.1)$$

где $\upsilon_{тр}$ – скорость по дороге с конкретными дорожными условиями, км/ч;

$\upsilon_{тр\ max}$ – скорость автопоезда по дороге с качественным асфальтовым покрытием, км/ч.

В результате исследований с учетом рельефа местности для дорог без повреждений (грунтовая дорога) $K_{\upsilon гр}$ = 0,72–0,82; для дорог с асфальтовым покрытием с выбоинами $K_{\upsilon выб}$ = 0,61–0,74; для дорог с асфальтовым покрытием в разбитом состоянии $K_{\upsilon разб}$ = 0,43–0,57.

Проведя сравнительный анализ влияния типа дороги на усилие в ТСУ, можно установить, что минимальное значение крюкового усилия соответствует движению по 1-му типу дороги с качественным асфальтобетонным покрытием как у серийного, так и у предлагаемого ТСУ (рисунок 4.8). При движении по грунтовой дороге крюковое усилие возрастает по сравнению с дорогой 1-го типа у серийного ТСУ в 1,5 раза, а у экспериментального в 1,22 раза. При движении по асфальтобетонной дороге с выбоинами происходит повышение крюкового усилия по сравнению с крюковым усилием в ТСУ при движении по 1-му типу дороги в 4 раза у серийного ТСУ и в 3,2 раза у экспериментального ТСУ. При движении автопоезда по 4-му типу дороги происходит увеличение крюкового усилия соответственно в 13 раз и 5,6 раза.

При сравнении величин крюкового усилия в зависимости от типа дороги, по которой движется автопоезд, было установлено, что снижение крюкового усилия в экспериментальном ТСУ по сравнению с серийным ТСУ составило 21,6 % при движении по 1-му типу дороги, 35,8 % – при движении автопоезда по 2-му типу дороги, 37,8 % – по 3-му типу дороги и 66,5 % – по 4-му типу дороги. В среднем снижение крюкового усилия в экспериментальном ТСУ составило 40,5 % по сравнению с усилием, возникающим в серийном ТСУ при движении на различных типах дорог.

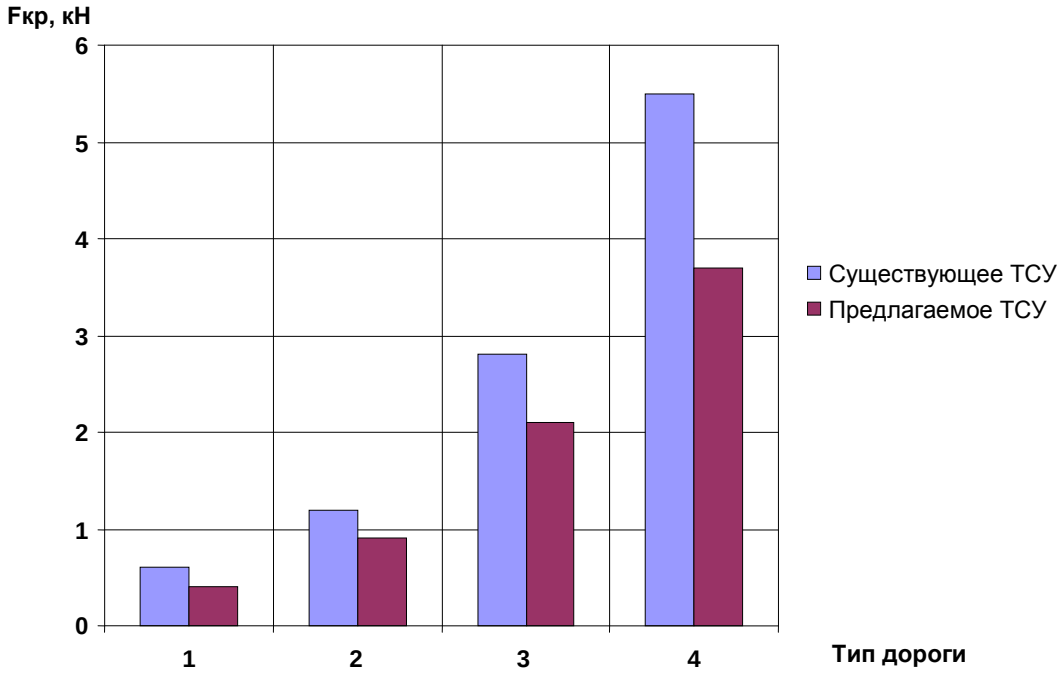


Рисунок 4.8 – Среднее значение крюкового усилия в тягово-сцепном устройстве автомобиля КАМАЗ на пути 1 км различных типов дорог:
1 – качественное асфальтовое покрытие; 2 – грунтовая дорога; 3 - асфальтовое покрытие с выбоинами; 4 – асфальтовое покрытие в разбитом состоянии (для 1 типа дорог средняя скорость 35 км/ч; для 2 и 3 типа – 26 км/ч; для 4 типа – 18 км/ч)

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что применение дополнительного пружинного элемента на сцепном устройстве прицепа позволит снизить крюковое усилие в ТСУ в процессе движения автопоезда за счет сглаживания динамических нагрузок, возникающих в процессе движения автопоезда, что позволит повысить скоростной режим автопоезда с экспериментальным ТСУ.

4.3 Влияние массы загрузки прицепа автопоезда на усилие, возникающее в тягово-сцепном устройстве

С целью определения влияния массы загрузки прицепа на усилие, возникающее в ТСУ, были проведены экспериментальные исследования. В ходе исследований фактором варьирования была выбрана масса загрузки прицепа, которая изменялась от 1 до 12 т с интервалом в 1 т. Номинальная грузоподъем-

ность прицепа составляла 10 т. Автопоезд двигался по дороге с асфальтобетонным покрытием со средней скоростью 35 км/ч.

При рядовой эксплуатации автопоездов необходимо учитывать влияние загруженности прицепа на крюковое усилие в сцепном устройстве. В итоге в ходе экспериментальных исследований влияния различных параметров на усилие, возникающее в ТСУ, были проведены исследования по определению влияния массы прицепа на крюковое усилие. Результаты полученных данных представлены на рисунке 4.9.

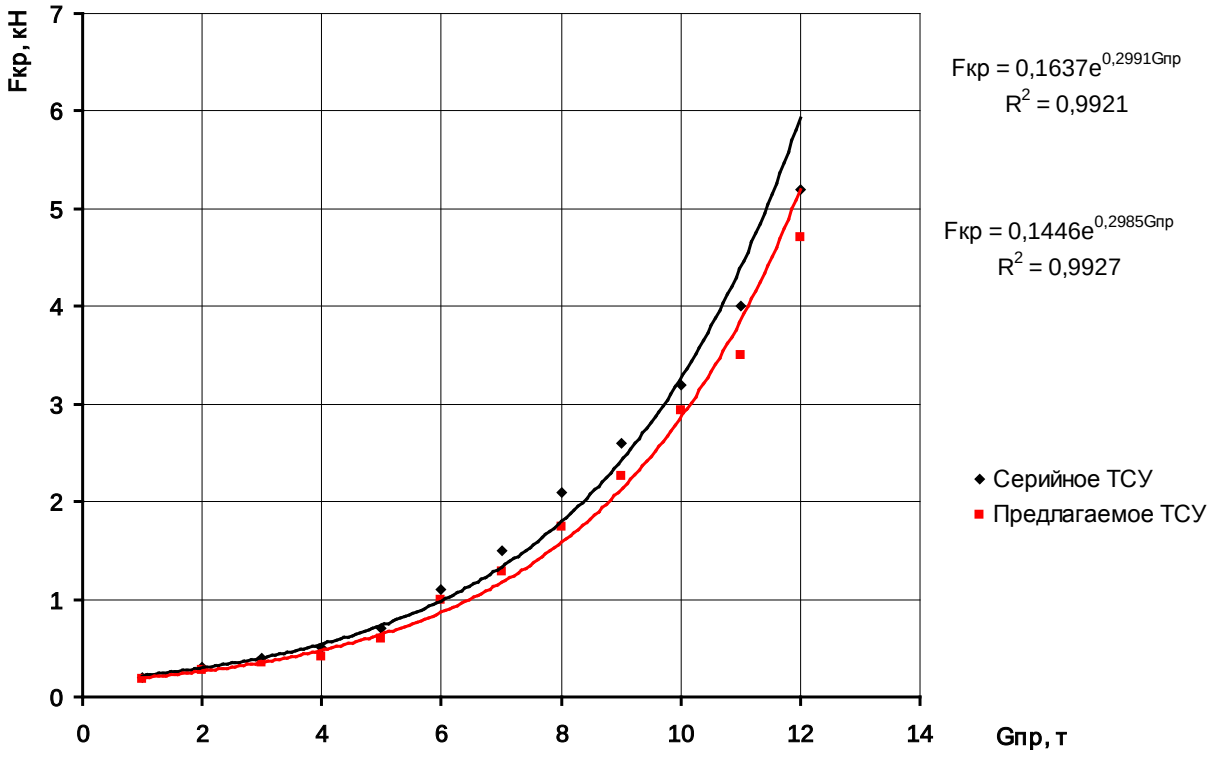


Рисунок 4.9 – Влияние загруженности прицепа на нагрузку в сцепном устройстве автомобиля КАМАЗ-5320

При нормальной загрузке прицепа до 10 т наблюдается монотонно возрастающая нагрузка в ТСУ. Дальнейшее увеличение массы груза в прицепе приводит к более резкому росту крюкового усилия в ТСУ. Зависимость влияния массы загрузки прицепа на крюковое усилие, возникающее в ТСУ, можно аппроксимировать экспоненциальными зависимостями вида $F_{кр}$ = 0,1637e^{0,29913Gпр,} R^2 = 0,9921 для серийного ТСУ и $F_{кр}$ = 0,1446e^{0,2985Gпр,} R^2 = 0,9927 для экспериментального ТСУ.

Анализ полученных данных показал, что увеличение массы загруженности прицепа от 1 до 6 т приводит к повышению крюкового усилия как в серийном, так и в экспериментальном ТСУ в 5,5 раза, а увеличение массы загрузки прицепа с 6 т до 12 т в 4,7 раза. Как видно, характер изменения крюкового усилия в ТСУ в зависимости от массы загрузки прицепа одинаков.

Однако необходимо отметить, что числовые значения крюкового усилия в ТСУ различны. Сравнительным анализом значений крюкового усилия, возникающего в ТСУ, было установлено, что при повышении загрузки прицепа с 1 т до 6 т усилие, возникающее в экспериментальном ТСУ, в среднем на 11,4 % ниже по сравнению с усилием, возникающим в серийном ТСУ. Дальнейшее повышение массы загрузки прицепа с 6 т до 12 т приводит к повышению данного процента до 12,5 %. Это можно объяснить тем, что при повышении массы загрузки прицепа в работу вступает кольцевая пружина, установленная на ТСУ прицепа.

Очевидно, что недогруз прицепа ощутимых результатов в снижении усилия в ТСУ не дает. Однако при порожнем прицепе есть возможность увеличить скорость передвижения автопоезда.

4.4 Влияние усилия, возникающего в тягово-сцепном устройстве, на амплитуду колебаний

В процессе движения автопоезда в тягово-сцепном устройстве создается усилие, которое приводит к сжатию пружинных элементов. В связи с тем, что в экспериментальном ТСУ установлен дополнительный пружинный элемент на сцепке прицепа, его деформация будет оказывать влияние на величину амплитуды колебаний в ТСУ. С целью определения данного влияния были проведены экспериментальные исследования, результаты которых представлены на рисунке 4.10.

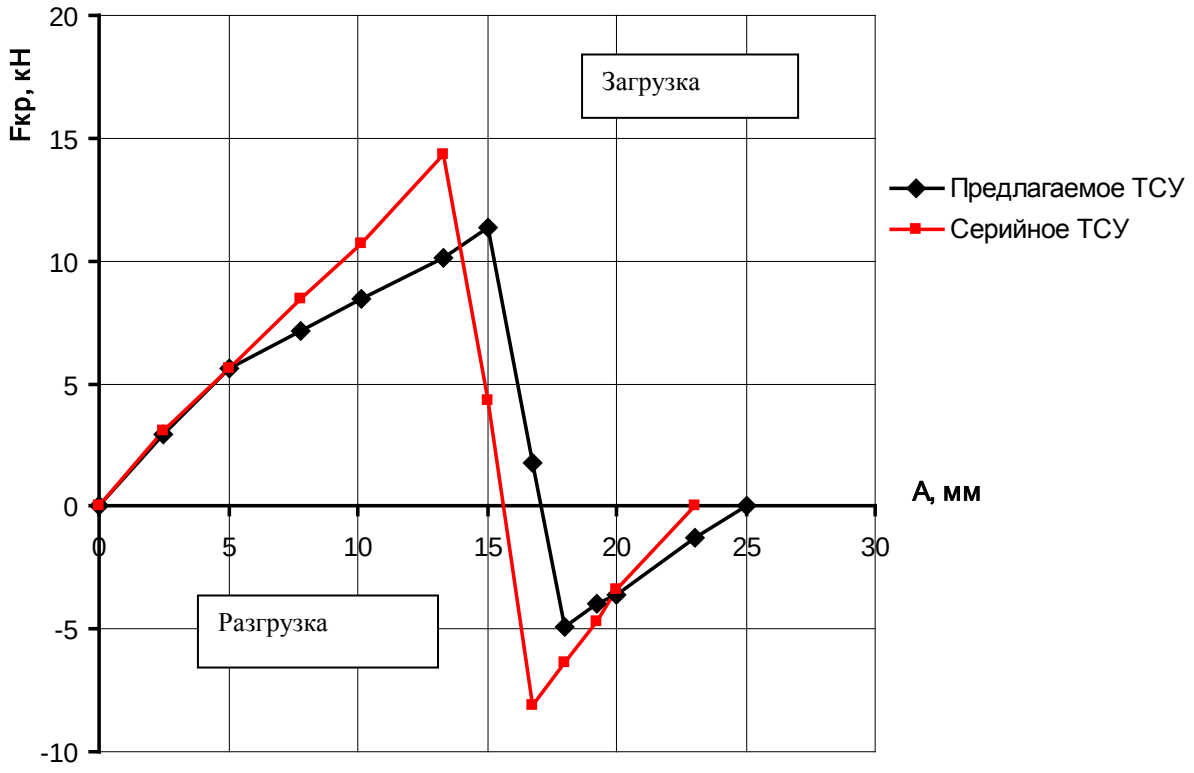


Рисунок 4.10 – Амплитуда нагрузок в сцепном устройстве автопоезда грузового автомобиля КАМАЗ-5320 и прицепа марки КАМАЗ модель 8560-82-02

Исследования величины амплитуды нагрузок в сцепном устройстве показывают, что в зоне загрузки величина нагрузок в серийном ТСУ на 28,0 % больше, чем в экспериментальном ТСУ. При этом амплитуда колебаний с 25,6 мм снизилась до 23,4 мм. Это объясняется тем, что величина амплитуды колебаний в случае экспериментального ТСУ определяется работой от нагрузки на 28 % меньше, при этом при разгрузке демпфирующий элемент на петле прицепа не работает ввиду своих конструктивных особенностей. Так как амплитуда нагрузок определяет усталостную прочность сцепных устройств и соответственно ресурс сцепного устройства, то, естественно, следует ожидать, что предлагаемое ТСУ прослужит дольше.

4.5 Влияние частоты вынужденных колебаний на величину максимальных нагрузок в сцепном устройстве

Для доказательства теоретических суждений о снижении воздействия от демпфирующего устройства прицепа на тягово-сцепное устройство грузового автомобиля были проведены полевые исследования. Исследования проводились на четырех типах дорог.

С целью определения влияния массы и создаваемой нагрузки прицепа на грузовой автомобиль и тягово-сцепное устройство проведены исследования, в ходе которых предварительное поджатие пружины $P_{кро}$ изменялось от 0 до 100 кН с интервалом 20 кН. Результаты исследований показаны на рисунке 4.11.

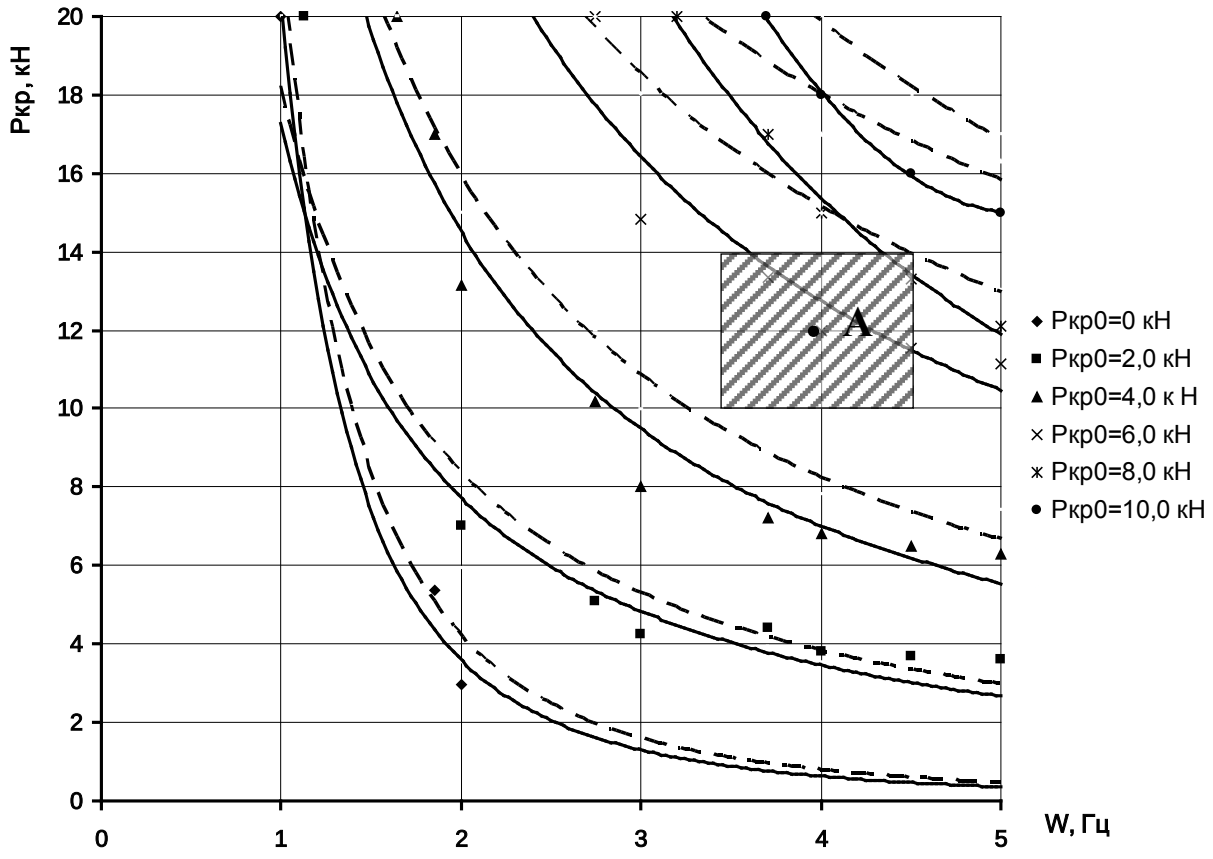


Рисунок 4.11 – Влияние частоты вынужденных колебаний на величину максимальных нагрузок в сцепном устройстве:
_____ – предлагаемое ТСУ; __ __ __ __ – серийное ТСУ

Одним из требований при проектировании конструкций сцепных устройств является поддержание частоты собственных колебаний системы на уровне, не оказывающем отягощающего влияния на организм водителей и пассажиров. Область безопасных для человека частот колебаний находится в заштрихованной зоне от 3,5 до 4,5 Гц. При этом наиболее вероятная максимальная нагрузка на крюке составляет от 10 до 14 кН.

Амплитуда колебаний в сцепном устройстве составляет на тяговом крюке автомобиля 20–30 мм. Аналогичные значения получены для кольцевой пружины, установленной на сцепной петле дышла прицепа.

Следовательно, величина предварительного поджатия пружин для наложения частот колебаний в пределах 3,5 – 4,5 Гц должна быть такой, чтобы, с одной стороны, не вызывать быстрого роста нагрузок, а с другой стороны – сдвига зоны неустойчивости в область более высоких частот.

При различных частотах жесткость упругого элемента оказывает на величину нагрузки в ТСУ неоднозначное влияние. Увеличение жесткости упругого элемента хотя и сужает зону неустойчивости и сдвигает ее в область более высоких частот, тем не менее является мерой необходимой, так как диапазон нагрузок достаточно велик. Нам в первую очередь необходимо обеспечить работу ТСУ в зоне наиболее вероятных нагрузок.

Если нижний предел нагрузок выбран на уровне 8–12 кН, то, следовательно, предварительное поджатие пружины должно соответствовать величине до 8 кН.

4.6 Исследования нагрузок в сцепном устройстве

Целью исследования является описание математической моделью влияния эксплуатационных режимов автопоездов на нагрузку в сцепных устройствах. В соответствии с формулировкой цели за параметр оптимизации принято крюковое усилие, возникающее в результате движения автопоезда при различных скоростях передвижения и загруженности прицепа.

Выбранный параметр оптимизации является количественным, задается числом. Мы умеем его измерять при любой возможной комбинации режимов эксплуатации автопоездов. Область определения параметра оптимизации непрерывная и ограниченная. Параметр оптимизации задается единым числом и является однозначным.

Он действительно оценивает функционирование всей системы в соответствии с формулировкой цели исследования и имеет физический смысл.

Если под фактором понимать переменную величину, принимающую в некоторый момент времени определенное значение, то в данном случае необходимо определить существующие факторы.

Существующими факторами (таблица 4.3) являются:

X_1 – $V_{тр}$ – скорость передвижения автопоезда, м/с;

X_2 – $G_{пр}$ – масса загруженности прицепа, кг.

Таблица 4.3 – Существующие факторы

Уровни	Факторы	
	X_1, м/с	X_2, кг
Основной уровень	7	10000
Интервал варьирования	5	6000
Верхний уровень	13	16000
Нижний уровень	2	4000

Выбранные факторы – существенные, управляемые, операционные, совместимые. На основе априорной информации предварительных экспериментов и расчетов: область определения скорости передвижения автопоезда выбрана в интервале 2,0–13,0 м/с; область определения массы груза в прицепе выбрана в интервале 4000–16000 кг.

При выборе интервалов варьирования факторов учтены: 1 – точность фиксирования значения факторов; 2 – информация о кривизне поверхности отклика; 3 – информация о диапазоне изменения параметра оптимизации.

На основе информации, полученной при проведении предварительных опытов, выбрано число параллельных опытов, равное 3. Параллельные опыты

необходимы для исключения ошибок наблюдений и оценки дисперсии воспроизводимости.

Для исключения влияния систематических ошибок, вызванных внешними условиями, последовательности проведения опытов выбирались по таблице случайных чисел Адрера.

Исследование нагрузок в тягово-сцепном устройстве проводилось на автомобиле КАМАЗ-5320 с прицепом марки КАМАЗ модель 8560-82-02. Исследования проводились с серийным тягово-сцепным устройством, выполненным по ГОСТ 2349–75, и прицепом, оборудованным двумя типами присоединительной грузовой петли:

а – серийная (без амортизационного устройства петли);

б – предлагаемая (с амортизационным устройством петли).

Предварительное усилие поджатия кольцевой пружины выбиралось таким, чтобы срабатывание пружины начиналось в конце работы демпфирующего устройства крюка. Испытания проводились на дорогах без покрытия (грунтовой) и с покрытием, подверженным износу в различной степени.

Фиксация скорости осуществлялась визуально по приборам автомобиля. Масса прицепа с учетом его загрузки определялась путем взвешивания прицепа на весах с точностью измерения ±50 кг.

Результаты исследований представлены в виде матрицы планирования и результатов опытов, расчетов ошибки параллельных опытов и дисперсии параметра оптимизации (таблица 4.4).

Таблица 4.4. – Матрица планирования и результатов опытов

№ опыта	Случайный порядок проведения опытов	X_1		X_2		Y	
		код	м/с	код	кг		кН
1	13	–2		–4000		10,6	
	4					10,8	
	3					10,2	
2	23	+13		–4000		4,7	
	15					4,2	
	18					4,6	
3	8	–2		+16000		3,6	
	16					3,8	
	24					3,2	

4	19	+13	+16000	28,3
	9			26,1
	5			29,6
5	7	–2	–4000	3,0
	21			2,8
	10			3,1
6	2	+13	–4000	18,7
	12			18,9
	14			19,0
7	22	–2	+16000	18,4
	1			18,6
	20			19,9
8	17	+13	+16000	18,0
	6			18,2
	11			18,4

Результаты исследований графически изображены на рисунке 4.12. Как видно из графика, совокупность влияния скорости движения автопоезда и загруженности прицепа несколько выше, чем от отдельно взятых факторов.

При этом тенденция влияния сохраняется, но величина их несколько возрастает, перемещая оптимальную область усилий в сторону снижения скорости на 4,1 % и загрузки на 2,3 %. Это еще раз подтверждает правильность выводов о пропорциональном увеличении нагрузки в ТСУ от скорости и несколько меньшем – от загруженности прицепа.

Необходимо отметить, что совместное воздействие от скорости автопоезда и степени загрузки прицепа на усилие, возникающее в ТСУ, приведет к появлению предельных усилий и достигает значений более 20 кН. Очевидно, это связано с фиксацией скорости движения автопоезда в определенной области, граничащей с нарушением безопасного вождения автопоездов. Выбор конкретной скорости является условием проведения эксперимента, где убедительно было продемонстрировано превосходство экспериментального ТСУ с кольцевой пружиной на петле прицепа.

4.7 Влияние дальности транспортировки груза на производительность автопоезда

С целью определения эффективности использования на автопоезде ТСУ с дополнительным пружинным элементом были проведены исследования по определению производительности. В ходе исследований сравнивались результаты, полученные после транспортировки собранного урожая на элеватор с помощью автопоездов, имеющих серийное ТСУ и модернизированное ТСУ. Автопоезд загружался до максимальной грузоподъемности. Фактором варьирования являлась скорость движения автопоезда.

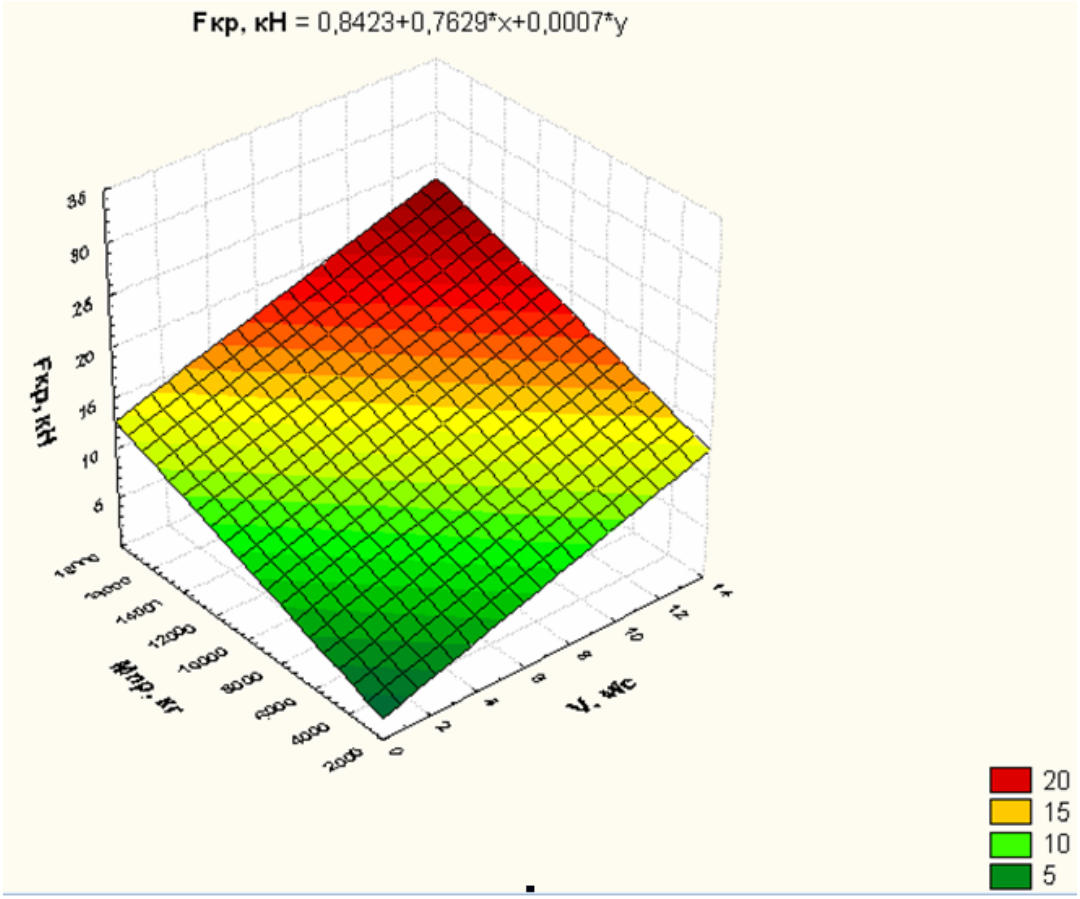


Рисунок 4.12 – Влияние массы загрузки прицепа и его скорости движения на тяговое усилие, возникающее в сцепном устройстве, в зависимости от типа дорог

Результаты исследований представлены на графической зависимости (рисунок 4.13).

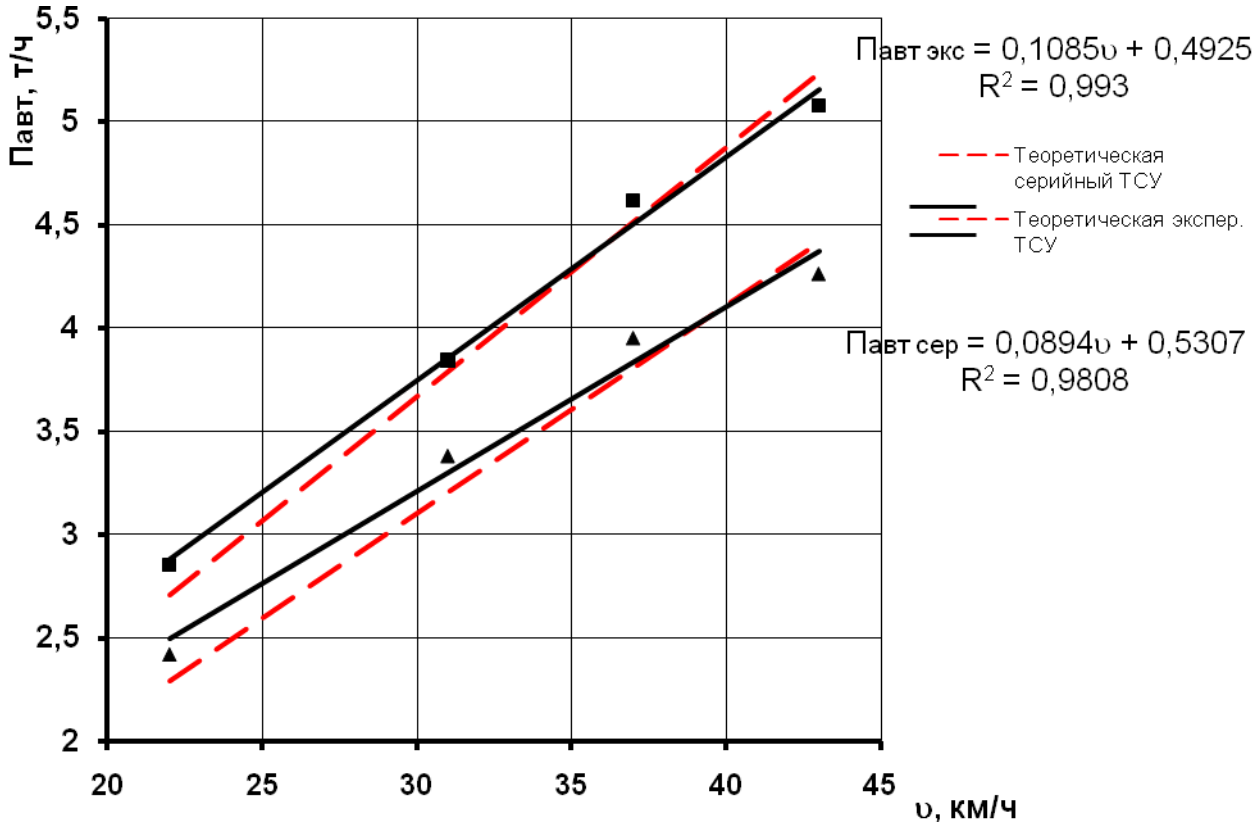


Рисунок 4.13 – Влияние скорости движения автопоезда на его производительность при транспортировке собранного урожая на расстояние 81 км

В результате исследований было установлено, что с увеличением скорости движения автопоезда происходит линейный рост производительности, которую можно описать следующими аппроксимационными зависимостями:

– для автопоезда с серийным ТСУ – $П_{авт\ сер}$ = 0,0894υ + 0,5307, R^2 = 0,9808;

– для автопоезда с ТСУ, имеющим дополнительный пружинный элемент, – $П_{авт\ экс}$=0,1085υ+0,4925, R^2 = 0,993.

Анализ зависимости показал, что с увеличением скорости движения автопоезда с экспериментальным ТСУ с 22 км/ч до 36 км/ч его производительность возрастает в 1,7 раза, тогда как для автопоезда с серийным ТСУ увеличение составляет 1,63 раза. Однако сравненим производительностей автопоездов

при равной скорости движения было установлено, что при скорости движения 25 км/ч производительность автопоезда с экспериментальным ТСУ на 14,5 % выше по сравнению с автопоездом, оснащенным серийным ТСУ.

Дальнейшее увеличение скорости приводит к повышению роста производительности автопоезда с экспериментальным ТСУ и достигает максимума 20,8 % при скорости движения 40 км/ч. Однако повышение скорости свыше 40 км/ч приводит к повышению производительности автопоезда с экспериментальным ТСУ в среднем на 12,2 % по сравнению с автопоездом с серийным ТСУ. Данное обстоятельство можно объяснить тем, что автопоезд движется с максимальной скоростью, при которой в экспериментальном ТСУ выбраны все доступные деформационные зазоры, и характер работы экспериментального ТСУ приближается к работе серийного ТСУ.

Характер и величина представленных зависимостей производительности автопоезда совпадает с теоретическими исследованиями и расчетами, а процент разбег не превышает 5 %, что характеризует достаточную сходимость теоретических и экспериментальных исследований.

Исходя из вышеизложенного, можно с достаточной долей уверенности утверждать, что применение дополнительного пружинного элемента в конструкции экспериментального ТСУ для автопоезда позволяет повысить производительность в среднем на 14,5 % по сравнению с производительностью автопоезда, оснащенного серийным ТСУ.

Выводы по разделу

1. В ходе исследований был определен количественный и качественный состав уборочно-транспортного звена, состоящего из зерноуборочного комбайна и грузового автомобиля. Экспериментально доказаны теоретические суждения об эффективности применения грузовых автомобилей для транспортировки зерна на расстояние, не превышающее 20 км, и о необходимости при дальнейшем увеличении дальности перевозки применять автопоезда.

2. Было установлено, что наличие дополнительного пружинного элемента на прицепе автопоезда позволяет снижать усилие, возникающее в ТСУ, по сравнению с серийным ТСУ до 15,1 % при движении по дороге с асфальтобетонным покрытием, что позволяет повысить скорость передвижения автопоезда с 22 км/ч до 36 км/ч. Аналогичная тенденция прослеживается на грунтовой дороге и на дороге с асфальтобетонным покрытием при наличии ям и выбоин. Данное обстоятельство позволило повысить производительность автопоезда с экспериментальным ТСУ в среднем на 14,9 % по сравнению с производительностью автопоезда, оснащенного серийным ТСУ.

3. Экспериментальными исследованиями установлено, что влияние массы загрузки прицепа одинаково как для серийного ТСУ, так и для экспериментального. Загруженность прицепа от 1 до 6 т приводит к повышению крюкового усилия как в серийном, так и в экспериментальном ТСУ в 5,5 раза, а при увеличении массы загрузки прицепа с 6 т до 12 т в 4,7 раза. С целью достижения амплитуды колебаний, не превышающих 30 мм, и частоты колебаний 4,5 Гц необходимо осуществлять предварительное поджатие пружины, установленной на прицепе, до величины 8 кН.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ТЯГОВО-СЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА АВТОПОЕЗДОВ В МТС РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

5.1 Математическая модель взаимоотношений между сельхозтоваропроизводителем, уборочно-транспортным звеном машинно-технологической станции и элеватором

В настоящий момент в АПК Республики Дагестан сосредоточено большое количество сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности, которые послужили базой создания и комплектования МТС. Внутри МТС существуют несколько направлений деятельности, работающих на результат с разными затратами и доходами, которые взаимодействуют с сельхозтоваропроизводителями.

Отсутствие процесса и механизма взаимоотношений не только на уровне сельхозтоваропроизводителя и МТС, но и на уровне звеньев МТС (транспортно-технологических, ремонтно-технологических, уборочно-транспортных и т.п.) существенно снижает эффективность работы МТС в целом. При отсутствии прозрачных экономических взаимоотношений сельхозтоваропроизводитель отказывается от услуг МТС, или МТС не устраивают экономические отношения, что снижает эффективность либо МТС, либо сельхозтоваропроизводителя.

В связи с этим возникает необходимость в разработке научно обоснованного подхода к преобразованиям взаимоотношений как между хозяйствующими субъектами, так и на уровне звеньев, отрядов МТС, в отработке механизма их взаимодействия в рамках взаимной выгоды.

В литературе приведено множество вариантов форм отношений в АПК [12, 13, 18, 21, 34, 43,58, 100, 106, 107, 124, 137, 140, 141]. Однако на практике их реализовать в рамках Республики Дагестан невозможно и требуются достаточно серьезные и дорогостоящие эксперименты.

Мы попытаемся сформулировать экономическую задачу как математическую, характерную для огромного количества структур, входящих в АПК, в том

числе МТС, на базе детального количественного анализа, определяющего параметры устойчивых и взаимовыгодных отношений.

Известно, что универсальных методов построения математических моделей нет. Очевидно, что первоначально необходимо найти параметры взаимовыгодных отношений уборочно-транспортных звеньев с сельхозтоваропроизводителями и основными потребителями сельскохозяйственной продукции – элеваторами. Механизм взаимоотношений в таком случае строится на отношениях определяющих отсутствие простоев одних по вине других, и, следовательно, убытков.

Исходными данными для обработки послужили показатели результатов работы 43 звеньев в 12 МТС, находящихся на территории Республики Дагестан, которые обслуживают более 43 тысяч крестьянско-фермерских хозяйств в 42 муниципальных районах республики [44, 52, 147].

Концептуальный подход к построению и развитию математической модели состоит в следующем. Все участники связаны одной технологической цепочкой от выращивания урожая, его уборки до его реализации или хранения (отгрузки на элеватор) независимо от количества точек перегрузки.

Здесь необходимо рассматривать варианты.

Первый: уборка и отгрузка из комбайна – транспортировка на ток – транспортировка на элеватор.

Второй: уборка, отгрузка из комбайна – транспортировка на элеватор.

Степень заинтересованности каждого участника можно определить параметром $X_с$. Оценить взаимовыгодные отношения между МТС и сельхозтоваропроизводителем можно путем использования математической модели получаемой прибыли $П_в$, которая имеет вид [46]:

$$П_в = X_c\left[D(Ц_з)Ц_з - x(Ц_п + C_{ип})\right] + (1 - X_c)\left[(y - x)Ц_з + xЦ_и - C_п y\right], \quad (5.1)$$

где $X_с$ – условная величина меры заинтересованности сельхозтоваропроизводителя в уборочной части и транспортной части звена МТС ($0 \le X_с \le 1$);

$D(Ц_п)$ – функция спроса на сельскохозяйственную продукцию;

$Ц_з$ – закупочная цена зерна у сельхозтоваропроизводителя, руб.;

x – количество зерна, закупаемого элеватором, т;

$Ц_п$ – рыночная цена сельскохозяйственной продукции, руб.;

y – количество продукции, полученной сельхозтоваропроизводителем, т;

$C_{ип}$ – издержки на переработку тонны зерна элеватором (очистка, сушка и т.д.), руб.;

$C_п$ – издержки на получение единицы сырья у сельхозтоваропроизводителя (сев, выращивание и т. п.), руб.;

$(y – x)$ – количество сырья (зерна), реализуемого сельхозтоваропроизводителем самостоятельно, т;

$(y – x)Ц_п$ – доход сельхозтоваропроизводителя от реализации зерна в количестве $(y – x)$ по цене $Ц_п$ и в тоже время в определенной степени доход, потерянный элеватором из-за недополучения сырья и звеньев МТС от простоя, руб.

С другой стороны, предложенная модель взвешенной прибыли посредством параметра $X_с$ и величины недополучаемой прибыли МТС и элеватора $(y –$

$–x)Ц_п$ позволит найти условия и параметры взаимовыгодного сотрудничества между МТС и сельхозтоваропроизводителем с любой стороны. В тоже время $X_с$ есть мера свободы отношений партнеров, вступивших в сотрудничество.

Анализ соотношения (5.1) позволяет установить, при каких условиях возможно взаимовыгодное сотрудничество сельхозтоваропроизводителя, МТС и элеватора, а также установить связи внутри звена, занимающегося уборкой и транспортировкой урожая с поля до элеватора.

Таким образом, задача сводится к исследованию взвешенной прибыли

$$П_в = X_c П_м + (1 - X_c) П_{схт}, \qquad (5.2)$$

где $П_м$ – прибыль монополиста, руб.;

$П_{схт}$ – прибыль сельхозтоваропроизводителя, при ограничениях: $D(Ц_п) \geq x$; $Ц_з \geq 0$, $Ц_з \leq Ц_п$.

При нестабильных ценах на зерно, ГСМ и другое в качестве диктатора-монополиста могут выступать все участники отношений. Рассмотрим отноше-

ния сельхозтоваропроизводителя, уборочно-транспортного звена МТС и элеватора.

Анализ уравнения (5.2) показывает, что при $X_с = 0$ взвешенная прибыль равна прибыли сельхозтоваропроизводителя, тогда как при при $X_с = 1$ взвешенная прибыль равна прибыли монополиста. Такая ситуация является нетипичной и не может лежать в основе взаимовыгодных отношений. Наша задача найти такие значения $X_с$, при которых формируются взаимовыгодные отношения.

Исходными предпосылками математической модели отношений между сельхозтоваропроизводителями, МТС и элеватором служат следующие показатели:

– часть выращенного урожая (10–15 %) сельхозтоваропроизводители убирают самостоятельно, а остальное, примерно 65–70 %, убирается силами МТС, приглашенной на уборочную страду;

– прибыль между уборочной и транспортной составляющими уборочно-транспортного звена в МТС распределяется пропорционально издержкам, понесенным при производстве работ;

– издержки уборочно-транспортного звена в пересчете на 1 тонну зерна составляют от 1290 до 1850 рублей;

– издержки сельхозтоваропроизводителей на производство 1 тонны зерна составляют от 2900 до 3600 рублей;

– условная цена реализации продукции с элеватора в пересчете на одну тонну фуражного зерна составляет 9500 рублей (в ценах 2012 года).

При этом целевой функцией математической модели взаимоотношений МТС является прибыль, определяемая формулой:

$$П_{мтс} = D(Ц_п)Ц'_п - (C_{ип} + C_п)X_с y. \quad (5.3)$$

Прибыль элеватора

$$П_э = (1-\gamma)П_{мтс}, \quad (5.4)$$

Прибыль сельхозтоваропроизводителя

$$П_{сх} = \gamma П_{мтс} + (1 - X_с)y(\delta Ц'_п - C_п), \quad (5.5)$$

где $Ц'_п$ - отпускная цена зерна от сельхозтоваропроизводителя, руб.;

D(Ц$_п$) – функция спроса на зерно;

y – количество зерна, произведенного сельхозтоваропроизводителями, т;

$X_c y$ – количество зерна, переданное транспортным звеном МТС элеватору, коэффициент X_c меняется от 0 до 1;

(1–X_c)y – количество сырья, используемое сельхозтоваропроизводителями на собственные нужды, хранимое на току, т;

δЦ$'_п$ – цена единицы сырья, реализуемого сельхозтоваропроизводителями самостоятельно, руб.;

С$_п$ – издержки сельхозтоваропроизводителей на производство единицы продукции, руб.;

δ – коэффициент, лежащий в пределах от 0 до 1;

$\gamma = \dfrac{C_n}{C_{un} + C_n}$ – коэффициент долевого деления прибыли между сельхозтоваропроизводителями и уборочно-транспортным звеном МТС.

Учитывая, что при урожайности от 15 до 20 ц/га затраты на уборочный агрегат можно считать постоянными, при площади поля до 150 га и расстоянии перевозки до 14 км они составляют 50 % от всех затрат, приходящихся на уборочно-транспортное звено МТС.

Графическая интерпретация коэффициента долевого деления издержек от дальности транспортировки изображена на рис. 5.1. Анализ показывает, что если $\gamma \leq 0{,}38$, то проводить транспортные работы с использованием автотранспорта не имеет смысла. В случае $\gamma \geq 0{,}62$ транспортные работы слишком затратны и могут достигать реализационной цены продукта. Следовательно, будем рассматривать изменение γ в пределах $0{,}4 \leq \gamma \leq 0{,}6$.

Наиболее целесообразное расстояние перевозки зерна на ток – до 10 км. А оптимальное расстояние перевозки зерна с тока на элеватор – 50 км.

В издержки сельхозтоваропроизводителя на производство 1 тонны зерна будут входить затраты, связанные с проведением почвообработки (пахота, культивация, боронование, сев), а также затраты на приобретение посевного материала. В свою очередь постоянная часть затрат будет складываться из сле-

дующих расходов: заработной платы машинистов с начислениями; стоимости топлива, смазочных и других материалов; стоимости ремонта и приобретения запасных частей; затрат на техническое обслуживание и ремонт; амортизационных отчислений; накладных расходов. Определить издержки сельхозтоваропроизводителя можно как

$$C_n = \sum_{i=1}^{n} C_{мсi} n_{мсi} + C_{пм} + C_{др}, \qquad (5.6)$$

где $C_{мс\,i}$ – стоимость машино-смены *i*-й машины при выполнении почвообрабатывающих и подготовительных работ, руб./смена;

$n_{мс\,i}$ – количество смен, выполняемых *i*-й машиной, смена;

$C_{пм}$ – затраты, связанные с приобретением посевного материала, руб.;

$C_{др}$ – дополнительные непредвиденные затраты, руб.

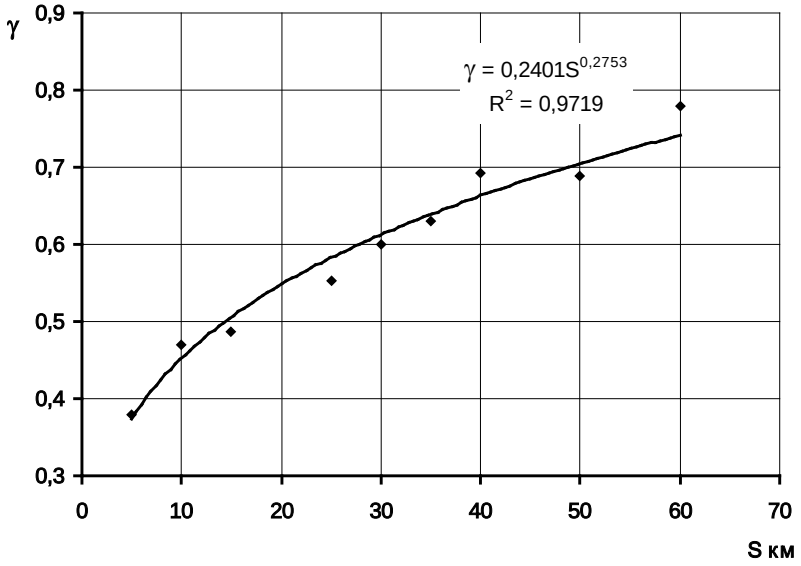


Рисунок 5.1 – Зависимость издержек от дальности возки в уборочно-транспортном звене МТС

Первое значение функции цели $D(Ц_п)Ц'_п$ (5.3) определяет прибыль элеватора от реализации сельскохозяйственной продукции, второе $(C_{ип} + C_п)X_c y$ – издержки элеватора на переработку сырья, полученного от сельхозтоваропроизводителя в количестве $X_c y$. В соотношении (5.5) выражение

$(1-X_с)y(\delta Ц'_п - С_п)$ является дополнительной выручкой сельхозтоваропроизводителей от продажи зерна минуя элеватор в количестве $(1 - X_с)y$.

В связи с этим необходимо поставить задачу по определению максимума функции цели $П_{мтс}(Ц_п,X_с)$ (5.3) при следующих ограничениях:

$$– Ц_п \geq 0,\ С_{ип} \geq 0,\ y \geq 0,\ 0 \leq X_с \leq 1,\ С_п \geq 0. \qquad (5.7)$$

– функция $D(Ц_п)$ – является постоянно убывающей функцией спроса на сельскохозяйственную продукцию.

Критическая точка функции $П_{мтс}(Ц_п)$ определяется из уравнения

$$\frac{\partial П_{мтс}}{\partial Ц_п} = 0 \text{ или } D'(Ц_п)Ц'_п + D(Ц_п) = 0. \qquad (5.8)$$

Прибыль $П_{мтс} = D(Ц_п)Ц'_п - (С_{ип} + С_п)X_с y$, полученная от реализации готовой продукции элеватором, делится между элеватором и сельхозтоваропроизводителем в следующих долях: часть $\gamma П_{мтс}$ отходит сельхозтоваропроизводителю, а $(1 - \gamma)П_{мтс}$ остается у элеватора.

В свою очередь прибыль $\gamma П_{мтс}$, полученная сельхозтоваропроизводителем, делится между самим сельхозтоваропроизводителем и уборочно-транспортным звеном МТС.

При этом коэффициент долевого участия задается формулой $\gamma = \dfrac{C_п}{C_{ип} + C_п}$

Прибыль элеватора задается соотношением

$$П_э = (1-\gamma)[D(Ц_п)Ц'_п - (C_п + C_{ип})X_с y] \qquad (5.9)$$

Удельный объем прибыли, принадлежащей сельхозтоваропроизводителю составит

$$П_{сх} = \gamma[D(Ц_п)Ц'_п - (C_п + C_{ип})X_с y] + (1-\gamma)y(\delta Ц'_п - C_п). \qquad (5.10)$$

Тогда полная прибыль, получаемая от реализации продукции, равна сумме этих долей.

Прибыль сельскохозяйственных товаропроизводителей, полученная с учетом реализации готовой продукции, составит

$$П_{сх} = C_{сум} X_с y \overline{П}_э, \qquad (5.11)$$

а прибыль элеватора

$$\Pi_э = C_{сум} X_c y \overline{\Pi}_э, \tag{5.12}$$

где $\overline{\Pi}_э$ – безразмерная прибыль элеватора, определяемая как отношение $\Pi_э$ к издержкам элеватора на переработку зерна в количестве $X_c y$;

$C_{сум} = C_{ип} + C_п$ – суммарные издержки элеватора, руб.

Выразим из зависимости (5.12) величину безразмерной прибыли элеватора:

$$\overline{\Pi}_э = \frac{\Pi_э}{C_{сум} X_c y}. \tag{5.13}$$

Для определения прибыли элеватора необходимо знать функцию спроса на зерно. Результаты биржевых торгов [147] указывают на изменения динамики спроса на зерно, которую можно аппроксимировать по линейному уравнению вида

$$D(Ц_n) = -K_1 Ц'_n + K_2, \tag{5.14}$$

где K_1 и K_2 – коэффициенты уравнения аппроксимационной зависимости, $K_1 > 0$, $K_2 > 0$.

Тогда функцию (5.13) с учетом выражения (5.14) можно записать в следующем виде:

$$\overline{\Pi}_э = -n_1 Ц'^2_n + n_2 Ц'_n - 1, \tag{5.15}$$

где $n_1 = \dfrac{К_1}{С_{сум} Х_с у}$, $n_2 = \dfrac{К_2}{С_{сум} Х_с у}$

С учетом этого выражение (5.11) примет вид

$$П_{сх}(Х_с у) = С_{сум} Х_с у \gamma \left(- n_1 Ц'^2_п + n_2 Ц'_п - 1\right). \tag{5.16}$$

Рассмотрим прибыль, полученную сельхозтоваропроизводителем, с учетом затрат на уборочно-транспортное звено МТС.

Для этого определим критическую точку прибыли, получаемой МТС, тогда приняв что $\dfrac{\partial П_{мтс}}{\partial Ц_п} = 0$, приводит к равенству $2n_1 Ц'_n = 2n_2$, что в итоге дает

$K_m = \frac{n_2}{n_1}$, откуда $n_2 = 2n_1 K_m$

Очевидно, что $K_т$ достигает максимума при $X_с = 1$ и $Ц_п \Rightarrow$ оптимум.

Перейдем к анализу прибыли, определяемой по зависимости (5.10), принадлежащей сельхозтоваропроизводителю ($П_{схт}$), с учетом привлечения уборочно-транспортного звена МТС ($П_{мтс\ уб}$).

$$П'_{схт} = П_{схт} - П_{мтс\ уб}. \quad (5.17)$$

$$П_{мтс\ уб} = (1 - X_c)y'(\delta Ц'_n - C'), \quad (5.18)$$

где $(1 - X_с)y'$ – количество продукции продаваемое сельхозтоваропроизводителем для покрытия расходов на привлечение МТС, т;

δ и $X_с$ – меняется от 0 до 1.

С учетом того, что $Ц_п$ – издержки на производство, введем величину

$C' = C_n + C'_n$

где $C'_п$ – издержки от использования услуг МТС.

С учетом вышеизложенного

$$П_{мтс\ уб} = \gamma[D(Ц_n)Ц'_n - (C_{un} + C_n)X_c y] + (1 - X_c)y(\delta Ц'_n - C_n) - \\ - (1 - X_c)y'(\delta Ц'_n - C') \quad (5.19)$$

Сопоставим прибыль, полученную от реализации зерна сельхозтоваропроизводителем, с затратами на уборочно-транспортное звено МТС. Очевидно, что

$$П_{схт} > П'_{схт}, \quad (5.20)$$

Это означает, что прибыль, получаемая сельхозтоваропроизводителем, должна быть не меньше затрат, понесенных от привлечения уборочно-транспортного звена МТС.

Для сохранения взаимовыгодных отношений между сельхозтоваропроизводителями и МТС необходимо:

1. Иметь фиксированные цены на зерно и ГСМ.

2. Иметь отлаженные каналы реализации готовой продукции.

Если выполняется неравенство (5.20), то привлекать уборочно-транспортные звенья МТС для уборки урожая выгодно. Если неравенство (5.20) не выполняется, то целесообразнее уборку проводить собственными силами и средствами.

В результате анализа вычисляем интервалы изменения параметров $X_с$ и $Ц_п$:

$$0{,}68 \le X_с \le 0{,}78, \qquad 9000 \le Ц_п \le 10000.$$

В качестве эффективных значений параметров можно применить $X_с = 0{,}7$, $Ц_п = 9500$. Это объясняется тем, что при цене за тонну фуражной пшеницы более 10000 руб. уменьшается спрос, менее 9000 руб./т невыгодно самому производителю. В любом случае вероятность убытков очень велика. Так как более 30 % от полученного урожая крестьянско-фермерские хозяйства реализовать или переработать не в состоянии, то целесообразно и выгодно 70 % сырья передать на хранение, переработку или реализацию элеватору.

Доля прибыли, передаваемой за работу МТС, также зависит от урожая и цены на него. Поэтому полученная модель с достаточной точностью отражает реальные экономические условия работы сельхозтоваропроизводителей, МТС и элеваторов.

На рисунке 5.2 представлена функция прибыли МТС, определяемая формулой (5.19), которую можно аппроксимировать зависимостью вида

$$\delta = -6Е - 08Ц^2 + 0{,}0013Ц - 5{,}9752.$$

Конфигурация поверхности показывает, что для любого количества сырья $X_с y$, выращенного сельхозтоваропроизводителем, с ростом отпускной цены на зерно прибыль МТС увеличивается и достигает максимума при цене 9500 руб/тонна. На графике это закрашенная область.

Следовательно, при $\delta \le 0{,}56$ сельхозтоваропроизводителю выгодно нанимать уборочно-транспортное звено МТС, а при $\delta \ge 0{,}56$ выгоднее самому осуществлять уборочно-транспортные работы.

На графической зависимости (рисунок 5.2) видно, что с назначением цены выше 9500 руб. за тонну фуражной пшеницы (точка А) объемы продаж па-

дают и прибыль снижается, равно как и изменение цены в меньшую сторону ведет к уменьшению прибыли.

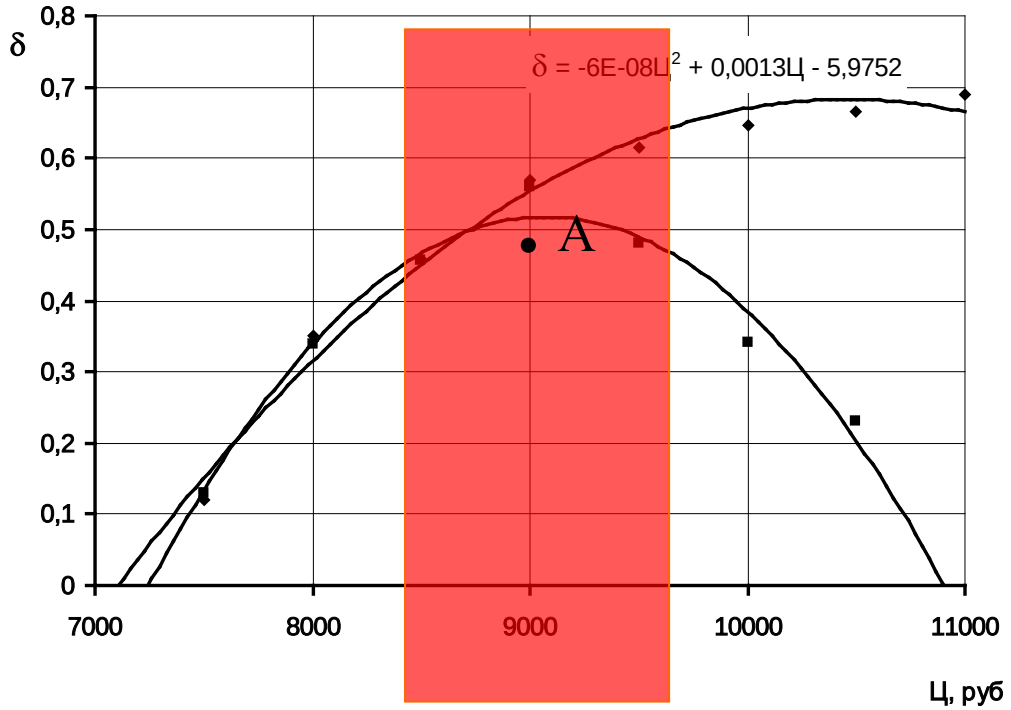


Рисунок 5.2 – Прибыль МТС полученная в результате уборочно-транспортных работ:
♦ - прибыль мнимая, без учета коэффициента спроса;
■ – реальная прибыль

Очевидно, что за пределами закрашенной области будет находиться область низкой, если не нулевой, рентабельности.

Так как себестоимость уборочных работ практически постоянна и практически не зависит от площади поля, основной составляющей издержек является транспортная составляющая. А соотношение уборочных и транспортных единиц будет в основном определять прибыль уборочно-транспортных звеньев МТС.

Таким образом, определив качественное и количественное соотношение уборочных комбайнов и транспортных единиц, наиболее широко распространенных в Республике Дагестан можно констатировать, что увеличение скорости движения автопоезда приведет к повышению производительности и, естественно, получению дополнительной прибыли.

В ходе анализа полученных данных было установлено, что при движении автопоезда с предлагаемой конструкцией ТСУ по дороге с асфальтобетонным покрытием скорость его движения можно увеличить до 15 км/ч, по сравнению с автопоездом, имеющим серийное ТСУ. В итоге прирост скорости от 1 км/ч до 15 км/ч дает прирост производительности грузоперевозки автопоезда с 6,2 т/ч до 9,8 т/ч при дальности возки, равной 50 км, по сравнению с автопоездом, имеющим серийное ТСУ.

Проведенный экономический расчет (приложение Т) показал, что стоимость одной машино-смены автомобилей составляет: ГАЗ-53 – 5584 руб., КАМАЗ-5320 – 18690 руб., КАМАЗ-53212 – 19310 руб., автопоезда с серийным ТСУ – 22474 руб., а автопоезда с экспериментальным ТСУ – 22561 руб. При этом себестоимость перевозки груза на расстояние 10 км у автомобиля ГАЗ-53 составляет 221 руб./т, а у автомобиля КАМАЗ-5320 – 347,67 руб./т, у автомобиля КАМАЗ-53212 – 336,18 руб./т. Как показали расчеты, наибольшей эффективностью обладает автомобиль ГАЗ-53, но для обеспечения беспрерывной работы комбайна требуется достаточно большое количество данных автомобилей.

При транспортировке груза на расстояние свыше 20 км целесообразнее применять автопоезда, при этом себестоимость перевозки собранного урожая составит для автопоезда, оснащенного серийным ТСУ, 298,86 руб., тогда как для автопоезда с экспериментальным ТСУ – 266,06 руб., что на 11 % меньше.

Для расчета экономической эффективности применения автопоезда с экспериментальным ТСУ примем среднее значение прироста производительности грузоперевозки, тогда для автопоезда с серийным ТСУ с полной загрузкой автомобиля и прицепа, движущегося со средней скоростью 20 км/ч, при дальности возки груза 30 км, производительность составит 9,4 т/ч, а для автопоезда с экспериментальным ТСУ производительность составит 12,5 т/ч. Увеличение производительности автопоезда с экспериментальным ТСУ произошло за счет повышения скорости движения. Расчет технико-экономических показателей проведем согласно методике, предложенной П.С. Батеенковым. Результаты расчета представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Технико-экономические показатели эффективности применения автопоезда с предлагаемой конструкцией ТСУ

Показатели	Автопоезд с серийным ТСУ	Автопоезд с экспериментальным ТСУ
1. Техническая производительность, т: – сменная – годовая	75,2 7294,4	84,8 8225,6
2. Затраты труда на перевозку 1000 т груза, чел.-ч	106,3	94,3
3. Снижение затрат труда, %	–	11,2
4. Энергоемкость процесса, кВт ч/т	16,4	14,5
5. Снижение энергоемкости, %	–	11,5
6. Металлоемкость процесса, кг/т	0,97	0,86
7. Снижение металлоемкости, %	–	11,3
8. Капитальные вложения, руб.	3176400	3192540
9. Удельные капитальные вложения на перевозку 1 т груза, руб.	435,45	388,12
10. Стоимость машино-смены, руб.	22474,1	22558,26
11. Себестоимость перевозки 1 т груза, руб.	298,85	266,01
12. Годовая экономия, руб.	–	270192
13. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет	–	1,44
15. Годовой экономический эффект от внедрения новой техники, руб.	–	316883

Проведенный расчет показывает, что затраты на изготовление ТСУ для прицепа в виде кольцевой пружины составили 13450 руб. Расчет эффективности использования автопоезда, имеющего предлагаемую конструкцию ТСУ, показывает, что годовой экономический эффект от применения составляет 316883 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. По результатам анализа деятельности АПК Республики Дагестан разработана структура уборочно-транспортных звеньев, обоснован их рациональный состав с применением для транспортировки зерна на дальние расстояния автопоездов с демпфирующими тягово-сцепными устройствами, оборудованными дополнительными пружинными элементами, оказывающими значительное влияние на динамику движения автопоезда, его скоростные характеристики и производительность.

2. Теоретически обоснован рациональный состав уборочно-транспортного звена для усовершенствованного технологического процесса транспортировки зерна, учитывающий производительность комбайна и автопоезда, оборудованного демпфирующим тягово-сцепным устройством (ТСУ), способствующим повышению скорости движения. Получены аналитические зависимости времени ездки и производительности грузового автомобиля и автопоезда от скорости движения. Обосновано снижение крюкового усилия в ТСУ и повышение скорости движения автопоезда с учетом коэффициента задержки воздействия прицепа на грузовой автомобиль и коэффициента снижения скорости движения .

3. Выведены аналитические зависимости движения автопоезда, состоящего из грузового автомобиля КАМАЗ-5320 и прицепа 8560-82-02 с тягово-сцепным устройством с дополнительным пружинным элементом, установленным на прицепе (патент 137237), определены геометрические параметры пружинного элемента в зависимости от типа дороги и общей массы прицепа:

– внутреннее кольцо: внутренний диаметр $d_{ов}$ = 63 мм, наружный диаметр $d_{он}$ = 78 мм, толщина стенки δ = 5 мм, ширина кольца S = 25 мм, угол наклона конуса кольца α = 19 град;

– внешнее кольцо: внутренний диаметр $d_{ов}$ = 63 мм, наружный диаметр $d_{он}$ = 80 мм, толщина стенки δ = 5 мм, ширина кольца S = 25 мм, угол наклона конуса кольца α = 19 град.

4. Проведены экспериментальные исследования автопоезда с предлагаемой конструкцией ТСУ, в ходе которых было установлено, что наличие дополнительного пружинного элемента на прицепе автопоезда позволяет снизить усилие, возникающее в ТСУ, по сравнению с серийным ТСУ до 14,2 % при движении по дороге с асфальтобетонным покрытием, что позволяет повысить скорость передвижения автопоезда с 22 до 36 км/ч. Это позволило повысить производительность автопоезда с экспериментальным ТСУ в среднем на 14,9 % по сравнению с серийным ТСУ. Для достижения амплитуды и частоты колебаний соответственно 30 мм и 4,5 Гц необходимо осуществлять предварительное поджатие пружины, установленной на прицепе, в пределах 6–8 кН.

5. Исследования эффективности применения демпфирующего ТСУ при транспортировке зерна в условиях Республики Дагестан показали, что себестоимость перевозки груза снизилась на 10,9 %, при этом годовой экономический эффект от внедрения ТСУ составил 316883 руб.

Рекомендации производству

1. В сельскохозяйственных предприятиях Республики Дагестан внедрять разработанную технологию выполнения уборочно-транспортных работ с транспортированием собранного урожая автопоездами;

2. При использовании автопоезда необходимо его оснащать тягово-сцепным устройством с дополнительным пружинным элементом, которое позволяет повысить производительность автопоезда за счет снижения динамического воздействия прицепа на автомобиль и увеличения скорости движения.

Перспектива дальнейшей разработки темы

- разработать и теоретически обосновать автоматизированную систему управления выполнения уборочно-транспортных работ с применением автопоездов;

- разработать и теоретически обосновать унифицированное ТСУ для автопоездов с целью повышения их производительности и снижения энергоемкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированная система управления МТП / А. В. Иванников [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2006. – № 9. – С. 24–25.
2. А. с. 1323415 СССР, Кл : В 60 D 1/04 Тягово-сцепное устройство / Денисов А. А., Федотов А. М., Востропятов В. А., Заботкин Е. Н., Михайличенко Н. А.; заявл. 02.04.1987 ; опубл. 10.08.1989, Бюл. № 1.
3. А. с. 1533918 СССР Кл : В 60 D 1/04 Упруго-демпфирующее тягово-сцепное устройство / Гамаюнов П. П., Федотов А. М., Михайличенко Н. А.; заявитель и патентообладатель СИМСХ. – №8117734/11 ; заявл. 02.04.1989 ; опубл. 10.08.1990, Бюл. № 12.
4. Агафонов, Н. И. Первая МТС в Ростовской области / Н. И. Агафонов // Машинно-технологическая станция. – 1998. – № 3. – С. 21–23.
5. Айрих, В. А. Становление МТС в Оренбургской области / В. А. Айрих, В. П. Карагодин // Машинно-технологическая станция. – 2005. – № 3. – С. 7–9.
6. Аллилуев, В. А. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка / В. А. Аллилуев, А. Д. Ананьин, В. М. Михлин. – М. : Агропромиздат, 1991. – 367 с.
7. Алтынбаев, Р. З. Стабилизация и развитие инженерно-технической системы АПК и сельскохозяйственного машиностроения / Р. З. Алтынбаев // Техника и оборудование села. – 2001. – № 5. – С. 30–44.
8. Алтынбаев, Р. З. Стратегические направления обеспечения АПК России современной высокоэффективной техникой / Р. З. Алтынбаев // Техника и оборудование села. – 2000. – № 1. С. 2–4.
9. Альферьев, В. П. Организация материально-технических средств АПК в новых условиях хозяйствования / В. П. Алферьев. – М. : Агропромиздат, 1987. – 124 с.

10. Альферьев, В. П. Организация материально-технического снабжения АПК США и Канаде : обзорная информация / В. П. Алферьев ; АгроНИИТЭИИ-ТО. – М. , 1990. – 36 с.
11. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : Т. 3. / В. И. Анурьев. – М. : Машиностроение, 2001. – 864 с.
12. Арыков, А. Рынок иностранной техники в условиях финансового лизинга / А. Арыков, Д. Ранделин // Экономика в сельском хозяйстве. – 2006. – № 10. – С. 32.
13. Афанасьев, Б. С. Система инженерно-технического обеспечения АПК / Б. С. Афанасьев // АПК : экономика и управление. – 1999. – № 2. – С. 32-36.
14. Банди, Б. Основы линейного программирования / Б. Банди. – М. : Радио и связь, 1989. – 176 с.
15. Барсов, А. С. Линейное программирование в технико-экономических задачах / А. С. Барсов. – М. : Наука, 1964. – 278 с.
16. Баширова, Г. Т. От машинно-тракторных к машинно-технологическим станциям / Г. Т. Баширова // Машинно-технологическая станция. – 2005. – № 4. – С. 13–15.
17. Безбородов, Г. Б. Моделирование движение автомобиля / Г.Б. Безбородов, В. Г. Глушков. – Киев. : Высшая школа, 1978. – 168 с.
18. Белокопытова, Л. В. Совершенствование производственной и рыночной инфраструктуры АПК / Л. В. Белокопытова // АПК : экономика и управление, 1999. – № 1. – С. 29–31.
19. Брюшков, В. А. МТС как способ выживания / В. А. Брюшков // Машинно-технологическая станция. – 2005. – № 2. – С. 17–18.
20. Ванюшин, П. Н. Новые формы использования техники / П. Н. Ванюшин // Машинно-технологическая станция. – 2005. – № 3. – С. 9–12.
21. Васильев, А. К. Организация учетного обеспечения МТС : на примере агросервисных предприятий Волгоградской области : автореф. дис. … канд. экон. наук . Васильев А. К. – Волгоград, 2003. – 24 с.

22. Вахобов, М. З. Опыт работы муниципального унитарного предприятия МТС «Проня» Рязанской области / М. З. Вахобов, В. В. Туманов // Машинно-технологическая станция. – 2005. – № 3. – С. 17–18.
23. Веденяпин, Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. В. Веденяпин. – М. : Колос, 1973. – 199 с.
24. Верзилин, В. Обеспечение фермерских хозяйств материально-техническими ресурсами / В. Верзилин // АПК : экономика и управление. – 2001. – № 11. – С. 60–64.
25. Волков, М. К. Метод сбора информации о надежности сельскохозяйственной техники / М. К. Волков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1981. – № 4. – С. 23–25.
26. Гаврицкий, В. Рыбновская МТС : шаги к успеху / В. Гаврицкий // Сельский механизатор. – 2004. – № 1. – С. – 4–5.
27. Гмурман, В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике / В. Е. Гмурман. – М. : Высшая школа, 1979. – 262 с.
28. ГОСТ 17460–72. Транспортно-производственные процессы в механизированном сельскохозяйственном производстве. Классификация, оценка и методы расчета. – М. : Государственный комитет стандартов СССР, 1972. – 83 с.
29. ГОСТ 2349–75. Устройства тягово-сцепных систем «Крюк – петля» автомобильных и тракторных поездов. – М. : Стандартинформ, 2008. – 6 с.
30. ГОСТ Р 52281–2004. Прицепы и полуприцепы автомобильные. Общие технические требования. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2005. – 12 с.
31. ГОСТ Р 52777–2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы энергетической оценки. – М. : Стандартинформ, 2008. – 24 с.
32. ГОСТ Р 52778–2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М. : Стандартинформ, 2008. – 24 с.

33. Джонсон, Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы планирования эксперимента. : пер. с англ. / Н. Джонсон, Ф. Лион. – М. : Мир, 1981. – 520 с.
34. Дзейгов, А. Ж. Итоги работы машинно-технологических станций / А. Ж. Дзейгов, В. М. Михлин, Н. М. Хмелевой // Машинно-технологическая станция. – 2000. – № 10. – С. 14–19.
35. Дорофеева, Н. А. МТС : условия ее эффективности / Н. А. Дорофеева, М. И. Путинцева // АПК : экономика, управление. – 1996. № 4. – С. 55–61.
36. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта. / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
37. Драгойцев, В. Техническая оснащенность сельского хозяйства России / В. Драгойцев // Экономика в сельском хозяйстве. – 2005. – № 11. – С. 32–33.
38. Завалишин, Ф. С. Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве / Ф. С. Завалишин. – М. : Колос, 1973. – 310 с.
39. Закин, Я. Х. Маневренность автомобиля и автопоезда / Я. Х. Закин. – М. : Транспорт, 1986. – 136 с.
40. Зангиев, А. А. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка / А. А. Зангиев, Г. П. Лышко, А. П. Скороходов. – М. : Агропроимздат, 1996. – 320 с.
41. Захарова, Е. А. Эффективность поставок техники по договорам лизинга /Е. А. Захарова // Тракторы и сельхозмашины. – 2006. – № 1. – С. 27–30.
42. Зацаринный, В. А. Роль машинно-технологических станций / А. В. Зацаринный, А. Б. Бурым // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005, № 3. – С. 32.
43. Зеленский, А. МТС: как организовать работу / А. Зеленский // Сельский механизатор. – 2005. – № 5. – С. 18–19.
44. Игитов, Ш. М. Логистика в сельскохозяйственном производстве / Ш. М. Игитов // Основы рационального природопользования : материалы II международной научно-практической конференции. – Саратов : Изд. центр «Наука», 2009. – С. 306–308.

45. Игитов, Ш. М. Моделирование состава машинно-тракторного парка машинно-технологической станции / Ш. М. Игитов, С. Р. Хабибов // Социально-экономические и экологические проблемы сельского и водного хозяйства : материалы Международной науч.-практ. конф. : Часть IV. Технология и средства механизации в природообустройстве. – М. : ФГОУ ВПО МГУП, 2010. – С. 182–190.
46. Игитов, Ш. М. Модель взаимоотношений между сельхозтоваропроизводителем и МТС / Ш. М. Игитов, С. Р. Хабибов // Научное обозрение. – 2013. – № 3 – С. 225–229.
47. Игитов, Ш. М. Обоснование количественного состава машин при выполнении транспортно-уборочных работ / Ш. М. Игитов, С. Р. Хабибов // Materialy VIII Miedzynarodowej naukowi-practycznej konferencji «Wyksztalcenie i nauka bez granic – 2012» Volume 32. Ekologia. Rolnictwo. Weterynaria: Nauka i studia. – С. 70–72.
48. Игитов, Ш. М. Определение времени ездки грузового транспорта при выполнении уборочных операций в условиях машинно-технологических станций / Ш. М. Игитов // Материалы Международной науч.-практ. конф. посвящ. 75-летию со дня рождения профессора Рыбалко А. Г. : сб. науч. работ. – Саратов : Изд-во «КУБиК». – 2011. – С. 148–152.
49. Игитов, Ш. М. Определение параметров функционирования комплекта машин машинно-технологических станций / Ш. М. Игитов // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию образования Дагестанского государственного аграрного университета имени М. М. Джамбулатова «Аграрная наука : современные проблемы и перспективы развития». – Махачкала : ДГСХА , – 2012. – Часть 2. – С. 218–221.
50. Игитов, Ш. М. Повышение эффективности эксплуатации машинно-тракторного парка машинно-технологических станций / Ш. М. Игитов // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию образования Дагестанского государственного аграрного

университета имени М. М. Джамбулатова «Аграрная наука : современные проблемы и перспективы развития». – Махачкала : ДГСХА , – 2012. – Часть 2. – С. 221–224.

51. Игитов, Ш. М. Теоретические основы процесса демпфирования тягово-сцепного устройства автопоездов / Ш. М. Игитов // Materiály X mezinárodní vědecko-praktická konference «Věda a vznik – 2013/2014». – Díl 32. Zemědělství – Praha : Publishing House «Education and Science», 2013. – 14–17 с.
52. Игитов, Ш. М. Факторы, влияющие на работу машинно-тракторного парка / Ш. М. Игитов // Инновации, наука и образование : материалы Международной научно-практической конференции: сб. науч. работ. – Саратов : «КУБиК», 2010. – С. 117–119.
53. Игитов, Ш. М. Теоретические основы комплектования уборочно-транспортного звена машинно-технологических станций / Ш. М. Игитов // Научное обозрение. – 2013. – № 9. – С. 54–57.
54. Измайлов, А. Ю. Повышение уровня транспорта в сельском хозяйстве / А. Ю. Измайлов // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 2. – С. 8–10.
55. Измайлов, А. Ю. Развитие транспорта в сельском хозяйстве / А. Ю. Измайлов, Н. Е. Евтюшенков // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 1. – С. 3–4.
56. Иофинов, С. А. Основы технической эксплуатации машинно-тракторного парка / С. А. Иофинов, Л. Е. Агеев. – Л. : Колос, 1972. – 129 с.
57. Иофинов, С. А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С. А. Иофинов, Г. П. Лышко. – М. : Агропромиздат, 1984. – 386 с.
58. Итоги деятельности машинно-технологических станций в 2004 / С. А. Горячев [и др.] // Машинно-технологическая станция. – 2005. – № 6. – С. 34–40.
59. Калихман, И. Л. Динамическое программирование в примерах и задачах / И. Л. Калихман, М. А. Войтенко. – М. : Высшая школа, 1979. – 125 с.

60. Карманов, В. Г. Математическое программирование / В. Г. Карманов. – М. : Наука, 1986. – 288 с.
61. Кателкин, В. П. Производственный комплекс МТС ОАО «Агрофирма Мценская» /В. П. Кателкин // Машинно-технологическая станция. – 2005. – № 5. – С. 3–13.
62. Киртбая, Ю. К. Основы методы проектирования систем для механизации сельского хозяйства / Ю. К. Кирбтая, Н. М. Шаров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1979, № 6, С. 51–52.
63. Киртбая, Ю. К. Организация использования МТП / Ю. К. Киртбая. – М. : Колос, 1974. – 288 с.
64. Киртбая, Ю. К. Резервы в использовании МТП / Ю. К. Киртбая. – М. : Колос, 1976. – 319 с.
65. Кобчиков, Г. П. Особенности труда механизатора МТС и их роль в сельскохозяйственном производстве / Г.П. Кобчиков, М. А. Путинцева // Машинно-технологическая станция. – 1998. – вып. 5. – С. 20–24.
66. Конкин, Ю. А. Экономическая эффективность использования техники в АПК / Ю. А. Конкин. – М. : Агропромиздат, 1997. – 85 с.
67. Концепция совершенствования системы материально-технического обеспечения АПК. – М. : ГОСНИТИ, 1995. – 42 с.
68. Кормаков, Л. Ф. Методические основы организационного проектирования машинно-технологических станций / Л. Ф. Кормаков // Экономика сельского хозяйства и перерабатывающих предприятий. – 2000. – № 1. – С. 22–23.
69. Кормаков, Л. Ф. Машинно-технологические станции в АПК. Орловский вариант / Л. Ф. Кормакова / Машинно-технологическая станция. – 2000. – Вып. 11. – С. 14–17.
70. Кормаков, Л. Ф. Организация экономических отношений машинно-технологический станций с сельскими товаропроизводителями / Л. Ф. Кормаков, О. В. Рогожина. – М. : ВНИИЭТУСХ, 1998.

71. Костомахин, М. Н. Влияние эксплуатационной надежности тракторов и зерноуборочных комбайнов на эффективность их использования : автореф. дис. … канд. техн. наук. Костомахин М. Н. – М., 2008, 12 с.
72. Краснощеков, Н. В. Машинно-технологические станции и техническая политика в АПК / Н. В. Краснощеков // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – № 5. – С. 3–9.
73. Краснощеков, Н. В. Стратегия и алгоритмы проектирования МТП при производстве сельскохозяйственной продукции / Н. В. Краснощеков // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 4. – С. 7–10.
74. Краснощеков, Н. В. Эффективное сельскохозяйственное производство в техническом сервисе / Н. В. Краснощеков // Машинно-технологическая станция. –1999. – Вып. 7. – С. 13–17.
75. Кряжков, В. М. Надежность и качество сельскохозяйственной техники / В.М. Кряжков. – М. : Агропромиздат, 1982. – 315 с.
76. Кузнецов, Е. С. Исследование эксплуатационной надежности автомобиля / Е. С. Кузнецов. – М. : Транспорт, 1969. – 152 с.
77. Кузнецов, И. М. Диспетчерская служба и координация работ МТС / И. М. Кузнецов, Н. М. Хмелевой // Машинно-технологическая станция. – 1999. – Вып. 9. – С. 23–27.
78. Кузьмин, В. Н. Аренда и прокат сельскохозяйственной техники / Н. В. Кузьмин. – М. : Информагротех, 1991. – 28 с.
79. Кузьмин, В. Н. В помощь фермеру : как сэкономить деньги при покупке и использовании техники / Н. В. Кузьмин. – М. : Информагротех, 1993. – 53 с.
80. Кунафин, А. Ф. Оперативный контроль расхода топлива МТА / А. Ф. Кунафин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. – № 11. – С. 26–28.
81. Лазовский, В. Г. Технико-экономическая основа создания и деятельность сети МТС в Самарской области /В. Г. Лазовский, В. П. Прокопенко // Машинно-технологическая станция. – 1999. – Вып. 7. – С. 24.

82. Лаптев, В. М. Моделирование состава машинно-тракторного парка / В. М. Лаптев. – М. : Машиностроение, 1999. – 120 с.
83. Левченко, В. А. Обоснование путей и методов эффективного функционирования МТС в АПК: автореф. дис. … канд. экон. наук. Левченко В. А. – Курск, 1998. – 20 с.
84. Липкович, Э. И. Методические основы проектирования и реализации региональных механизированных технологий и систем машин для производства продукции растениеводства / Э. И. Липкович, Ю. И. Бершицкий. – Зерноград : ВНИПТИМЭСХ, 1995 – 164 с.
85. Лочуга, Ю. Ф. Лизинг сельскохозяйственной техники: недостатки и пути их устранения /Ю. Ф. Лочуга, В. И. Дрогайцев // Техника в сельском хозяйстве хозяйстве. – 2006. – № 2. – С. 3–7.
86. Макаров, А. В. Математическая модель системы сервисного обслуживания дилерского предприятия / А. В. Макаров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2006. – № 3. – С. 27–29.
87. Малюгин, Т. Т. К методике определения оптимального состава машинно-тракторного парка лесхозов Белоруссии / Т. Т. Малюгин // Лесоведение и лесное хозяйство. – 1976. – Вып. 11. – С. 210– 214.
88. Маслов, Г. Г. Из опыта работы внутрихозяйственной МТС «Родина» Краснодарского края / А. Г. Черноиванов, Г. Г. Маслов // Машинно-технологическая станция. – 2005. – № 3. – С. 12–14.
89. Методические рекомендации по организации машинно-технологических станций для условия юга Российской Федерации. – Зерноград : ВНИПТИМЭСХ, 1997. – 104 с.
90. Микулин, Ю. В. Ремонт и техническое обслуживание сельскохозяйственной техники в США / Ю. В. Микулин. – М. : Информагротех, 1990. – 43 с.
91. Михайлова, К. Ю. Совершенствование системы хозяйственных связей МТС с сельскохозяйственными предпринимательскими структурами: автореф. дис. … канд. техн. наук. Михайлова К.Ю. – Ставрополь, 2005. – 24 с.

92. Михлин, В. М. Концепция определения количества и размещения МТС по субъектам Федерации / В. М. Михлин, Н. В. Заборин, И. Г. Савин // Машинно-технологическая станция. – 1997. – № 3. – С. 17–21.

93. Михлин, В. М. Методика прогнозирования спроса на модернизацию техники в РТП / В.М. Михлин // Тракторы и сельхозмашины. – 2006. – № 2. – С. 3–4.

94. Михлин, В. М. МТС идет на север / В. М. Михлин // Сельский механизатор. – 2004. – № 10. – С. 4–6.

95. Михлин, В. М. Некоторые итоги работы машинно-технологических станций в 1998 году / В. М. Михлин, Н. М.Хмелевой, Н. В. Заборин // Машинно-технологическая станция. – 1999. – Вып. 9. – С. 11–13.

96. Михлин, В. М. Одно из обязательных условий обеспечения продовольственной безопасности страны / В. М. Михлин, Н. В. Заборин // Машинно-технологическая станция. – 1999. – № 7. – С. 17– 20.

97. Михлин, В. М. Рекомендации по функционированию машинно-технологических станций и улучшению практической деятельности / В. М. Михлин, Н. В. Заборин // Машинно-технологическая станция. – 1998. – Вып. 5. – С. 15–20.

98. Морозов, А. Г. Комаричинская МТС – интегрирования структура в Брянской области / А. Г. Морозов, А. Н. Горбачев // Машинно-технологическая станция. – 2005. – № 1. – С. 21–22.

99. МТС : Проблемы и перспективы // Машинно-технологическая станция. – 1996. – Вып. 1. – С. 2–12.

100. Нагичев, В. В. МТС: итоги трудного 1997 года. А что впереди? / В.В. Нагичев // Машинно-технологическая станция. – 1998, Вып. 5. – С. 24–27.

101. Нисредов, Н. Н. Исследование технической обеспеченности сельскохозяйственного производства в Республике Дагестан / Н. Н. Нисредов, Б. Э. Темирханов // Машинно-технологическая станция. – 2005. – № 4. – С. 10–13.

102. Нисредов, Н. Н. Состояние, развитие и эффективность МТС в Республике Дагестан / Н. Н. Нисредов, Б. Э. Темирханов // Машинно-технологическая станция. – 2005. – № 5. – С. 3–13.
103. Нит, И. В. Линейное программирование / И. В. Нит. – М. : Изд-во Московского университета, 1978. – 200 с.
104. Ожерельев, В. Н. Сельскохозяйственные машины. Зерноуборочная техника / В. Н. Ожерельев. – Брянск : Брянская ГСХА, 2007. – 77 с.
105. Орлов, П. И. Основы конструирования / П. И. Орлов. – М. : Машиностроение, 1988. – 544 с.
106. Орсик, Л. С. МТС : опыт и перспективы развития / Л. С. Орсик // Техника и оборудование для села. – 2002. – № 4. – С. 21–23.
107. Орсик, Л. С. МТС : опыт и перспективы развития / Л. С. Орсик // Техника и оборудование для села. – 2002. – № 6. – С. 24–25.
108. Официальный интернет-портал Министерства сельского хозяйства Российской Федерации http://www.mcx.ru/documents/document/v7_show/24575.285.htm
109. Пановко, Я. Г. Основы прикладной теории упругих колебаний / Я. Г. Пановко. – М. : Машгиз, 1957. – 450 с.
110. Пат. 2099201 Российская Федерация, МПК: B 60 D 1/0, B 62 D 53/04. Тягово-сцепное устройство автопоезда / Рыжик Н. Е.; патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет. – № 96106957/11; заявл. 09.04.1996; опубл. 20.12.1997.
111. Пат. № 2127198 Российская Федерация, МПК: B 60 D 1/145. Тягово-сцепное устройство для соединения тягача с колесным прицепом / Цыпцын В. И., Гамаюнов П. П., Мандрик И. И., Мандрик П. И., Нехорошев В. В. – № 97119827/28; заявл. 02.12.1997; опубл. 10.03.1999.
112. Пат. 2145011 Российская Федерация, МПК: F 16 F 5/00, B 60 D 1/14. Гидравлический амортизатор для жесткого буксирного устройства / Цыпцын В. И., Гамаюнов П. П., Нехорошев В. В., Алексеев С. А. – № 98118615/28; заявл. 13.10.1998; опубл. 27.01.2000.

113. Пат. 2149765 Российская Федерация, МПК: B 60 D 1/145. Тягово-сцепное устройство многозвенного транспортного поезда / Цыпцын В. И., Гамаюнов П. П., Мандрик И. И., Мандрик П. И., Нехорошев В. В. – № 98105705/28; заявл. 26.03.1998; опубл. 27.05.2000.

114. Пат. 2263032 Российская Федерация, МПК: B 60 D 1/00. Тягово-сцепное устройство / Мартынов В. Н., Анисимов А. С., Шапкин А. С., Полянский М.М.; патентообладатель ООО «Научно-производственная компания РАНКО» – № 2004117921/11 ; заявл. 15.06.2004; опубл. 27.10.2005.

115. Пат. 2363596 Российская Федерация, МПК: B 60 D 1/04 Тягово-сцепное устройство автопоезда / Белозоров В. В., Репринцев Д. Д.; патентообладатель ГОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия». – № 2008117734/11; заявл. 04.05.2008; опубл. 10.08.2009.

116. Пат. 2368512 Российская Федерация, МПК: B 60 D 1/01. Тягово-сцепное устройство автопоезда / Арискин В. А., Белоусов Б. Н., Комиссаров Д. С., Попов С. Д., Сосульников Г. Б., Шпак М. А., Штыков В. А; патентообладатель ООО «Центр технического сотрудничества при МГТУ им. Н. Э. Баумана». – № 2008119284/11; заявл. 16.05.2008; опубл. 27.09.2009.

117. Патент на полезную модель 135589 Российская Федерация, МПК B 60 D 1/00 ; Тягово-сцепное устройство автотракторного поезда / Игитов Ш. М., Хабибов С. Р., Безруков А. С., Русинова И. Н.; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова». – № 2013134658/11, заявл. 23.07.2013; опубл. 20.12.2013.

118. Патент на полезную модель 137237 Российская Федерация, МПК: B 60 D 1/00; Сцепное устройство прицепа / Игитов Ш. М., Хабибов С. Р., Безруков А. С., Русинова И. Н.; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова». – № 201319171/11, заявл. 22.08.2013; опубл. 10.02.2014.

119. Пенкин, А. А. Механизм взаимодействия машинно-технологических станций и хозяйств населения / А. А. Пенкин, К. Н. Жичкин // Актуальные агроинженерные проблемы АПК: сбор. науч. тр. – Самара, 2001.– С. 298–300.

120. Проников, А. С. Надежность машин / А. С. Проников. – М. : Машиностроение, 1978. – 592 с.
121. Пустыльник, Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений / Е. И. Пустыльник. – М. : Наука, 1968. – 288 с.
122. Путинцева, М. МТС : условия ее эффективности в АПК / М. Путинцева // Экономика и управление. – 1996. – № 4. – С. 34–36.
123. Рекомендации по организационно-экономическому механизму обновления технической базы сельского хозяйства. – М. : ВНИЭСХ, 2000. – 51 с.
124. Рекомендации по улучшению производственно-технологической деятельности МТС / Л. С. Орсик [и др.] // Машинно-технологическая станция. – 2001. – Вып. 12. – С. 5–14.
125. Рунчев, М. С. Поточная организация полевых работ / М. С. Рунчев, Ю. М. Сисюкин, Н. Л. Чупринин. – М : Россельхозиздат, 1981. – 239 с.
126. Рунчев, М. С. Теория и практика эффективного использования сельскохозяйственной техники / М. С. Рунчев // Вестник сельскохозяйственной науки. –1979. – № 8. – С. 84–88.
127. Саакян, Д. Н. Система показателей комплексной оценки мобильных машин / Д. Н. Саакян. – М. : Агропромиздат, 1988. – 415 с.
128. Савин, И. Г. Об опыте работы Лобинской МТС в выращивании картофеля по голландской технологии / И. Г. Савин, Н. В. Заборин, В. В. Хазов // Машинно-технологическая станция. – 1996, Вып. 2. – С. 11–14.
129. Сазонов, С. Н. Обоснование оптимального уровня концентрации крестьянских хозяйств при выполнении полевых механизированных работ / С. Н. Сазонов, Д. Д. Сазонова, В. В. Михайлова // Машинно-технологическая станция. – 1999. – № 7. – С. 31–33.
130. Сафаров, Х. Межхозяйственное использование техники является одним из путей эффективного выполнения механизированных работ / Б. П. Загородских., Х. Сафаров // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н. И. Вавилова. – 2007. – № 2. – С. 24–26.

131. Сафаров, Х. Результаты деятельности МТС им. А. Джами Хатлонской области Республики Таджикистан / Х. Сафаров // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И.Вавилова. – 2007. – № 2. – С. 26–28.
132. Светозаров, В. В. Основы статистической обработки результатов измерений / В. В. Светозаров. – М. : Изд-во МИФИ, 2005. – 40 с.
133. Северный, А. Э. Рекомендации по результатам анализа передового опыта работы МТС / А. Э. Северный, В. М. Михлин // Машинно-технологическая станция. – 1996. – Вып. 2. – С. 3–5.
134. Сидыганов, Ю. Н. Методология формирования нормативной базы оснащения МТС средствами механизации процессов в земледелии и обеспечения их технологической и эксплуатационной надежности: автореф. дисс. … д-ра техн. наук. Сидыганов Ю.Н. – СПб., 2003. – 46 с.
135. Скороходов, А. Н. Оптимальная организация использования техники в отрядах и комплексах / А. Н. Скороходов. – М. : МИИСП, 1986. – 88 с.
136. Статистика / И.Г. Переяслова [и др.]. – Ростов : Феникс, 2004. – 219 с.
137. Стопалов, С. Какая помощь нужна МТС / С. Стопалов // Сельский механизатор. – 2006. – № 10. – С. 36–37.
138. Стопалов, С. МТС вчера, сегодня, завтра / С. Стопалов // Сельский механизатор. – 2005. – № 8. – С. 6–7.
139. Стопалов, С. Сервис 2010 года. Каким он будет/ С. Стопалов // Сельский механизатор. – 2006. – № 1. – С. 4–5.
140. Стратегия развития машинно-технологических станций. – М. : ГОСНИТИ, 2003. – 81 с.
141. Тихонов, В. А. Агропромышленный комплекс: структура и пропорции развития / В. А. Тихонов. – М. : Знание, 1988. – 109 с.
142. Тойбасаров, Ж. К. Оценка рентабельности работы МТС методом регрессионного анализа / Ж. К. Тойбасаров // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 2. – С. 34–36.

143. Толочек, Н. Н. Эффективность использования сельскохозяйственной техники / Н. Н. Толочек // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. – № 10. – С. 21–22.

144. Ульман, И. Е. Методика оценки качества отремонтированных машин / И. Е. Ульман, Ю. А. Ломоносов, А. В. Егоров // Техника в сельском хозяйстве. – 1977. – № 1. – С. 77–79.

145. Хабатов, Р. Ш. Прогнозирование оптимальных параметров агрегатов и состав МТС / Р. Ш. Хабатов. – Киев, 1969. – 74 с.

146. Хабибов, С. Р. Моделирование грузопотока и состава машинно-тракторного парка при проведении уборочной операции / С. Р. Хабибов, Ш. М. Игитов // Международная научно-практическая конференция, посвященная 65-летию Победы в Великой Отечественной войне «Современные проблемы и перспективы развития аграрной науки». – Махачкала : ДГСХА, 2010. Часть 1. – С. 307–309.

147. Хабибов, С. Р. Условия востребованности продукции АПК в условиях Республики Дагестан / С. Р. Хабибов, Ш. М. Игитов // Материалы III Международной научно-практической конференции «Основы рационального природопользования». – Саратов : Саратовский источник, 2011. – С. 501–504.

148. Хабибов, С. Р. Эффективное использование комбинированной отвальной почвообработки с рыхлением в условиях Республики Дагестан: дис. … канд. техн. наук. Хабибов С. Р. – Махачкала, 2006.

149. Черноиванов, В. И. Развитие и улучшение работы сеты машинно-технологических станций / В. И. Черноиванов // Машинно-технологическая станция. – 1996. – Вып. 2. – С. 2–12.

150. Шпилько, А. В. О развитии системы машинно-технологических станций в АПК / А. В. Шпилько // Техника в сельском хозяйстве. – 1998. – № 3. – С. 3–5.

151. Щукин, М. М. Сцепные устройства автомобилей и тягачей / М. М. Щукин. – М. ; – Л. : Машгиз, 1961. – 240 с.

152. Юдин, Д. Б. Линейное программирование. Теория, методы и приложения / Д. Б. Юдин, Е. Г. Гольштейн. – М. : Наука, 1969. – 424 с.
153. Donnel, H. Farm Pover und Machinery Management. Winth Edition / H. Donnel // Jowa university press. – 1995. – № 3. – S. 4–7.
154. Knickzetter machen sich bezahlt. Mahwerke. – Einsatz und Kosten. // DLZ. – 1993. – № 5. – S. 58–65.
155. Kosten senken bei Traktoren. Gebrauchten oder neuen Traktor kaufen. – DLZ. – 1993. – № 2. – S. 39–40.
156. KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft 1994/95. Daten fur die Bertiebskalkulation in der Landwirtschaft. – 1994. – 17 Auflage. – S. 286.
157. Maschinenkosten 1996. Kostenelemente und Entschadigungsansatze fur die Benutzung von Landmaschinen. – FAT-Bericht, N 474, 1995.
158. Merkato delle macchine nuove di fabbrica. – L Informatore agrario. – 1995. – № 41. – S. 86–87.
159. Volk L Technik und Reparaturkosten bei Mahdrescher. – KTBL-Schrift. – № 32. – 1988.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Сведения о наличии сельскохозяйственной техники в Республике Дагестан

№ п/п	Наименование района	Наименование техники											
		Тракторы	Грузовые автомобили	Зерноуборочные комбайны	Косилки	Грабли	Пресс-подборщики	Кормоуборочные комбайны	Кукурузоуборочные комбайны	Жатки	Сеялки	Плуги	Культиваторы
1	Бабаюртовский	14	4	6	3	-	4	-	-	-	4	4	-
2	Кизлярский	222	113	106	32	-	23	11	6	30	44	68	17
3	Ногайский	15	7	3	3	2	2	1	-	-	2	3	-
4	Тарумовский	73	23	21	5	-	4	-	-	-	8	8	-
5	Хасавюртовский	291	122	60	26	3	37	2	12	3	73	71	57
6	Кизилюртовский	115	68	21	17	-	25	3	2	-	39	42	25
7	Дербентский	243	114	40	20	6	33	8	-	-	44	120	40
8	Каякентский	236	176	37	16	-	27	7	-	-	33	83	104
9	Карабудахкентский	198	164	45	16	7	20	11	-	-	51	74	38
10	Магарамкентский	64	45	24	6	2	12	-	-	-	17	32	4
11	Г.Махачкала	12	5	2	1	-	5	1	-	-	4	5	-
12	Кумторкалинский	11	12	3	1	-	-	-	-	-	1	-	-
13	Буйнакский	46	11	14	8	1	13	-	1	-	22	14	9
14	Казбековский	86	24	16	11	4	18	4	3	-	28	29	10
15	С.Стальский	36	10	10	1	1	5	1	-	-	9	19	6
16	Кайтагский	52	52	17	5	-	9	5	-	-	16	24	15
17	Новолакский	64	25	25	5	3	13	6	2	-	25	27	13
18	Сергокалинский	82	68	21	8	-	17	4	-	-	30	44	20
19	Табасаранский	21	17	9	1	-	5	1	-	-	9	14	8
20	Хивский	38	34	14	4	3	8	-	-	-	17	20	-
21	Агульский	11	6	5	5	2	4	-	-	-	7	12	-
22	Акушинский	148	66	34	37	11	42	1	-	15	32	66	9
23	Ахвахский	53	36	10	6	5	16	5	2	-	13	21	9
24	Ахтынский	39	15	7	5	1	4	-	-	-	4	11	-
25	Ботлихский	52	7	14	7	-	21	-	-	-	16	28	8
26	Гергебильский	25	3	2	4	2	6	1	1	-	1	2	2
27	Гумбетовский	82	50	8	6	4	18	6	2	7	26	11	-
28	Гунибский	111	74	22	31	7	26	1	-	3	14	23	-

29	Дахадаевский	91	32	28	25	6	28	9	-	-	27	37	14
30	Кулинский	120	75	28	40	11	38	4	1	-	22	52	3
31	Курахский	33	19	9	7	3	11	-	-	-	7	10	-
32	Лакский	49	14	14	5	-	31	11	-	1	14	29	-
33	Левашинский	113	113	33	11	-	36	3	-	-	30	55	13
34	Рутульский	69	87	17	5	-	21	7	-	1	10	21	3
35	Шамильский	98	80	5	28	16	34	10	-	1	14	26	-
36	Тляратинский	22	-	2	-	1	4	-	-	-	4	-	-
37	Унцукульский	33	13	5	6	5	7	2	-	3	4	10	2
38	Хунзахский	185	94	56	25	4	37	7	9	3	44	65	5
39	Цунтинский	1	1	1	1	-	2	-	-	-	1	2	
40	Цумадинский	5	2	1	1	2	3	-	-	-	-	-	-
41	Чародинский	36	20	5	14	7	15	1	-	3	3	9	-
42	Докузпаринский	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
	ВСЕГО	**3297**	**1937**	**798**	**465**	**122**	**685**	**133**	**41**	**70**	**769**	**1201**	**364**

Приложение Б

Технические характеристики грузовых автомобилей

Наименование параметра	ГАЗ-53А	КАМАЗ-5320	КАМАЗ-53212
Тип кузова	грузовой	грузовой	Грузовой
Марка двигателя	ЗМЗ-53	КАМАЗ-740.10	КАМАЗ-740.10
Номинальная мощность двигателя, кВт/л.с.	85/115	154/210	154/210
Коробка передач	МКПП 4 передачи	МКПП 5 передач	МКПП 5 передач
Максимальная скорость, км/ч	85	80	80
Тип топлива	бензин	Дизельное топливо	Дизельное топливо
Расход топлива на 100 км с прицепом	24,0	29,6	31,5
		43,7	44,8
Грузоподъемность, кг	3000	8000	10000
Снаряженная масса, кг	5250	7080	8000

Технические характеристики зерноуборочных комбайнов

Наименование параметра	ДОН-1500	ДОН-1200	СК-5 «Нива»	«Енисей-1200»
Ширина захвата жатки, м	6/7/9	6	4,1/5,0	5
Диаметр барабана, мм	800	800	600	550
Длина барабана, мм	1484	1184	1185	1200
Марка двигателя	ЯМЗ-238АК	СМД-23	СМД-17К	ЯМЗ-236ДК9
Мощность двигателя, кВт/л.с.	173/235	118	103/140	103
Удельный расход топлива, номинальный, г/л.с.ч	162	166	162	221
Вместимость бункера, $м^3$	6	4,5	3	4,5
Высота выгрузки, мм	2900	2000	2600	3950
Пропускная способность молотилки, кг/с	10-12	6,5	5	6
Скорость выгрузки бункера, л/сек	42	42	18	33
Производительность, т/ч	9,1	6,8	4,4	4,5
Масса без жатки/с жаткой, кг	10990/12590	14500	6637/8087	9970

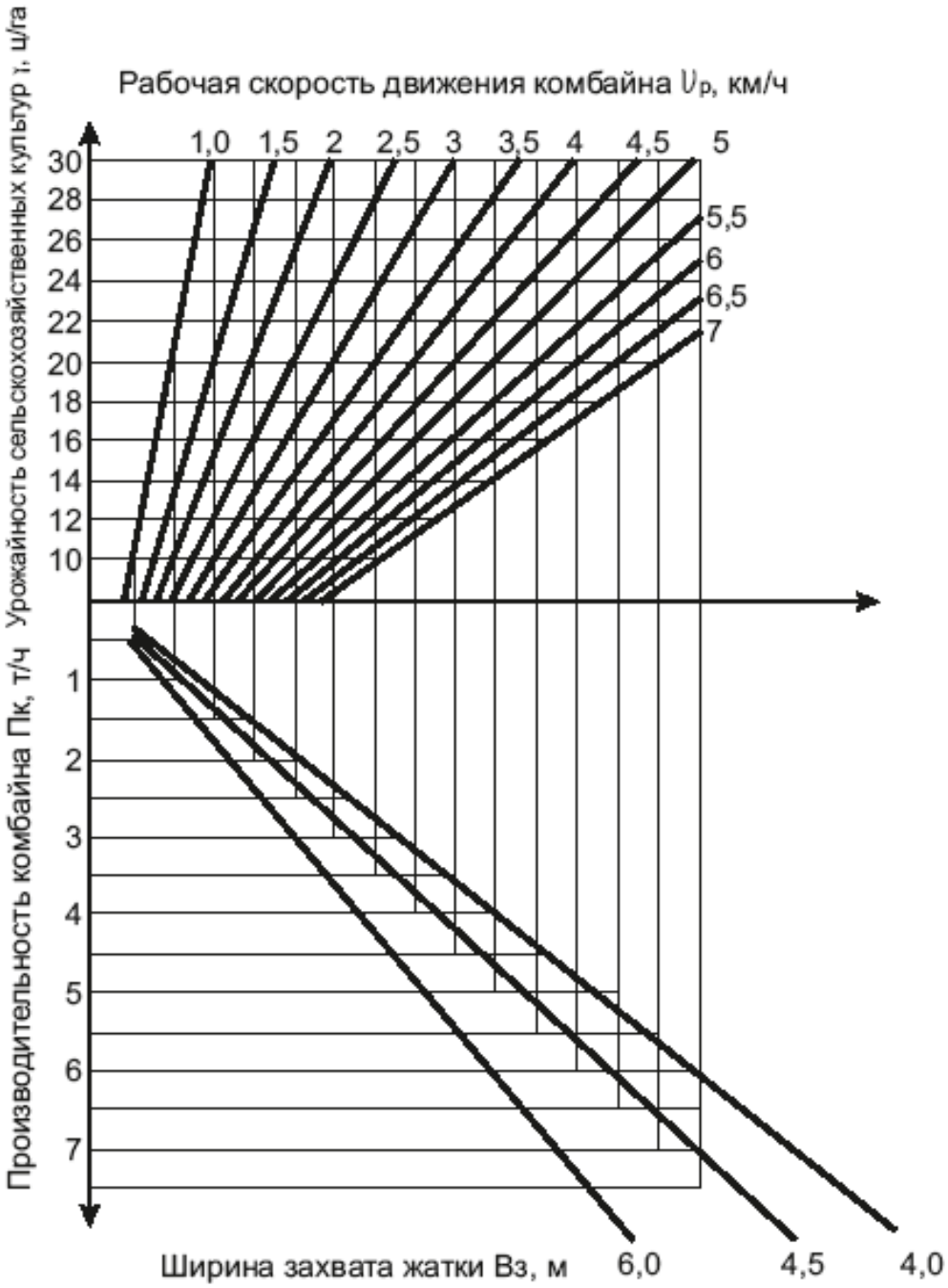
Приложение В

Расчет коэффициента снижения скорости движения автомобиля, в зависимости от длины неровностей на дорожном полотне

Длина неровности дороги, м	Теоретическая скорость движения, км/ч	Фактическая скорость движения, км/ч	Коэффициент снижения скорости движения
1	80,31	76,5	0,953
2	78,026	68,7	0,881
3	75,742	62,4	0,824
4	73,458	51,6	0,703
5	71,174	45,3	0,636
6	68,89	42,4	0,615
7	66,606	41,6	0,624
8	64,322	36,3	0,565
9	62,038	35,8	0,577
10	59,754	31,6	0,529
11	57,47	30,0	0,522
12	55,186	28,4	0,515
13	52,902	25,9	0,489
14	50,618	23,7	0,468
15	48,334	21,9	0,454
16	46,05	20,8	0,451
17	43,766	19,7	0,451
18	41,482	17,9	0,432
19	39,198	16,8	0,428
20	36,914	15,5	0,421

Приложение Г

Номограмма производительности зерноуборочных комбайнов в зависимости от урожайности сельскохозяйственных культур и скорости движения.



Приложение Д

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ОДНОЙ ЕЗДКИ

Расчет времени одной ездки при загрузке грузового автомобиля ГАЗ-53 зерноуборочным комбайном СК-5, в зависимости от дальности возки и коэффициента снижения скорости движения

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_{υ}=1,0

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	0,976	1,776	2,576	3,376	4,176	4,976	5,776
10	0,576	0,976	1,376	1,776	2,176	2,576	2,976
15	0,443	0,709	0,976	1,243	1,509	1,776	2,043
20	0,376	0,576	0,776	0,976	1,176	1,376	1,576
25	0,336	0,496	0,656	0,816	0,976	1,136	1,296
30	0,309	0,443	0,576	0,709	0,843	0,976	1,109
35	0,290	0,405	0,519	0,633	0,747	0,862	0,976
40	0,276	0,376	0,476	0,576	0,676	0,776	0,876
45	0,265	0,354	0,443	0,532	0,620	0,709	0,798
50	0,256	0,336	0,416	0,496	0,576	0,656	0,736

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_{υ}=0,9

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,065	1,954	2,843	3,732	4,620	5,509	6,398
10	0,620	1,065	1,509	1,954	2,398	2,843	3,287
15	0,472	0,769	1,065	1,361	1,657	1,954	2,250
20	0,398	0,620	0,843	1,065	1,287	1,509	1,732
25	0,354	0,532	0,709	0,887	1,065	1,243	1,420
30	0,324	0,472	0,620	0,769	0,917	1,065	1,213
35	0,303	0,430	0,557	0,684	0,811	0,938	1,065
40	0,287	0,398	0,509	0,620	0,732	0,843	0,954
45	0,275	0,374	0,472	0,571	0,670	0,769	0,867
50	0,265	0,354	0,443	0,532	0,620	0,709	0,798

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_{υ}=0,8

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,176	2,176	3,176	4,176	5,176	6,176	7,176
10	0,676	1,176	1,676	2,176	2,676	3,176	3,676
15	0,509	0,843	1,176	1,509	1,843	2,176	2,509
20	0,426	0,676	0,926	1,176	1,426	1,676	1,926
25	0,376	0,576	0,776	0,976	1,176	1,376	1,576
30	0,343	0,509	0,676	0,843	1,009	1,176	1,343
35	0,319	0,462	0,605	0,747	0,890	1,033	1,176
40	0,301	0,426	0,551	0,676	0,801	0,926	1,051
45	0,287	0,398	0,509	0,620	0,732	0,843	0,954
50	0,276	0,376	0,476	0,576	0,676	0,776	0,876

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=0,7

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,319	2,462	3,605	4,747	5,890	7,033	8,176
10	0,747	1,319	1,890	2,462	3,033	3,605	4,176
15	0,557	0,938	1,319	1,700	2,081	2,462	2,843
20	0,462	0,747	1,033	1,319	1,605	1,890	2,176
25	0,405	0,633	0,862	1,090	1,319	1,547	1,776
30	0,366	0,557	0,747	0,938	1,128	1,319	1,509
35	0,339	0,503	0,666	0,829	0,992	1,156	1,319
40	0,319	0,462	0,605	0,747	0,890	1,033	1,176
45	0,303	0,430	0,557	0,684	0,811	0,938	1,065
50	0,290	0,405	0,519	0,633	0,747	0,862	0,976

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=0,6

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,509	2,843	4,176	5,509	6,843	8,176	9,509
10	0,843	1,509	2,176	2,843	3,509	4,176	4,843
15	0,620	1,065	1,509	1,954	2,398	2,843	3,287
20	0,509	0,843	1,176	1,509	1,843	2,176	2,509
25	0,443	0,709	0,976	1,243	1,509	1,776	2,043
30	0,398	0,620	0,843	1,065	1,287	1,509	1,732
35	0,366	0,557	0,747	0,938	1,128	1,319	1,509
40	0,343	0,509	0,676	0,843	1,009	1,176	1,343
45	0,324	0,472	0,620	0,769	0,917	1,065	1,213
50	0,309	0,443	0,576	0,709	0,843	0,976	1,109

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=0,5

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,776	3,376	4,976	6,576	8,176	9,776	11,376
10	0,976	1,776	2,576	3,376	4,176	4,976	5,776
15	0,709	1,243	1,776	2,309	2,843	3,376	3,909
20	0,576	0,976	1,376	1,776	2,176	2,576	2,976
25	0,496	0,816	1,136	1,456	1,776	2,096	2,416
30	0,443	0,709	0,976	1,243	1,509	1,776	2,043
35	0,405	0,633	0,862	1,090	1,319	1,547	1,776
40	0,376	0,576	0,776	0,976	1,176	1,376	1,576
45	0,354	0,532	0,709	0,887	1,065	1,243	1,420
50	0,336	0,496	0,656	0,816	0,976	1,136	1,296

Расчет времени одной ездки при загрузке грузового автомобиля КАМАЗ-5320 зерноуборочным комбайном ДОН-1500, в зависимости от дальности возки и коэффициента снижения скорости движения

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=1,0

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,169	1,969	2,769	3,569	4,369	5,169	5,969
10	0,769	1,169	1,569	1,969	2,369	2,769	3,169
15	0,636	0,902	1,169	1,436	1,702	1,969	2,236
20	0,569	0,769	0,969	1,169	1,369	1,569	1,769
25	0,529	0,689	0,849	1,009	1,169	1,329	1,489
30	0,502	0,636	0,769	0,902	1,036	1,169	1,302
35	0,483	0,598	0,712	0,826	0,940	1,055	1,169
40	0,469	0,569	0,669	0,769	0,869	0,969	1,069
45	0,458	0,547	0,636	0,725	0,813	0,902	0,991
50	0,449	0,529	0,609	0,689	0,769	0,849	0,929

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=0,9

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,258	2,147	3,036	3,925	4,813	5,702	6,591
10	0,813	1,258	1,702	2,147	2,591	3,036	3,480
15	0,665	0,962	1,258	1,554	1,850	2,147	2,443
20	0,591	0,813	1,036	1,258	1,480	1,702	1,925
25	0,547	0,725	0,902	1,080	1,258	1,436	1,613
30	0,517	0,665	0,813	0,962	1,110	1,258	1,406
35	0,496	0,623	0,750	0,877	1,004	1,131	1,258
40	0,480	0,591	0,702	0,813	0,925	1,036	1,147
45	0,468	0,567	0,665	0,764	0,863	0,962	1,060
50	0,458	0,547	0,636	0,725	0,813	0,902	0,991

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=0,8

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,369	2,369	3,369	4,369	5,369	6,369	7,369
10	0,869	1,369	1,869	2,369	2,869	3,369	3,869
15	0,702	1,036	1,369	1,702	2,036	2,369	2,702
20	0,619	0,869	1,119	1,369	1,619	1,869	2,119
25	0,569	0,769	0,969	1,169	1,369	1,569	1,769
30	0,536	0,702	0,869	1,036	1,202	1,369	1,536
35	0,512	0,655	0,798	0,940	1,083	1,226	1,369
40	0,494	0,619	0,744	0,869	0,994	1,119	1,244
45	0,480	0,591	0,702	0,813	0,925	1,036	1,147
50	0,469	0,569	0,669	0,769	0,869	0,969	1,069

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_{υ}=0,7

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,512	2,655	3,798	4,940	6,083	7,226	8,369
10	0,940	1,512	2,083	2,655	3,226	3,798	4,369
15	0,750	1,131	1,512	1,893	2,274	2,655	3,036
20	0,655	0,940	1,226	1,512	1,798	2,083	2,369
25	0,598	0,826	1,055	1,283	1,512	1,740	1,969
30	0,559	0,750	0,940	1,131	1,321	1,512	1,702
35	0,532	0,696	0,859	1,022	1,185	1,349	1,512
40	0,512	0,655	0,798	0,940	1,083	1,226	1,369
45	0,496	0,623	0,750	0,877	1,004	1,131	1,258
50	0,483	0,598	0,712	0,826	0,940	1,055	1,169

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_{υ}=0,6

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,702	3,036	4,369	5,702	7,036	8,369	9,702
10	1,036	1,702	2,369	3,036	3,702	4,369	5,036
15	0,813	1,258	1,702	2,147	2,591	3,036	3,480
20	0,702	1,036	1,369	1,702	2,036	2,369	2,702
25	0,636	0,902	1,169	1,436	1,702	1,969	2,236
30	0,591	0,813	1,036	1,258	1,480	1,702	1,925
35	0,559	0,750	0,940	1,131	1,321	1,512	1,702
40	0,536	0,702	0,869	1,036	1,202	1,369	1,536
45	0,517	0,665	0,813	0,962	1,110	1,258	1,406
50	0,502	0,636	0,769	0,902	1,036	1,169	1,302

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_{υ}=0,5

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,969	3,569	5,169	6,769	8,369	9,969	11,569
10	1,169	1,969	2,769	3,569	4,369	5,169	5,969
15	0,902	1,436	1,969	2,502	3,036	3,569	4,102
20	0,769	1,169	1,569	1,969	2,369	2,769	3,169
25	0,689	1,009	1,329	1,649	1,969	2,289	2,609
30	0,636	0,902	1,169	1,436	1,702	1,969	2,236
35	0,598	0,826	1,055	1,283	1,512	1,740	1,969
40	0,569	0,769	0,969	1,169	1,369	1,569	1,769
45	0,547	0,725	0,902	1,080	1,258	1,436	1,613
50	0,529	0,689	0,849	1,009	1,169	1,329	1,489

Расчет времени одной ездки при загрузке грузового автомобиля КАМАЗ-53212 зерноуборочным комбайном ДОН-1500, в зависимости от дальности возки и коэффициента снижения скорости движения

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=1,0

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,203	2,003	2,803	3,603	4,403	5,203	6,003
10	0,803	1,203	1,603	2,003	2,403	2,803	3,203
15	0,670	0,936	1,203	1,470	1,736	2,003	2,270
20	0,603	0,803	1,003	1,203	1,403	1,603	1,803
25	0,563	0,723	0,883	1,043	1,203	1,363	1,523
30	0,536	0,670	0,803	0,936	1,070	1,203	1,336
35	0,517	0,631	0,746	0,860	0,974	1,089	1,203
40	0,503	0,603	0,703	0,803	0,903	1,003	1,103
45	0,492	0,581	0,670	0,758	0,847	0,936	1,025
50	0,483	0,563	0,643	0,723	0,803	0,883	0,963

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=0,9

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,292	2,181	3,070	3,958	4,847	5,736	6,625
10	0,847	1,292	1,736	2,181	2,625	3,070	3,514
15	0,699	0,995	1,292	1,588	1,884	2,181	2,477
20	0,625	0,847	1,070	1,292	1,514	1,736	1,958
25	0,581	0,758	0,936	1,114	1,292	1,470	1,647
30	0,551	0,699	0,847	0,995	1,144	1,292	1,440
35	0,530	0,657	0,784	0,911	1,038	1,165	1,292
40	0,514	0,625	0,736	0,847	0,958	1,070	1,181
45	0,502	0,600	0,699	0,798	0,897	0,995	1,094
50	0,492	0,581	0,670	0,758	0,847	0,936	1,025

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=0,8

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,403	2,403	3,403	4,403	5,403	6,403	7,403
10	0,903	1,403	1,903	2,403	2,903	3,403	3,903
15	0,736	1,070	1,403	1,736	2,070	2,403	2,736
20	0,653	0,903	1,153	1,403	1,653	1,903	2,153
25	0,603	0,803	1,003	1,203	1,403	1,603	1,803
30	0,570	0,736	0,903	1,070	1,236	1,403	1,570
35	0,546	0,689	0,831	0,974	1,117	1,260	1,403
40	0,528	0,653	0,778	0,903	1,028	1,153	1,278
45	0,514	0,625	0,736	0,847	0,958	1,070	1,181
50	0,503	0,603	0,703	0,803	0,903	1,003	1,103

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=0,7

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,546	2,689	3,831	4,974	6,117	7,260	8,403
10	0,974	1,546	2,117	2,689	3,260	3,831	4,403
15	0,784	1,165	1,546	1,927	2,308	2,689	3,070
20	0,689	0,974	1,260	1,546	1,831	2,117	2,403
25	0,631	0,860	1,089	1,317	1,546	1,774	2,003
30	0,593	0,784	0,974	1,165	1,355	1,546	1,736
35	0,566	0,729	0,893	1,056	1,219	1,382	1,546
40	0,546	0,689	0,831	0,974	1,117	1,260	1,403
45	0,530	0,657	0,784	0,911	1,038	1,165	1,292
50	0,517	0,631	0,746	0,860	0,974	1,089	1,203

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=0,6

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,736	3,070	4,403	5,736	7,070	8,403	9,736
10	1,070	1,736	2,403	3,070	3,736	4,403	5,070
15	0,847	1,292	1,736	2,181	2,625	3,070	3,514
20	0,736	1,070	1,403	1,736	2,070	2,403	2,736
25	0,670	0,936	1,203	1,470	1,736	2,003	2,270
30	0,625	0,847	1,070	1,292	1,514	1,736	1,958
35	0,593	0,784	0,974	1,165	1,355	1,546	1,736
40	0,570	0,736	0,903	1,070	1,236	1,403	1,570
45	0,551	0,699	0,847	0,995	1,144	1,292	1,440
50	0,536	0,670	0,803	0,936	1,070	1,203	1,336

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=0,5

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	2,003	3,603	5,203	6,803	8,403	10,003	11,603
10	1,203	2,003	2,803	3,603	4,403	5,203	6,003
15	0,936	1,470	2,003	2,536	3,070	3,603	4,136
20	0,803	1,203	1,603	2,003	2,403	2,803	3,203
25	0,723	1,043	1,363	1,683	2,003	2,323	2,643
30	0,670	0,936	1,203	1,470	1,736	2,003	2,270
35	0,631	0,860	1,089	1,317	1,546	1,774	2,003
40	0,603	0,803	1,003	1,203	1,403	1,603	1,803
45	0,581	0,758	0,936	1,114	1,292	1,470	1,647
50	0,563	0,723	0,883	1,043	1,203	1,363	1,523

Приложение Е

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ОДНОЙ ЕЗДКИ АВТОПОЕЗДА

Расчет времени одной ездки при загрузке автопоезда КАМАЗ-5320+прицеп 8560-82-02 зерноуборочным комбайном ДОН-1500, в зависимости от дальности возки и коэффициента снижения скорости движения

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_{υ}=1,0

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=804км
15	3,267	4,600	5,933	7,267	8,600	9,933	11,267
20	2,600	3,600	4,600	5,600	6,600	7,600	8,600
25	2,200	3,000	3,800	4,600	5,400	6,200	7,000
30	1,933	2,600	3,267	3,933	4,600	5,267	5,933
35	1,743	2,314	2,886	3,457	4,029	4,600	5,171
40	1,600	2,100	2,600	3,100	3,600	4,100	4,600
45	1,489	1,933	2,378	2,822	3,267	3,711	4,156
50	1,400	1,800	2,200	2,600	3,000	3,400	3,800
55	1,327	1,691	2,055	2,418	2,782	3,145	3,509
60	1,267	1,600	1,933	2,267	2,600	2,933	3,267

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_{υ}=0,95

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=804км
15	3,133	4,400	5,667	6,933	8,200	9,467	10,733
20	2,500	3,450	4,400	5,350	6,300	7,250	8,200
25	2,120	2,880	3,640	4,400	5,160	5,920	6,680
30	1,867	2,500	3,133	3,767	4,400	5,033	5,667
35	1,686	2,229	2,771	3,314	3,857	4,400	4,943
40	1,550	2,025	2,500	2,975	3,450	3,925	4,400
45	1,444	1,867	2,289	2,711	3,133	3,556	3,978
50	1,360	1,740	2,120	2,500	2,880	3,260	3,640
55	1,291	1,636	1,982	2,327	2,673	3,018	3,364
60	1,233	1,550	1,867	2,183	2,500	2,817	3,133

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_{υ}=0,9

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=804км
15	3,000	4,200	5,400	6,600	7,800	9,000	10,200
20	2,400	3,300	4,200	5,100	6,000	6,900	7,800
25	2,040	2,760	3,480	4,200	4,920	5,640	6,360
30	1,800	2,400	3,000	3,600	4,200	4,800	5,400
35	1,629	2,143	2,657	3,171	3,686	4,200	4,714
40	1,500	1,950	2,400	2,850	3,300	3,750	4,200
45	1,400	1,800	2,200	2,600	3,000	3,400	3,800
50	1,320	1,680	2,040	2,400	2,760	3,120	3,480
55	1,255	1,582	1,909	2,236	2,564	2,891	3,218
60	1,200	1,500	1,800	2,100	2,400	2,700	3,000

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости $К_υ$=0,85

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=804км
15	2,867	4,000	5,133	6,267	7,400	8,533	9,667
20	2,300	3,150	4,000	4,850	5,700	6,550	7,400
25	1,960	2,640	3,320	4,000	4,680	5,360	6,040
30	1,733	2,300	2,867	3,433	4,000	4,567	5,133
35	1,571	2,057	2,543	3,029	3,514	4,000	4,486
40	1,450	1,875	2,300	2,725	3,150	3,575	4,000
45	1,356	1,733	2,111	2,489	2,867	3,244	3,622
50	1,280	1,620	1,960	2,300	2,640	2,980	3,320
55	1,218	1,527	1,836	2,145	2,455	2,764	3,073
60	1,167	1,450	1,733	2,017	2,300	2,583	2,867

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости $К_υ$=0,8

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=804км
15	2,733	3,800	4,867	5,933	7,000	8,067	9,133
20	2,200	3,000	3,800	4,600	5,400	6,200	7,000
25	1,880	2,520	3,160	3,800	4,440	5,080	5,720
30	1,667	2,200	2,733	3,267	3,800	4,333	4,867
35	1,514	1,971	2,429	2,886	3,343	3,800	4,257
40	1,400	1,800	2,200	2,600	3,000	3,400	3,800
45	1,311	1,667	2,022	2,378	2,733	3,089	3,444
50	1,240	1,560	1,880	2,200	2,520	2,840	3,160
55	1,182	1,473	1,764	2,055	2,345	2,636	2,927
60	1,133	1,400	1,667	1,933	2,200	2,467	2,733

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости $К_υ$=0,7

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=804км
15	2,467	3,400	4,333	5,267	6,200	7,133	8,067
20	2,000	2,700	3,400	4,100	4,800	5,500	6,200
25	1,720	2,280	2,840	3,400	3,960	4,520	5,080
30	1,533	2,000	2,467	2,933	3,400	3,867	4,333
35	1,400	1,800	2,200	2,600	3,000	3,400	3,800
40	1,300	1,650	2,000	2,350	2,700	3,050	3,400
45	1,222	1,533	1,844	2,156	2,467	2,778	3,089
50	1,160	1,440	1,720	2,000	2,280	2,560	2,840
55	1,109	1,364	1,618	1,873	2,127	2,382	2,636
60	1,067	1,300	1,533	1,767	2,000	2,233	2,467

Расчет времени одной ездки при загрузке автопоезда КАМАЗ-53212+прицеп 8560-82-02 зерноуборочным комбайном ДОН-1500, в зависимости от дальности возки и коэффициента снижения скорости движения

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=1,0

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=804км
15	3,285	4,618	5,951	7,285	8,618	9,951	11,285
20	2,618	3,618	4,618	5,618	6,618	7,618	8,618
25	2,218	3,018	3,818	4,618	5,418	6,218	7,018
30	1,951	2,618	3,285	3,951	4,618	5,285	5,951
35	1,761	2,332	2,904	3,475	4,047	4,618	5,189
40	1,618	2,118	2,618	3,118	3,618	4,118	4,618
45	1,507	1,951	2,396	2,840	3,285	3,729	4,174
50	1,418	1,818	2,218	2,618	3,018	3,418	3,818
55	1,345	1,709	2,073	2,436	2,800	3,163	3,527
60	1,285	1,618	1,951	2,285	2,618	2,951	3,285

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=0,95

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=804км
15	3,151	4,418	5,685	6,951	8,218	9,485	10,751
20	2,518	3,468	4,418	5,368	6,318	7,268	8,218
25	2,138	2,898	3,658	4,418	5,178	5,938	6,698
30	1,885	2,518	3,151	3,785	4,418	5,051	5,685
35	1,704	2,247	2,789	3,332	3,875	4,418	4,961
40	1,568	2,043	2,518	2,993	3,468	3,943	4,418
45	1,462	1,885	2,307	2,729	3,151	3,574	3,996
50	1,378	1,758	2,138	2,518	2,898	3,278	3,658
55	1,309	1,654	2,000	2,345	2,691	3,036	3,382
60	1,251	1,568	1,885	2,201	2,518	2,835	3,151

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=0,9

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=804км
15	3,018	4,218	5,418	6,618	7,818	9,018	10,218
20	2,418	3,318	4,218	5,118	6,018	6,918	7,818
25	2,058	2,778	3,498	4,218	4,938	5,658	6,378
30	1,818	2,418	3,018	3,618	4,218	4,818	5,418
35	1,647	2,161	2,675	3,189	3,704	4,218	4,732
40	1,518	1,968	2,418	2,868	3,318	3,768	4,218
45	1,418	1,818	2,218	2,618	3,018	3,418	3,818
50	1,338	1,698	2,058	2,418	2,778	3,138	3,498
55	1,273	1,600	1,927	2,254	2,582	2,909	3,236
60	1,218	1,518	1,818	2,118	2,418	2,718	3,018

Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=0,85

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=804км
15	2,885	4,018	5,151	6,285	7,418	8,551	9,685
20	2,318	3,168	4,018	4,868	5,718	6,568	7,418
25	1,978	2,658	3,338	4,018	4,698	5,378	6,058
30	1,751	2,318	2,885	3,451	4,018	4,585	5,151
35	1,589	2,075	2,561	3,047	3,532	4,018	4,504
40	1,468	1,893	2,318	2,743	3,168	3,593	4,018
45	1,374	1,751	2,129	2,507	2,885	3,262	3,640
50	1,298	1,638	1,978	2,318	2,658	2,998	3,338
55	1,236	1,545	1,854	2,163	2,473	2,782	3,091
60	1,185	1,468	1,751	2,035	2,318	2,601	2,885

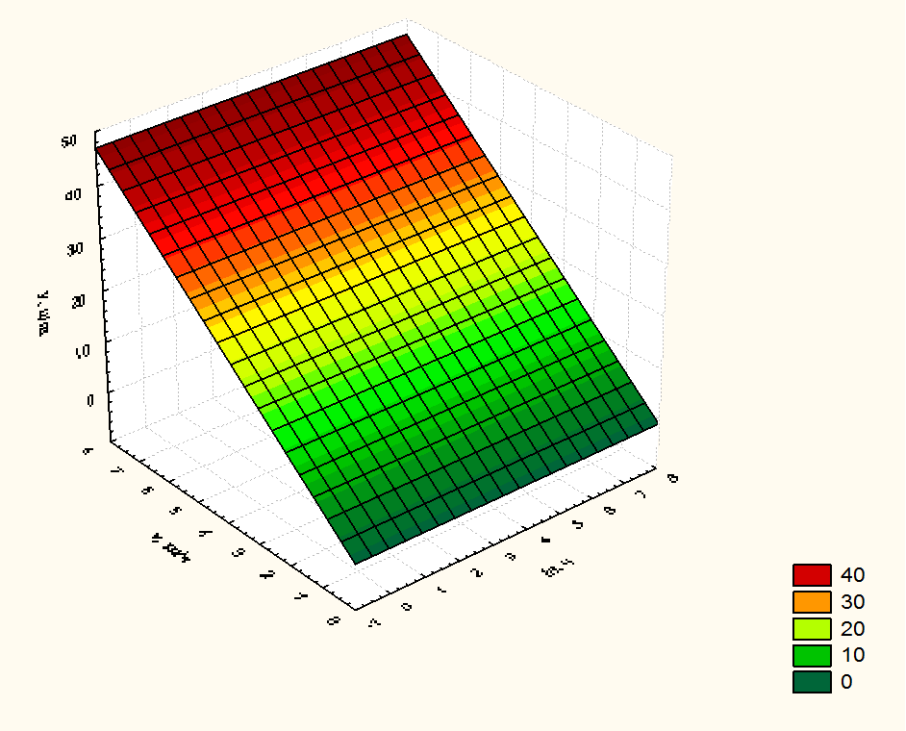
Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=0,8

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=804км
15	2,751	3,818	4,885	5,951	7,018	8,085	9,151
20	2,218	3,018	3,818	4,618	5,418	6,218	7,018
25	1,898	2,538	3,178	3,818	4,458	5,098	5,738
30	1,685	2,218	2,751	3,285	3,818	4,351	4,885
35	1,532	1,989	2,447	2,904	3,361	3,818	4,275
40	1,418	1,818	2,218	2,618	3,018	3,418	3,818
45	1,329	1,685	2,040	2,396	2,751	3,107	3,462
50	1,258	1,578	1,898	2,218	2,538	2,858	3,178
55	1,200	1,491	1,782	2,073	2,363	2,654	2,945
60	1,151	1,418	1,685	1,951	2,218	2,485	2,751

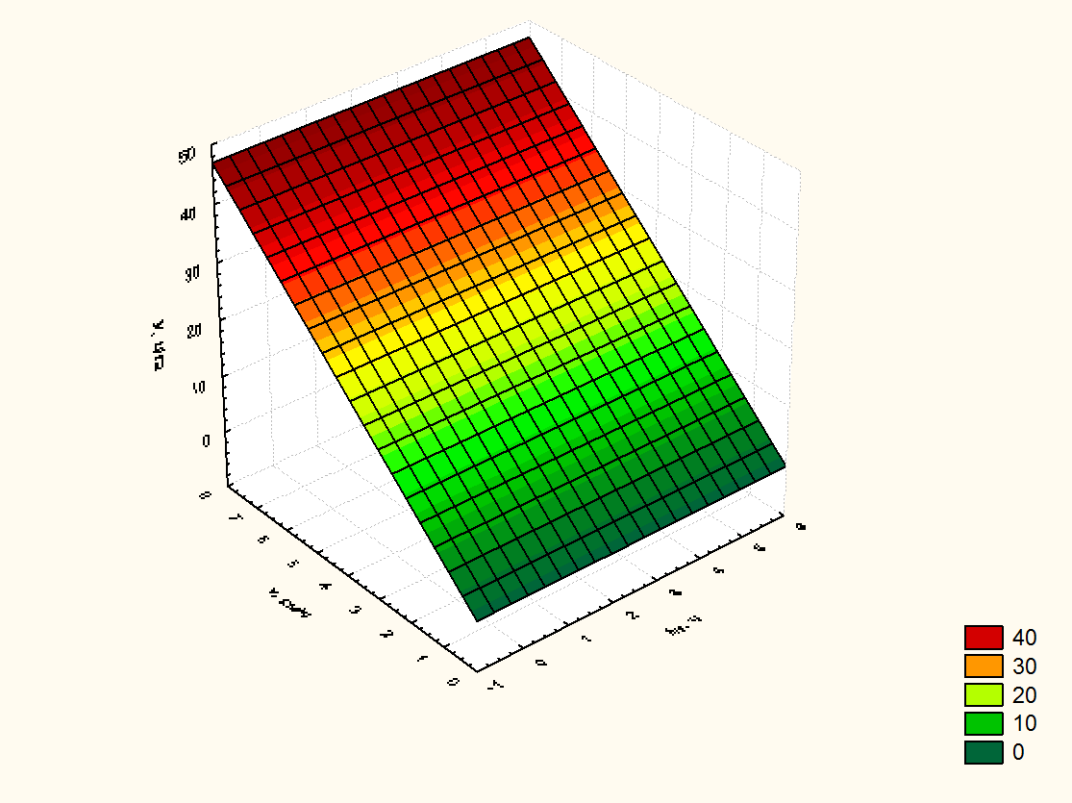
Время одной ездки с учетом коэффициента снижения скорости K_υ=0,7

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=804км
15	2,485	3,418	4,351	5,285	6,218	7,151	8,085
20	2,018	2,718	3,418	4,118	4,818	5,518	6,218
25	1,738	2,298	2,858	3,418	3,978	4,538	5,098
30	1,551	2,018	2,485	2,951	3,418	3,885	4,351
35	1,418	1,818	2,218	2,618	3,018	3,418	3,818
40	1,318	1,668	2,018	2,368	2,718	3,068	3,418
45	1,240	1,551	1,862	2,174	2,485	2,796	3,107
50	1,178	1,458	1,738	2,018	2,298	2,578	2,858
55	1,127	1,382	1,636	1,891	2,145	2,400	2,654
60	1,085	1,318	1,551	1,785	2,018	2,251	2,485

Приложение Ж



Время загрузки бункера комбайна ДОН-1500 в зависимости от скорости движения и урожая зерновых культур



Время загрузки бункера комбайна СК-5 Нива в зависимости от скорости движения и урожая зерновых культур

Приложение 3

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Расчет производительности грузового автомобиля ГАЗ-53 $П_а$, т/ч, в зависимости от дальности возки, скорости передвижения, коэффициента снижения скорости движения и коэффициента наполнения кузова

Коэффициент снижения скорости K_v=1,0
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=1,0

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	3,156	1,734	1,196	0,912	0,738	0,619	0,533
10	5,347	3,156	2,238	1,734	1,415	1,196	1,035
15	6,958	4,342	3,156	2,479	2,041	1,734	1,508
20	8,191	5,347	3,969	3,156	2,619	2,238	1,954
25	9,167	6,210	4,695	3,775	3,156	2,711	2,377
30	9,957	6,958	5,347	4,342	3,655	3,156	2,776
35	10,610	7,613	5,936	4,865	4,121	3,574	3,156
40	11,159	8,191	6,471	5,347	4,556	3,969	3,516
45	11,628	8,706	6,958	5,794	4,964	4,342	3,859
50	12,031	9,167	7,404	6,210	5,347	4,695	4,185

Коэффициент снижения скорости K_v=0,95
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,9

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	2,723	1,490	1,026	0,782	0,632	0,530	0,457
10	4,643	2,723	1,926	1,490	1,215	1,026	0,888
15	6,070	3,759	2,723	2,134	1,755	1,490	1,295
20	7,172	4,643	3,432	2,723	2,256	1,926	1,680
25	8,048	5,405	4,069	3,262	2,723	2,336	2,046
30	8,762	6,070	4,643	3,759	3,158	2,723	2,393
35	9,355	6,654	5,163	4,218	3,565	3,088	2,723
40	9,856	7,172	5,637	4,643	3,947	3,432	3,037
45	10,283	7,634	6,070	5,038	4,305	3,759	3,336
50	10,653	8,048	6,467	5,405	4,643	4,069	3,621

Коэффициент снижения скорости K_v=0,9
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,8

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	2,314	1,261	0,867	0,660	0,533	0,447	0,385
10	3,971	2,314	1,633	1,261	1,027	0,867	0,750
15	5,217	3,206	2,314	1,810	1,487	1,261	1,095
20	6,188	3,971	2,924	2,314	1,914	1,633	1,423
25	6,965	4,635	3,474	2,778	2,314	1,983	1,735
30	7,601	5,217	3,971	3,206	2,688	2,314	2,031
35	8,132	5,731	4,424	3,603	3,039	2,627	2,314
40	8,582	6,188	4,838	3,971	3,368	2,924	2,583
45	8,968	6,597	5,217	4,315	3,679	3,206	2,841
50	9,302	6,965	5,566	4,635	3,971	3,474	3,087

Коэффициент снижения скорости K_v=0,8
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,7

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	1,833	0,991	0,679	0,516	0,417	0,349	0,300
10	3,189	1,833	1,286	0,991	0,806	0,679	0,587
15	4,233	2,559	1,833	1,428	1,170	0,991	0,859
20	5,061	3,189	2,328	1,833	1,512	1,286	1,119
25	5,734	3,743	2,778	2,209	1,833	1,567	1,368
30	6,292	4,233	3,189	2,559	2,136	1,833	1,606
35	6,762	4,670	3,566	2,885	2,422	2,087	1,833
40	7,163	5,061	3,913	3,189	2,692	2,328	2,051
45	7,509	5,414	4,233	3,475	2,947	2,559	2,260
50	7,812	5,734	4,529	3,743	3,189	2,778	2,461

Расчет производительности грузового автомобиля КАМАЗ-5320 $П_а$, т/ч, в зависимости от дальности возки, скорости передвижения, коэффициента снижения скорости движения и коэффициента наполнения кузова

Коэффициент снижения скорости K_v=1,0
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=1,0

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	6,980	4,144	2,947	2,286	1,868	1,579	1,367
10	10,611	6,980	5,201	4,144	3,444	2,947	2,575
15	12,837	9,043	6,980	5,684	4,793	4,144	3,650
20	14,341	10,611	8,421	6,980	5,961	5,201	4,613
25	15,425	11,843	9,611	8,087	6,980	6,140	5,480
30	16,244	12,837	10,611	9,043	7,879	6,980	6,266
35	16,884	13,655	11,463	9,877	8,677	7,737	6,980
40	17,399	14,341	12,197	10,611	9,390	8,421	7,633
45	17,821	14,924	12,837	11,262	10,031	9,043	8,232
50	18,174	15,425	13,399	11,843	10,611	9,611	8,784

Коэффициент снижения скорости K_v=0,95
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,9

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	6,064	3,577	2,537	1,965	1,604	1,355	1,172
10	9,296	6,064	4,500	3,577	2,968	2,537	2,214
15	11,304	7,893	6,064	4,923	4,143	3,577	3,147
20	12,672	9,296	7,340	6,064	5,166	4,500	3,985
25	13,665	10,405	8,400	7,043	6,064	5,324	4,744
30	14,418	11,304	9,296	7,893	6,859	6,064	5,434
35	15,009	12,047	10,062	8,638	7,567	6,733	6,064
40	15,485	12,672	10,724	9,296	8,203	7,340	6,641
45	15,877	13,205	11,304	9,881	8,776	7,893	7,172
50	16,204	13,665	11,814	10,405	9,296	8,400	7,662

Коэффициент снижения скорости K_v=0,9
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,8

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	5,190	3,041	2,150	1,663	1,356	1,145	0,990
10	8,025	5,190	3,835	3,041	2,519	2,150	1,876
15	9,812	6,789	5,190	4,200	3,528	3,041	2,672
20	11,042	8,025	6,303	5,190	4,410	3,835	3,392
25	11,939	9,010	7,235	6,044	5,190	4,547	4,046
30	12,623	9,812	8,025	6,789	5,882	5,190	4,643
35	13,162	10,479	8,705	7,444	6,503	5,772	5,190
40	13,597	11,042	9,295	8,025	7,061	6,303	5,692
45	13,956	11,523	9,812	8,544	7,566	6,789	6,156
50	14,257	11,939	10,270	9,010	8,025	7,235	6,586

Коэффициент снижения скорости K_v=0,8
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,7

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	4,172	2,411	1,695	1,307	1,064	0,897	0,775
10	6,573	4,172	3,056	2,411	1,991	1,695	1,476
15	8,133	5,515	4,172	3,355	2,806	2,411	2,114
20	9,228	6,573	5,105	4,172	3,528	3,056	2,696
25	10,039	7,428	5,895	4,886	4,172	3,641	3,229
30	10,663	8,133	6,573	5,515	4,751	4,172	3,720
35	11,159	8,724	7,162	6,074	5,273	4,659	4,172
40	11,563	9,228	7,677	6,573	5,746	5,105	4,592
45	11,897	9,661	8,133	7,022	6,178	5,515	4,981
50	12,179	10,039	8,538	7,428	6,573	5,895	5,343

Расчет производительности грузового автомобиля КАМАЗ-53212 $П_а$, т/ч, в зависимости от дальности возки, скорости передвижения, коэффициента снижения скорости движения и коэффициента наполнения кузова

Коэффициент снижения скорости K_v=1,0
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=1,0

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	7,183	4,314	3,083	2,398	1,962	1,661	1,439
10	10,761	7,183	5,390	4,314	3,596	3,083	2,698
15	12,904	9,228	7,183	5,879	4,976	4,314	3,807
20	14,331	10,761	8,615	7,183	6,159	5,390	4,792
25	15,349	11,952	9,786	8,285	7,183	6,339	5,673
30	16,112	12,904	10,761	9,228	8,078	7,183	6,466
35	16,706	13,682	11,586	10,046	8,868	7,937	7,183
40	17,180	14,331	12,292	10,761	9,569	8,615	7,834
45	17,569	14,879	12,904	11,392	10,197	9,228	8,428
50	17,892	15,349	13,439	11,952	10,761	9,786	8,973

Коэффициент снижения скорости K_v=0,95
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,9

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	6,246	3,726	2,655	2,062	1,686	1,425	1,235
10	9,437	6,246	4,667	3,726	3,100	2,655	2,321
15	11,375	8,064	6,246	5,097	4,305	3,726	3,284
20	12,676	9,437	7,517	6,246	5,342	4,667	4,144
25	13,611	10,512	8,562	7,223	6,246	5,502	4,916
30	14,314	11,375	9,437	8,064	7,039	6,246	5,613
35	14,862	12,084	10,181	8,795	7,742	6,914	6,246
40	15,302	12,676	10,820	9,437	8,368	7,517	6,823
45	15,663	13,179	11,375	10,006	8,930	8,064	7,351
50	15,964	13,611	11,862	10,512	9,437	8,562	7,836

Коэффициент снижения скорости K_v=0,9
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,8

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	5,351	3,170	2,252	1,746	1,426	1,205	1,043
10	8,157	5,351	3,981	3,170	2,633	2,252	1,967
15	9,886	6,943	5,351	4,352	3,668	3,170	2,791
20	11,057	8,157	6,462	5,351	4,565	3,981	3,529
25	11,903	9,113	7,383	6,205	5,351	4,703	4,196
30	12,543	9,886	8,157	6,943	6,044	5,351	4,800
35	13,044	10,523	8,818	7,589	6,660	5,934	5,351
40	13,447	11,057	9,388	8,157	7,212	6,462	5,854
45	13,778	11,512	9,886	8,662	7,708	6,943	6,317
50	14,055	11,903	10,323	9,113	8,157	7,383	6,743

Коэффициент снижения скорости K_v=0,8
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,7

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=2км	L=4км	L=6км	L=8км	L=10км	L=12км	L=14км
5	4,311	2,517	1,777	1,374	1,119	0,945	0,817
10	6,698	4,311	3,178	2,517	2,083	1,777	1,550
15	8,215	5,655	4,311	3,483	2,922	2,517	2,210
20	9,263	6,698	5,246	4,311	3,659	3,178	2,809
25	10,032	7,533	6,031	5,028	4,311	3,773	3,355
30	10,619	8,215	6,698	5,655	4,892	4,311	3,853
35	11,082	8,783	7,274	6,207	5,414	4,800	4,311
40	11,457	9,263	7,775	6,698	5,884	5,246	4,733
45	11,766	9,675	8,215	7,138	6,310	5,655	5,122
50	12,026	10,032	8,604	7,533	6,698	6,031	5,484

Приложение И

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОПОЕЗДОВ

Расчет производительности автопоезда КАМАЗ-5320+прицеп 8560-82-02 $П_а$, т/ч, в зависимости от дальности возки, скорости передвижения, коэффициента снижения скорости движения и коэффициента наполнения кузова

Коэффициент снижения скорости K_v=1,0

Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=1,0

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=80км
15	5,652	4,014	3,112	2,541	2,147	1,859	1,639
20	7,102	5,129	4,014	3,297	2,798	2,429	2,147
25	8,393	6,155	4,859	4,014	3,419	2,978	2,638
30	9,550	7,102	5,652	4,694	4,014	3,506	3,112
35	10,594	7,978	6,398	5,341	4,583	4,014	3,570
40	11,540	8,792	7,102	5,956	5,129	4,503	4,014
45	12,401	9,550	7,765	6,542	5,652	4,975	4,443
50	13,189	10,258	8,393	7,102	6,155	5,431	4,859
55	13,911	10,920	8,987	7,635	6,637	5,870	5,262
60	14,577	11,540	9,550	8,146	7,102	6,295	5,652

Коэффициент снижения скорости K_v=0,95

Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,95

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=80км
15	5,598	3,987	3,095	2,530	2,139	1,853	1,634
20	7,016	5,084	3,987	3,279	2,784	2,419	2,139
25	8,274	6,091	4,819	3,987	3,399	2,963	2,626
30	9,397	7,016	5,598	4,657	3,987	3,485	3,095
35	10,406	7,871	6,329	5,292	4,548	3,987	3,549
40	11,317	8,662	7,016	5,896	5,084	4,469	3,987
45	12,144	9,397	7,663	6,470	5,598	4,933	4,410
50	12,898	10,081	8,274	7,016	6,091	5,381	4,819
55	13,588	10,719	8,851	7,537	6,563	5,812	5,215
60	14,222	11,317	9,397	8,034	7,016	6,228	5,598

Коэффициент снижения скорости K_v=0,9

Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,9

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=80км
15	5,539	3,957	3,077	2,518	2,130	1,846	1,629
20	6,924	5,036	3,957	3,258	2,770	2,408	2,130
25	8,146	6,021	4,775	3,957	3,378	2,946	2,613
30	9,232	6,924	5,539	4,616	3,957	3,462	3,077
35	10,204	7,755	6,254	5,240	4,509	3,957	3,525
40	11,078	8,522	6,924	5,831	5,036	4,431	3,957
45	11,870	9,232	7,553	6,391	5,539	4,888	4,373
50	12,589	9,891	8,146	6,924	6,021	5,326	4,775
55	13,246	10,505	8,704	7,431	6,482	5,748	5,164
60	13,848	11,078	9,232	7,913	6,924	6,155	5,539

Коэффициент снижения скорости K_v=0,85
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,85

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=80км
15	5,475	3,924	3,057	2,504	2,121	1,839	1,624
20	6,824	4,982	3,924	3,236	2,753	2,396	2,121
25	8,007	5,945	4,727	3,924	3,354	2,928	2,598
30	9,054	6,824	5,475	4,571	3,924	3,437	3,057
35	9,987	7,629	6,172	5,182	4,466	3,924	3,499
40	10,824	8,370	6,824	5,759	4,982	4,390	3,924
45	11,578	9,054	7,434	6,306	5,475	4,837	4,333
50	12,261	9,688	8,007	6,824	5,945	5,267	4,727
55	12,883	10,276	8,546	7,315	6,394	5,679	5,108
60	13,452	10,824	9,054	7,782	6,824	6,075	5,475

Коэффициент снижения скорости K_v=0,8
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,8

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=80км
15	5,404	3,887	3,035	2,490	2,110	1,831	1,617
20	6,714	4,924	3,887	3,211	2,735	2,382	2,110
25	7,857	5,862	4,674	3,887	3,327	2,908	2,582
30	8,863	6,714	5,404	4,522	3,887	3,409	3,035
35	9,755	7,493	6,082	5,119	4,419	3,887	3,470
40	10,551	8,206	6,714	5,681	4,924	4,344	3,887
45	11,266	8,863	7,304	6,212	5,404	4,782	4,288
50	11,912	9,469	7,857	6,714	5,862	5,201	4,674
55	12,499	10,030	8,375	7,190	6,298	5,603	5,046
60	13,033	10,551	8,863	7,640	6,714	5,988	5,404

Коэффициент снижения скорости K_v=0,7
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,75

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=80км
15	5,614	4,073	3,196	2,629	2,234	1,941	1,717
20	6,924	5,129	4,073	3,378	2,885	2,518	2,234
25	8,051	6,074	4,876	4,073	3,497	3,064	2,726
30	9,031	6,924	5,614	4,721	4,073	3,581	3,196
35	9,891	7,693	6,295	5,326	4,616	4,073	3,644
40	10,652	8,393	6,924	5,893	5,129	4,540	4,073
45	11,330	9,031	7,508	6,424	5,614	4,985	4,483
50	11,938	9,617	8,051	6,924	6,074	5,409	4,876
55	12,486	10,155	8,558	7,395	6,510	5,814	5,253
60	12,983	10,652	9,031	7,838	6,924	6,201	5,614

Расчет производительности автопоезда КАМАЗ-53212+прицеп 8560-82-02 $П_а$, т/ч, в зависимости от дальности возки, скорости передвижения, коэффициента снижения скорости движения и коэффициента наполнения кузова

Коэффициент снижения скорости K_v=1,0
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=1,0

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=80км
15	6,279	4,459	3,457	2,823	2,385	2,065	1,821
20	7,889	5,698	4,459	3,663	3,108	2,699	2,385
25	9,324	6,837	5,398	4,459	3,799	3,308	2,930
30	10,610	7,889	6,279	5,215	4,459	3,895	3,457
35	11,769	8,863	7,108	5,933	5,092	4,459	3,966
40	12,820	9,768	7,889	6,617	5,698	5,003	4,459
45	13,777	10,610	8,627	7,268	6,279	5,527	4,936
50	14,651	11,396	9,324	7,889	6,837	6,033	5,398
55	15,454	12,131	9,984	8,482	7,374	6,521	5,845
60	16,194	12,820	10,610	9,049	7,889	6,993	6,279

Коэффициент снижения скорости K_v=0,95
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,95

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=80км
15	6,219	4,429	3,439	2,811	2,376	2,058	1,816
20	7,795	5,648	4,429	3,642	3,093	2,688	2,376
25	9,192	6,766	5,353	4,429	3,776	3,292	2,917
30	10,439	7,795	6,219	5,173	4,429	3,871	3,439
35	11,560	8,744	7,031	5,880	5,052	4,429	3,942
40	12,572	9,623	7,795	6,550	5,648	4,965	4,429
45	13,491	10,439	8,513	7,188	6,219	5,481	4,899
50	14,328	11,199	9,192	7,795	6,766	5,977	5,353
55	15,095	11,908	9,833	8,373	7,291	6,456	5,793
60	15,800	12,572	10,439	8,925	7,795	6,918	6,219

Коэффициент снижения скорости K_v=0,9
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,9

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=80км
15	6,154	4,395	3,419	2,797	2,367	2,051	1,810
20	7,692	5,594	4,395	3,620	3,077	2,675	2,367
25	9,049	6,689	5,305	4,395	3,752	3,273	2,903
30	10,256	7,692	6,154	5,128	4,395	3,846	3,419
35	11,336	8,615	6,948	5,821	5,009	4,395	3,916
40	12,307	9,467	7,692	6,477	5,594	4,923	4,395
45	13,186	10,256	8,391	7,100	6,154	5,430	4,858
50	13,985	10,989	9,049	7,692	6,689	5,917	5,305
55	14,715	11,671	9,670	8,255	7,201	6,386	5,736
60	15,384	12,307	10,256	8,791	7,692	6,837	6,154

Коэффициент снижения скорости K_v=0,85
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,85

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=80км
15	6,082	4,359	3,396	2,782	2,356	2,043	1,804
20	7,581	5,535	4,359	3,595	3,059	2,662	2,356
25	8,896	6,604	5,252	4,359	3,725	3,253	2,887
30	10,059	7,581	6,082	5,078	4,359	3,818	3,396
35	11,095	8,475	6,857	5,757	4,961	4,359	3,887
40	12,024	9,299	7,581	6,398	5,535	4,877	4,359
45	12,862	10,059	8,259	7,005	6,082	5,374	4,813
50	13,621	10,762	8,896	7,581	6,604	5,851	5,252
55	14,312	11,416	9,494	8,127	7,103	6,309	5,674
60	14,944	12,024	10,059	8,646	7,581	6,749	6,082

Коэффициент снижения скорости K_v=0,8
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,8

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=80км
15	6,004	4,318	3,372	2,766	2,344	2,034	1,797
20	7,459	5,470	4,318	3,567	3,039	2,647	2,344
25	8,729	6,512	5,193	4,318	3,696	3,230	2,869
30	9,846	7,459	6,004	5,023	4,318	3,787	3,372
35	10,837	8,324	6,757	5,686	4,909	4,318	3,855
40	11,721	9,116	7,459	6,311	5,470	4,826	4,318
45	12,516	9,846	8,115	6,901	6,004	5,312	4,764
50	13,234	10,519	8,729	7,459	6,512	5,778	5,193
55	13,885	11,142	9,304	7,987	6,996	6,224	5,606
60	14,479	11,721	9,846	8,488	7,459	6,653	6,004

Коэффициент снижения скорости K_v=0,7
Коэффициент наполнения кузова автомобиля $K_н$=0,75

Скорость, км/ч	Длина возки груза, км						
	L=20км	L=30км	L=40км	L=50км	L=60км	L=70км	L=80км
15	6,237	4,525	3,551	2,921	2,481	2,157	1,907
20	7,692	5,698	4,526	3,752	3,205	2,797	2,481
25	8,944	6,747	5,419	4,525	3,885	3,404	3,028
30	10,033	7,692	6,239	5,245	4,525	3,979	3,550
35	10,989	8,547	6,995	5,917	5,128	4,525	4,048
40	11,834	9,324	7,694	6,546	5,698	5,044	4,525
45	12,587	10,033	8,343	7,137	6,237	5,538	4,980
50	13,262	10,683	8,947	7,692	6,747	6,009	5,417
55	13,871	11,282	9,510	8,215	7,232	6,459	5,835
60	14,423	11,834	10,036	8,708	7,692	6,888	6,237

Приложение К

Расчет кольцевой пружины

Расчет кольцевых пружин ведется по величине нормальных напряжений σ в сечении колец [8]. Полагая, что кольцевые пружины могут быть отнесены к тонкостенным цилиндрическим оболочкам, тогда

$$\sigma = \frac{F_{рад} R_o}{\delta}, \qquad (1)$$

где $F_{рад}$ – радиальное удельное давление на стенку кольца, Н;

R_o – средний радиус кольца, м;

δ - толщина стенки кольца, м.

Из условия равновесия кольцевой пружины, рис. 1, можно записать систему уравнений действующих сил на наружное и внутреннее кольца, тогда

$$\left.\begin{aligned} F_{кр} - N\sin\alpha - F_{тр}\cos\alpha = 0; \\ R - N\cos\alpha + F_{тр}\sin\alpha = 0. \end{aligned}\right\}, \qquad (2)$$

где N –сила нормального давления на конусную поверхность кольца, Н;

$F_{тр}$ – сила трения между конусными поверхностями, Н;

R – сила упругости материала из которого изготовлены кольца, Н;

α - угол наклона конусных поверхностей колец, град.

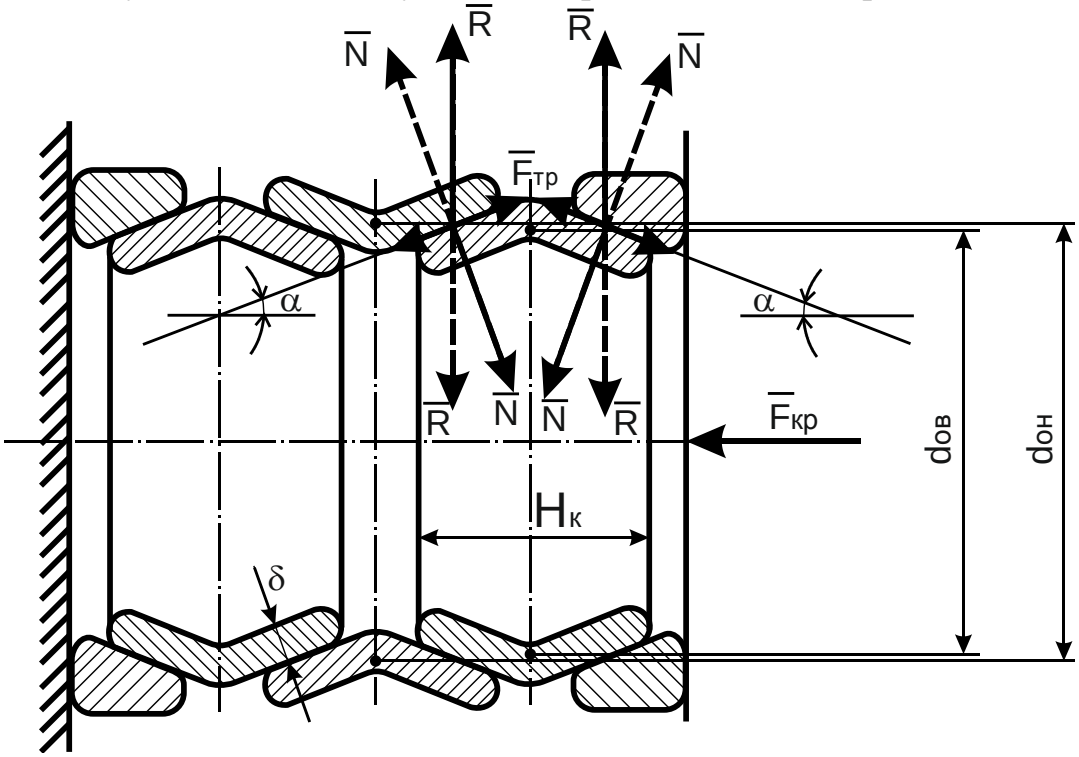


Рисунок 2.22 – Схема сил действующих на кольцевую пружину

Сила трения между конусными поверхностями колец определим как

$$F_{тр} = f_{тр} N, \qquad (3)$$

где $f_{тр}$ – коэффициент трения.

Сложив уравнения зависимости (2) друг с другом, так чтобы исключить величину силы трения, и выразив из полученного уравнения силу R, получим зависимость влияния крюкового усилия на величину упругости материала, тогда

$$R = F_{кр}\frac{1 - f_{тр}tg\alpha}{f_{тр} + tg\alpha}. \quad (4)$$

Радиальное удельное давление на поверхности трения колец определим как

$$F_{рад} = \frac{2F_{кр}}{\pi d_o H_к}\frac{1 - f_{тр}tg\alpha}{f_{тр} + tg\alpha}, \quad (5)$$

где $H_к$ – высота одного кольца, м;

d_o – средний диаметр кольца, м.

Толщину стенки кольца кольцевой пружины определим как

$$\delta = \frac{S_{пк}}{H_к}, \quad (6)$$

где $S_{пк}$ – площадь поперечного сечения кольца пружины, м^2.

Подставив зависимости (4) и (5) в уравнение (2), получим

$$\sigma = \frac{F_{кр}}{\pi S_{пк}}\frac{1 - f_{тр}tg\alpha}{f_{тр} + tg\alpha}. \quad (7)$$

Величина сжатия кольцевой пружины сопровождается увеличением наружного диаметра пружины с одновременным снижением внутреннего диаметра колец, тогда величина изменения диаметра колец равна

$$\Delta d = d_o\frac{\sigma}{E}, \quad (8)$$

где E – модуль упругости материала из которого изготовлено кольцо пружины, Н/м^2.

Осевое перемещение одного внутреннего кольца относительно наружного кольца пружины составит

$$\Delta L_{пк} = \frac{d_{он}\sigma_н + d_{ов}\sigma_в}{2Etg\alpha}. \quad (9)$$

Если кольцевая пружина состоит из нескольких колец, то величина трения поверхностей колец будет составлять $n_к$-1, тогда полная величина сжатия кольцевой пружины составит

$$L_{пк} = \frac{n-1}{2Etg\alpha}\left(d_{он}\sigma_н + d_{ов}\sigma_в\right). \quad (10)$$

Подставив в зависимость (9) выражение (6), получим величину полного сжатия кольцевой пружины с учетом геометрических параметров внутреннего и внешнего колец, а так же материала из которого они изготовлены, тогда

$$L_{пк} = F_{кр}\frac{n-1}{2\pi E}\left(\frac{d_{он}}{S_н} + \frac{d_{ов}}{S_в}\right)\frac{1 - f_{тр}tg\alpha}{f_{тр} + tg\alpha}. \quad (11)$$

В связи с тем, что внутреннее кольцо пружин в результате сжатия входит во внешнее кольцо пружины, то может произойти их заклинивание после снятия нагрузки. При расчетах кольцевых пружин принимают коэффициент трения металла равным $f_{тр}$ = 0,1–0,15 [8], тогда угол конусности колец пружины должен удовлетворять условие

$$tg\alpha > f_{тр}. \quad (12)$$

Подставив в данное уравнение величину коэффициента трения, получим, что угол наклона конических колец кольцевой пружины должен находится в пределах α = 14–19 град.

Геометрические соотношения кольцевой пружины устанавливаемой на сцепную петлю прицепа выбираем согласно справочнику П.И. Орлова [109], при этом за основной размер примем внутренний диаметр. Внутренний диаметр кольца кольцевой пружины должен быть больше величины диаметра тела сцепной петли. Согласно конструкции сцепной петли диаметр ее тела составляет 60 мм, тогда с учетом максимального усилия на крюке (сцепной петли) равного $F_{кр}$=180 кН, величины деформации внутреннего кольца пружины и материала из которого изготовлено кольцо, сталь 60С2ХА, его геометрические размеры следующие:

– внутреннее кольцо: внутренний диаметр $d_{ов}$ = 63 мм, наружный диаметр $d_{он}$ = 78 мм, толщина стенки δ = 5 мм, ширина кольца S = 25 мм, угол наклона конуса кольца α = 19 град;

– внешнее кольцо: внутренний диаметр $d_{ов}$ = 63 мм, наружный диаметр $d_{он}$ = 80 мм, толщина стенки δ = 5 мм, ширина кольца S = 25 мм, угол наклона конуса кольца α = 19 град.

Приложение Л

Зависимости для обработки данных экспериментальных исследований

Наименование величины, показателя, критерия	Зависимость, выражение
Количество групп	$z_г = 3{,}3\lg n_x + 2$
Интервал группировки	$\Delta_г = \dfrac{x_{max} - x_{min}}{z_г - 1}$
Начало: первого интервала последующих интервалов	$x_1' = 0{,}5(x_{max} + x_{min} - \Delta_г z_г)$ $x_i' = x_i' + \Delta_г i$
Среднее значение интервалов	$x_i = x_i' + 0{,}5\Delta_г$
Выборочное значение	$\bar{x} = \dfrac{\sum_{i=1}^{z} x_i n_i}{n_x}$
Выборочное среднее квадратическое отклонение	$S_x = \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{z} x_i n_i - n_x \bar{x}^2}{n_x - 1}}$
Коэффициент вариации	$V_x = \dfrac{S_x}{\bar{x}} 100\%$
Трехсигмовый критерий	$\bar{x} - 3S_x \le x \le \bar{x} + 3S_x$
Критерий Ирвина	$\sigma = \dfrac{x_{max} - x_{max-1}}{S_x} \le \sigma_\alpha$
Критерий Пирсона	$\chi^2 = \sum_{i=1}^{\ell} \dfrac{(n_i - \tilde{n}_i)^2}{\tilde{n}_i} \le \chi^2_\alpha$
Абсолютная ошибка среднего значения	$\dfrac{t_\alpha S_x}{\sqrt{n_x}}$

где σ, σ_α, χ^2, χ^2_α, t_α – фактические, табличные значения критериев Ирвина, Пирсона, Стьюдента; n_i – теоретическая частота; ℓ – число интервалов ряда после присоединения крайних интервалов к ближайшим.

Методика статистической обработки экспериментальных данных

Проверка однородности дисперсии, при наличии определенного количества данных y, соответствующих одному из значений x, выполнялось с помощью критерия Бартлетта [129, 117].

$$\chi^2 = \frac{1}{c}\left[\ln S_2^2\left(\sum_{j=1}^{\ell} n_j - \ell\right) - \sum_{j=1}^{\ell}(n_j - 1)\ln S_j^2\right] \quad (1)$$

Где

$$c = 1 + \frac{1}{3(\ell - 1)}\left(\sum_{j=1}^{\ell}\frac{1}{n_j - 1} - \frac{1}{\sum\limits_{j=1,\ell} n_j - \ell}\right) \quad (2)$$

$$S_2^2 = \frac{\sum\limits_{j=1}^{\ell}(n_j - 1)S_j^2}{\sum\limits_{j=1,\ell} n_j - \ell} \quad (3)$$

где ℓ – число наблюдений *x* (партий); n_j – число наблюдений значений *y* в j–й партии; S^2_j – выборочная дисперсия j–й партии.

Вычисленная величина χ^2 при уровне значимости α и числе степеней свободы, равным ℓ–1 сравнительно с табличным значением $\chi^2_{\alpha,}$ и при $\chi^2 < \chi^2_\alpha$ гипотеза однородности дисперсий подтвердилась.

Степень тесноты связи, при числе наблюдений, как правило, более 30, отражалась коэффициентом корреляции

$$\chi_{xy} = \frac{n_x \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{\left[n_x \sum x_i^2 - \left(\sum x_i\right)^2\right]\left[n_x \sum y_i^2 - \left(\sum y_i\right)^2\right]}} \quad (4)$$

Стандартную ошибку коэффициента корреляции определяли по формуле

$$S_\chi = \sqrt{\frac{1 - \chi^2}{n_x - 2}} \quad (5)$$

Критерий существенности коэффициента корреляции находили как

$$t_\chi = \frac{\chi}{S_\chi} \quad (6)$$

Если $t_\chi > t_\alpha$,то корреляционная связь существенна.

Оценка параметров зависимостей производилась по известному методу наименьших квадратов. Так для уравнения регрессии вида y = Bx определялось

$$B = \frac{\sum_{i=1}^{n_x} x_i y_i}{\sum_{i=1}^{n_x} x_i^2} \qquad (7)$$

И границы доверительного интервала

$$B - \frac{t_\alpha S_y}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}}; \qquad B + \frac{t_\alpha S_y}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}} \qquad (8)$$

$$\text{Где } (S_y)^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_x} (y_i - Bx_i)^2}{n_x - 1} \qquad (9)$$

Теснота связи функции с аргументами определялась с помощью коэффициента множественной корреляции согласно

$$\Theta = \sqrt{\sum_{i=1}^{p} \beta_i \chi_{iy}} \qquad (10)$$

где $\beta_i = B_i S_i / S_y$ – коэффициент уравнения множественной регрессии в стандартном масштабе;

B_i – коэффициент уравнения регрессии в натуральном масштабе;

S_i, S_y – среднеквадратичные отклонения i-того аргумента, функции.

Среднеквадратичная погрешность коэффициента Θ определялась по формуле

$$S_\Theta = \frac{1 - \Theta^2}{\sqrt{n_y - p - 1}} \qquad (11)$$

где n_y – число наблюдений;

p – число факторов в уравнении регрессии.

Статистическая значимость данного коэффициента проверялась по критерию Стьюдента

$$t_\Theta = \frac{\Theta}{S_\Theta} > t_\alpha \qquad (12)$$

Для оценки адекватности уравнения множественной регрессии использовался критерий Фишера

$$\Phi = \frac{S_y^2}{S_{ост}^2} \qquad (13)$$

где $S^2_{ост}$, S^2_y – дисперсия соответственно: остаточная и функции.

Методика многофакторного планирования исследований

Для описания влияния различных факторов на критерий оптимизации (крюковое усилие в ТСУ) была выбрана линейная модель уравнения регрессии:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^{m_n} b_i x_i + \sum_{i=j}^{m_n} b_{ij} x_i x_j \,, \qquad (14)$$

где Y – параметр оптимизации;

b_0 – свободный член, равный отклику при x_i=0;

b_i - оценка коэффициента регрессии, соответствующего i – го фактора;

b_{ij} – оценка коэффициента уравнения регрессии, соответствующего взаимодействию факторов;

x_i – кодированное значение факторов (i = 1,2,3 …).

В связи с тем, что выбранные переменные факторы оказывающие влияние на крюковое усилие имеют различные единицы измерения, то необходимо привести их к единой системе исчисления путем перехода от действительных значений факторов к кодированным по формуле:

$$x_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_i}, \qquad (15)$$

где x_i – натуральное значение фактора;

x_{i0} – натуральное значение фактора на основном уровне;

Δx_i – натуральное значение интервала варьирования фактора.

Далее необходимо ввести условное обозначение верхнего, нижнего и основного уровней переменных факторов, что соответствует значениям +1,0 и – 1,0.

Принимая два уровня варьирования факторов, общее число точек в плане матрице планирования найдем по выражению:

$$N_n = 2^k, \qquad (16)$$

где N – общее число различных точек в плане;

k – общее число факторов.

Среднее значение показателей параметров оптимизации определяли по реализации параллельных наблюдений по формуле:

$$Y_v = \frac{\sum_{i=1}^{m_n} Y_{vj}}{m_n}, \qquad (17)$$

где Y_{vj} – действительное значение параметра оптимизации;

v_n – строчка плана матрицы планирования;

m_n – число параллельных наблюдений в каждой точке;

j – порядковый номер параллельного опыта в данной точке плана матрицы.

Для оценки отклонения показателя параметра оптимизации от среднего значения вычислим дисперсию воспроизводимости по выражению:

$$S_v^2 = \frac{\sum_{j-1}^{m_n}(Y_v - Y_{vj})^2}{m_n - 1}, \qquad (18)$$

где S^2_v – дисперсия в каждой строке плана матрицы.

Проверку однородности дисперсии и воспроизводимости результатов эксперимента выполняли по G – критерию Кохрена:

$$G_{расч} = \frac{S^2_{v_{max}}}{\sum_{v_n=1}^{N_n} S^2_v}, \qquad (19)$$

где $S^2_{v\,max}$ – наибольшая построчная дисперсия;

$\sum_{v_n=1}^{N_n} S_v^2$ - сумма построчных дисперсий.

Если расчетное значение критерия $G_{расч}$, определенное по формуле (19), окажется меньше критического $G_{кр}$, найденного по таблице для данных условий проведения эксперимента, то гипотеза об однородности дисперсии и воспроизводимости результатов принимается.

После подтверждения гипотезы об однородности дисперсий производили их усреднение по формуле:

$$S^2 = S^2(Y) = \frac{\sum_{v_n=1}^{N_n} S_v^2}{N_n}, \qquad (20)$$

где $S^2(Y)$ – средняя арифметическая всех строк плана или дисперсия параметра оптимизации;

N_n – количество опытов, $N_n = 8$.

Коэффициенты уравнения регрессии представленной модели процесса определяли по формуле:

$$b_i = \frac{\sum_{v_n=1}^{N_n} x_{iv}\dot{Y}_v}{N_n}, \qquad (21)$$

где b_i – коэффициент регрессии;

Y_v – среднее арифметическое значение критерия оптимизации в каждой строке плана матрицы.

Дисперсии, характеризующие ошибки в определении коэффициентов уравнения регрессии, определяли по формуле:

$$S^2_{(b_i)} = \sqrt{\frac{S^2(Y)}{N_n m_n}} \qquad (22)$$

Среднеквадратичное отклонение дисперсии ошибки определения коэффициентов регрессии b_i подсчитывали по формуле:

$$S_{(b_i)} = \sqrt{\frac{S^2(Y)}{N_n m_n}} \qquad (23)$$

Значимость коэффициентов регрессии проверялось по t_i – критерию Стьюдента:

$$t_i = \frac{|b_i|}{S|b_i|}, \qquad (24)$$

где $|b_i|$ – рассчитанные коэффициенты регрессии.

Критическое значение $t_{кр}$ определяем для числа степеней свободы $V_{зн} = N_n(m - 1)$ и принятом уровне значимости q = 5 %.

Если расчетное значение t_i, определенное по формуле (24), окажется больше значения $t_{кр}$, то коэффициент b_i признается значимым. Для определения влияния переменных факторов на крюковое усилие в ТСУ автопоезда использовались только три значимых фактора.

Оценку дисперсии адекватности модели определяли по формуле:

$$S_{ab}^2 = \frac{m_n}{N_n - l} \sum_{v_n=1}^{N_n} (\overline{Y}_v - \hat{Y}_{v,л})^2, \qquad (25)$$

где $\hat{Y}_{v,л}$ – математическое ожидание параметра оптимизации;

l – число значимых коэффициентов (включая b_0).

Адекватность полученной модели процесса проверяли по F – критерию Фишера.

$$F_{расч} = \frac{S_{ad}^2}{S^2(Y)} \prec F_{табл} \qquad (26)$$

Табличное значение $F_{табл}$ примем согласно определенным числам степеней свободы $V_{1,ad} = N_n - l$ и $V_{2,ad} = N_n(m_n - 1)$ при уровне q = 5 %.

Гипотеза адекватности модели принимается, если расчетное значение критерия крюкового усилия в ТСУ окажется меньше значения крюкового усилия, и следовательно, полученное аналитическое выражение достаточно точно описывает характер влияния выбранных факторов на параметр оптимизации.

Для построения математической модели в натуральных переменных величинах необходимо использовать формулы кодирования (26). После подстановки натуральных значений факторов в уравнение (25) получим уравнение регрессии в раскодированном виде.

Методика определение погрешности средств измерения

Значение выходного сигнала на каждой ступени измерения при тарировке подсчитывали по выражению:

$$N_i = \sum_{i=1}^{n_o} \frac{N_{ji}}{n_o}, \qquad (27)$$

где n_o – число повторений;

j – число ступеней измерения.

Абсолютное значение систематической составляющей погрешности прибора на j-й ступени измерения:

$$\Delta\pi_j = \overline{N}_i - \overline{N}_j \pi_j. \qquad (28)$$

Абсолютное значение погрешности нелинейности определяли по выражению:

$$\gamma\pi_j = \frac{\Delta\pi_j}{N_j \pi_{max}} 100\%. \qquad (29)$$

Среднеквадратичное отклонение случайной составляющей погрешности прибора выражается следующим образом:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m'} \sum_{i=1}^{n'_o} \left(N_{ij} - \overline{N}_j\right)^2}{m'\left(n'_o - 1\right)}}. \qquad (30)$$

Абсолютное значение основной погрешности средства измерения на данной ступени находим по выражению:

$$\Delta j = \Delta\pi_j + 2\sigma. \qquad (31)$$

За абсолютное значение основной погрешности принимается максимальное для всех ступеней измерения. Приведенное значение основной погрешности средств измерения находим по выражению:

$$\gamma_o = \frac{\Delta_{max}}{N_j \pi_{max}}. \qquad (32)$$

При установлении общих закономерностей ошибки измерений не должны превышать 5 %. Как показывают расчеты, разброс исследуемых параметров не превышает указанного предела. Определение числа повторностей, необходимого для получения требуемой точности опыта, проводилось по формуле:

$$n_o = \left(\frac{\nu_1}{P}\right)^2, \qquad (33)$$

где ν_1 – вариационный коэффициент испытаний;

P – максимально допустимое значение показателя точности.

Приложение М

Расчет стоимости перевозки 1 тонны зерна с помощью различных машин

Показатель	ГАЗ-53	КАМАЗ-5320	КАМАЗ-53212	Автопоезд с серийным ТСУ	Автопоезд с экспериментальным ТСУ
Затраты на амортизацию, руб.	692,78	3191,75	3291,28	3929,57	3949,53
Затраты на капитальный ремонт, руб.	404,12	1861,86	1919,91	2292,25	2303,89
Затраты на текущий ремонт, руб.	1558,76	7181,44	7405,38	8841,53	8886,45
Затраты на ГСМ, руб.	2065,00	4240,63	4425,00	4797,44	4797,44
Затраты на износ шин, оснастки, руб.	109,11	502,70	518,38	618,91	622,05
Заработная плата, руб.	390,88	390,88	390,88	390,88	390,88
Накладные расходы, руб.	363,29	1321,23	1359,38	1604,05	1611,71
Стоимость машино-смены, руб.	5583,95	18690,48	19310,20	22474,62	22561,96
Цена автомобиля, руб.	560000	2580000	2660450	3176400	3192540
Часовая производительность, т/ч	3,156	6,72	7,18	9,4	10,6
Сменная производительность, т/см	25,248	53,76	57,44	75,2	84,8
Себестоимость перевозки, руб./т	221,16	347,67	336,18	298,86	266,06

Приложение Н

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по научной работе ФГБОУ
ВПО «ДагГАУ им. М.М. Джамбулатова»
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

_____ Мукаилов М.Д.
«11» 09 20 12 г.

«СОГЛАСОВАНО»
Председатель СПК «Дружба»
_____ Кадиев Т.А.
«12» 09 20 12 г.

АКТ

эксплуатационных испытаний автопоезда с модернизированной конструкцией тягово-сцепного устройства

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе представителей ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М.Джамбулатова» проректора по научной работе Мукаилова М.Д., канд. техн. наук., доцента кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей» Хабибова С.Р., аспиранта Игитова Ш.М. и представителей предприятия СПК «Дружба» в лице директора Кадиева Т.А. и инженера Абдулатипова Н.М. составили настоящий акт в том, что используемый автопоезд состоящий из грузового автомобиля марки Камаз 5320 и прицепа марки Камаз модель 8560-82-02 с модернизированным тягово-сцепным устройством в количестве 2-х комплектов показали, что при выполнении грузоперевозок пробег составил более 30000 км. каждым комплектом. Выхода из строя тягово-сцепного устройства по причине поломки устройств не зафиксировано.

Акт подписали:

Представитель предприятия СПК «Дружба»

_____ Абдулатипов Н.М.

Представители ФГБОУ ВПО «ДагГАУ»

_____ Хабибов С.Р.

_____ Игитов Ш.М.

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по научной работе ФГБОУ ВПО «ДагГАУ им. М.М.Джамбулатова»
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
_____ Мукаилов М.Д.
«18» 09 20 12 г.

«СОГЛАСОВАНО»
Председатель СПК «Дружба»
_____ Кадиев Т.А.
«18» 09 20 12 г.

АКТ

о внедрении законченной научно-исследовательской, опытно-конструкторской работы

Мы, нижеподписавшиеся, представитель ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М.Джамбулатова» в лице руководителя научно-исследовательской работы *канд. техн. наук, доцента Хабибова С.Р.* и представителя *СПК «Дружба» Казбековского района Республики Дагестан* в лице *директора Кадиева Темирсултана Абдулсаидовича*_составили настоящий акт в том, что результаты научно-исследовательской работы на тему *«Определение эффективности применения автопоезда с тягово-сцепным устройством, оснащенным дополнительным пружинным элементом, установленным на прицепе»* выполненной кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей» *ФГБОУ ВПО «ДагГАУ»* в 2011-2012 г.г. внедрены *СПК «Дружба» Казбековского района Республики Дагестан* путем *выдачи рекомендаций по эффективности применения автопоезда с ТСУ, оснащенным дополнительным пружинным элементом.*

Внедрение результатов исследований дало возможность предприятию снизить себестоимость перевозки груза на 0,38 руб/км.

Применение на автопоезде, состоящем из грузового автомобиля и прицепа, тягово-сцепного устройства новой конструкции при выполнении транспортных работ при уборке урожая по сравнению с автопоездами, используемых серийных ТСУ, позволило снизить усилие, возникающее в ТСУ, до

12%, обеспечить амплитуду и частоту колебаний звеньев ТСУ до 25 мм и 4,3 Гц соответственно, что позволяет повысить скорость движения автопоезда до 25% и снизить энергоемкость процесса перевозки груза до 18,6%.

Замечания и предложения о дальнейшей работе по внедрению.

Рекомендовать при перевозке груза на большое расстояние применение автопоездов оснащенных ТСУ с дополнительным пружинным элементом установленным на прицепе.

Научный руководитель работы	Представитель предприятия
_____	_____
«12» 09 20/2 г.	«12» 09 20/2 г.
МП	МП

Приложение О

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) RU (11) 135 589 (13) U1

(51) МПК
B60D 1/01 (2006.01)

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013134658/11, 23.07.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.07.2013

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 23.07.2013

(45) Опубликовано: 20.12.2013 Бюл. № 35

Адрес для переписки:
410012, г. Саратов, Театральная пл., 1,
ФГБОУ ВПО "Саратовский
государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова", патентный отдел

(72) Автор(ы):
Безруков Александр Сергеевич (RU),
Игитов Шамиль Магомедович (RU),
Хабибов Сулейман Рашадович (RU),
Русинова Ирина Николаевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Саратовский государственный аграрный
университет имени Н.И. Вавилова" (RU)

(54) ТЯГОВО-СЦЕПНОЕ УСТРОЙСТВО АВТОТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА

(57) Формула полезной модели

Тягово-сцепное устройство автотракторного поезда, включающее сцепную петлю, жестко закрепленную на дышле, тяговый крюк с защелкой, причем в сцепной петле в ее горизонтальной плоскости симметрии выполнен ряд сквозных отверстий и в них подвижно размещены подпружиненные тарельчатыми пружинами тела качения, которые контактируют с прямолинейной поверхностью ребра зева тягового крюка, отличающееся тем, что тела качения выполнены в виде бобышек, подпружиненных тарельчатыми пружинами, расположенными зеркально относительно друг друга, и гайкой с наружной резьбой, причем бобышка закреплена жестко осью с пружиной.

RU 135589 U1

RU 135589 U1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **137 237** (13) **U1**

(51) МПК
B60D 1/00 (2006.01)

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2013139171/11, 22.08.2013**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.08.2013

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **22.08.2013**

(45) Опубликовано: **10.02.2014** Бюл. № **4**

Адрес для переписки:
410012, г. Саратов, Театральная пл., 1, ФГБОУ ВПО "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", патентный отдел

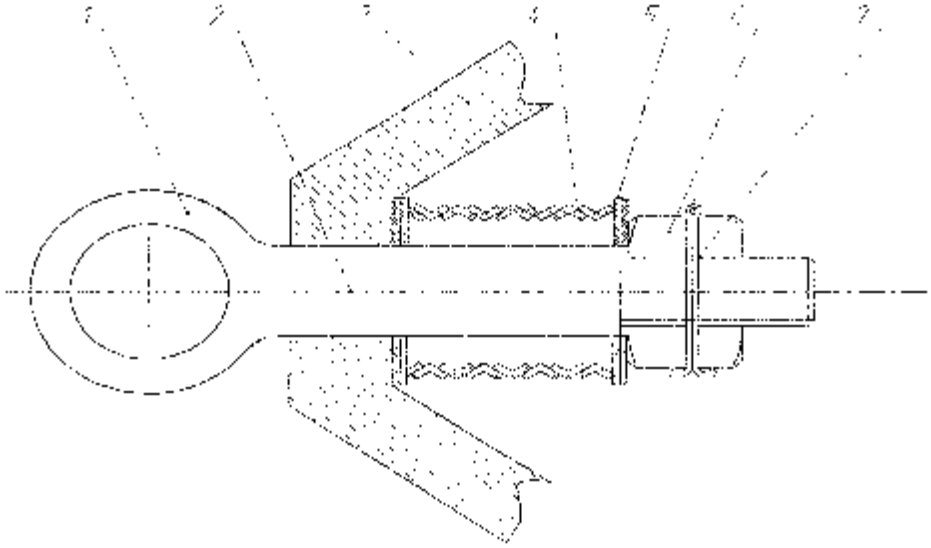
(72) Автор(ы):
Безруков Александр Сергеевич (RU),
Игитов Шамиль Магомедович (RU),
Хабибов Сулейман Рашадович (RU),
Русинова Ирина Николаевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова" (RU)

RU 137237 U1

(54) СЦЕПНОЕ УСТРОЙСТВО ПРИЦЕПА

(57) Формула полезной модели

Сцепное устройство прицепа, содержащее установленные на раме прицепа тяговую петлю со стержнем, на который навешивается гайка со шплинтом, отличающееся тем, что на стержне между рамой и гайкой установлена кольцевая пружина, с обеих сторон поджимаемая шайбами.

RU 137237 U1