



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

**Е.Н. ХРИСТОФОРОВ, Н.Е. САКОВИЧ, А.М. ГРИНЬ,
А.Ф. КОВАЛЕВ, В.В. НИКУЛИН, А.М. НИКИТИН, В.И. САМУСЕНКО,
А.М. СЛУЧЕВСКИЙ, А.А. КУЗНЕЦОВ, Ю.В. БЕЗЗУБ**

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
ТРАНСПОРТНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Под общей редакцией профессора Е.Н. Христофорова

Брянск – 2015

УДК 656.13.08
ББК 39.808
X 93

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ: Монография/ Е.Н. ХРИСТОФОРОВ, Н.Е. САКОВИЧ, А.М. ГРИНЬ, А.Ф. КОВАЛЕВ, В.В. НИКУЛИН, А.М. НИКИТИН, В.И. САМУСЕНКО, А.М. СЛУЧЕВСКИЙ, А.А. КУЗНЕЦОВ, Ю.В. БЕЗЗУБ. Под. общ. ред. проф. Е.Н. Христофорова. – Брянск: Издательство ФГБОУ ВО «Брянской государственной аграрный университет», 2015.- 509 с.

ISBN 978-5-88517-239-4

На основе единой концепции о природе аварийности и транспортного травматизма представлены основы системного анализа и моделирования в решении проблем обеспечения безопасности транспортно – технологических процессов в АПК.

В монографии изложены основные понятия и организационные основы обеспечения безопасности дорожного движения автотранспортных средств, особенности составляющих его элементов, их взаимосвязи, направления по предупреждению дорожно-транспортных происшествий, снижения тяжести их последствий. Также в ней предложены инженерно – технические мероприятия по снижению аварийности и травматизма при эксплуатации сельскохозяйственных транспортных и мобильных средств. В качестве объекта рассматривается система «человек - машина-среда», а в роли предмета выступают объективные закономерности возникновения и снижения показателей аварийности и травматизма. Такой подход позволяет применить математические методы при установлении, обеспечении, контроле и поддержании оптимальных количественных показателей безопасности движения и безопасности труда.

Предназначается для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям «Техносферная безопасность», «Агроинженерия», «Прикладная информатика», бакалавров, магистров, аспирантов, соискателей и специалистам занимающимися вопросами обеспечения безопасности транспортно – технологических процессов в сельскохозяйственном производстве.

ISBN 978-5-88517-239-4

Рецензенты:

д.т.н., профессор, профессор кафедры «Математика, физика и информатика» ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ» В.А. Погоньшев;

д.т.н. профессор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и химия» ФГБОУ ВПО «Брянский ГТУ» А.В. Тотай.

Утверждено методическим советом экономического факультета ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ», протокол №9 от 29 июня 2015 г

© Брянский ГАУ, 2015
© Коллектив авторов, 2015

Содержание	
Введение.....	13
РАЗДЕЛ I Проблемы снижения уровня аварийности в агропромышленном комплексе и пути их решения.....	17
Глава 1 Актуальность проблем обеспечения безопасности транспортных процессов в агропромышленном производстве.....	17
1.1 Обеспечение безопасности транспортных процессов, факторы, причины и обстоятельства аварийности на дорогах.....	17
1.1.1 Безопасность транспортных процессов в АПК.....	19
1.2 Состояние аварийности в Российской Федерации, причины и последствия.....	22
1.2.1 Состояние аварийности и травматизма в АПК.....	26
1.2.2 Общая характеристика сельскохозяйственных транспортных средств.....	29
1.2.2.1 Автомобильный транспорт.....	31
1.2.2.2 Перспективность применения прицепных автопоездов в транспортном процессе сельскохозяйственного производства.....	31
1.2.3 Тракторный транспорт.....	33
1.3 Автомобильная транспортная сеть.....	36
1.3.1 Автомобильные дороги.....	36
1.3.2 Дороги для перевозки грузов тракторным транспортом.....	37
1.4 Организация и обеспечение безопасности транспортных процессов в АПК.....	38
Глава 2 Теоретические исследования путей повышения безопасности транспортных процессов в АПК.....	41
2.1 Система «Водитель – транспортное средство – дорога – среда» в обеспечении безопасности транспортных процессов.....	41
2.2 Системный анализ в исследованиях проблем обеспечения безопасности транспортных процессов.....	49

2.3 Показатели безопасности транспортных процессов.....	55
2.3.1 Статистические показатели безопасности.....	56
2.4 Методы расчета показателей безопасности транспортных процессов.....	60
2.4.1 Статистические методы расчета показателей безопасности транспортных процессов.....	68
2.5 Вероятностные показатели безопасности транспортных процессов...	74
2.6 Методы расчета вероятностного показателя безопасности транспортных процессов.....	78
2.6.1 Логико-вероятностный метод расчета.....	80
2.6.2 Расчет показателей с использованием моделей Марковских процессов.....	84
2.6.2.1 Расчет показателей с учетом возможности восстановления системы.....	89
2.6.3 Комбинированный метод определения показателей безопасности транспортных процессов.....	92
2.6.4 Задачи решаемые, с помощью вероятностных показателей.....	95
Глава 3 Анализ влияния элементов системы «Водитель – транспортное средство – дорога – среда» в обеспечении безопасности транспортных процессов в АПК.....	98
3.1 Водитель как элемент системы «Водитель – транспортное средство – дорога – среда».....	98
3.1.1 Специфика условий и безопасности труда водителей сельскохозяйственных транспортных средств.....	98
3.1.2 Подготовка рабочего места водителя.....	100
3.1.3 Обеспечение микроклимата в кабине автомобиля.....	102
3.1.4 Обеспечение микроклимата в кабине трактора.....	105
3.1.5 Запыленность и загазованность в воздухе кабины трактора.....	109
3.1.6 Шум на рабочем месте водителя.....	110

3.1.7 Влияние ошибок водителя и обслуживающего персонала на безопасность транспортных процессов.....	111
3.1.7.1 Статистические данные и роль водителя и обслуживающего персонала в обеспечении безопасности транспортных процессов.....	111
3.1.7.2 Методы оценки влияния обслуживающего персонала на безопасность транспортных процессов.....	113
3.1.7.3 Оценка безопасности транспортных процессов, определяемой действиями обслуживающего персонала.....	118
3.1.7.4 Мероприятия по повышению безопасности транспортных процессов определяемой действиями обслуживающего персонала.....	121
3.1.8 Методы оценки влияния действий водителя на безопасность транспортных процессов.....	124
3.1.8.1 Подход к оценке безопасности транспортных процессов, обусловленной действиями водителя.....	124
3.1.8.2 Оценка безопасности выполнения маневра по найденным законам распределения определяющих параметров.....	127
3.1.8.3 Оценка вероятности безопасного выполнения маневра по законам отклонения органов управления.....	129
3.1.8.4 Оценка вероятности безошибочных действий водителя.....	131
3.2 Транспортное средство элемент системы «Водитель – транспортное средство – дорога – среда».....	134
3.2.1 Обеспечение безопасности движения сельскохозяйственных транспортных средств.....	134
3.2.1.1 Безопасность движения на автомобилях.....	134
3.2.1.2 Безопасность движения автопоездов.....	136
3.2.1.3 Безопасность движения на тракторах.....	142
3.2.1.4 Безопасность движения тракторных поездов.....	144
3.2.1.5 Безопасность движения автотранспортных средств в сложных дорожных условиях.....	147

3.2.1.6 Безопасность движения зимой.....	150
3.2.1.7 Безопасность движения ночью.....	152
3.2.1.8 Безопасность движения в дождь.....	154
3.2.1.9 Безопасность при интенсивном движении.....	155
3.2.2 Влияние надежности транспортных средств на состояние безопасности транспортных процессов.....	156
3.2.2.1 Статистические данные и классификация неисправностей транспортных средств.....	156
3.2.3 Оценка аварийности при возможных отказах сельскохозяйственных транспортных средств.....	158
3.2.3.1 Схемы моделей действий водителя при отказах сельскохозяйственных транспортных средств.....	161
3.2.4 Время запаздывания и располагаемое время вмешательства водителя в управление при отказах сельскохозяйственных транспортных средств.....	164
3.2.5 Оценка степени опасности отказов сельскохозяйственных транспортных средств.....	167
3.2.5.1 Расчетный (аналитический) метод.....	167
3.2.5.2 Метод статистических испытаний.....	169
3.2.5.3 Метод экспертного оценивания.....	170
3.2.6 Технические устройства повышения безопасности сельскохозяйственных транспортных средств.....	171
3.2.7 Требования к надежности сельскохозяйственных транспортных средств из условия обеспечения безопасности транспортных процессов.....	178
3.2.8 Мероприятия по повышению безопасности транспортных процессов, обусловленных надежностью сельскохозяйственных транспортных средств и оценка их эффективности.....	181
3.3 Дорожные условия и безопасность транспортных процессов.....	184
3.3.1 Анализ дорожно - транспортных происшествий из-за дорожных условий.....	184

3.3.2 Явления погоды, особо опасные для движения транспортных средств.....	185
3.4 Методика оценки состояния внутрихозяйственных дорог.....	190
3.4.1 Перспективное оборудование для дорожных работ.....	199
3.5 Результаты исследования внутрихозяйственных дорог по предотвращению дорожно – транспортных происшествий.....	201
3.5.1. Оценка состояния внутрихозяйственных дорог.....	201
Глава 4 Инженерно – технические мероприятия решения проблем обеспечения безопасности транспортных процессов в АПК.....	203
4.1 Основы профилактической работы по обеспечению безопасности транспортных процессов.....	203
4.1.1 Задачи и содержание профилактической работы.....	203
4.2 Выявление факторов, снижающих безопасность транспортных процессов.....	206
4.3 Анализ причин дорожно – транспортных происшествий и недостатков в работе по обеспечению безопасности транспортных процессов.....	208
4.4 Анализ состояния безопасности транспортных процессов за определенный период эксплуатации сельскохозяйственных транспортных средств.....	211
4.5 Разработка мероприятий по повышению безопасности транспортных процессов и оценка их эффективности.....	221
4.5.1 Организационно мероприятия по предупреждению дорожно – транспортных происшествий.....	220
4.6 Технические решения проблемы обеспечения безопасности транспортных процессов в АПК.....	232
4.6.1 Активная безопасность сельскохозяйственных транспортных средств.....	232
4.6.1.1 Тормозные свойства.....	236

4.6.1.2	Исследование тормозных качеств транспортных средств.....	239
4.6.1.3	Анализ исследования тормозных устройств грузовых автомобилей сельскохозяйственного назначения.....	249
4.6.1.4	Современные тормозные устройства для автомобилей.....	255
4.6.2	Исследование систем повышения тормозной динамичности грузо- вых автомобилей сельскохозяйственного назначения.....	258
4.6.2.1	Современные разработки антиблокировочных систем.....	265
4.6.2.3	Антиблокировочные системы. Патентный поиск.....	275
4.6.3	Разработанные устройства повышения тормозной эффективности и динамичности сельскохозяйственных транспортных средств.....	285
4.6.3.1	Описание разработанного тормозного устройства автотранспорт- ного средства.....	285
4.6.3.2	Описание разработанного тормоза грузового автомобиля.....	291
4.6.3.3	Описание разработанного тормоза для автотранспортных средств.....	300
4.6.4	Описание разработанной антиблокировочной системы грузового ав- томобиля.....	303
4.6.5	Описание разработанной педали управления для сельскохозяйствен- ных транспортных средств.....	306
4.6.6	Устройство для предотвращения столкновения автотранспортных средств.....	308
4.6.7	Система автоматической регистрации параметров движения авто- транспортных средств.....	309
4.7	Основы методологии построения системы управления безопасностью транспортных процессов.....	312
4.7.1	Нормативное прогнозирование безопасности.....	312
4.7.2	Автоматизированная информационная система.....	313
4.7.3	Метод распознавания образов.....	314

РАЗДЕЛ II Обеспечение безопасности операторов сельскохозяйственных транспортных средств и мобильных машин в транспортно – технологических процессах агропромышленного производства.....	319
Предисловие.....	319
Глава 1 Актуальность проблемы обеспечения безопасности операторов машин в транспортно - технологических процессах сельскохозяйственного производства.....	321
1.1 Обзор исследований в области грузовых автомобилей сельскохозяйственного назначения.....	321
1.2 Обзор конструкций опрокидывающих устройств автомобилей – самосвалов.....	325
1.3 Анализ тенденций динамики производственного травматизма в Российской Федерации.....	330
1.3.1 Анализ динамики производственного травматизма в сельскохозяйственном производстве Российской Федерации.....	333
1.3.2 Анализ производственного травматизма в АПК при обслуживании гидрофицированных частей сельскохозяйственных транспортных средств и мобильных машин.....	337
1.4 Анализ опасных ситуаций, возникающих при работе на транспортной сельскохозяйственной самосвальной технике.....	342
1.5 Анализ технических средств, предотвращающих самопроизвольное опускание грузовой самосвальной платформы и гидрофицированных частей.....	344
1.5.1 Классификация технических средств, обеспечивающих предотвращение самопроизвольного опускания грузовых самосвальных платформ.....	344
1.5.1.1 Анализ механических средств предотвращения самопроизвольного опускания грузовых платформ.....	344

1.5.1.2 Анализ электрических средств предотвращения самопроизвольного опускания грузовых платформ.....	348
1.5.1.3 Анализ электромеханических средств предотвращения самопроизвольного опускания грузовых платформ.....	349
1.5.1.4 Анализ гидравлических средств предотвращения самопроизвольного опускания грузовых платформ.....	350
1.5.1.5 Перспективные средства предотвращения самопроизвольного опускания грузовых платформ.....	352
1.6 Анализ средств предотвращения самопроизвольного опускания гидрофицированных частей мобильных машин.....	354
1.7 Обзор методов математического моделирования эксплуатационных параметров гидроцилиндра гидропривода опрокидывающего устройства.....	355
Глава 2 Исследования причин травматизма операторов сельскохозяйственных транспортных средств и мобильных машин.....	361
2.1 Обоснование кинематических и силовых зависимостей гидравлического опрокидывающего устройства автомобиля – самосвала.....	361
2.2 Обоснование конструктивных и эксплуатационных параметров силового гидроцилиндра опрокидывающего устройства.....	366
2.2.1 Выбор компоновки гидроцилиндра грузовой самосвальной платформы.....	366
2.3 Исследование причин аварийного опускания (падения) грузовой самосвальной платформы.....	378
2.4 Теоретическое обоснование эксплуатационных параметров устройства регулирования скорости подъема - опускания грузовой самосвальной платформы.....	390
Глава 3 Результаты исследований безопасности операторов сельскохозяйственных транспортных средств и мобильных машин.....	397

3.1 Разработка имитационной математической модели рабочего процесса исполнительного гидроцилиндра двустороннего действия с механизмом фиксации.....	397
3.1.1 Разработка алгоритма и программного обеспечения имитационной математической модели «HYDRAULIC CYLINDER».....	401
3.2 Современный уровень надежности гидроприводов сельскохозяйственных гидрофицированных машин.....	407
3.3 Разработка конструкций блокировочных и предохранительных систем сельскохозяйственных транспортных средств и мобильных машин.....	414
3.3.1 Описание разработанного телескопического гидроцилиндра двустороннего действия с механизмом фиксации.....	414
3.3.2 Описание разработанного устройства регулирования скорости подъема - опускания грузовой самосвальной платформы.....	418
3.3.3 Описание разработанного регулировочно – запорного клапана....	422
3.3.4 Описание разработанного гидравлического опрокидывающего устройства.....	424
3.4 Методы и средства снижения шума в кабине сельскохозяйственного транспортного средства.....	427
3.4.1 Воздействие транспортного шума.....	427
3.4.2. Расчет воздушного шума в кабине трактора.....	431
3.4.3 Разработка системы герметизации кабины сельскохозяйственного транспортного средства.....	439
Раздел III Транспортные процессы и окружающая среда.....	443
Глава 1 Экологическая безопасность транспортно – технологических процессов.....	443
1.1 Влияние автотранспортных средств на окружающую среду.....	443
1.1.1 Влияние отработавших газов автотранспортных средств.....	444
1.2 Воздействие транспортного шума и вибраций.....	449
1.3 Мировые тенденции контроля показателей вредных выбросов.....	458

1.3.1 Обзор современных подходов к регулированию выбросов вредных веществ автотранспортом в странах ЕЭС и России.....	459
1.3.2 Требования к газобаллонным автомобилям и газобаллонному оборудованию.....	463
1.4 Мероприятия по предотвращению и уменьшению вредного воздействия автотранспортных средств.....	465
1.4.1 Применение альтернативных топлив на автотранспортных средствах.....	466
Глава 2 Технические решения защиты окружающей среды от воздействия автотранспортных средств.....	474
2.1 Роторно-поршневые ДВС.....	474
2.2 ДВС с послойным смесеобразованием.....	475
2.3 Двигатели с внешним подводом теплоты.....	476
2.4 Газотурбинная силовая установка.....	481
2.5 Двигатели внешнего сгорания.....	482
2.6 Гелиомобиль.....	484
2.7 Электромобиль.....	484
Заключение.....	490
Словарь терминов.....	493
Литература.....	502

Введение

Принимаемые на федеральном и региональных уровнях меры по снижению аварийности и травматизма в сельскохозяйственном производстве позволили несколько стабилизировать положение в данной сфере, но не создали устойчивой тенденции их снижения – абсолютные цифры и относительные показатели травматизма остаются достаточно высокими.

Изношенность машин и оборудования, неудовлетворительная организация рабочих мест, пренебрежение мерами безопасности – далеко не полный перечень причин приводящих к летальному исходу работников агропромышленного комплекса. Исследования, проведенные учеными страны, показывают, что ежегодно более 20% несчастных случаев с летальным исходом происходят с водителями сельскохозяйственных транспортных средств (СТС), основным источником травмирования которых являются дорожно – транспортные происшествия.

Выполнение национального проекта развития АПК потребовало увеличения объемов перевозок, что привело к росту числа сельскохозяйственных транспортных средств, среди которых ведущее место занимает автомобиль, при этом для повышения эффективности транспортных процессов используются авто-тракторные поезда. Однако, увеличение парка транспортных средств ведет и к негативным последствиям – высокой аварийности на дорогах. В 2014 году в результате аварий на дорогах Российской Федерации 26850 человек погибло, и 251739 человек получили травмы различной степени тяжести. Общая смертность среди пострадавших в дорожно – транспортных происшествиях (ДТП), в 12 раз выше, чем у лиц, которые получили травму при других несчастных случаях.

Определенную долю в эту скорбную статистику вносит сельскохозяйственное производство, на долю которого приходится до 10% всех зарегистрированных дорожно – транспортных происшествий.

Анализ аварийности показывает, что основной причиной дорожно-транспортных происшествий является грубое нарушение водителями и пешеходами правил дорожного движения (ПДД). В качестве сопутствующих причин

– пренебрежение мерами безопасности, эксплуатационные характеристики и неудовлетворительное состояние автотранспортных средств (АТС), большинство из которых является модификацией моделей освоенных более 20 лет назад и не отвечающих современным требованиям безопасности. Способствует росту числа ДТП и техническое состояние дорожной сети, которое в сельской местности оценивается как критическое. Характерной особенностью дорожно-транспортных происшествий является совпадение и накопление ряда отрицательных факторов, определяющих функционирование многофункциональной системы «Водитель – транспортное средство – дорога – среда» (В-ТС-Д-С).

По данным статистики ежегодно, из-за технических неисправностей в Российской Федерации происходит от 3 до 5% всех дорожно-транспортных происшествий. Однако, выборочные проверки материалов дорожно-транспортных происшествий, проводимые научно-исследовательским центром (НИЦ) по безопасности дорожного движения ГУ ГИБДД МВД Российской Федерации, увеличивают этот показатель до 14%, кроме того, конструктивное и технологическое несовершенство отечественных автотранспортных средств еще более повышают этот показатель, при этом около 50% ДТП по техническим причинам происходит из-за неудовлетворительной работы тормозных систем. Сегодня тормозные качества сельскохозяйственных транспортных средств (СТС) не удовлетворяют требованиям безопасности движения.

Учитывая высокую аварийность, в стране был принят Федеральный закон от 10. 12. 1995 года №196 – ФЗ «О безопасности дорожного движения», разработана Федеральная программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2007 – 2020 годы», в которой указана система организационных, медицинских, инженерно-технических мероприятий по предупреждению аварийности на дорогах, при этом отмечается, что большая роль в вопросах снижения аварийности отводится научным исследованиям, значительное место в которых занимают научные работы по совершенствованию методов анализа аварийности и травматизма с целью выявления объективных причин ДТП.

Известными решениями проблемы аварийности и транспортного травматизма являются: дорожное строительство (для АПК строительство внутрихозяйственных дорог), организация движения, повышение квалификации водителей, совершенствование транспортных средств (последнее в первую очередь касается улучшения тормозных качеств, устойчивости и управляемости при торможении).

Сегодня российский АПК активно включился в программу замещения импортной сельскохозяйственной продукции, несмотря на кризисные явления, спрос на отечественную продукцию в стране постоянно растет. К 2020 году прогнозируется увеличение объема перевозок сельскохозяйственных грузов до 7.2 млрд. тонн. Однако, реализация таких планов в транспортно – технологическом процессе сельскохозяйственного производства, возможна лишь при применении современных, высокопроизводительных и безопасных транспортных средств, в первую очередь с гидравлическим приводом, который уже сейчас, обеспечивает механизацию всех основных и вспомогательных операций в сельскохозяйственном транспортно – технологическом процессе. Применение гидропривода имеет ряд преимуществ: малые массы и габариты, возможность плавного регулирования скорости подъема (опускания), снижение нагрузок на элементы рабочего оборудования и металлоемкости конструкции в целом, снижение тяжести и безопасности труда. При этом, рост числа гидрофицированной техники имеет и негативную сторону – опасность увеличения числа несчастных случаев, связанных с рядом конструктивных недостатков гидропривода сельскохозяйственных транспортных средств и мобильных машин. Отказы элементов гидравлического привода составляют более половины от общего числа отказов технических систем сельскохозяйственных машин. Проблема травматичности сельскохозяйственных транспортных машин с гидроприводом, заключается в самопроизвольном опускании (падении) грузовых платформ, элементов рабочего оборудования мобильных машин из-за нарушения герметичности подвижных соединений. Наиболее часто гидросистема выходит из строя

из-за разрыва рукавов высокого давления и дефектов уплотнений. Это объясняется, наряду с другими причинами, отсутствием надежных методов расчета при изготовлении машин, учитывающих эксплуатационные режимы на этапе проектирования.

Технология работ в АПК определяет высокие требования к надежности сельскохозяйственных транспортных средств в целом и их гидроприводов в частности. Обеспечение надежности и безопасности гидроприводов – задача сложная, требующая комплексного решения, как на этапе проектирования и создания, так и в процессе эксплуатации, на основе качественного статистического анализа причин отказов и неисправностей, анализа влияния внешних факторов на накопление необратимых изменений в элементах, понимания картины протекания физических процессов в гидроприводе при его работе.

Таким образом, перед изготовителями сельскохозяйственной техники, эксплуатирующими организациями, стоит большая и актуальная задача – повышение безопасности транспортно – технологических процессов, сложность которой вызывает необходимость оптимизации конструктивных, эксплуатационных, транспортных параметров, в том числе, с использованием математического моделирования.

Раздел 1 Проблема снижения уровня аварийности в агропромышленном комплексе и пути ее решения

Глава 1 Актуальность проблем обеспечения безопасности транспортных процессов в агропромышленном производстве

1.1 Обеспечение безопасности транспортных процессов, факторы, причины и обстоятельства аварийности на дорогах

Проблемы обеспечения безопасности транспортных процессов определяются совокупностью взаимодействующих в условиях окружающей среды системы «Водитель – транспортное средство – дорога – окружающая среда (В-ТС-Д-С). К сожалению в общую систему обеспечения безопасности не входит, такая составляющая часть системы, как пешеход, виновность которых в дорожно – транспортных происшествиях, достигает более 25%. Тем не менее, система безопасности транспортных процессов должна строиться на обеспечении высокого уровня безопасности составляющих системы – «Водитель - транспортное средство – дорога – среда». Значение каждого из элементов системы В-ТС-Д-С в обеспечении безопасности транспортных процессов различно но, только совершенствуя каждый элемент можно обеспечить общий уровень безопасности в целом. Отечественный и зарубежный опыт работы транспортных средств свидетельствует о неодинаковом удельном весе в проблеме безопасности транспортных процессов каждого из элементов системы названной системы.

Доминирующую роль в системе безопасности транспортных процессов играет водитель – более 70% аварий на дорогах является следствием его неправильных действий. Поэтому, прежде всего водитель, должен быть пригодным к управлению автотранспортным средством, с точки зрения своего психофизиологического состояния, иметь необходимые навыки управления и твердое знание Правил дорожного движения, получаемое в результате специальной подготовки; иметь желание соблюдать установленный порядок, т. е. обладать такими личными качествами, которые исключали бы проявление пренебрежения, эгоистического отношения к интересам других участников движения. Основной причиной дорожно – транспортных происшествий по вине водителя, как пока-

зывает анализ, является нежелание водителя соблюдать установленный порядок, недисциплинированность является причиной 80% ДТП по вине водителя. Несоответствие профессиональной подготовки (недостаточный опыт) к нестандартным ситуациям дорожного движения, в которые внезапно попадает водитель, или снижение психофизиологических возможностей в результате усталости значительно реже бывают причинами ДТП.

Статистика свидетельствует, что ДТП – результат управления автомобилем в нетрезвом состоянии, превышении скорости движения, нарушении правил обгона, выезда на полосу встречного движения, пренебрежения правилами проезда перекрестков, железнодорожных переездов. Фактор “Водитель” несравним с факторами “Транспортное средство” и “Дорога” в системе безопасности транспортных процессов в силу своей сложности, специфики и важности.

Безопасность транспортных процессов во многом зависит от дорожных условий, требующих дальнейшего улучшения. Их влияние на безопасность значительно большее, чем показывает статистика (8%). Факторы, влияющие на состояние дороги: ровность дорожной одежды, скользкость (величина коэффициента сцепления), состояние обочин, уменьшение ширины полосы движения, обустройство дороги, обеспечение видимости трудно переоценить.

Но еще большее влияние на безопасность транспортных процессов, оказывает состояние дорог, особенно в неблагоприятных погодных условиях, особенно в осеннее – зимний период.

Плохая сцепляемость шин с дорогой из-за недостаточной ширины профиля покрышки, неоптимальный рисунок протектора для данных дорожных условий, отсутствие шипов и другие недостатки современного автомобиля также влияют на количество ДТП. Не обеспечивает безопасности и конструкция автомобильной фары, ослепляющей водителей и недостаточно освещающей дорогу.

Правила дорожного движения обязывает водителя обеспечивать безопасность на дорогах в любых условиях путем выбора соответствующей скорости вплоть до полной остановки автомобиля. Но как раз современные тормозные

устройства в таких сложных условиях при снижении скорости могут не только не оказать водителю помощь, но и нанести большой вред, если ими неумело пользоваться. Если проанализировать информацию о ДТП в зимний период на скользких дорогах, то можно установить, что большинство происшествий происходит из-за заноса автомобиля на скользкой дороге, складывания автопоезда, отказа рулевого управления и т. д. При оснащении тормозной системы автомобилей антиблокировочной системой (АБС) количество ДТП значительно уменьшится.

1.1.1 Безопасность транспортных процессов в АПК

Безопасность транспортных процессов в сельскохозяйственном производстве определяется надёжным функционированием сельскохозяйственных транспортных средств, служб обслуживания и ремонта, служб организации дорожного движения, а также условиями внешней среды. Сложность конструкции и оборудования транспортных средств, большое количество людей участвующих в организации и обеспечении транспортных процессов, эксплуатация транспортного средства в различных погодных и климатических условиях порождают многообразие факторов, влияющих на конечный исход транспортного процесса. Неблагоприятные факторы могут приводить к неблагоприятному исходу. Как правило, неблагоприятные факторы находятся во взаимосвязи друг с другом, по своему характеру случайные и неустойчивые. Поэтому неблагоприятный исход транспортного процесса может быть следствием воздействия не только одного фактора, угрожающего безопасности движения, но и совокупности целого ряда факторов.

Интегральное влияние всех факторов на уровень безопасности транспортных процессов определяется по результатам массовой эксплуатации транспортных средств. Для оценки влияния на безопасность транспортных средств отдельных факторов или их сочетаний необходимо рассмотреть природу фак-

торов как по их источникам (причинности) возникновения, так и по характеру отрицательных проявлений.

По источникам возникновения все факторы, потенциально влияющие на безопасность транспортных процессов, можно разделить на три группы: технические, личностные факторы и факторы внешней среды. Как видно, первые две категории факторов порождаются внутренними свойствами системы «Водитель – транспортное средство – дорога – среда».

Для каждого из звеньев системы «Водитель – транспортное средство – дорога – среда» соотношение технических и личностных факторов и их конкретизация будут различными. Учитывая особую определяющую роль звена «Водитель – транспортное средство» в обеспечении безопасности транспортных процессов, конкретизируем общие технические факторы для этого звена. Их можно представить следующими группами:

- проектно-конструктивное и технологическое совершенство транспортного средства;
- надёжность (безотказность) функциональных систем транспортного средства и его оборудования;
- эксплуатационная технологичность транспортного средства;
- контролеспособность и ремонтпригодность конструкции и оборудования транспортного средства;
- эргономическое совершенство транспортного средства.

Надёжность, эксплуатационная технологичность, контролеспособность и ремонтпригодность в совокупности характеризуют эксплуатационное совершенство автотранспортного средства. Несовершенство транспортного средства по этой комплексной характеристике может приводить к ошибкам обслуживающего персонала в процессе его обслуживания и ремонта и, как следствие, к ее отказам и неисправностям.

Эргономическое совершенство сельскохозяйственного транспортного средства определяет степень соответствия его характеристик возможностям во-

дителя. К числу этих характеристик относятся характеристики устойчивости и управляемости транспортного средства, характеристики систем отображения информации, степень автоматизации процессов управления, другие характеристики, которые определяются качеством контакта между водителем и транспортным средством. Недостаточное эргономическое совершенство автомобилей может приводить к неправильным действиям водителя во время движения.

Вторую группу факторов – личностные факторы – можно определить как нарушение установленных правил, ошибочное действие или бездействие лиц связанных с организацией, обеспечением и выполнением дорожного движения. Эти факторы выступают как следствия вполне конкретных причин, заложенных в индивидуальных характеристиках людей, а именно: в их профессиональном уровне, психофизическом состоянии, дисциплинированности и личных особенностях.

Третью группу факторов – факторы внешней среды можно определить не только как факторы природной среды, но и как наличие в ней любых внешних предметов, потенциально влияющих на безопасность движения. Отдельные природные явления могут непосредственно влиять на безопасность дорожного движения, другие вызывать неисправности транспортного средства, третьи вызывать ошибки водителя при дорожном движении.

Из выше изложенного следует, что одинаковые по характеру отрицательных последствий факторы могут иметь различную причину их возникновения.

Разделим неблагоприятные факторы (по характеру отрицательных последствий) на три группы: неисправности транспортного средства, ошибки обслуживающего персонала, неблагоприятные внешние условия дорожного движения. Взаимосвязь этих групп факторов с источниками их возникновения изобразим в виде схемы (рисунок 1).

Изменения факторов в худшую сторону способствует образованию опасных ситуаций. Длительное существование опасных ситуаций и их одновременное проявление являются причиной аварий и катастроф на дорогах.

При организации работы по обеспечению безопасности транспортных процессов в АПК, в первую очередь необходимо учитывать факторы, служащие причиной дорожно – транспортных происшествий.

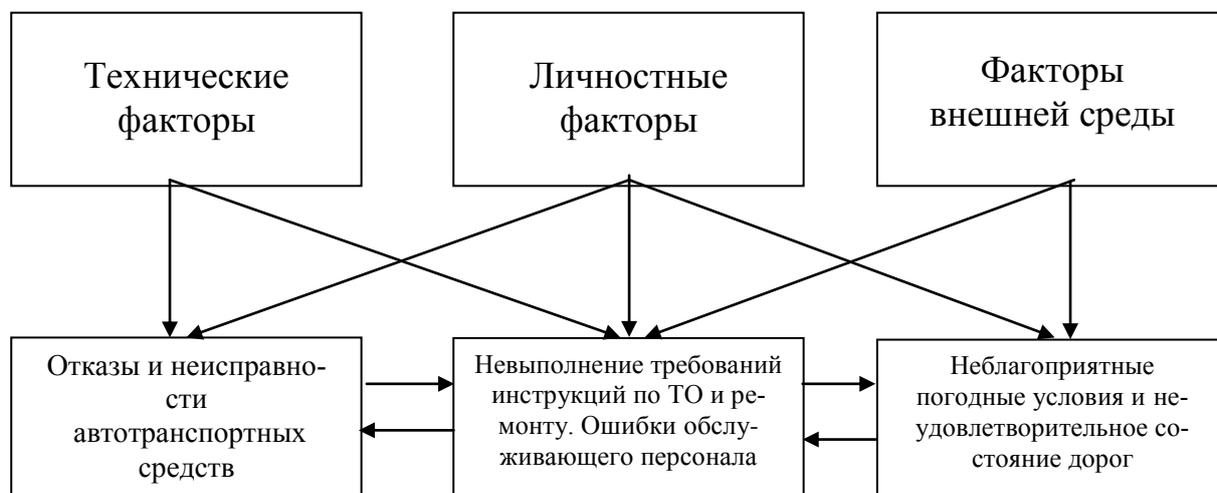


Рисунок 1 – Структурная схема взаимосвязи неблагоприятных факторов

Значительное число факторов, влияющих на безопасность транспортных процессов, требует научного анализа причин их появления, оценки степени их опасности для разработки профилактических мероприятий по обеспечению безопасности транспортных процессов.

1.2 Состояние аварийности в Российской Федерации, причины и последствия

Одним из негативных последствий роста числа транспортных средств в России, является высокая аварийность на дорогах. За последние шестнадцать лет, с 1999 по 2014 год включительно, в Российской Федерации совершено 2903331 дорожно – транспортных происшествий, в которых погибло более 395988 и ранено 3030408 человек, следует особо отметить, что среди погибших 60% – это люди в возрасте от 16 до 45 лет.

Социально – экономические потери от транспортных происшествий оцениваются специалистами от 2 до 3% валового внутреннего продукта, ежегодно. Число погибших в расчете на 10 тыс. единиц транспорта в 4 – 6 раз, а риск совершения ДТП в России в 3 раза выше, чем в развитых зарубежных странах.

Потери от дорожно – транспортных происшествий в несколько раз превышают ущерб от железнодорожных катастроф, пожаров и других видов несчастных случаев вместе взятых.

Общая смертность пострадавших в дорожно – транспортных происшествиях в 12 раз выше, чем при получении травм в результате других несчастных случаев, а количество пострадавших, получивших инвалидность в результате ДТП, – в 6 раз выше. Пострадавшие в результате ДТП люди нуждаются в госпитализации в 7 раз чаще. Россия по тяжести последствий в результате дорожно – транспортных происшествий опережает европейские страны в среднем в 4 раза.

Данные цифры говорят о том, что в нашей стране очень мало, внимания уделяется безопасности участников транспортных процессов. Лишь в последнем Положении «О Государственной инспекции безопасности дорожного движения» задача сохранения жизни и здоровья людей выдвигается на первый план, в старых документах об этом упоминалось лишь вскользь.

К этому следует добавить, что улично – дорожная сеть в стране не соответствует фактической интенсивности транспортных потоков. Основные магистрали перегружены в 2 – 3 раза. Техническое состояние местных автомобильных дорог критическое. Наиболее остро складывается ситуация с инфраструктурой дорожного движения в городах. Большинство дорог не соответствует возросшему транспортному потоку, что становится причиной гибели людей, получения тяжких телесных повреждений. И на этом фоне, смешной становится цифра, показывающая процент ДТП из – за неудовлетворительного состояния улиц и дорог, (до 11%) тогда как в таких странах, как ФРГ, Франция этот показатель в несколько раз выше и это при хорошем качестве дорог.

На состояние аварийности значительное влияние оказывает несовершенство, конструктивно – эксплуатационного состояния транспортных средств, значительная часть автопарка эксплуатируется сверх установленных сроков. Транспортные средства, выпускаемые в нашей стране, не отвечают современ-

ным требованиям активной, пассивной, послеаварийной и экологической безопасности. В то же время, по статистике, лишь 5% всех ДТП происходит из – за технических неисправностей.

Остается крайне низким уровень транспортной дисциплины участников транспортных процессов. Ежегодно выявляется более 50 млн. нарушений Правил дорожного движения, При этом широкое распространение получили нарушения связанные с сознательным невыполнением установленных требований.

Остается низким уровень функционирования системы обеспечения безопасности дорожного движения страны.

Социально – экономический, политический и нравственный кризис общества резко обострил целый комплекс накапливавшихся на протяжении многих лет нерешенных, проблем в сфере безопасности дорожного движения и послужил своего рода толчком к тому, чтобы складывавшаяся годами система обеспечения мер по предупреждению аварийности, по существу, развалилась.

В России около 60% всех автомобильных дорог имеют ширину проезжей части всего от 7 до 7,5 м, а по таким дорогам осуществляется до 90% всех грузовых перевозок в стране. В то же время на автомагистралях число происшествий от 3 до 5 раз меньше, чем на обычных дорогах, а стоимость перевозок от 2 до 3 раз ниже. Проведенные исследования показали, что из-за плохого качества дорог у водителя наступает резкая утомляемость (в среднем после 4 часов нахождения за рулем), повышается вероятность вовлечения его в ДТП. В расширении автодорог, улучшении их качества скрыт огромный потенциал снижения уровня аварийности.

Одной из причин возникновения аварийных ситуаций на дорогах является высокая агрессивность водителей. Под этим следует понимать не агрессию в виде вооруженных конфликтов, а любое поведение, при котором участник транспортного процесса прямо или косвенно угрожает нанести физический, психологический или моральный ущерб, либо ущерб собственности.

Причины агрессивности на транспорте весьма разнообразны. Агрессия водителя связана с определенными ситуациями на дороге, причины которых могут быть разными:

- увеличивающийся поток транспорта;
- обычная повседневная усталость;
- потеря времени в пробках и связанная с этим не попасть в нужное место к назначенному времени;
- профессиональные или личные неурядицы и, как реакция на это, неадекватное поведение за рулем;
- ученики и пожилые люди, которые ездят подчеркнуто медленно.

Практика показывает, что значительное число ДТП обусловлено ошибками водителей, допускаемыми ими в результате недостаточной подготовки и опыта, недисциплинированности, пренебрежения требованиями Правил дорожного движения. К основным причинам ДТП при этом можно отнести: нервно-психическую напряженность (23,6%), отвлечение внимания (19,3%), превышение скорости и спешка (14,7%), осознанное противоправное поведение водителя в условиях дорожного движения (10,4%), ошибки в прогнозе дорожной обстановки (9,4%), пренебрежение плохой видимостью (9,1%), недостаточное знание правил дорожного движения (8,3%), недооценку опасности (6,2%). Значительное число происшествий с тяжелыми последствиями связано с засыпанием водителя за рулем в результате утомляемости и монотонности движения. Аварийность на дорогах находится в прямой зависимости от стажа работы водителем. На каждые 100 ДТП от 7,1 до 7,3% совершается водителями со стажем управления менее одного года; от 10,8 до 11,5% – со стажем немногим более года; от 9,8 до 10,2% – со стажем от двух до трех лет; от 8,5 до 8,8% – со стажем от трех до четырех лет.

По данным статистики ежегодно из-за технических неисправностей в Российской Федерации происходят от 3% до 5% всех дорожно-транспортных происшествий и в большинстве случаев со смертельным исходом. Выборочные

проверки результатов дорожно-транспортных происшествий проводимые судебной автотехнической экспертизой Всероссийского научно-исследовательского института безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации, Научно-исследовательского института автомобильного транспорта показывают, что из-за неисправностей происходят до 14 до 20% дорожно-транспортных происшествий. Эти результаты подтверждаются работами ученых В.В. Амбарцумяна, Е.В. Бочарова, В.С. Волошина, Б.А. Ройтмана, Р.В. Ротенберга, В.И. Суковицина.

Причины возникновения неисправностей носят конструкционный характер (от 3,5% до 5%), производственный (от 20% до 30%), эксплуатационный характер (от 60% до 80%).

Современные транспортные средства состоят из многих систем. В основном дорожно-транспортные происходят из-за неисправностей тормозной системы, рулевого управления, колес и шин, световых приборов, прочих элементов конструкции.

Неудовлетворительное состояние тормозной системы является причиной почти половины ДТП, возникших из-за технических неисправностей, например, в США 15% аварий со смертельным исходом происходит вследствие плохой работы тормозной системы. В Российской Федерации по этой причине происходит от 30 до 40% ДТП связанных с техническими неисправностями автотранспортных средств.

За период с 2000 по 2007 год в России из-за неудовлетворительного технического состояния транспортных средств зарегистрировано 27472 дорожно-транспортного происшествия (2% от общего числа), причинами которых стали неисправности рулевого управления (11,1%), тормозной системы (29,9%), внешних световых приборов (31,1%), иных элементов конструкции (6,9%). Состояние аварийности из-за неисправностей транспортных средств в РФ представлены в таблице (приложение Д).

Особую тревогу вызывают неисправности тормозной системы, как показывают исследования, для предотвращения дорожно-транспортных происшествий, водитель применяет тормозную систему от 75 до 80% случаев.

1.2.1 Состояние аварийности и травматизма в АПК

На сельскохозяйственных предприятиях, занятых производством сельскохозяйственной продукции, среди пострадавших самую большую группу составляют механизаторы (ежегодно около 24% от общего количества погибших). Дорожно – транспортные происшествия – основная травматическая ситуация в АПК, в результате которой только в 2008 году погибло более 45%, от общего количества погибших.

Уровень травматизма со смертельным исходом K_{CM} (количество погибших на 10000 работающих) в 2008 году увеличился на 5,5 процента.

Анализ материалов расследований показывает, что наиболее характерными причинами несчастных случаев со смертельным исходом в системе АПК являлись (таблица 1.1).

Таблица 1 – Причины несчастных случаев со смертельным исходом в системе АПК

Причины несчастных случаев	%, от общего количества
Дорожно – транспортные происшествия	20
Неудовлетворительная организация проводимой работы	17
Допуск к работе без инструктажа и обучения	14
Эксплуатация неисправных машин и оборудования	13
Алкогольное опьянение	7,5
Нарушение технологии производства работ	5,6
Нарушение правил пожарной безопасности	4,5
Убийства	3,7
Прочие	17,5

Транспортная и мобильная техника являются основным источником травмирования. Это прежде всего, колесные и гусеничные тракторы, грузовые и легковые автомобили, самоходные комбайны, погрузчики сельскохозяйственной продукции.

К числу наиболее часто повторяющихся причин гибели работников сельского хозяйства относятся следующие: опрокидывание тракторов, заводка двигателя при включенной коробке перемены передач, отсутствие ограждений карданных передач и другие. Однако заводы изготовители по-прежнему поставляют тракторы с кабинами, не обеспечивающими зону безопасности трактористов при опрокидывании тракторов.

Существенное влияние на состояние аварийности, числа несчастных случаев является низкая трудовая и транспортная дисциплина. Около половины несчастных случаев со смертельным исходом в АПК происходит в результате дорожно – транспортных происшествий, при этом вследствие низкой трудовой дисциплины более половины дорожных аварий совершаются водителями и механизаторами, находящимися в состоянии алкогольного опьянения.

Основными причинами дорожно - транспортных происшествий в АПК являются:

- отсутствие контроля за соблюдением водителями – операторами трудовой и транспортной дисциплины, их работой на линии;
- отсутствием специально отведенных площадок для хранения транспортных средств;
- отсутствие предрейсовых и послерейсовых медосмотров,
- допуск к управлению тракторами и автомобилями лиц, не имеющих соответствующих удостоверений и не прошедших инструктаж по технике безопасности.

Зачастую в период выполнения сельскохозяйственных транспортно - те работ, на полях не отводятся участки, оборудованные для безопасного отдыха и приема пищи. Почти не разрабатываются маршруты безопасного движения техники по внутрихозяйственным дорогам.

Анализ причин показывает, что 80% всех несчастных случаев происходит из-за недостаточной организаторской работы.

К ним, прежде всего, относится:

- пренебрежение требованиями безопасности всеми участниками производственного процесса, включая самих работников;
- неудовлетворительная организация рабочих мест;
- нарушение производственной и технологической дисциплины, а также правил дорожного движения и пожарной безопасности;
- недостаточная подготовка управленческого и производственного персонала в области охраны труда, неприменение или использование неисправных средств индивидуальной защиты.

Устранение этих и других аналогичных причин не требует больших финансовых затрат, а в первую очередь является следствием того, что в системе агропромышленного производства в результате деструктуризации систем управления из-за сокращения службы охраны труда практически утеряно управление безопасностью труда на производстве.

Одной из причин сложившегося с аварийностью положения является недооценка социальной значимости этого вопроса на всех уровнях управления, и в первую очередь руководителями предприятий и организаций агропромышленного комплекса.

1.2.2 Общая характеристика сельскохозяйственных транспортных средств

В сельскохозяйственном производстве используют все основные виды транспорта, включая автомобильный, тракторный, гужевой, авиационный, железнодорожный, трубопроводный, канатный (рисунок 2).

Основную часть сельскохозяйственных грузов перевозят автомобильным (до 80 %) и тракторным (20...27 %) транспортом.

Гужевой транспорт используют в небольшом количестве и в основном на внутриусадебных перевозках, включая подвоз кормов на фермах, перевозку молока и других.

Авиационный транспорт используют для подкормки растений и защиты посевов от болезней и вредителей, а также как санитарную авиацию. Однако

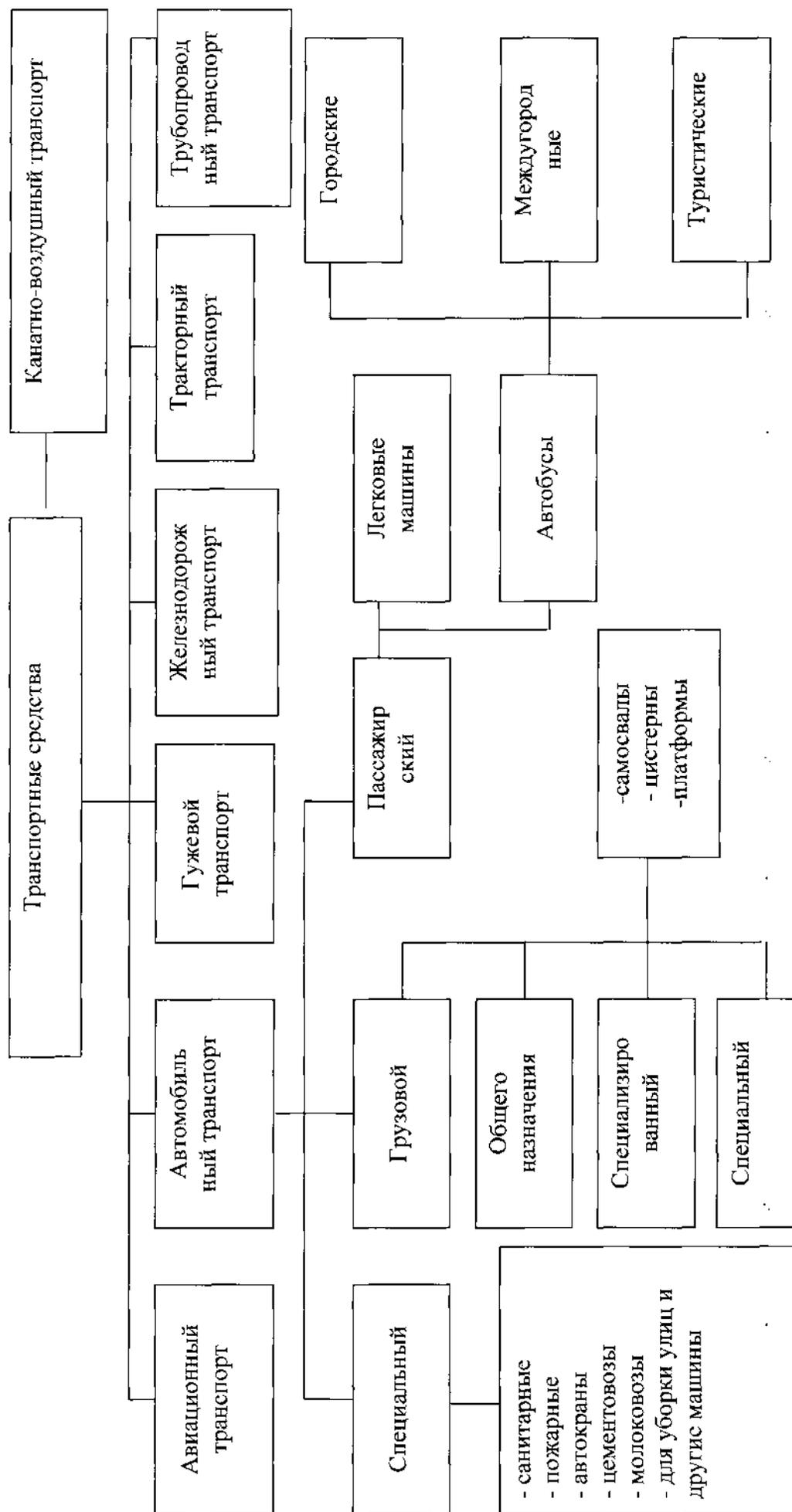


Рисунок 2 – Классификация сельскохозяйственных транспортных средств

применение авиаций в сельском хозяйстве резко снижено из-за высокой стоимости работ. Железнодорожным транспортом доставляют технику, удобрения и другие материалы, а также вывозят урожай в промышленные центры.

С помощью трубопроводного транспорта перемещают на небольшие расстояния корма, молоко, отходы животных, минеральные удобрения и другие материалы.

Канатно-воздушный транспорт используют преимущественно в горных районах, где отсутствуют дороги.

1.2.2.1 Автомобильный транспорт

Подвижной состав автомобильного транспорта в целом подразделяют на грузовой, специальный (для негрузовых перевозок, включая санитарные автомобили, агрегаты технического обслуживания, передвижные радиостанции, ремонтные мастерские и т. д.) и пассажирский.

Грузовые автомобили классифицируют на автомобили общего назначения, специализированные и специальные. Специализированные автомобили приспособлены для перевозки отдельных видов грузов с соответствующей конструкцией кузова, включая самосвалы, цистерны, специальные платформы и другие.

Специальные автомобили предназначены для выполнения транспортно-технологических работ с помощью установленного на них специального оборудования, включая автокраны, противопожарные машины и др.

Грузовые автомобили различают по грузоподъемности, типу кузова и двигателя, виду применяемого топлива и по проходимости.

1.2.2.2 Перспективность применения прицепных автопоездов в транспортном процессе сельскохозяйственного производства

Многие производители грузовых автомобилей разрабатывают перспективные конструкции автопоездов. Так, в 1998 году на выставке в Ганновере, шведская компания "Scania" совместно с немецкой фирмой "Krone" представи-

ли перспективный автопоезд полной массой 64 тонны при длине 28 м. Производители этого автопоезда утверждают, что его применение, при условии использования тягача с мощным современным дизелем, мощностью 420 л.с. и более, позволяет перевозить за один рейс на 50% больше груза, снизить затраты топлива на тонну перевозимого груза на 20 % и снизить количество вредных выбросов на 25% (рисунок 3).



Рисунок 3 – Автопоезд Triple Unit Concept совместной разработки Scania и Knorr имеет длину 28 метров

Авторы разработки утверждают, что для эффективной эксплуатации таких автопоездов на магистралях, они должны иметь возможность движения со скоростью от 80 до 90 км/ч, и поэтому, особое внимание должно быть уделено безопасности и в первую очередь надежной и эффективной тормозной системе.

Трех и четырехзвенные автопоезда допускаются к эксплуатации в отдельных штатах США, но лидирует в области применения большегрузных автопоездов большой длины Австралия.

В нашей стране имелся: определенный опыт эксплуатации таких автопоездов, причем наибольшее распространение имели трехзвенные прицепные и седельно – прицепные автопоезда.

Комплектация таких автопоездов производилась в автохозяйствах из наличного парка автомобилей и прицепов, что, как правило, приводило к существенным конструктивным и эксплуатационным недостаткам, что, в известной мере, скомпрометировало идею применения многозвенных автопоездов.

Классификация грузовых автомобилей применяемых в сельском хозяйстве представлена на рисунке 4.

1.2.3 Тракторный транспорт

Этот вид транспорта занимает в сельскохозяйственном производстве второе место по значимости, на его долю приходится 20...27 % перевозимых грузов.

Тракторный транспорт используют преимущественно на внутри-усадебных внутривозвездных перевозках и в сложных дорожных условиях.

На транспортных работах применяют в основном колесные тракторы марок МТЗ-80.1, МТЗ-82, Беларус-923, ЮМЗ-6АКМ, ЮМЗ-6ДМ, ЛТЗ-60АБ, ВТ-130К, Т-150К, Т-15К, ХТЗ-12, гусеничные ДТ-75Д, ДТ-75Н, ДТ-175М, ВТ-100, ВТ-130, ДТ-75МЛ, ДТ-75Т, Т-150, ХТЗ-180Р, ХТЗ-200.

Разработаны тракторы «Беларус-1221», ЛТЗ-155, ЛТЗ-95 и универсальное шасси «Беларус» ШУ-356, Т-402А, гусеничный трактор Т-90Си другие.

Современные тракторы классифицируют по назначению, типу движителей и остову, типажу (рисунок 5).

Гусеничные тракторы используют на транспортных работах только в условиях бездорожья и на короткие расстояния.

Тракторные прицепы в зависимости от назначения разделяют на универсальные и специальные, а по числу осей – на одно – , двух – и трехосные.

Наибольшее распространение получили одноосные тракторные прицепы типа 2ПТС-4,5 и 2ПТС-5 грузоподъемностью до 5000 кг, а также двухосные прицепы типа 2ПТС – 8 (грузоподъемностью 8000 кг), ПТС-10/12/15.

Прицепы грузоподъемностью 4000 и 6000 кг агрегируют в основном с тракторами типа МТЗ.

Полунавесной двухосный прицеп ММЗ-771Б грузоподъемностью 9000 кг агрегируют с тракторами типа Т-150К и К - 701, а трехосные прицепы 3-ПТС-12Б грузоподъемностью 12000 кг – с трактором типа К-701. Все тракторные прицепы оборудованы гидроподъемниками для разгрузки.

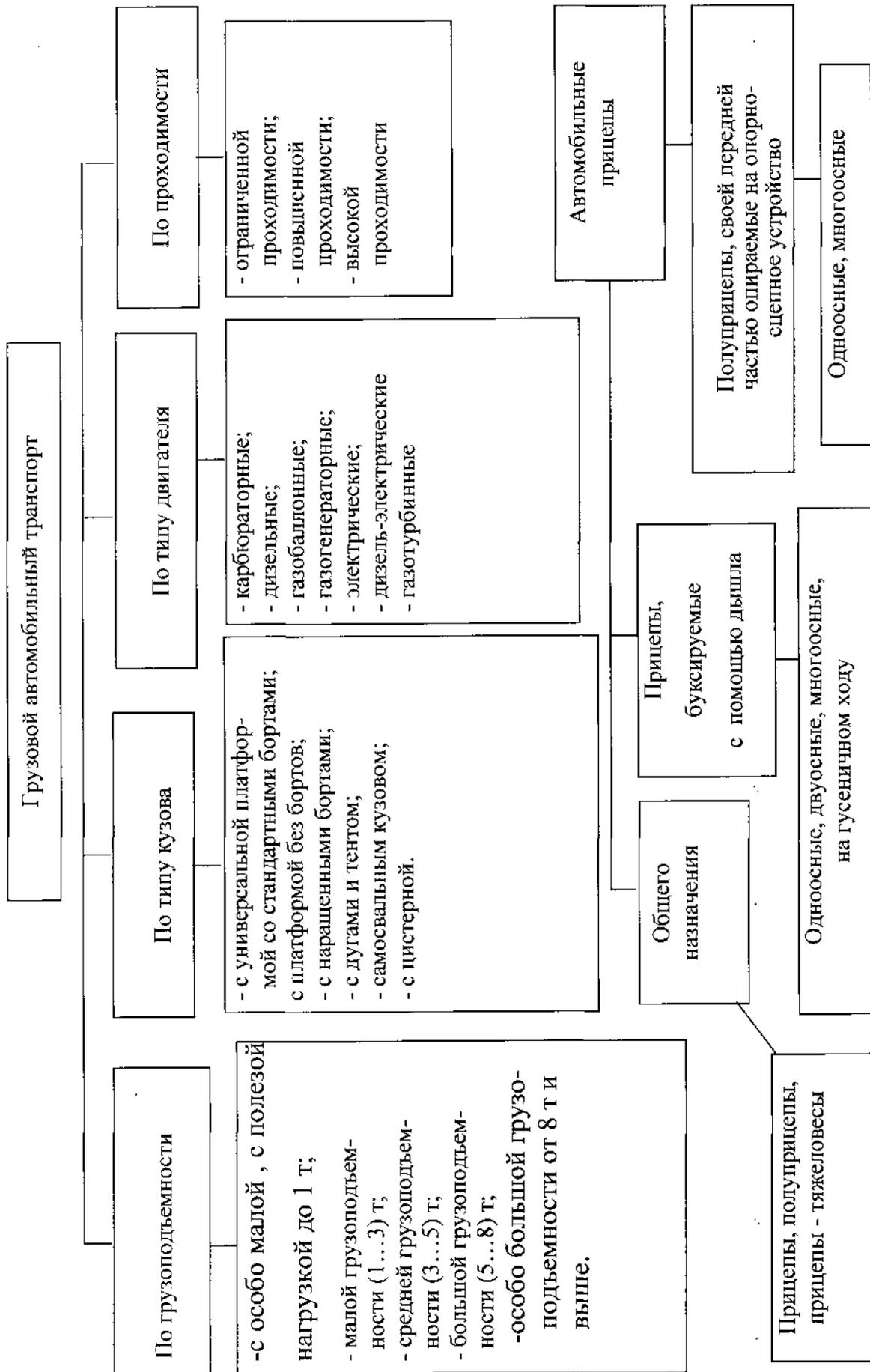


Рисунок 4 – Классификация грузового автомобильного транспорта и автомобильных прицепов

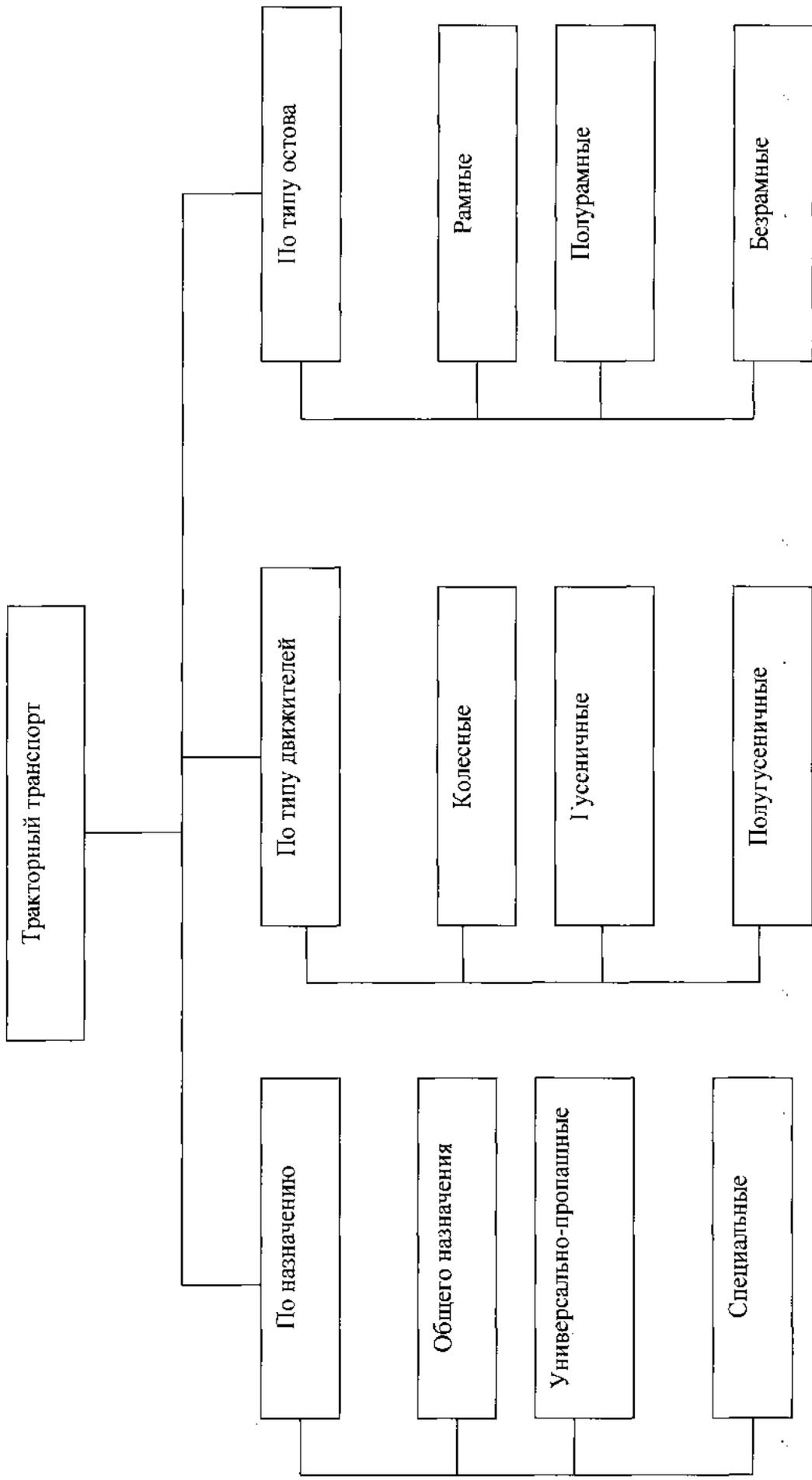


Рисунок 5 -- Классификация тракторов

1.3 Автомобильная транспортная сеть

Автомобильная транспортная сеть представляет собой комплекс автомобильных дорог, автотранспортных средств и специализированных предприятий.

Каждый из элементов этой транспортной сети, в свою очередь, является сложной структурой.

Так, автомобильные дороги включают в свой состав сами дороги, сооружения, мосты, трубы, переправы, здания линейно-эксплуатационной службы и автотранспортные сооружения, зеленые насаждения, снегозащитные и путевые ограждения, крепительные устройства, дорожные знаки и указатели.

В настоящее время автотранспортная сеть России включает в себя более 531 тыс. км автомобильных дорог общего пользования.

1.3.1 Автомобильные дороги

К автомобильным дорогам общего пользования относятся внегородские автомобильные дороги, которые являются государственной собственностью Российской Федерации и подразделяются на:

- дороги общего пользования, являющиеся федеральной собственностью;
- федеральные дороги;
- дороги субъектов Российской Федерации, относящиеся соответственно к собственности субъектов Российской Федерации.

Основные грузопотоки проходят по федеральным дорогам, к которым относятся магистральные дороги соединяющие столицу Российской Федерации – г Москву со столицами независимых государств, столицами республик в составе Российской Федерации, административными центрами краев и областей и дороги, обеспечивающие международные автотранспортные связи. Прочие дороги соединяют между собой столицы республик в составе Российской Федерации, административные центры краев, областей, а также этих городов с ближайшими административными центрами автономных образований.

При отсутствии автомобильной дороги от сети федеральных дорог до ад-

министративных центров, к федеральным дорогам относятся автомобильные дороги от этих центров до аэропортов, морских, речных портов, железнодорожных станций.

В сельскохозяйственном промышленном производстве различают классификацию автомобильных дорог и классификацию, используемую при нормировании тракторных транспортных работ.

Существует два вида классификации автомобильных дорог: государственная и техническая.

По государственной классификации дороги подразделяют по ведомственной подчиненности, включая общегосударственные, республиканские, областные, районные, курортные и ведомственные.

Техническая классификация автомобильных дорог осуществляется по назначению и интенсивности движения транспортных средств. По этой классификации имеется пять технических категорий дорог:

- категории I, II – дороги общегосударственного значения при интенсивности движения 6 тыс/сут автомобилей на дорогах первой категории от 3 до 6 тыс/сут на дорогах второй категории;

- категория III – дороги республиканского и областного значения при интенсивности движения от 1 до 3 тыс/сут автомобилей;

- категория IV, V – дороги местного значения с интенсивностью движения соответственно от 0,2 до 1 тыс/сут автомобилей и менее 0,2 тыс/сут.

К дорогам местного значения относят те, по которым выполняют внутрихозяйственные и внехозяйственные перевозки.

Дороги для внехозяйственных перевозок соединяют хозяйственные центры с существующей сетью автомобильных дорог. Внутрихозяйственные дороги располагаются на территории самого хозяйства.

1.3.2 Дороги для перевозки грузов тракторным транспортом

При нормировании тракторных транспортных работ, сельскохозяйственные дороги в этом случае подразделяют на три группы:

1. Обычные грунтовые дороги, сухие в хорошем состоянии, снежные укатанные дороги и дороги с твердым покрытием (асфальтные, асфальтобетонные).

2. Гравийные и щебенчатые (разбитые), грунтовые, проселочные, песчаные, разбитые после дождя (мокрые), слегка оттаивающие после оттепелей, с рыхлым снежным покровом, дороги по стерне зерновых, поле после корнеклубнеплодов в сухую погоду;

3. Разбитые дороги с глубокой колеей, оттаивающая или просыхающая снежная целина (при перевозке санями), бездорожье в весеннюю или осеннюю распутицу, гребнистая снежная целина, пашня нормальной влажности или замерзшая после уборки корнеклубнеплодов (переувлажненная).

1.4 Организация и обеспечение безопасности транспортных процессов в агропромышленном производстве

Безопасность транспортных процессов в АПК определяется свойствами системы В-ТС-Д-С и проявляется только при практическом выполнении этих процессов, поэтому рассмотрим основные этапы деятельности автотранспортных предприятий (АТП) сельскохозяйственного производства. Деятельность автотранспортных предприятий (АТП) включает три основных этапа

- организация транспортных процессов;
- выполнение транспортных процессов (рейса);
- подведение результатов безопасности транспортных процессов (рисунок 6).

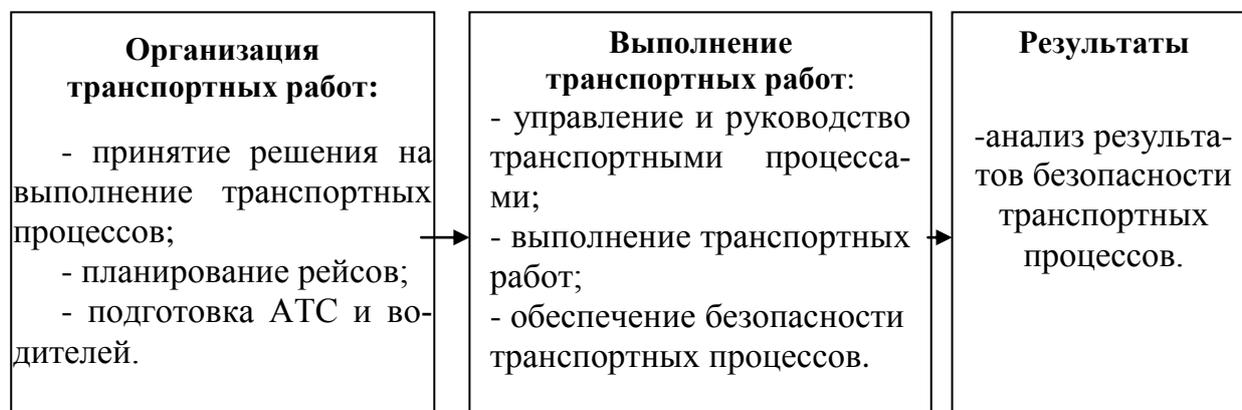


Рисунок 6 – Этапы деятельности автотранспортных предприятий в обеспечении безопасности транспортных процессов

Организация транспортных процессов является подготовительным, наиболее трудоемким этапом, включающим принятие решения на выполнение транспортных работ, планирование транспортных работ и подготовку к ним.

Решение о проведении транспортных работ принимается руководителем предприятия исходя из задач, стоящих перед АТП, наличия и готовности автотранспортных средств, средств управления и обеспечения безопасности движения, подготовки водительского состава и располагаемого времени на подготовку к выполнению рейсов. Планирование рейсов осуществляется руководящим составом АТП, которое предусматривает составление наряда, постановку задач инженерно-техническим работникам на подготовку СТС и выполнение всех рейсов. Подготовка к выполнению рейсов, организуемая отделом перевозок, включает подготовку водителей, диспетчерской службы, автотранспортных средств, средств управления и обеспечения движения.

Выполнение безопасности транспортных процессов является основным этапом деятельности АТП, в процессе которого водители осуществляют непосредственное выполнение рейсов. На этом этапе осуществляется управление и руководство транспортными работами и их обеспечение. Управление транспортными работами включает действия начальников колонн и отделов по планированию, координированию, обеспечению этих работ. Руководство выполнением рейсов осуществляет диспетчерская служба по четкому, надежному и непрерывному регулированию движения СТС с целью успешного выполнения рейсов и обеспечения безопасности транспортных работ.

Для обеспечения надежной работы автотранспортных средств, эффективного ее применения в процессе выполнения транспортных работ, для предотвращения появления опасных ситуаций и обеспечения безопасности транспортных работ, в случае их возникновения организуются инженерные, метеорологические, медицинские виды обеспечения рейсов. Особое значение имеет инженерное обеспечение, которое осуществляется инженерной службой предприятия. Как известно, в задачу инженерного обеспечения входит содержание

автотранспортных средств в исправности, грамотная техническая эксплуатация, своевременная подготовка техники к выходу в рейс и надежное её сбережение. Организует обеспечение главный инженер, который производит расчет сил и средств на подготовку СТС и обеспечение транспортных работ. Руководство работой обслуживающего персонала при подготовке СТС и во время их выполнения непосредственно осуществляют мастера и начальники колонн.

Подведение итогов (день безопасности дорожного движения) является заключительным этапом выполнения транспортных работ. На нем подводятся итоги деятельности АТП, оценивается качество выполнения работы, обеспечения безопасности транспортных работ, ставятся задачи с целью повышения качества безопасности транспортных работ. Подведение итогов является важным этапом деятельности АТП.

Высокое качество выполнения рейсов, обеспечение безаварийной деятельности АТП возможно только при правильной организации и качественном выполнении транспортных работ, квалифицированном его анализе.

Глава 2 Теоретические исследования путей повышения безопасности транспортных процессов в АПК

2.1 Система «Водитель – транспортное средство – дорога – среда» в обеспечении безопасности транспортных процессов

Уровень безопасности транспортных процессов определяется свойствами системы «Водитель – транспортное средство – дорога - среда», которая и является объектом исследования безопасности дорожного движения (далее в звено «дорога» мы будем включать и звено «среда»). В общем случае, система В-ТС-Д-С включает в себя следующие взаимодействующие между собой системы:

- систему создания и производства автомобилей, тракторов, мобильной техники;
- систему обучения и подготовки водителей, обслуживающего персонала, инженерно-технических работников;
- систему организации, выполнения и обеспечения безопасности транспортных процессов (рисунок 7).

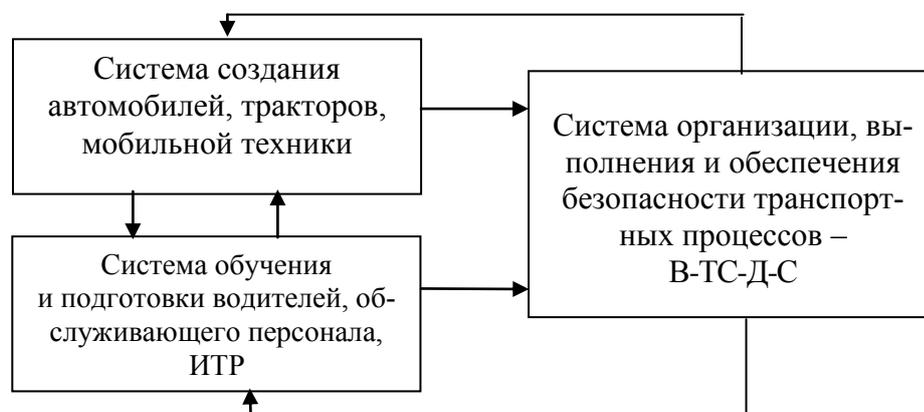


Рисунок 7 – Взаимодействие систем в обеспечении безопасности транспортных работ

Поскольку аварийность и эффективность использования ТС проявляется только при практическом выполнении транспортных процессов (рейсов), то под системой В-ТС-Д-С понимают систему организации, выполнения и обеспечения безопасности транспортных процессов, которой является самостоятельно функционирующее автотранспортное предприятие (АТП). При этом необходимо от-

четливо представлять, что уровень безопасности закладывается при создании ТС, который в зависимости от качества подготовки кадров, сложности выполняемых задач может быть лучше или хуже реализован в процессе функционирования системы В-ТС-Д-С. Выполнение транспортных процессов представляет собой последовательный переход от одной дорожной ситуации (характеризуемой режимом движения, режимами работы отдельных систем, внешними условиями и психофизиологическим состоянием водителя) к другой. Множество дорожных ситуаций состоит из двух подмножеств: нормальных (штатных) и опасных (особых, нештатных) ситуаций. При возникновении опасной ситуации, вызванной каким-либо неблагоприятным фактором, водитель стремится устранить последствия этого воздействия. В некоторых случаях возникшая опасная ситуация может последовательно переходить от одной опасной ситуации к другой, пока рейс закончится благополучным или неблагополучным исходом. Дорожно – транспортное происшествие есть результат выхода ТС на предельные значения определяющих параметров в результате развития опасной ситуации.

Поскольку частота этого выхода характеризует уровень безопасности транспортных процессов, то предметом исследования безопасности транспортных процессов являются закономерности возникновения и развития опасных ситуаций, их причины, мероприятия по предупреждению и ослаблению их воздействия.

Задачей безопасности транспортных процессов является разработка методологии выявления закономерностей появления и развития опасных ситуаций, разработка критериев и методов оценки их влияния на уровень аварийности с конечной целью управления этим уровнем. В этом смысле снижение аварийности и дорожно – транспортного травматизма при выполнении транспортных процессов является одной из самых практических теорий.

На безопасность транспортных процессов оказывают влияние различные факторы: неисправность транспортного средства, ошибка водителя, неудовлетворительное состояние дороги, аномальные природные явления и другие. При

выполнении рейса в пути следования транспортного средства возникают ситуации, которые можно разделить на нормальные и особые (опасные) (рисунок 8).

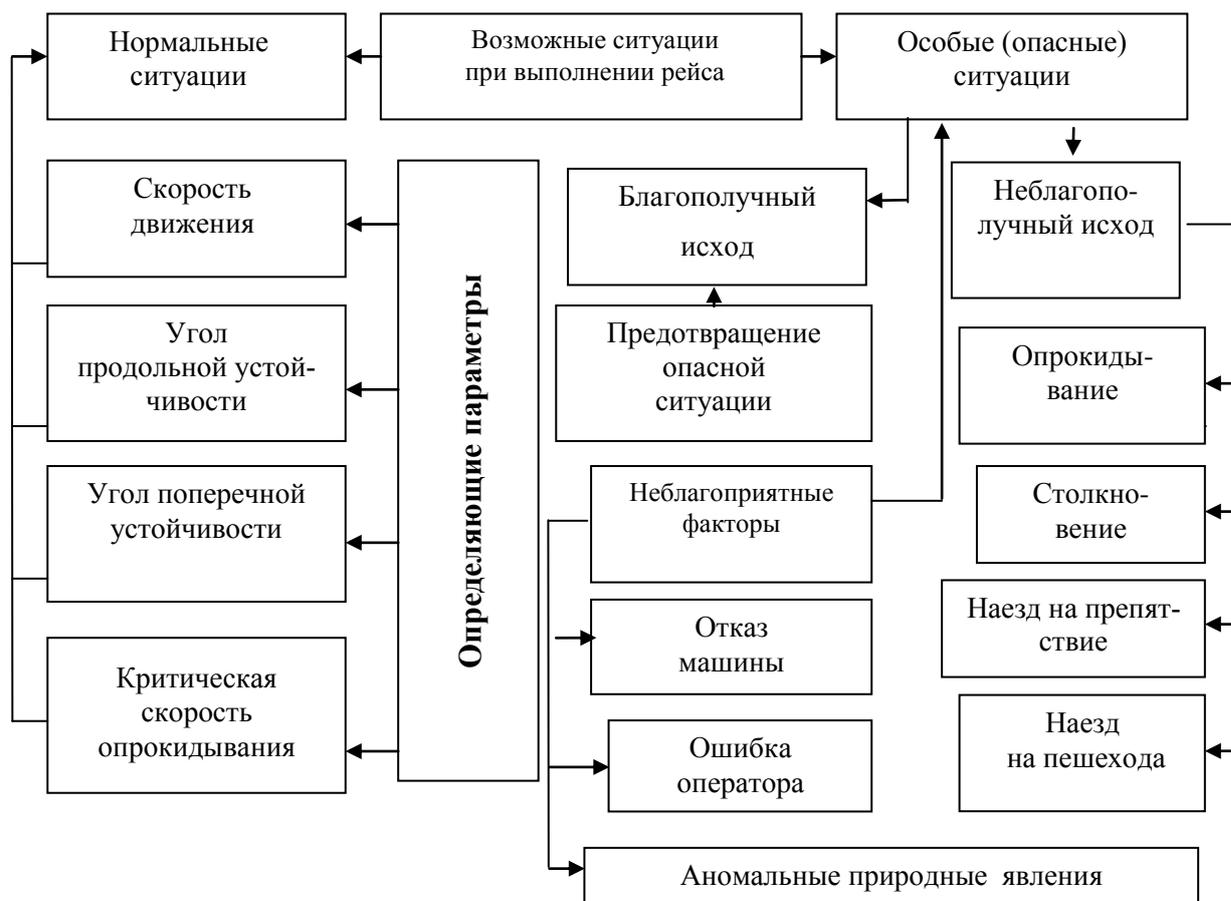


Рисунок 8 – Исходы транспортных рейсов

Особая ситуация – обстановка, сложившаяся при движении транспортного средства из-за воздействия неблагоприятного фактора. В зависимости от степени опасности особые ситуации делят на катастрофические, аварийные, опасные и ситуации, вызывающие усложнение условий движения.

Катастрофическая ситуация – особая ситуация, при которой предотвращение гибели людей практически невозможно.

Аварийная ситуация – особая ситуация, требующая особых экстренных действий водителя, от профессионального мастерства которого зависит недопущение перехода этой ситуации в катастрофическую. Аварийная ситуация требует немедленного прекращения движения.

Опасная ситуация – особая ситуация, для предотвращения перехода которой в аварийную или катастрофическую требуются своевременные и правиль-

ные действия водителя. Опасная ситуация может сопровождаться значительным ухудшением условий движения, однако не требует немедленного прекращения движения.

В процессе развития опасной ситуации изменяются параметры движения транспортного средства. Те параметры, которые имеют ограничения из-за условий обеспечения безопасности движения, называются определяющими параметрами. К определяющим параметрам можно отнести максимальную скорость движения, критическую скорость поворота, критический угол опрокидывания и другие. Предельное значение определяющего параметра называется такое его значение, при котором возникает аварийная или катастрофическая ситуация. Обеспечение безопасности движения требует, чтобы в движении определяющие параметры не достигли своих предельных значений, то есть сохранился некоторый запас. Наибольшее значение параметра, разрешенное при эксплуатации из условий обеспечения безопасности дорожного движения, называется допустимым значением определяющего параметра. Определяющий параметр, который в данной особой ситуации раньше всего достигает своего предельного значения, называется критическим.

Определяющие параметры движения транспортного средства ограничены конкретными числами: скорость, угол продольной и поперечной устойчивости, критическая скорость опрокидывания, остановочный путь и другие. Выход одного или нескольких определяющих параметров за предельные значения приведет к дорожно-транспортному происшествию, то есть к неблагоприятному исходу: опрокидыванию, столкновению, наезду на пешехода или препятствие.

Действия водителя по предотвращению последствий неисправностей систем автомобиля должны быть направлены в первую очередь на устранение нежелательного изменения параметров движения. Вмешательство в управление может выражаться в отклонении органов управления, включения системы (например, тормозной).

Последствия неисправности водитель обнаруживает не сразу, не мгно-

венно, а через определенное время, то есть вмешивается в управление с запаздыванием.

Под временем запаздывания вмешательства водителя в управление следует понимать отрезок времени с момента появления неблагоприятного фактора (с начала нежелательного изменения параметров движения) до начала его действий, направленных на устранение последствий неблагоприятного фактора.

Поэтому время t_3 можно считать временем вмешательства t_B . В общем случае оно состоит из двух составляющих: времени обнаружения водителем признаков опасной ситуации Δt_0 и времени переработки информации и принятия решения на необходимые действие $\Delta t_{B.П}$ т.е.

$$t_B = \Delta t_0 + \Delta t_{B.П}$$

Это справедливо для тех ситуаций, при которых параметры движения изменяются достаточно медленно и факт появления их признаков водитель обнаруживает по приборам или с помощью сигнализации. В зависимости от информативной ценности, а также раздражительных и привлекающих свойств приборов и сигнализации время вмешательства может исчисляться секундами и десятками секунд, т.е. может изменяться в широких пределах.

Если неблагоприятный фактор приводит к быстрому изменению параметров движения автотранспортного средства, то факт возникновения опасной ситуации водитель обнаруживает по акселерационным ощущениям, т.е. по ощущениям продольных и поперечных ускорений автотранспортного средства, т.е. $\Delta t_{B.П} \approx 0$ Поэтому в таких случаях $t_B = \Delta t_0$

В опасных ситуациях, в частности при неисправностях, вызывающих быстрое возмущенное движение автотранспортного средства, раздражителями для водителя являются: угловое ускорение продольной устойчивости $\dot{\omega}_{X_{CP}}$ и градиент изменения скорости торможения $v_{\text{тор}}$. Для этих раздражителей принимаются не мгновенные значения, соответствующие текущему времени t , а вычисляются средние значения на интеграле времени t_B , т.е.

$$\omega_{X_{CP}} = \frac{\int_0^{t_B} \dot{\omega}_{X_{CP}}(t) dt}{t_B} = \frac{\Delta \omega_X}{t_B} \quad (2.1)$$

$$\dot{v}_{TOP_{CP}} = \frac{\int_0^{t_B} \dot{v}_{TOP_{CP}}(t) dt}{t_B} = \frac{\Delta v_{TOP}}{t_B} \quad (2.2)$$

где $\Delta \omega_X, \Delta v_{TOP} \sim$ изменения указанных параметров за время t_B .

Обработка экспериментальных данных позволила установить ряд закономерностей в характеристиках времени вмешательства, определяемого акселерационными ощущениями.

Одна из таких закономерностей - время вмешательства при оптимальных условиях не может быть менее некоторого минимального значения. По экспериментальным данным за такое минимальное значение времени можно принять 0.13 с.

При фиксированном уровне раздражителя величина $t_B^* = t_B - 0,13$ распределена по логарифмически нормальному закону с плотностью вероятностей.

$$f\left(\frac{t_B^*}{i}\right) = \frac{1}{t_B^* \sqrt{2\pi D}} \exp\left[-\frac{(\ln t_B^* - \ln t_{B_0}^*)^2}{2D}\right] \quad (2.3)$$

$\ln t_B = M[\ln t_B^*]$ и $D = D[\ln t_B^*]$ – соответственно математическое ожидание и дисперсия величины $\ln t_B^*$.

Для определения зависимости $\ln t_B^*$ интенсивности раздражителя были получены уравнения

$$M \left[\frac{\ln_B^*}{\omega_X} \right] = -6,82 + \frac{0,134}{\omega_{X_{CP}}^{0.1}} \quad (2.4)$$

$$M \left[\frac{\ln_B^*}{V_{TOP}} \right] = -2,45 + \frac{0,97}{V_{TOP_{CP}}^{0.4}} \quad (2.5)$$

Количественной характеристикой степени опасности опасной ситуации является условная вероятность предотвращения её последствий r .

Рассмотрим общий подход к аналитическому определению вероятности предотвращения водителем последствий появления в дорожном движении неблагоприятного фактора. В результате воздействия на автотранспортное средство, в некоторый момент времени t_0 , неблагоприятного фактора параметры движения начинают отклоняться от заданных. Пусть до появления неблагоприятного фактора (увод рулевого колеса, в результате наезда на препятствие, резкий боковой порыв ветра) некоторый параметр движения X_i имел начальное значение X_{i0} . Без вмешательства водителя параметр X_i будет нарастать (кривая 1) и в некоторый момент времени t_{np} достигнет предельного значения $X_{i, np}$, установленного по условиям безопасности движения (рисунок 9).

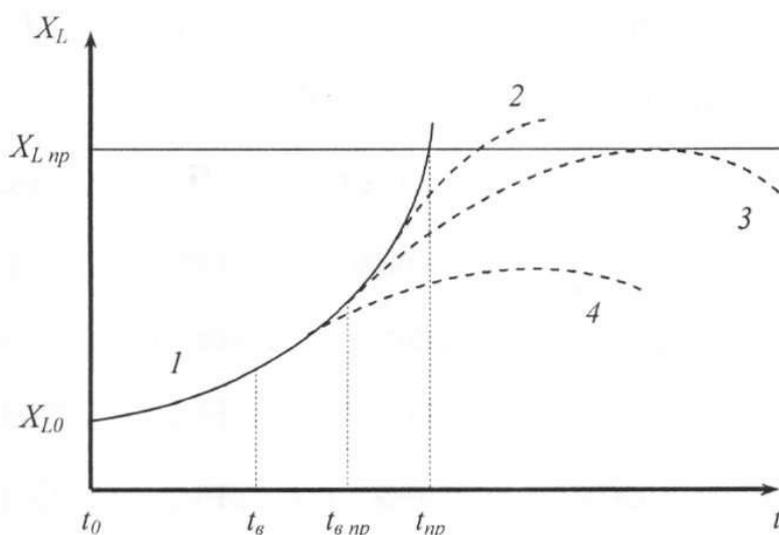


Рисунок 9 – Схема вмешательства водителя в управление автомобилем

В этом случае выход параметра за $X_{\text{ПП}}$ будет означать наступление аварии. Время $t_{\text{ПП}}$ может быть всегда определено моделированием движения автомобиля при заданных начальных условиях. Вообще говоря, это время случайно, так как в процессе изменения параметра X_i автомобиль может подвергаться случайным воздействием внешней среды. Водитель, обнаружив отклонение параметра X_i от заданного значения, вмешается в управление с целью не допустить его выход за предельное значение, а в дальнейшем и для стабилизации параметров движения. Успех будет зависеть при прочих заданных условиях от времени T_B запаздывания водителя с вмешательством и характера его действий (например, скорости отклонения рулевого колеса $\dot{\delta}$). При всяком $T_B > T_{\text{ВПП}}$ параметр X_i выходит за предельное значение (кривая 2), при $T_B = T_{\text{ВПП}}$ параметр X_i лишь достигнет предельной границы, но не превзойдет её (кривая 3) и, наконец, при $T_B < T_{\text{ВПП}}$ параметр X_i не достигнет предельного значения (кривая 4).

Время $T_{\text{ВПП}} = T_P$ называется располагаемым временем вмешательства. По своей природе это тот максимальный отрезок времени, которым располагает водитель от момента появления неблагоприятного фактора до начала действий по предотвращению его последствий. Вероятность невыхода параметра за предельное значение определяется условной вероятностью своевременного вмешательства водителя.

$$r_T = P(X < X_{\text{ПП}}) = P(t_B < t_P) = \int_0^{t_P} f\left(\frac{t_B^*}{i}\right) dt \quad (2.6)$$

Условная вероятность предотвращения последствий неисправности r_T является количественной характеристикой степени опасности неисправностей.

В зависимости от средств реализации поставленной задачи и характера неисправности r_T может быть определена одним из следующих методов: расчетным (аналитическим); методом статистических испытаний; методом экспертной оценки.

2.2 Системный анализ в исследованиях проблем обеспечения безопасности транспортных процессов

Системный подход для научного анализа проблем безопасности транспортных процессов (БТП) имеет важное качество – систематизированный и логический способ мышления, который позволяет выявлять общую цель деятельности множества подсистем, планов их развития, показателей работы. Требуется системный подход и проблема обеспечения БТП. Эта проблема включает в себя целый комплекс мероприятий по градостроительству, дорожному строительству, организации и управлению дорожным движением, автомобилестроению, эксплуатации автомобильного транспорта и автомобильных дорог, подготовке водителей, их обучению и тренировке и т. д. Решение каждой проблемы в отдельности, и всей проблемы в целом способствовали созданию государственной системы обеспечения БТП, деятельность которой направлена на предупреждение причин возникновения дорожно-транспортных происшествий, снижения тяжести их последствий.

Системный анализ позволяет сформулировать проблему БТП как взаимосвязь совокупности проблем автомобильного транспорта, дорожного хозяйства, градостроительства и других. В силу принципиальной сложности каждой системы, ее адекватное познание требует построения множества различных моделей, каждая из которых описывает лишь определенный аспект системы, вместе с тем системный подход позволяет определить основные пути решения этой сложной проблемы. Решение проблемы БТП может быть осуществлено только с созданием формализованного математического аппарата, который позволит оценить вероятностную характеристику возникновения дорожно – транспортных происшествий, системы В-ТС-Д-С и на этой основе разработать обоснованные первоочередные мероприятия по снижению числа ДТП.

В настоящее время нет достаточных данных для математического описания взаимосвязей переменных системы В-ТС-Д-С, что не позволяет осуще-

ствить математическую формализацию проблемы безопасности транспортных процессов.

Для исследования и последовательного решения проблемы БТП рассмотрим следующие гипотезы:

1. Гипотеза «парного эффекта», сущность которой заключается в том, что ДТП рассматривается как результат неправомерного взаимодействия участников дорожного движения;

2. Гипотеза «равнозначимости», сущность которой заключается в том, что в механизме практического возникновения ДТП нет главных и второстепенных причин, все эти понятия носят относительный характер. Одни причины в определенных условиях могут оказаться главными, в других второстепенными. Поэтому в деле обеспечения безопасности дорожного движения все даже незначительные на первый взгляд причины могут иметь существенные последствия.

3. Гипотеза «скрытого эффекта», сущность которой заключается в том, что водитель во многих случаях оказывается не единственным или не главным виновником ДТП, что кроме объективных причин, за каждым происшествием или аварией скрываются определенные недостатки и упущения в работе дорожных организаций, автотранспортных предприятий, должностных лиц.

Комплексное исследование проблемы БТП с привлечением достижений общественных, технических и естественных наук позволяет выявлять новые специфические особенности возникновения данной проблемы и на этой основе расширяет кругозор исследователя для принятия обоснованных решений по предупреждению ДТП, снижению тяжести их последствий.

Основной концепцией психологии поведения водителя как главного звена, предотвращающего ДТП, является ограниченность его чувственных восприятий и вместе с тем необходимость учета сложного взаимодействия в процессе дорожного движения. По мере усложнения процесса дорожного движения возрастает степень вероятности возникновения ДТП. Анализ показывает, что субъективные факторы играют более значительную роль в возникновении ДТП, чем

предполагается, например при выборе скорости водители не учитывают коэффициент сцепления колес с дорогой, не принимают во внимание сложный профиль пути, не учитывают техническое состояние и загрузку автомобиля, учитывают сложность условий движения. В большинстве случаев водители допускают ДТП по тем субъективным причинам, которые имеют очень сложную природу и их выявление требует специальных знаний или научных исследований.

Существующая система расследования причин ДТП носит эмпирический характер и основывается на неполном представлении экспертов в процессе возникновения опасной ситуации, приводящей к ДТП, возможности водителя его предотвратить. До сих пор не существует строгой теории поведения водителей в аварийных ситуациях, нет обоснованной и научно доказанной экспертной оценкой момента возникновения опасных ситуаций разной степени сложности, приводящих к ДТП. Исходной базой определения момента, с которого водителю необходимо принять меры к предотвращению ДТП, является момент возникновения опасной ситуации, поэтому необходимо осуществлять идентификацию отдельных видов ДТП, для которых определяется момент возникновения опасной ситуации т.е. опасного и начального момента, после которого ситуация настолько усложняется, что приводит к возникновению дорожно – транспортного происшествия.

Для решения практических задач обеспечения БДД часто сталкиваются с многоплановыми проблемами, которые должны быть приняты и разрешены для предотвращения ДТП и их последствий. Причем такие задачи ставятся и решаются на всех уровнях системы обеспечения безопасности движения.

В понятие безопасности БТП включаются ряд вопросов, к которым относятся: автотранспортные средства (автомобили, трамваи, троллейбусы, тракторы, мотоциклы и др.); водители, выполняющие управление АТС; участники дорожного движения (пешеходы, пассажиры); дороги и придорожные устройства и оборудование, конструкторы; технологи; рабочие, принимающие участие в производстве автомобилей и строительстве автомобильных дорог; технические средства управления, контроля и регулирования дорожного движения; специалисты по организа-

ции и управлению дорожным движением, рассматриваемых в контексте безопасности системы «водитель – транспортное средство – дорога – среда», в звено «водитель» входят все участники дорожного движения от водителя до организатора, в звено «транспортное средство» входят автотранспортные средства и технические средства контроля, регулирования и управления дорожным движением.

Следовательно, проблема обеспечения БТП требует определения надежности данной системы с учетом всех перечисленных компонентов вышеизложенной большой системы. На основе таких расчетов должны быть определены отдельные уровни безопасности системы и подсистемы, а для каждого уровня – необходимые мероприятия. Следует отметить, что решение проблем безопасности транспортных процессов в таком плане невозможно, так как теоретически и методологически вопросы безопасности транспортных процессов изучены пока недостаточно. До настоящего времени не разработаны количественные критерии безопасности транспортных процессов и методов их оценки.

Использование автотранспортных средств, для перевозки пассажиров и грузов, создает определенный риск для человека и пока существует автомобиль, практически невозможно полностью исключить вероятность ДТП. Следовательно, задача состоит в том, чтобы свести вероятность ДТП к минимуму, поэтому до настоящего времени основными методами количественного анализа безопасности автотранспортных систем являются методы теории вероятностей, теории надежности и математической статистики.

До последнего времени в понятие безопасности движения включали лишь качественное содержание. Потребность количественной оценки опасности тех или иных факторов в процессе дорожного движения и установление на этой основе числа возможных аварийных факторов для данного автомобиля в целом, является особенно острой. В то же время вопрос о количественных оценках различных факторов находится в прямой зависимости от доступных способов исследования системы В-ТС-Д-С в конкретных условиях.

Количественные методы удобны для анализа надежности и безопасности си-

стем по трем причинам: во-первых, общая оценка систем может выполняться по отдельным характеристикам компонентов системы, оценки на этом уровне точны, а их погрешности меньше влияют на результат. Во-вторых, оценки могут выполняться раздельно по отдельным специальностям наиболее квалифицированными специалистами. Наконец, оценки могут осуществляться последовательными приближениями, причем при каждом пересчете можно изучить влияние исходных данных, на их основе получить определенные закономерности возникновения ДТП.

Перейдем к сущности изложения методологии системного анализа проблем обеспечения БТП. Проблемы БТП относятся к слабоструктурным проблемам ввиду наличия в них определенности, поэтому системные исследования проблемы БТП должны основываться на структурно-системном подходе. Системный анализ рассматривается как синоним системного подхода.

Концептуализация и интеграция проблемы БТП осуществлены: количественными методами анализа, количественно-качественными методами анализа и интуитивно-логическими методами анализа и синтеза.

Количественные методы анализа проблем БТП служат для выявления состояния, структуры и динамики ДТП, основанные на теории вероятностей и математической статистике, теории информации, многофакторном анализе, теории надежности, теории риска, алгебре логики и теории игр, моделирования, программирования и на других математических, методах.

Количественно-качественные (или смешанные) методы (анализа позволяют раскрывать механизм возникновения, характерные особенности и социальную природу ДТП. К этим методам относятся психо-физиологические, эргонометрические, медико-биологические, криминологические, криминалистические, уголовно-правовые, социологические и другие методы.

Интуитивно-логические методы анализа — системный анализ, морфологический анализ, метод сценариев, метод «Делфи», имитационный анализ и другие интуитивно-логические методы служат для обоснованного принятия оптимальных решений по организации и обеспечению БТП (рисунок 10).

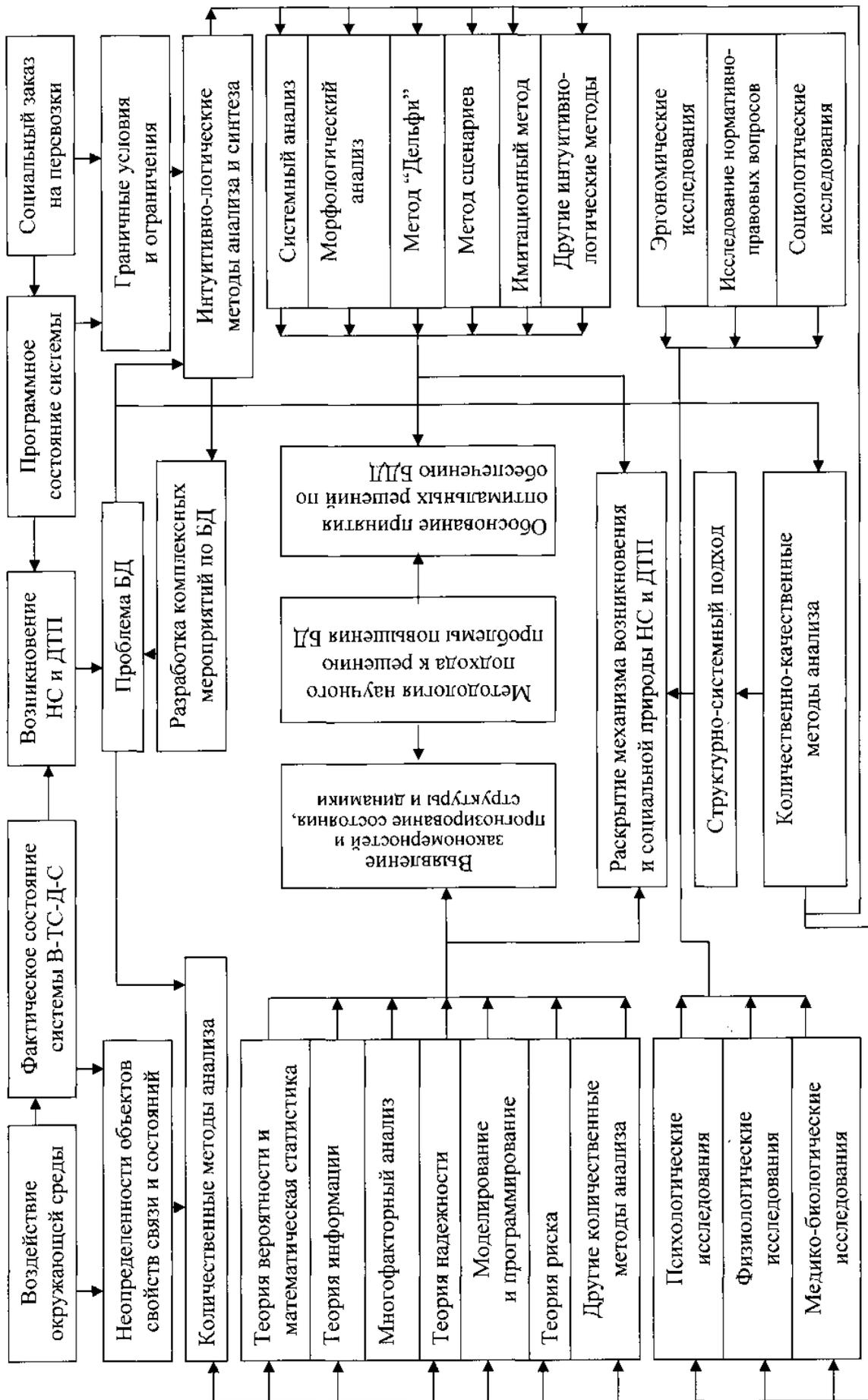


Рисунок 10 – Методология системного анализа проблемы безопасности транспортных процессов

Интуитивно-логические методы характерны тем, что их применение позволяет принимать обоснованное решение как на основе точных количественных характеристик, так и на основе здравого смысла, основанного на понимании сущности проблемы БТП

Методология системных исследований, раскрывая гномологическую сущность проблемы БТП, позволяет обосновать несостоятельность изолированного изменения отдельных отраслей науки и техники для решения данной проблемы.

Наше представление о природе дорожно-транспортных происшествий основано на недостоверном информационном материале, поэтому раскрытие сущности проблемы БТП может быть осуществлено через процессное представление, основанное на положениях психофизиологии, социологии, криминологии, теории вероятностей, математической статистики, теории надежности и информации, а также других научных дисциплин.

Комплексное исследование проблемы БТП с привлечением достижений социальных, правовых, технических и естественных наук позволяет выявить неизвестные специфические особенности возникновения ДТП и на этой основе расширяет кругозор исследователя для принятия обоснованных решений по предупреждению ДТП.

Основной концепцией психологии поведения водителя как- главного звена, предотвращающего ДТП, является ограниченность его чувственных восприятий и необходимость учета сложного взаимодействия участников движения в процессе дорожного движения. По мере постоянного усложнения процесса дорожного движения возрастет степень нерешаемости этой дилеммы и вероятность (объективных условий) возникновения ДТП.

2.3 Показатели безопасности транспортных процессов

В системе обеспечения безопасности транспортных процессов все больше возрастает роль математических методов исследования сложных транспортных систем, которые взаимодействуют с более сложными экономическими и соци-

альными системами. Существующая практика анализа ограничивается, как правило, изучением динамики и структуры аварийности по различным показателям (критериям). В настоящее время в исследованиях и на практике применяют два типа показателей – статистические и вероятностные. Статистические показатели выражаются физическими величинами или отношением этих величин, получаемых по статистическим данным массовой эксплуатации. Вероятностные показатели вычисляют методами теории вероятностей, аналитическим путем, поэтому такие показатели иногда называют аналитическими.

2.3.1 Статистические показатели безопасности

Статистические показатели анализа дорожно – транспортных происшествий подразделяются на общие и частные, абсолютные, удельные, относительные.

Абсолютные показатели образуются в результате накопления данных о единичных транспортных происшествиях. Основное назначение абсолютных показателей – отражение масштабов аварийности и оценка материального ущерба от транспортных происшествий. В практике работы применяются следующие абсолютные показатели: количество транспортных происшествий – $n_{\text{ТП}}$ (в том числе, совершенных водителями в нетрезвом состоянии), число погибших - $n_{\text{п}}$, число раненых – $n_{\text{р}}$, количество транспортных происшествий из-за технических неисправностей – $n_{\text{т.с}}$ и другие. Их применяют, как правило, для сравнения работы организаций за предыдущий период (месяц, квартал, полугодие, год). Абсолютные показатели аварийности обладают рядом недостатков, среди них такой, как неприемлемость сопоставительного анализа.

Удельные показатели представляют собой процентную долю одного абсолютного показателя аварийности от другого. Набор удельных показателей аварийности характеризует её структуру и позволяет сравнивать различные регионы, транспортные предприятия между собой. Наиболее часто используют следующие показатели:

– удельный вес отдельных видов транспортных происшествий, совершенных в их общем количестве или в количестве транспортных происшествий с

участием транспортных средств отдельных видов (грузовых, легковых, автобусов, тракторов и других);

- удельный вес столкновений, опрокидываний, наездов, транспортных происшествий других видов в общем их количестве, либо транспортных происшествий с участием транспортных средств других видов;

- удельный вес транспортных происшествий в городах, других населенных пунктах, на автомобильных дорогах в общем количестве транспортных происшествий либо транспортных происшествий с участием транспортных средств других видов;

- удельный вес транспортных происшествий с участием транспортных средств отдельных видов в общем количестве транспортных происшествий;

- удельный вес транспортных происшествий из-за превышения скорости, нарушений правил обгона, несоблюдения очередности проезда и других причин в общем объеме транспортных происшествий;

- коэффициент виновности водителей как отношение количества транспортных происшествий, возникших по вине водителей, к общему количеству транспортных происшествий;

- удельный вес пострадавших (погибших или раненых) пешеходов, велосипедистов, пассажиров, водителей, женщин и других участников дорожного движения в общем числе пострадавших (погибших или раненых) и другие.

Относительные показатели образуются делением одного показателя на другой. Они дают возможность сравнивать работу регионов, предприятий и организаций для сопоставления уровня аварийности в определенные периоды времени.

При анализе наиболее часто используют такие относительные показатели:

- показатели, характеризующие процесс автомобилизации, например (численность транспортных средств на 100 тыс. жителей страны, региона и другие);

- показатели, характеризующие уровень аварийности по отношению к численности парка транспортных средств (число погибших на 10 тыс. транспортных средств);

– показатели, характеризующие уровень аварийности к численности населения (число погибших на 100 тыс. населения);

– показатели, характеризующие уровень аварийности по отношению к транспортной работе (количество погибших или раненых на 1млн. км.). Кроме того, часто пользуются относительными показателями, определяющими тяжесть последствий транспортных происшествий. Это число пострадавших на 100 транспортных происшествий, число погибших на 100 пострадавших.

В 1938 г. Ф. Ренольдом предложен показатель последствий транспортных происшествий:

$$U = \sum P_i \times n_i, \quad (2.7)$$

где U – показатель аварийности;

P_i – коэффициенты тяжести происшествий;

n_i – количество происшествий каждого типа.

Среди показателей наиболее часто используются:

а) коэффициенты относительной опасности:

$$K_1 = \frac{M \sum_{i=0}^n R_i \times K_i}{A \sum_{j=0}^m N_j \times l_j}; \quad K_2 = \frac{M \sum_{i=0}^n R_i \times K_i}{N_j \times l_j}; \quad ; \quad (2.8)$$

$$K_3 = \frac{M \sum_{i=0}^n R_i \times K_i}{l_j}; \quad K_4 = \frac{M \sum_{i=0}^n R_i \times K_i}{B \times P}$$

где $K_{1,2,3,4}$ – коэффициенты относительной опасности;

R_i – количество ДТП по отдельным видам в год;

K_i – тяжесть последствий ДТП по отдельным видам в год;

M – коэффициент размерности;

A – количество жителей в районе;

N_j – объемы движения транспорта в приведенных единицах авт./ч;

l_j – длина улиц проходящих по району, км;

B – число жителей в регионе, млн.;

P – площадь региона, км².

б) показатель относительной аварийности:

$$K_a = \frac{N_{ДТП} \times 10^6}{L}, \quad (2.9)$$

где $N_{ДТП}$ – количество транспортных происшествий за рассматриваемый период времени;

L – суммарный пробег за рассматриваемый период времени, км.

Анализ статистических данных выявляет причины транспортных происшествий как обобщенно по элементам системы «Водитель – транспортное средство – дорога», так и детально в разрезе каждого элемента. С помощью этих данных устанавливают влияние на безопасность самых разнообразных факторов: времени года, суток, дней недели и месяцев, погодных условий и периода суток, состояния дорожных условий и технического состояния транспортных средств, возраста водителя и его дисциплинированности, режима и стажа его работы. Изучение статистических данных дает количественную оценку состояния работы по предупреждению транспортных происшествий и позволяет наметить цели, пути и методы по ее совершенствованию.

Статистические показатели вычисляются по реальным данным массовой эксплуатации, их главное достоинство – объективность, но вместе с этим статистические показатели имеют ряд недостатков, сужающих область их практического использования. К ним можно отнести следующие:

– оценку уровня аварийности по статистическим показателям производят тогда, когда транспортное происшествие уже произошло, то есть регистрируют прошлые факты;

– не учитывают условия эксплуатации, применения транспортных средств, в которых происходят транспортные происшествия. Это не даёт возможность применять статистические показатели для прогноза безопасности движения на будущее при изменении условий эксплуатации;

– невозможность оценки эффективности различных организационных и

технических мероприятий, направленных на повышение безопасности движения с учётом стоимости и эффективности, ещё до их практической реализации;

– невозможность выявления влияния на уровень безопасности движения какого-либо конструктивного параметра транспортного средства, оптимизации уровня безопасности движения с учётом стоимости и эффективности.

Перечисленные недостатки статистических показателей принципиально устранимы или могут быть компенсированы использованием второго типа показателей – вероятностных.

2.4 Методы расчета показателей безопасности транспортных процессов

В настоящее время для анализа проблем безопасности транспортных процессов в АПК используются различные методы. В частности Амбарцумян В.В. предлагает использовать количественные, количественно – качественные (смешанные), интуитивно – логические и другие методы.

Количественные методы служат для выявления структуры и динамики транспортных происшествий, основанные на теории вероятностей и математической статистики, теории информатизации, многофакторном анализе, теории надежности, теории риска, алгебре логики и теории цифр, моделирования, программирования и на других математических методах.

Количественно – качественные (смешанные) методы анализа позволяют раскрыть механизм возникновения, характерные особенности и социальную природу транспортных происшествий. К этим методам относятся психофизиологические, эргономические, медико – биологические, криминологические, уголовно – правовые и социологические методы.

В интуитивно – логические методы входят такие анализы: системный анализ, морфологический анализ, метод сценариев, метод «Дельфи», имитационный метод и другие. Они служат для обоснованного принятия оптимальных решений по организации и обеспечению безопасности движения .

Методы анализа опасностей делятся в общем случае на феноменологиче-

ские, детерминистские и вероятностные. Феноменологический метод основан на определении возможности или невозможности возникновения опасности, исходя из анализа необходимых и достаточных условий, основанных на законах природы.

Детерминистский метод предусматривает изучение опасных событий, начиная от исходного состояния через последовательные предполагаемые стадии до установившегося конечного состояния события. Детерминистский подход обеспечивает наглядность и психологическую приемлемость.

Вероятностный метод идентификации опасностей предполагает как оценку вероятности появления опасности, так и расчет вероятности того или иного варианта развития опасного процесса. Это наиболее перспективный метод. Методы оценки опасностей делятся на качественные, количественные и комбинированные (полуколичественные).

В промышленно развитых странах получили широкое распространение наряду с методом деревьев отказов (неисправностей) FTA (*Fault Tree Analysis*) и методом деревьев событий (*Event Tree Analysis*) такие методы как:

- обзор безопасности (*Safety Review*);
- метод контрольных листов (*Checklist Analysis*);
- метод «А что если?» (*What, if*);
- предварительное исследование опасности (*Preliminary Hazard Analysis*) - РНА);
- анализ видов отказов и последствий (*Failure Modes And Effects Analysis*),
- метод изучения опасностей и функционирования (*Hazard And Operability Study-Hazop*);
- анализ причин-последствий (*Cause-Consequence Analysis*);
- анализ ошибок персонала (*Human Reliability Analysis*);
- метод экспертных оценок и др.

Метод экспертных оценок. Экспертные оценки представляют собой подход, в котором не используется напрямую математический анализ как средство принятия решения. Метод экспертной оценки может использоваться в тех случаях, когда формальные методы слишком сложны и исходная база данных

недостаточна для получения однозначного аналитического решения. Кроме того, с помощью формальных методов трудно учитывать особенности социально – психологической ситуации и другие особенности, не укладывающиеся в схему, например, баланса «затраты – выгода».

Применение экспертных оценок требует анализа их объективности и надежности. С одной стороны, нет гарантий, что полученные оценки достоверны, а с другой – существуют значительные трудности при проведении опроса экспертов и обработке полученных данных.

Методы проверочного листа, контрольных карт и «Что будет, если..?» или их комбинация относятся к группе методов качественных оценок опасности, основанных на изучении соответствия условий эксплуатации объекта или проекта требованиям безопасности.

Метод «**Что — если**». Он является индуктивным методом, обычно используется для относительно простых приложений, применяется на начальных этапах анализа риска, когда рассматриваются вопросы проектирования, размещения, эксплуатации опасных объектов и их выводе из эксплуатации. На каждом этапе анализа формулируются вопросы «что, если» и на них даются ответы.

Предварительный анализ факторов опасности РНА (Preliminary Hazard Analysis) — индуктивный метод, назначение которого состоит в том, чтобы идентифицировать для всех этапов эксплуатационного периода указанной системы (подсистемы) компонент фактора опасности, опасные ситуации и опасные события, которые могли бы привести к несчастному случаю. Метод позволяет идентифицировать возможность несчастного случая и качественно оценить степень возможного повреждения или вреда для здоровья. Затем даются предложения о мерах по обеспечению безопасности и результат их применения.

Анализ РНА должен обновляться в течение выполнения этапов проектирования, изготовления и испытания, чтобы обнаружить новые опасности и в случае необходимости внести исправления.

Описание полученных результатов может быть представлено различными

способами (например, в виде таблицы, или древовидной схемы).

«Метод анализа ошибок персонала» (*Human Reliability Analysis — HRA*) предназначен для качественной оценки событий связанных с ошибками персонала. Он также может быть использован для разработки рекомендаций по снижению вероятности таких ошибок.

Ошибка персонала — это действие, которое выполняется или не выполняется при некоторых условиях. Это могут быть физические действия (поворот рукоятки) или действия, связанные с умственной деятельностью (диагностика отказов или принятие решения).

HRA включает идентификацию условий, которые вызывают ошибки людей и оценку вероятностей таких ошибок. Преднамеренные действия в данном анализе в расчет не принимаются.

Для анализа ошибок персонала используют различные методики, содержащие:

- определение перечня задач (действий), которые решает (выполняет) или должен решать (выполнять) оператор;
- представление с помощью декомпозиции каждой такой задачи (действия) в виде комбинации элементарных действий в целях выявления среди них наиболее подверженных ошибкам и определения точек взаимодействия оператора и системы;
- использование данных, получаемых из записей о предшествующих событиях;
- определение наличия условий, влияющих на частоту ошибок, к которым относятся стрессы, уровень тренированности и качество систем отображения информации.

Количественные характеристики ошибок персонала получают с помощью **«Метода прогноза частоты ошибок персонала»** (*Technique For Human Error Rate Prediction — THERP*) или **«Плана развития последовательности событий»** (*Accident Sequence Evaluation Program — ASEP*).

В процессе идентификации опасностей наиболее приемлем метод «**дерево опасностей и причин – ДОП**». Этот метод аналогичен методу FTA. Но отличием метода ДОП является то, что в процессе анализа не различаются опасности и причины. ДОП строится следующим образом. Рассматриваемое главное событие изображается на вершине дерева. Далее при построении дерева логическая схема отталкивается от главного события. Исходная точка — это не причины, приведшие к событию, а само событие. И только задав событие, начинают исследование возможных причин его появления. Ветви дерева представляют собой пути, по которым событие может осуществиться, а связь между исходными событиями и главным событием осуществляется через «калитку», или условие, которое может иметь вид И или ИЛИ, других возможностей не существует. Эти логические калитки представляют собой логические условия, которые выбираются, исходя из «здравого смысла» работы системы.

Метод Делфи (DELPHI). Принципиальная схема метода Делфи показана на рисунке 11.



Рисунок 11 – Схема метода Делфи

Метод основывается на индивидуальных оценках экспертов. Однако, если при обработке результатов опроса выявляются слишком большие различия во мнениях, созывается экспертная комиссия, чтобы коллективно обсудить и уточнить критерии оценки. После оценки комиссии процедура повторяется

Проведение количественного анализа требует высокой квалификации исполнителей. большого объема информации по аварийности, надежности оборудования, выполнения экспертных работ, учета особенностей окружающей местности, метеоусловий, времени пребывания людей в опасных зонах и других факторов.

В число количественных методов определения рисков входят следующие разновидности методов: детерминированные; статистические; детерминированно-статистические; вероятностные; статистико-вероятностные: детерминированно-вероятностные; логико-вероятностные; методы нечетких множеств; бифуркационные; экспертные и др.

Перечисленные методы могут применяться изолированно или в дополнение друг к другу, причем методы качественного анализа могут включать количественные критерии риска (в основном, по экспертным оценкам с использованием, например, матрицы «вероятность-тяжесть последствий» ранжирования опасности). По возможности полный количественный анализ риска должен использовать результаты качественного анализа опасностей.

Особое место в изучении проблем обеспечения безопасности движения отводится вопросам анализа причин транспортных происшествий.

В.А. Илларионов, В.И. Суковичин предлагают следующую классификацию методов анализа (рисунок 12).

Здесь статистический анализ транспортных происшествий основан на действующей в Российской Федерации системе учета, проводимой Государственной инспекцией безопасности дорожного движения, и позволяет увидеть количественную характеристику состояния и динамику аварийности.

Отсутствие у работников Государственной инспекции безопасности дорожного движения необходимых навыков и технических средств не всегда позволяют правильно оценить причину транспортного происшествия в системе «Водитель – транспортное средство – дорога – среда», что в итоге влияет на статистику причин транспортных происшествий.

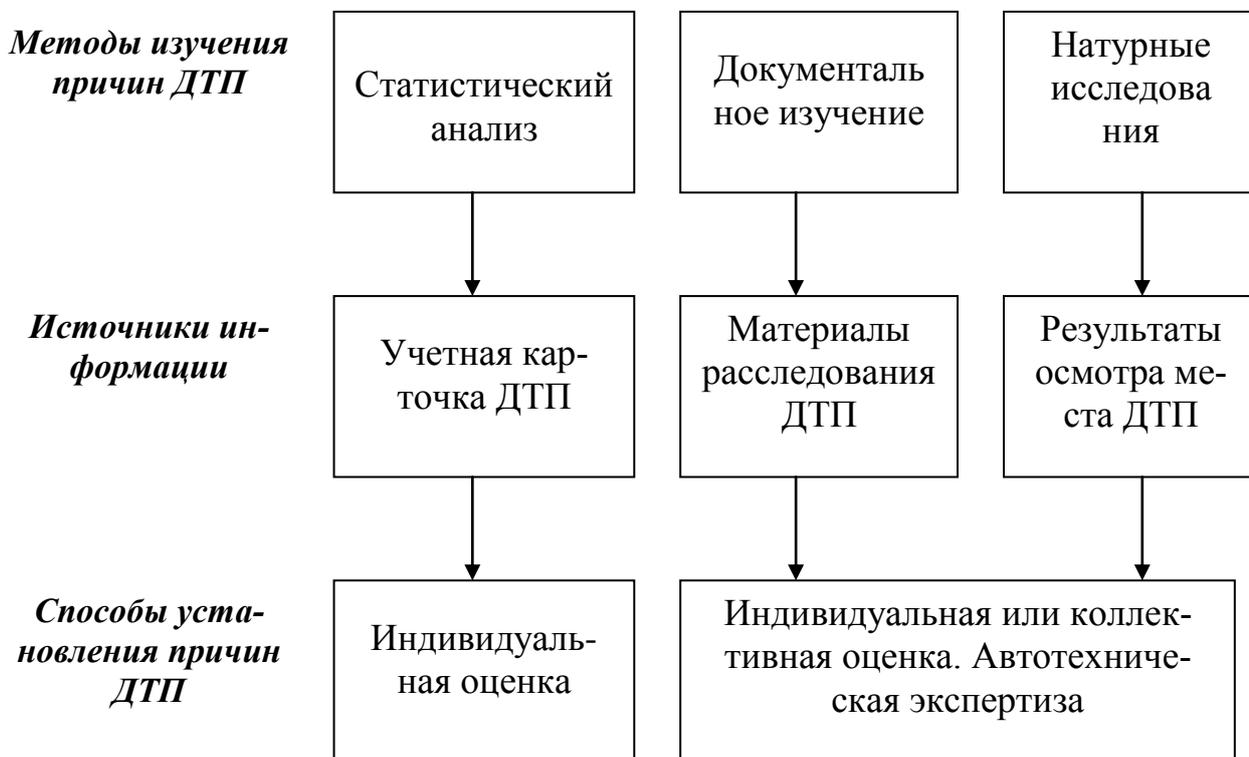


Рисунок 12 – Основные методы анализа безопасности

Неверное отражение статистикой реальной картины аварийности служит предпосылкой к снижению тех или иных мероприятий в области обеспечения безопасности движения. Достоинства метода документального изучения аварийности состоит в том, что исследователи получают данные, которых нет в статистической отчетности, например: скорость движения, действия водителя по предотвращению транспортного происшествия, траектория движения автомобиля, пешехода и другие.

При выполнении натурных исследований транспортных происшествий научные работники обычно имеют возможность объективно выявить конкретные факты нарушения установленных требований к состоянию элементов системы «Водитель – транспортное средство – дорога». Натурные испытания в

настоящее время требуют больших финансовых затрат, поэтому исследователям приходится использовать другие методы анализа.

И.И. Талицкий, В.Л. Чугуев, Ю.Ф. Щербинин предлагают использовать для анализа причин транспортных происшествий количественный, качественный и топографический методы анализа.

Под количественным методом подразумевается анализ данных, представленных в цифровом (числовом) виде и выполненный по формальным (математическим) правилам. Он имеет значение при решении задач прогнозирования аварийности (прогнозирования ущерба от транспортных происшествий) в очагах аварийности, при ранжировании причин по степени опасности, тяжести последствий и ущерба от транспортных происшествий, а также при прогнозе эффективности мероприятий по повышению безопасности движения.

Под качественным методом подразумевается анализ данных, представленных в цифровом виде или в виде описания в произвольной форме и выполняемый как формальными, так и неформальными методами на основе опыта и знаний анализирующего человека. Качественный анализ причин транспортных происшествий предполагает последующее их ранжирование и учет по степени серьезности опасности, частоты проявления и тяжести последствий, к которым они могут привести.

Анализ подходов при описании признаков причин дорожно – транспортных происшествий – «опасная ситуация» дает возможность провести следующую классификацию признаков причин дорожно – транспортных происшествий:

- по серьезности опасности – катастрофические, критические, предельно-допустимые, вызывающие беспокойство;
- по времени действия – длительные, временные, кратковременные;
- по вероятности проявления – неотвратимые, незначительные, умеренные, небольшие.

Топографический анализ заключается в нанесении на карту (схему) анализируемых сведений и обработке этих сведений количественным и качествен-

ным методами. Результаты топографического анализа транспортных происшествий оформляют в виде обычной карты, линейного графика или масштабной схемы (ситуационного плана). Карта может быть выполнена в виде обычной карты города (области, района) в соответствующем масштабе. На ней условными обозначениями наносятся данные о транспортных происшествиях. В зависимости от целей топографического анализа могут быть условно обозначены места, виды транспортных происшествий и тяжесть последствий. В результате на карте наглядно выявляются очаги транспортных происшествий. На этой основе можно анализировать причины их возникновения, принимать меры по устранению этих причин.

Линейный график транспортных происшествий составляют для автомобильной дороги или ее участка. По сравнению с картой масштаб изображения укрупняют, это позволяет более подробно классифицировать транспортные происшествия. Концентрация транспортных происшествий на графике свидетельствует о неудовлетворительных дорожных условиях в очагах транспортных происшествий.

Масштабную схему транспортного происшествия выполняют в крупном масштабе. На ней с помощью символов изображают транспортные средства, участвовавшие в транспортном происшествии, направления их движения и другие данные, имеющие отношение к транспортному происшествию.

2.4.1 Статистические методы расчета показателей безопасности транспортных процессов

Сложившаяся ситуация с аварийностью показывает, что традиционные подходы к решению проблем снижения аварийности и недостаточны, чтобы добиться желаемых результатов. Масштабность и сложность проблемы требуют совершенствования методов анализа аварийности, при этом все больше возрастает роль математических методов исследования.

Статистические методы анализа аварийности базируются на использовании массива данных о каком либо параметре X или совокупности пара-

метров, полученных в результате обработки информации по множеству рейсов и характеризующих состояние какой либо функциональной системы автотранспортного средства, движение ТС или действия водителя. От рейса к рейсу под воздействием различных, в общем случае неконтролируемых причин, параметр X меняется случайным образом, поэтому для обработки массива данных применимы методы математической статистики.

Среди обширного круга задач, которые при этом могут решаться, важное прикладное значение для анализа вопросов снижения аварийности имеют задачи определения в среднем запаса до предельного значения $X_{пр}$ и вероятности превышения $X_{пр}$.

Так как совокупность наблюдаемых значений параметра X конечна, то мы всегда имеем дело с некоторой выборкой. Для этого используем основные выборочные характеристики:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \text{ – выборочная средняя; } D = \frac{1}{n-1} \cdot \sum (x_i - \bar{x})^2 \text{ – дисперсия;}$$

$$\sigma = \sqrt{D} \text{ – среднее квадратическое отклонение; } \sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \text{ – ошибка средней;}$$

$$V = \frac{\sigma}{x} \cdot 100\% \text{ – коэффициент вариации.}$$

При условии, если коэффициент вариации лежит в пределах от 10% до 20%, то изменение данной величины в выбранном интервале можно охарактеризовать средней.

Для оценки генеральной средней используется доверительный интервал:

$$\bar{x} - t_\gamma \cdot \sigma_{\bar{x}} < \bar{x} < \bar{x} + t_\gamma \cdot \sigma_{\bar{x}}$$

Величина t_γ при заданной надежности γ и числе опытов n определяется из таблиц. $t_\gamma \cdot \sigma_{\bar{x}}$ – радиус доверительного интервала.

Использование выборочных значений в качестве оценки параметров случайных величин дает только точечные оценки интересующих нас параметров, они не позволяют судить о степени близости выборочных значений к

оцениваемому параметру. Более содержательны процедуры оценивания параметров, связанные не с получением точечного значения, а с построением интервала, который покрывает оцениваемый параметр с известной степенью достоверности, поэтому необходимо построить интервал, который покрывает оцениваемый параметр.

Пусть Q – неизвестное число ДТП в N рейсах, при условии, что эта величина распределена по нормальному закону с некоторым математическим ожиданием Q' . Q' зависит от случайных исходов рейсов. По этим данным необходимо установить такую границу возможных отклонений Q от математического ожидания Q' , так что модуль разности $|Q - Q'|$ не превосходит некоторого числа ε , т.е. $|Q - Q'| < \varepsilon$.

В данном случае возможны две ситуации:

1. Вероятность отклонения задана и достаточно большая (0,9; 0,95 и 0,99), тогда по заданной вероятности находят число ε из условия, что $P(|Q - Q'| < \varepsilon) = \alpha$. Отсюда вытекает, что действительное число ДТП будет находиться в интервале

$$Q' - \varepsilon < Q < Q' + \varepsilon$$

2. Определить искомую вероятность ДТП, если указано ε – отклонение от математического ожидания Q' и среднее квадратичное отклонение σ , тогда вероятность отклонения выразится формулой $P(|Q - Q'| < \varepsilon) = \Phi(\frac{\varepsilon}{\sigma})$, где $\Phi(\frac{\varepsilon}{\sigma})$ – интегральная функция Лапласа, которая вычисляется по таблице.

Данный метод хорошо применим, если выбран основополагающий критерий, по которому можно оценивать вероятности ДТП (например, рельеф дороги, водительский стаж и другие).

Чтобы исследовать частоту Q^* как оценку вероятности ДТП, воспользуемся формулами для математического ожидания и дисперсии, которые получим следующим образом. Пусть в N рейсах наблюдалось n ДТП с вероятностью

ДТП в одном рейсе q . Число ДТП в одном рейсе имеет два возможных значения 0 и 1, вероятности которых равны $1-q$ и q . Поэтому его математическое ожидание $m_{ДТП}$ и дисперсии $D_{ДТП}$ определяются по формулам:

$$m_{ДТП} = 0 \times (1-q) + 1 \times q = q \quad (2.10)$$

$$\begin{aligned} D_{ДТП} &= (0-q)^2(1-q) + (1-q)^2q = q^2(1-q) + (1-q)^2q = \\ &= (1-q)q[q+1-q] = (1-q)q \end{aligned} \quad (2.11)$$

Для N рейсов получим:

$$MQ^* = \frac{1}{N}(Nq) = q \quad (2.12)$$

$$DQ^* = \frac{1}{N^2}[N(1-q)q] = \frac{(1-q)q}{N} \quad (2.13)$$

Отсюда видно, что математическое ожидание частоты ДТП равно его вероятности, а дисперсия частоты стремится к нулю при неограниченном увеличении рейсов N . Следовательно, частота ДТП сходится средне квадратически к его вероятности при $N \rightarrow \infty$, из которой вытекает и сходимости по вероятности.

Для нахождения доверительных интервалов для каждого значения вероятности $Q \in (0,1)$ задают интервалы $D_\alpha(Q) = [a_\alpha(Q), b_\alpha(Q)]$, концы которого определяются из условия:

$$P_\alpha(Q^* < a_\alpha(Q)) = F(a_\alpha(Q)) \leq 1 - \frac{\alpha}{2}, \quad (2.14)$$

$$P_\alpha(Q^* \geq b_\alpha(Q)) = 1 - F(b_\alpha(Q)) \leq 1 - \frac{\alpha}{2}, \quad (2.15)$$

где $F(X)$ – функция распределения частоты. Тогда будем иметь:

$$P(Q^* \in D_\alpha(Q)) = P(a_\alpha(Q) \leq Q^* < b_\alpha(Q)) \geq \alpha \quad (2.16)$$

При большом числе рейсов N определение доверительных интервалов для Q существенно упрощается.

Воспользуемся стандартной нормальной случайной величиной $Y(X - m_x)/\sigma_x$, подставим в это выражение вместо $X \rightarrow Q^*$, $m_x \rightarrow q$, $\sigma_x \rightarrow \sqrt{(1-q)q/N}$.

$$\text{Тогда:} \quad \xi = \sqrt{N} (Q^* - q) / \sqrt{(1-q)q} \quad (2.17)$$

В соответствии с центральной предельной теоремой с увеличением числа рейсов N распределение случайной величины ξ стремится к нормальному распределению $N(0,1)$ при $N \rightarrow \infty$. В силу симметрии нормального распределения получим:

$$Q^* - q = \xi \frac{\sqrt{(1-q)q}}{\sqrt{N}} \quad (2.18)$$

$$\text{и } a_\alpha(q) = q - \xi \sqrt{(1-q)q/N}, \quad b_\alpha(q) = q + \xi \sqrt{(1-q)q/N}, \quad (2.19)$$

где ξ определяется уравнением:

$$P(|Q^* - q| < \xi \sqrt{(1-q)q/N}) = 2\Phi(\xi) = \alpha \quad (2.20)$$

Поскольку ξ не зависит от q кривые $Q^* = a_\alpha(q)$ и $Q^* = b_\alpha(q)$ в этом случае представляют собой части эллипса с уравнением $N(Q^* - q)^2 = \xi^2 q(1-q)$ с центром в точке $q = Q^* = \frac{1}{2}$, касающегося вертикальных прямых $q=0$, $q=1$. Доверительный границы Q_1, Q_2 в этом случае находятся из уравнения эллипса:

$$Q_1, Q_2 = \frac{Q^* + \xi^2 / 2N}{1 + \xi^2 / N} \pm \frac{\xi}{1 + \xi^2 / N} \sqrt{\frac{Q^*(1-Q^*)}{N} + \frac{\xi^2}{4N^2}} \quad (2.21)$$

Среднее квадратическое отклонение частоты обратно пропорционально \sqrt{N} . Следовательно, точность оценки вероятностей повышается с увеличением числа рейсов.

При расчете доверительного интервала для Q^* , уровень риска в одном рейсе q может быть получен аналитическими методами на этапе проектирования и уточненным на этапе дорожных испытаний.

Найдем доверительный интервал, к примеру, для математического ожидания числа ДТП $m_{ДТП}$.

Ежегодные наблюдения за количеством ДТП в автотранспортном предприятии позволяют оформить N – мерный вектор $U=[n_{ДТП_1} \dots n_{ДТП_N}]^T$ и введем величину:

$$\frac{(\overline{n_{ДТП}} - m_{n_{ДТП}})\sqrt{N}}{\sigma_{n_{ДТП}}^*} = t_{N-1}, \quad (2.22)$$

где $\overline{n_{ДТП}}$ – среднее арифметическое количество ДТП;

$$\sigma_{n_{ДТП}}^{*2} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (n_{ДТП_i} - \overline{n_{ДТП}})^2 - \text{дисперсия выборок числа ДТП.}$$

В математической статистике доказывается, что введенная случайная величина при нормальном распределении $\overline{n_{ДТП}}$ имеет Стьюдентово t – распределение с $N - 1$ степенями свободы. Плотность вероятности этого распределения будет иметь вид:

$$f(t_n) = \frac{\Gamma[(n+1)/2]}{\sqrt{\pi n} \Gamma(n/2)} \left[1 + \frac{t_n^2}{n}\right]^{-(n+1)/2} \quad (2.23)$$

где $n=N-1$,
$$\Gamma(n) = \int_0^{\infty} e^{-t_n} t_n^{n-1} dt_n.$$

Доверительный интервал для $m_{n_{ДТП}}$ определяется теперь неравенством:

$$\left[\overline{n_{ДТП}} - \frac{\sigma_{n_{ДТП}}^* t_{N-1;\alpha/2}}{\sqrt{N}}\right] \leq m_{n_{ДТП}} < \left[\overline{n_{ДТП}} + \frac{\sigma_{n_{ДТП}}^* t_{N-1;\alpha/2}}{\sqrt{N}}\right] \quad (2.24)$$

Дисперсия выборок ДТП имеет вид

$$\sigma_{n_{ДТП}}^{*2} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (n_{ДТП_i} - \overline{n_{ДТП}})^2$$

Случайная величина $\frac{\sum_{i=1}^N (n_{дпп_i} - \overline{n_{дпп}})^2}{\sigma_{ндпп}^2} = \chi_{N-1}^2$ или $\frac{(N-1)S^2}{\sigma_{ндпп}^2} = \chi_{N-1}^2$ имеет

χ_n^2 – квадрат распределение с $N - 1$ степенями свободы с плотностью вероятностей вида:

$$f(\chi_n^2) = [2^{n/2} \Gamma(n/2)]^{-1} (\chi_n^2)^{(n/2-1)} e^{-\chi_n^2/2}, \quad (2.25)$$

где $n=N-1$.

Отсюда находим доверительный интервал для дисперсии:

$$\left[\frac{(N-1)\sigma_{ндпп}^{*2}}{\chi_{N-1;\alpha/2}^2} \leq \sigma_{ндпп}^2 < \frac{(N-1)\sigma_{ндпп}^{*2}}{\chi_{N-1;1-\alpha/2}^2} \right]. \quad (2.26)$$

2.5 Вероятностные показатели безопасности транспортных процессов

Теория вероятностей в обеспечении безопасности транспортных процессов использовалась в научных работах многих отечественных и зарубежных ученых: Амбарцумяна В.В., Гальянова И.В., Галушко В.Г., Кислякова В.М., Клинковштейна Г.И., Смирнова Н.В., Усмановой М.Н., Филлипова В.В. Школяренко И.А.

В частности, в своих трудах В.В. Амбарцумян, использует теорию вероятностей для расчета надежности и безопасности системы «Водитель–транспортное средство – дорога – среда».

В.Г. Галушко предлагает использовать в оценках обеспечения безопасности движения закон Пуассона; биномиальное распределение величин; нормальный закон распределения Гаусса – для оценки скорости движения автомобилей; распределение Грама-Шарлье; логарифмическое нормальное распределение – для определения продолжительности рейса; гамма распределение – для определения числа шин с постоянным давлением за время пробега; распределение Эрланга – для определения протяженности пути; показательное

распределение – для определения объема груза на складах; распределение Релея – для определения удельных износов задних тормозных накладок; распределение Максвелла – для определения скорости движения, при которой были совершены транспортные происшествия.

О.А.Новиков, В.Н.Уваров - предлагают использовать теорию вероятностей при определении средней скорости движения, расчета среднего расхода топлива, оценить влияние надежности на работу автомобиля, а также для организации технического обслуживания и ремонта автомобилей.

В.М. Кисляков, В.В. Филлипов, И.А. Школяренко - для оценки транспортных ситуаций (виды маневров и безопасность движения, критерии оценки безопасного выполнения маневра); при оценке ситуаций пересечения автомобильных потоков одиночным автомобилем или пешеходом; при оценке ситуации выполнения маневра при регулируемом движении.

Г.Я. Волошин, В.П. Романов В.П. Мартынов - в анализе транспортных происшествий по местам возникновения, анализе пострадавших в транспортных происшествиях, анализе эффективности оказания медицинской помощи, анализе транспортных происшествий, произошедших из-за технических неисправностей транспортных средств и их конструктивных недостатков.

Вероятностные показатели безопасности транспортных процессов объективно отражают такую закономерность, что дорожно-транспортное происшествие – потенциально возможный исход конкретного дорожного движения (транспортного рейса) – является по своей природе случайным событием в силу случайности возникновения во времени и пространстве движения неблагоприятных факторов, вызывающих его.

Примем за уровень безопасности выполнения отдельного рейса вероятность P благополучного его завершения. Вероятность неблагоприятного завершения рейса (уровень риска) обозначим Q . Из физических соображений ясно, что

$$P + Q = 1 \quad (2.27)$$

Вероятности P и Q являются показателями безопасности рейса. Исходя из формулы (2.27) для оценки безопасности одного рейса или уровня риска достаточно знать одну из указанных вероятностей, например, Q .

Безопасность выполнения множества рейсов всецело определяется безопасностью выполнения отдельных рейсов. Формализуем связь понятий “безопасность движения” и “безопасность одного рейса”. Если Q – уровень риска в отдельном рейсе, то для множества N рейсов в качестве такого же смыслового критерия может быть принята вероятность Q_n , то есть вероятность того, что в N рейса произойдёт $n_{ТП}$ ($n=0, N$). Будем полагать, что все рейсы идентичны по безопасности их выполнения, то есть $Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n = Q$. При этом предположении для вычисления вероятности Q_n можно воспользоваться частной теоремой теории вероятностей о повторении опытов, в соответствии с которой связь Q_n и Q будет определяться биномиальным распределением:

$$Q_n = C_N^n \cdot Q^n \cdot (1 - Q)^{N-n}, \quad (2.28)$$

где

$$C_N^n = \frac{N!}{n! \cdot (N - n)!} \quad (2.29)$$

Реально всегда выполняются условия $Q \ll 1$ и число рейсов N достаточно велико. В соответствии с этим с достаточной степенью точности для упрощения вычислительных процедур биномиальное распределение (2.28) может быть заменено пуассоновским распределением вероятностей:

$$Q_n = \frac{(N \cdot Q)^n}{n!} \cdot e^{-N \cdot Q}. \quad (2.30)$$

Для вероятности благополучного завершения всех N рейсов, полагая в формуле (2.30) $n = 0$ получим:

$$P_{БД} = Q_0 = e^{-N \cdot Q} = e^{-N \cdot (1-P)}. \quad (2.31)$$

Вероятность $P_{БД}$ по смыслу является показателем безопасности движения и, следовательно, формула (2.31) является математическим выражением пока-

зателя безопасности движения $P_{БД}$ через показатель безопасности одного рейса P . Рассматриваемое в распределении (2.30) число рейсов N реализуется за суммарное время движения t_{Σ} , так что $N = t_{\Sigma} / t_n$, где t_n – продолжительность одного рейса. Учитывая, что в одном рейсе более одного транспортного происшествия произойти не может, математическое ожидание числа транспортных происшествий на отрезке времени t_n формально можно записать в виде $\Lambda t_n = Q$, где Λ – интенсивность потока транспортных происшествий, то есть среднее число транспортных происшествий в единицу времени движения. Для всех N рейсов математическое ожидание числа транспортных происшествий будет определяться: $m_n = N \cdot Q = \Lambda t_n N = \Lambda t_{\Sigma}$ и соответственно распределение (2.30) можно записать в виде:

$$Q_n = \frac{(m_n)^n}{n!} e^{-m_n} = \frac{(\Lambda t_{\Sigma})^n}{n!} e^{-\Lambda t_{\Sigma}} \quad (2.32)$$

Поток транспортных происшествий, описываемый распределением (2.32), является простейшим, то есть обладает свойствами стационарности, ординарности и отсутствия последствий. Для такого потока время t между двумя соседними событиями (транспортными происшествиями), как известно из теории вероятностей, распределено по показательному закону с плотностью вероятностей:

$$f(t) = \Lambda e^{-\Lambda t} \quad (2.33)$$

Применяя к выражению (2.33) операцию определения математического ожидания, вычисляем среднюю продолжительность рейса на одно транспортное происшествие:

$$T_{ДП} = m_t = \Delta \int_0^{\infty} t e^{-\Lambda t} dt = \frac{1}{\Lambda} \quad (2.34)$$

Используя результат (2.34), запишем распределение (2.32) в виде:

$$Q_n = \frac{\left(\frac{t_\Sigma}{T_{ДПП}}\right)^n}{n!} e^{-\frac{t}{T_{ДПП}}} \quad (2.35)$$

При $n = 0$ получим выражение для показателя безопасности движения:

$$P_{БД} = e^{-\frac{t_\Sigma}{T_{ДПП}}} \quad (2.36)$$

Формула (2.36) определяет связь вероятностного показателя безопасности движения со статическим показателем – средней продолжительности рейса на одно транспортное происшествие. Из сопоставления формул (2.35) и (2.36) заметим, что

$$Q = \frac{t_\Sigma}{NT_{ДПП}} = \frac{t_n}{T_{ДПП}} \quad (2.37)$$

Связь между вероятностными и статистическими показателями безопасности движения даёт возможность решать ряд практических задач, в частности: определить соответствие фактического уровня безопасности движения заданному; описать наиболее слабые места в безопасности движения; оценить эффективность различных мероприятий, направленных на повышение безопасности движения и другие.

2.6 Методы расчета вероятностного показателя безопасности транспортных процессов

Дорожно – транспортное происшествие – случайное событие. Оно может произойти при условии, что в движении появился неблагоприятный фактор и его последствия не могут быть предотвращены водителем. Неблагоприятные факторы, являясь следствием вполне конкретных причин, возникают в произвольные моменты времени, и в том заключается их случайность (рисунок 13).

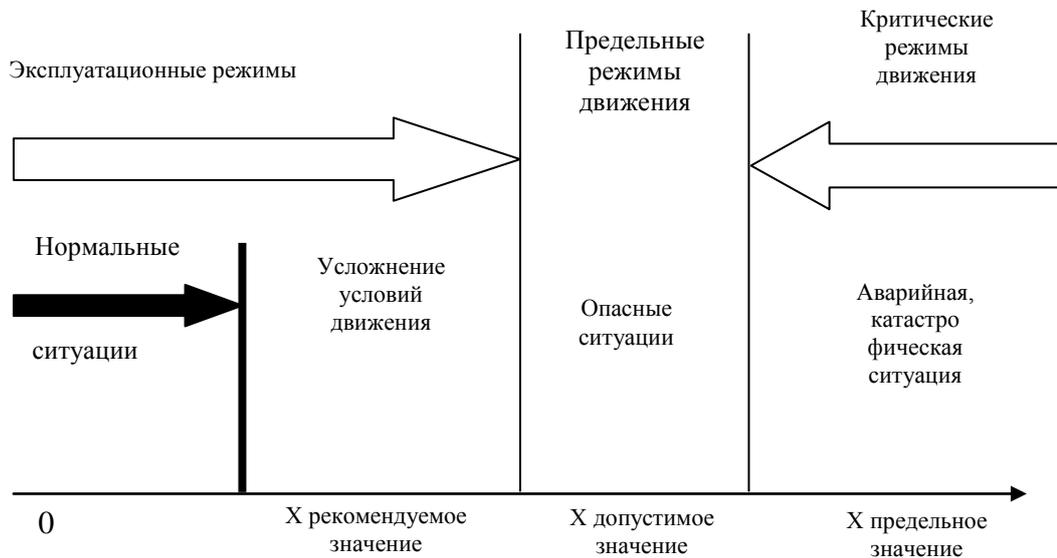


Рисунок 13 – Схема связи областей режимов движения, со значением определяющего параметра

За событие предотвращения примем событие невыхода определяющих параметров x_j за свои предельные значения $x_j < x_{jnp}$, $j = \overline{1..l}$. Строго говоря, событие превышения x_{jnp} не всегда приводит к транспортному происшествию. В ряде случаев после превышения x_{jnp} водитель своими действиями может вернуть транспортное средство в область $x_j < x_{jnp}$. В дальнейшем для однозначности суждений выход одного или нескольких определяющих параметров за предельные значения будем полагать за неблагоприятный исход рейса (транспортное происшествие). Обозначим: p_i , q_i и r_i – вероятности не появления и появления i -го неблагоприятного фактора; s_i – условные вероятности предотвращения и не предотвращения его последствий. В принятых обозначениях вероятностные показатели безопасности движения будут иметь очевидные выражения:

$$\begin{aligned} Q_i &= q_i \cdot s_i; \\ P_i &= 1 - Q_i = p_i + q_i \cdot r_i. \end{aligned} \quad (2.38)$$

Вопрос о методике получения развернутых выражений для показателей Q и P с учетом воздействия на автотранспортное средство множества факторов решается в зависимости от специфики факторов и их последствий. Эта специфика может быть отражена набором признаков, показанных на рисунке 14.

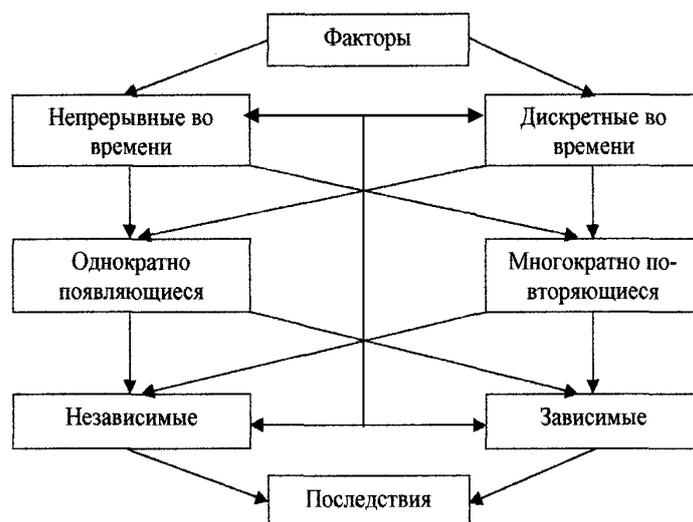


Рисунок 14 – Факторы, влияющие на работу сельскохозяйственных транспортных средств

Вероятность появления дискретных во времени факторов не зависит от продолжительности рейса, а определяется в основном характером рейса, уровнем подготовки водителя и другими критериями. К таким факторам, например, можно отнести ошибки водителя автотранспортного средства при выполнении маневров и перестроений автомобиля на дороге. В зависимости от специфики неблагоприятных факторов и их последствий, расчет вероятностных показателей транспортного травматизма можно выполнить следующими методами: логико-вероятностным, методом, расчет показателей с помощью дерева (графа) состояний, использованием моделей Марковских процессов и др.

2.6.1 Логико-вероятностный метод расчета

Метод основан на прямом вычислении вероятностных показателей безопасности транспортного травматизма P_i и Q_i , через вероятности p_i , q_i , r_i , s_i .

Логико-вероятностный метод применим для оценки влияния на безопасность движения независимых и зависимых факторов, как дискретных, так и непрерывных, но он по своей сущности не учитывает временной последовательности событий, связанных с воздействием на СТС неблагоприятных факторов. В этом состоит ограничение на применение метода.

Математическая формулировка метода определяется принятой моделью

безопасности движения, то есть условиями благополучного продолжения движения и его завершения.

Рассмотрим для иллюстрации метода две модели безопасности движения.

Первая модель – рейс выполняется в соответствии с заданием и благополучно завершается, если в движении неблагоприятные факторы не возникали, а если и возникали в любой последовательности, то водитель предотвратил их последствия.

Вторая модель – последующий этап движения выполняется в соответствии с заданием, если на предыдущем этапе не возник неблагоприятный фактор, угрожающий безопасности движения. Рейс заканчивается предыдущим этапом без ДТП, если водитель предотвратил последствия возникшего неблагоприятного фактора и ДТП, если не предотвратил.

Рассматриваемые модели безопасности по отношению к реальной практике являются предельными (оптимистичной и пессимистичной), так как все реально возникающие на практике ситуации укладываются в схемы случаев, занимающих промежуточное положение между первой и второй моделями безопасности движения.

В основу математической формулировки метода для первой модели может быть положена формула полной вероятности, предусматривающая рассмотрение всех физически возможных гипотез, связанных с появлением отдельных неблагоприятных факторов и их комбинаций.

Вероятность благополучного исхода дорожного движения при n возможных независимых неблагоприятных факторах $(1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, n)$ можно записать в виде:

$$P = P(A_0) + \sum_{i=1}^n P(A_i) + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^{C_n^2} P_{i,j}(A_2) + \dots + P_{i,j,\dots,n}(A_n) \quad (2.39)$$

$$i, j, \dots, n=1$$

$$i \neq j \neq \dots \neq n \quad ,$$

где $P(A_0)$ – вероятность того, что в рейсе не возникнет ни один неблагопри-

ятный фактор;

$P_i(A_1), P_{i,j}(A_2)$ – вероятность того, что в рейсе возникнет точно один неблагоприятный фактор и исход рейса будет благополучен, два фактора и так далее.

Слагаемые (2.39) определяются выражениями:

$$\begin{cases} p(A_0) \dots p_1 p_2 \dots p_n \\ p_i(A_1) \dots p_1 p_2 \dots p_{i-1} p_{i+1} \dots p_n q_i r_i \\ p_{i,j}(A_2) \dots p_1 p_2 \dots p_{i-1} p_{i+1} \dots p_{j-1} p_{j+1} \dots p_n q_i q_j r_i r_j \\ p_{i,j}(A_n) \dots q_1 q_2 \dots q_n r_1 r_2 \dots r_n \end{cases} \quad (2.40)$$

Выражение (2.39) с учетом (2.40) можно преобразовать к виду:

$$P = \prod_{i=1}^n (p_i + q_i r_i) \quad (2.41)$$

В справедливости этого можно убедиться на простейшем примере, рассмотрев выражение (2.39) при $n = 2$ и потом преобразовав его к виду (2.41).

Вероятность ДТП определится из очевидного условия, что каждый последующий неблагоприятный фактор в дорожном движении физически возможен, если перед этим неблагоприятные факторы не возникали, а если и возникали, то предотвращались. В соответствии с этим

$$\begin{aligned} Q &= q_1 s_1 + (p_1 + q_1 r_1) q_2 s_2 + \dots + (p_1 + q_1 r_1) \dots (p_{n-1} + q_{n-1} r_{n-1}) q_n s_n = \\ &= q_1 s_1 + \sum_{i=2}^n q_i s_i \prod_{f=1}^{i-1} (p_f + q_f r_f) \end{aligned} \quad (2.42)$$

Выражение (2.42), учитывая, что $r_f = 1 - s_f$ можно преобразовать к виду

$$\begin{aligned} Q &= \sum_{i=1}^n q_i s_i - \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^n q_i s_i q_j s_j + \sum_{\substack{i,j,d=1 \\ i \neq j \neq d}}^n q_i s_i q_j s_j q_d s_d - \\ &- \dots + (-1)^{n-1} \prod_{i=1}^n q_i s_i \end{aligned} \quad (2.43)$$

Учитывая, что вероятность возникновения в рейсе трех и более неблаго-

приятных факторов весьма мала, по сравнению с вероятностью возникновения одного или двух факторов, в формуле (2.39) можно ограничиться первыми тремя слагаемыми, а в формуле (2.43) – первыми двумя.

До сих пор все рассуждения, связанные с математической формулировкой метода для первой модели безопасности движения, велись безотносительно того, что рейс состоит из m последовательно выполненных этапов $(1, 2, \dots, v, \dots, l, \dots, m)$, а q_i, p_i, r_i, s_i изменяются от этапа к этапу. Будем полагать, что для каждого v m -го этапа ($v = \overline{1, m}$) известны вероятности $q_{iv}, p_{iv}, r_{iv}, s_{iv}$. Тогда, учитывая независимость друг от друга неблагоприятных факторов, к математической формулировке метода для первой модели безопасности движения можно подойти, рассматривая вероятности благополучного и неблагоприятного исходов по каждому i -му фактору с учетом этапности выполнения рейса. Последовательность событий, связанных с i -м фактором, по этапам рейса может быть представлена деревом состояний (графом), указанным на рисунке 15.

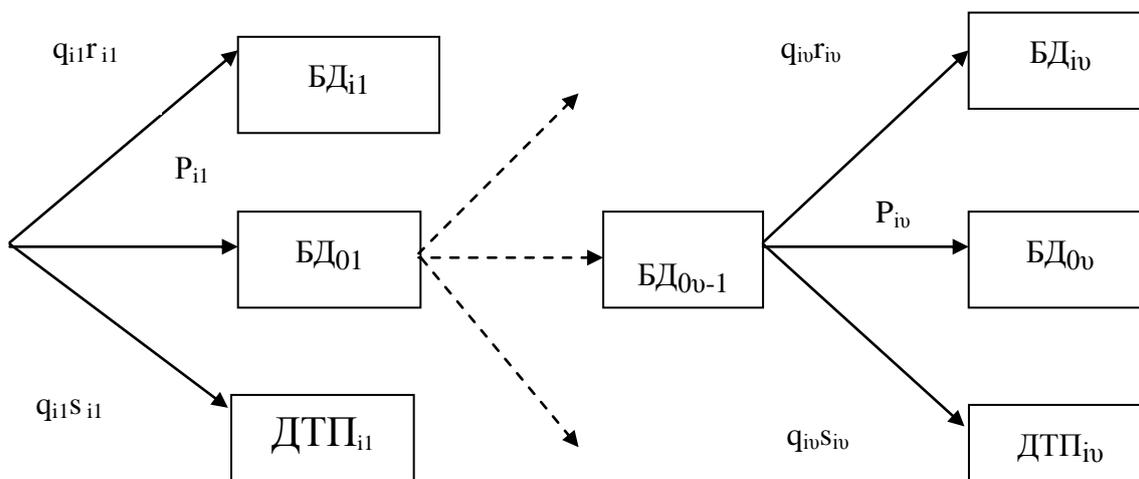


Рисунок 15 – Дерево состояний системы

На этом рисунке обозначено:

$БД_{0v}$ – событие отсутствия i -го фактора к моменту завершения v -го этапа рейса;

$БД_{iv}, ДТП_{iv}$ – события соответственно благополучного и неблагоприятного исходов при появлении i -го фактора на v -ом этапе рейса.

Дерево состояний графически интерпретирует многошаговый в общем случае процесс перехода системы от одного состояния к другому под воздействием неблагоприятных факторов (и в данном конкретном случае при переходе от одного этапа рейса к другому), начиная от корня дерева (начального состояния) и заканчивая его вершинами – состояниями $БД_{ov}$, $БД_{iv}$, $ДТП_{iv}$. На ветвях дерева проставляются вероятности перехода от одного состояния к другому, при этом должно соблюдаться условие: сумма вероятностей на всех ветвях, выходящих из одного состояния, должна равняться единице. Вероятности конечных состояний $БД_{ov}$, $БД_{iv}$, $ДТП_{iv}$ определяются как произведение всех вероятностей, указанных на ветвях дерева, начиная от конечного состояния и заканчивая корнем дерева.

Следуя этому правилу, определим вероятность благополучного исхода по i -му фактору для всех m этапов:

$$P_i = \prod_{v=1}^m p_{iv} + \sum_{v=1}^m p_{i1} \cdots p_{iv-1} q_{iv} r_{iv} \quad (2.44)$$

Соответственно уровень риска:

$$Q_i = \sum_{v=1}^m p_{i1} \cdots p_{iv-1} q_{iv} s_{iv} \quad (2.45)$$

По всем n неблагоприятным факторам, учитывая их независимость, будем иметь:

$$P = \prod_{i=1}^n P_i \quad (2.46)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i - \sum_{\substack{i,j=1 \\ i=j}}^{c_n^2} Q_i Q_j + \sum_{\substack{i,j,k=1 \\ i \neq j \neq k}}^{c_n^3} Q_i Q_j Q_k - \dots + (-1)^{n-1} \prod_{i=1}^n Q_i \quad (2.47)$$

Условие нормировки $P + Q = 1$ выполняется.

2.6.2 Расчет показателей с использованием моделей Марковских процессов

Оценка безопасности движения при воздействии на транспортное средство факторов, вероятность проявления которых зависит от продолжительности рейса, может быть произведена на основе представления переходов системы от одного состояния к другому моделью Марковского процесса со счетным множеством состояний и непрерывным временем. Факторы при этом могут быть как зависимые, так и независимые, однократно возникающие и многократно повторяющиеся, с зависимыми и независимыми последствиями, то есть этот метод позволяет производить оценку безопасности движения с учетом воздействия на транспортное средство обширного класса неблагоприятных факторов. Допустим, что все возможные в движении опасные ситуации, вызванные неблагоприятными факторами, образуют счетное множество $\{i\}$, $i = \overline{1, m}$. В зависимости от успешности действий водителя по предотвращению последствий неблагоприятных факторов множеству $\{i\}$ будут соответствовать два подмножества: $\{БД_i\}$ – благополучных и $\{ДТП_i\}$ – неблагоприятных исходов движения.

Обозначим вероятности этих исходов соответственно $P_i(t)$, $Q_i(t)$. Так как события из множества $\{i\}$ для текущего момента времени являются несовместными, то на основании теоремы сложения вероятностей запишем

$$P(t) = P_0(t) + \sum_{i=1}^m P_i(t); \quad Q(t) = \sum_{i=1}^m Q_i(t),$$

где $P_0(t)$ – вероятность пребывания системы в нормальном состоянии.

Неизвестные вероятности $P_0(t)$, $P_i(t)$, $Q_i(t)$ вычисляются по модели Марковского процесса смены состояний рассматриваемой системы. Для обоснования возможности использования такой модели применим следующие допущения:

1. В начале движения ситуация является нормальной, то есть неблагоприятные факторы отсутствуют.
2. События предотвращения и непредотвращения возникают одновременно с появлением опасных ситуаций.

3. Последовательность возникновения опасных ситуаций (неблагоприятных факторов) i -го типа являются пуассоновским потоком с интенсивностью λ_i . Соответствующие ему потоки благополучных и неблагополучных исходов в силу предыдущего допущения также являются пуассоновскими. Их интенсивности соответственно равны $\lambda_i r_i$, $\lambda_i s_i$ (пуассоновским потоком событий является поток обладающий свойствами ординарности и отсутствия последствия).

4. Отказавшие при движении элементы не восстанавливаются, а ошибки водителя не повторяются.

Сущность метода расчета вероятностей $P_0(t)$, $P_i(t)$, $Q_i(t)$ при использовании модели Марковского процесса состоит в том, что неизвестные вероятности как функции времени определяются из решения дифференциальных уравнений, которыми описывается этот процесс.

Для составления дифференциальных уравнений относительно неизвестных вероятностей $P_0(t)$, $P_i(t)$, $Q_i(t)$ Марковский процесс со всеми выявленными и реально возможными при движении состояниями системы представляется наглядно в виде графа состояний (рисунок 16).

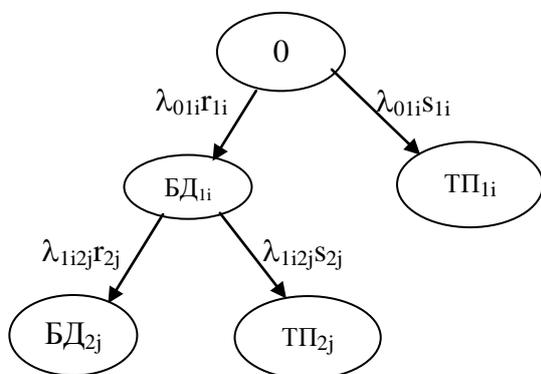


Рисунок 16 – Марковский процесс состояния системы

В узлах этого графа обозначаются состояния системы (исходы рейса), вершина графа (состояние 0) соответствует нормальной ситуации. Состояния системы, в которые она переходит непосредственно из нулевого состояния вследствие появления неблагоприятных факторов, называются состояниями первого уровня; состояния, возникающие из состояния первого уровня, - состояниями второго уровня и так далее.

Обозначим эти состояния на первом уровне по i -му фактору – БД_{1i}; ДТП_{1i} соответственно для благополучных и неблагополучных исходов; на втором уровне по j -му фактору БД_{2i}, ДТП_{2j} и так далее.

На ребрах графа проставляются интенсивности перехода от одного состояния к другому : при переходе от нулевого состояния к состояниям первого уровня – $\lambda_{01i} r_{1i}$; $\lambda_{01i} s_{1i}$ при переходе от состояний первого уровня к состояниям второго уровня – $\lambda_{1i2j} r_{2j}$; $\lambda_{1i2j} s_{2j}$.

Дифференциальные уравнения для определения неизвестных вероятностей составляют по определенному правилу: число уравнений равно числу состояний (исходов), размеченных на графе; в левой части уравнения стоит производная вероятности данного состояния, а правая часть содержит столько членов, сколько стрелок связано с данным состоянием. Если стрелка выходит из этого состояния, соответствующий член имеет знак минус, если она направлена в состояние – плюс. Каждый член равен произведению интенсивности перехода, соответствующей данной стрелке, на вероятность того состояния из которого стрелка исходит.

Дифференциальные уравнения для графа состояний, изображенного на рисунке 16, имеют следующий вид:

– для вероятности нулевого состояния:

$$\frac{dP_0}{dt} = -\lambda_{00} P_0 ; \quad (2.48)$$

– для вероятностей состояний первого уровня:

$$\frac{dP_{1i}}{dt} = \lambda_{01i} r_{1i} P_0 - \lambda_{1i1i} P_{1i} ; \quad (2.49)$$

$$\frac{dQ_{1i}}{dt} = \lambda_{01i} s_{1i} P_0 ; \quad (2.50)$$

– для вероятностей состояния второго уровня:

$$\frac{dP_{2j}}{dt} = \lambda_{1i2j} r_{2j} P_{1i} - \lambda_{2j2j} P_{2j} ; \quad (2.51)$$

$$\frac{dQ_{2j}}{dt} = \lambda_{1i2j} s_{2j} P_{1i} . \quad (2.52)$$

В уравнениях (2.48), (2.49), (2.51) величины λ_{00} , λ_{1i1i} , λ_{2j2j} – суммарные интенсивности появления факторов, выводящих систему соответственно из нулевого состояния, из i -х состояний первого уровня и j -х состояний второго уровня:

$$\lambda_{00} = \sum_{i=1}^a \lambda_{01i}; \quad \lambda_{1i1i} = \sum_{j=1}^b \lambda_{1i2j}; \quad \lambda_{2j2j} = \sum_{f=1}^c \lambda_{2j3f} \quad (2.53)$$

где индексы a , b , c означают числа факторов, которые могут соответственно вывести систему из нулевого состояния, из i -го состояния первого уровня, из j -го состояния второго уровня.

Решение системы дифференциальных уравнений производится при начальных условиях: $t = 0$; $P_0 = 1$; $P_{1i} = Q_{1i} = P_{2j} = Q_{2j} = \dots = 0$.

В первую очередь решается уравнение для вероятности нулевого состояния; затем, используя этот результат, производится решение уравнений для вероятностей состояния первого уровня и др. Для оценки безопасности одного рейса достаточно решить только уравнения для вероятностей благополучных исходов (2.48), (2.49), (2.51) и других, но для проверки правильности решения по условию $P(t) + Q(t) = 1$ необходимо решить всю систему дифференциальных уравнений.

В целом ряде случаев для оценки безопасности дорожного движения можно ограничить граф состояниями первого уровня. Это равносильно допущению о том, что за рассматриваемое время рейса более одного неблагоприятного фактора не возникает. Неизвестные вероятности состояний при этом определяются из решения уравнений (2.48), (2.49), (2.51), при условии $\lambda_{1i1i} = 0$ (дальнейшем индекс 1 использоваться не будет).

Решая эти уравнения, получаем: $P_0(t) = e^{-\lambda_{00}t}$; $P_i(t) = \frac{\lambda_{0i} \cdot r_i}{\lambda_{00}} (1 - e^{-\lambda_{00}t})$;

$$Q(t) = \frac{\lambda_{0i} \cdot S_i}{\lambda_{00}} (1 - e^{-\lambda_{00}t}), \quad \text{где в соответствии с (2.47), } \lambda_{00} = \sum_{i=1}^a i \lambda_{0i}$$

Выражения для вероятностей благополучного и неблагоприятного исхода рейса примут вид:

$$P = e^{-\lambda_{00}t} + \frac{1 - e^{-\lambda_{00}t}}{\lambda_{00}} \sum_{i=1}^a \lambda_{0i} r_i ; \quad (2.54)$$

$$Q = \frac{1 - e^{-\lambda_{00}t}}{\lambda_{00}} \sum_{i=1}^a \lambda_{0i} s_i . \quad (2.55)$$

Заметим, что $\lambda_{0i} = \lambda_i$, где λ_i – интенсивность появления i -го неблагоприятного фактора.

По формулам (2.48), (2.49) определяем уровень безопасности дорожного движения или уровень риска при известных значениях λ_i, r_i . Как следует из выражения (2.49), удельный вклад i -го фактора в уровень аварийности равен:

$$Q = \frac{Q_i}{Q} = \frac{\lambda_i s_i}{\sum_{i=1}^a \lambda_i s_i} \quad (2.50)$$

Этот критерий позволяет определить факторы, оказывающие наиболее отрицательное влияние на безопасности дорожного движения. Как частный случай для одного неблагоприятного фактора ($a = 1$) показатели безопасности дорожного движения принимают вид:

$$P = e^{-\lambda t} + (1 - e^{-\lambda t}) \cdot r = p(t) + q(t)r; \quad (2.51)$$

$$Q = (1 - e^{-\lambda t})s = q(t)s \quad (2.52)$$

2.6.2.1 Расчет показателей с учетом возможности восстановления системы

В ряде случаев после предотвращения последствий неблагоприятных факторов водитель может с определенной вероятностью вернуть систему в исходное состояние.

Обозначим вероятность восстановления системы после появления i -го неблагоприятного фактора и предотвращения его последствий водителем u_i . Предположим, что события появления неблагоприятного фактора, предотвра-

щения его последствий и восстановления системы происходят одновременно. Граф состояний для этого случая применительно к появлению неблагоприятных факторов только на первом уровне (рисунок 17).

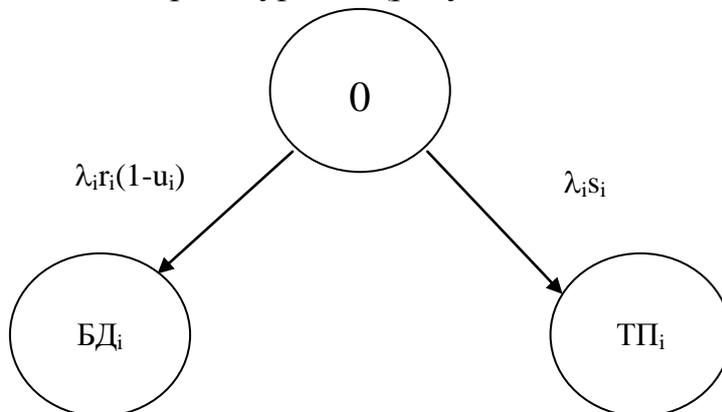


Рисунок 17 – Граф состояний первого уровня

Уравнения относительно неизвестных вероятностей записываются в виде:

$$\begin{aligned} \frac{dP_0}{dt} &= -\lambda_{00} P_0; \\ \frac{dP_i}{dt} &= \lambda_i r_i (1 - u_i) P_0; \\ \frac{dQ_i}{dt} &= \lambda_i s_i P_0, \end{aligned} \quad (2.59)$$

$$\text{где } \lambda_{00} = \sum_{i=1}^a \lambda_i [r_i (1 - u_i) + s_i] = \sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i).$$

Решая уравнение (2.59) получим развернутые выражения для P_0 , P_i , Q_i :

$$P_0(t) = e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - u_i r_i) t}; \quad (2.60)$$

$$P_i(t) = \frac{\lambda_i r_i (1 - u_i)}{\sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i)} \left[1 - e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i) t} \right]; \quad (2.61)$$

$$Q_i(t) = \frac{\lambda_i s_i}{\sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i)} \left[1 - e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i) t} \right]. \quad (2.61)$$

Для предельного, имеющего большое практическое значение случая

$u_i = 1; i = 1$, формулы (2.59), (2.60), (2.61) записываются в виде:

$$P_0(t) = e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i s_i t};$$

$$P_i(t) = 0;$$

$$Q_i(t) = \frac{\lambda_i s_i}{\sum_{i=1}^a \lambda_i s_i} \left[1 - e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i s_i t} \right]. \quad (2.63)$$

При этом:

$$P = P_{БД} = e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i s_i t}. \quad (2.64)$$

В этой формуле t приобретает смысл (суммарной продолжительности всех рейсов), ранее обозначенных t_Σ , а λ_i, s_i – смысл интенсивности потока транспортных происшествий по i -му фактору, которую обозначим Λ_i :

$$P_{БД} = e^{-t_\Sigma \sum_{i=1}^a \lambda_i} = e^{-\Lambda t_\Sigma},$$

где Λ – интенсивность потока транспортных происшествий по всем факторам.

Вероятность совершения хотя бы одного транспортного происшествия за время t_Σ определяется соотношением $Q_{n \geq 1} = 1 - e^{-\Lambda t_\Sigma}$

Обозначив интенсивность потока транспортных происшествий из-за неисправности техники Λ_T , из-за ошибок обслуживающего персонала $\Lambda_{ОП}$, из-за воздействия неблагоприятных условий Λ_{HV} , и полагая эти три группы факторов независимыми, показатель $P_{БД}$ возможно представить в виде:

$$P_{БД} = P_T P_{ОП} P_{HV} = e^{-\Lambda_T t_\Sigma} \cdot e^{-\Lambda_{ОП} t_\Sigma} \cdot e^{-\Lambda_{HV} t_\Sigma}, \quad (2.65)$$

где $P_T, P_{ОП}, P_{HV}$ – частные показатели безопасности движения по соответствующим группам факторов.

2.6.3 Комбинированный метод определения показателей безопасности транспортных процессов

Показатели безопасности движения в основном являются вероятностными характеристиками. Комбинированный метод предполагает их оценку путем совместного и одновременного использования данных эксперимента (дорожных испытаниях) и теоретических исследований математической модели движения ТС.

При дорожных испытаниях характеристики воздействия на ТС должны соответствовать естественным условиям. Все неслучайные воздействия должны быть одинаковы во всех экспериментах, а у случайных воздействий - одинаковые, но независимые вероятностные характеристики. В этом случае можно считать, что все эксперименты являются независимыми и проведены в одинаковых условиях.

Важным элементом дорожных испытаний является измерительная система, которая представляет собой совокупность средств, обеспечивающих измерение воздействий на ТС. От того, какие воздействия регистрируются системой измерения, зависит эффективность использования результатов теоретических исследований при оценке характеристик безопасности движения.

Математическая модель движения ТС должна быть составлена с использованием знаний, накопленных в процессе разработки и испытаний ТС. Одни и те же в физическом смысле внешние воздействия на ТС и на модель отличаются за счет того, что на ТС действуют реальные воздействия $u_{01}, u_{02}, \dots, u_{0N}$, а на модель – либо измеренные значения воздействий u_1, u_2, \dots, u_N , либо воздействия, сформированные на основании вероятностных характеристик, полученных при измерении воздействий U , как изображено на рисунке 18.

Обозначим через x искомый показатель безопасности движения. По результатам дорожных испытаний можно вычислить статистическое его значение

$$x^* = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j, \quad (2.66)$$

где N – число реализаций;

x_j – значения показателя БД в j – й реализации.

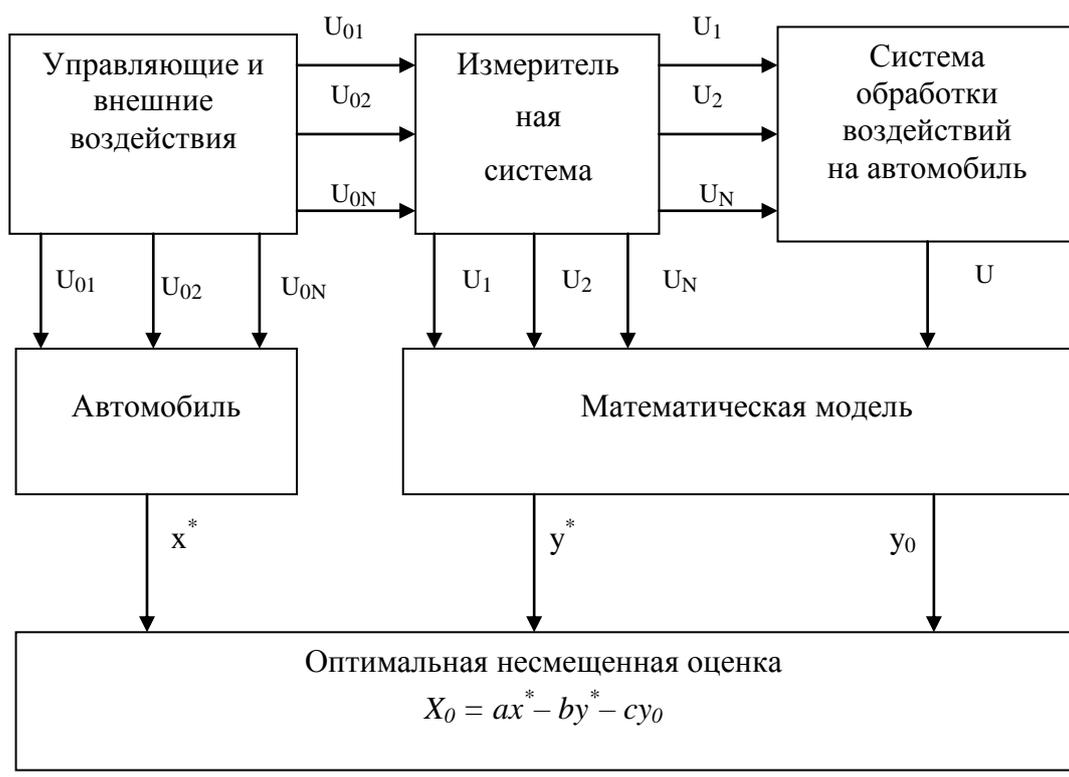


Рисунок 18 – Схема воздействий на автотранспортное средство

При подаче на модель внешних воздействий u_1, u_2, \dots, u_N определяется статистическое значение показателя безопасности движения

$$y^* = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y_j \quad (2.67)$$

По воздействиям на модели, полученным на основании обработки внешних измеренных воздействий на автомобиль, определяются расчетные значения показателя безопасности движения y_0 . Таким образом, модель должна позволять аналитическое ее решение.

Оценка показателя безопасности движения определяется как оптимальная в смысле минимума дисперсии в классе линейных несмещенных оценок по отношению к показателям x^* , y^* и y_0 , т.е.

$$x_0 = ax^* - by^* - cy_0 \quad (2.68)$$

где a, b, c – коэффициенты, выбираемые из условия минимума дисперсии оценки и ее несмещенности.

Условия несмещенности:

$$M[x_0] = aM[x^*] + bM[y^*] + cM[y_0] \quad (2.69)$$

или

$$M[x^*] = x, M[y^*] = y, M[y_0] = y \quad (2.70)$$

На основании формул (2.62) $a = 1, b + c = 0,$

$$x_0 = x^* - c(y^* - y_0) \quad (2.71)$$

Значение коэффициента c находится из минимума дисперсии $D[x_0]$ Поскольку x^*, y^* и y_0 получены через одни и те же воздействия, измеренные при движении, то их значение коррелированы между собой

$$\begin{aligned} D[x_0] &= M[x_0 - x]^2 = M\{(x^* - x) - c[(y^* - y)(y_0 - y)]\}^2 \\ &= D[x^*] - 2c(\mu_{x^*y^*} - \mu_{x^*y_0}) + c^2\{D[y^*] - 2\mu_{y^*y_0} + D[y_0]\} \end{aligned} \quad (2.72)$$

где $D[x^*], D[y^*], D[y_0]$ – дисперсии величин x^*, y^*, y_0 ;

$\mu_{x^*y^*}, \mu_{x^*y_0}, \mu_{y^*y_0}$ – корреляционные моменты величин x^* и y^*, x^* и y_0, y^* и y_0 соответственно.

Для определения значения коэффициента c , дающего минимум дисперсии $D[x_0]$, необходимо взять частную производную от выражения (2.72) по c и приравнять ее нулю, поскольку вторая производная по c положительна, то имеет минимум:

$$c = \frac{\mu_{x^*y^*} - \mu_{x^*y_0}}{D[y^*] - 2\mu_{y^*y_0} + D[y_0]} \quad (2.73)$$

Для вычисления мы можем располагать фактически только статистическими значениями величин, входящих в выражение (2.73), поэтому действительной оценкой будет не x_0 , а некоторая оценка u . Расчеты показывают, что точность оценок x_0 и x_{0I} одинакова при небольшом количестве экспериментов (от 10 до 30). Выигрыш в точности от использования результатов теоретиче-

ских исследований определяется отношением дисперсии статистического значения x^* к дисперсии x_0 , то есть

$$\bar{D} = \frac{D[x^*]}{D[x_0]} = \frac{1}{1 - \frac{(\mu_{x^*y^*} - \mu_{x^*y_0})^2}{D[x^*]\{D[y^*] - 2\mu_{y^*y_0} + D[y_0]\}}} \quad (2.74)$$

Выражение (2.74) представляет собой также выигрыш в числе экспериментов от использования результатов теоретических исследований. Поскольку стоимость эксперимента во много раз превышает стоимость теоретических исследований, то величина D , характеризующая выигрыш в числе экспериментов, будет определять и выигрыш в стоимости исследований

2.6.4 Задачи решаемые, с помощью вероятностных показателей

1. Оценить влияние на безопасность транспортных работ отдельного неблагоприятного фактора или некоторой совокупности неблагоприятных факторов.

2. Отработать требования к уровню безопасности транспортных работ для разрабатываемого сельскохозяйственного транспортного средства на основании опыта эксплуатации прототипа. Если известен $T_{ДТП}$ – средний пробег на одно ДТП для прототипа, то для проектируемого ТС уровень риска на основании $Q = \frac{t_n}{T_{III}}$ должен удовлетворять условию $Q < \frac{t_n}{T_{III}}$, где t_n – предполагаемая продолжительность пробега проектируемого ТС.

3. Определять соответствие фактического уровня безопасности транспортных работ. Эта задача решается аналогично предыдущей, только здесь исходной информацией является величина нормируемого уровня риска. Текущее значение $T_{ДТП}$ должно сравниваться в соответствии с выражением $Q = \frac{t_n}{T_{III}}$ с заданным уровнем риска.

4. Оценивать эффективность мероприятий на автотранспортных средствах, направленных на повышение безопасности транспортных работ, еще до их практической реализации. Например, в результате выполнения доработок

вероятность отказа тормозной системы в одном рейсе уменьшилась в два раза. Требуется оценить эффект доработок, проявляемых при выполнении 100000 рейсов. Полагая $Q = Q_d = 10^{-5}$, определим по формуле $P_{ТП} = e^{-NQ_d} = e^{-10^5 \cdot 10^{-5}} = 0,368$, $Q_{n>1} = 1 - P_{ТП} = 0,632$. После выполнения доработок $P_{ТП} = e^{-0,5NQ_d} = e^{-0,5 \cdot 10^{-5} \cdot 10^5} = 0,606$; $Q \geq 1 - P_{ТП} = 0,394$. Доработка дала положительный эффект: вероятность благополучного завершения рассматриваемого числа рейсов возросла в 1,54 раза.

5. Задавать требования к надежности автотранспортных средств, параметрам функциональных систем автомобиля из условия обеспечения заданного уровня безопасности.

6. Отыскивать наиболее слабые места в обеспечении безопасности транспортных работ и разрабатывать эффективные мероприятия для ее повышения.

7. Оптимизировать уровень безопасности транспортных работ с учетом стоимости и эффективности автотранспортного средства. Для иллюстрации возможностей решения такой задачи рассмотрим следующий пример. Предположим, что на создание нового СТС отпущено A средств. Стоимость B одного СТС в зависимости от уровня риска выражается формулой $B = \frac{B_0}{Q^k}$, $k > 0$.

График соответствующей зависимости имеет вид (рисунок 19).

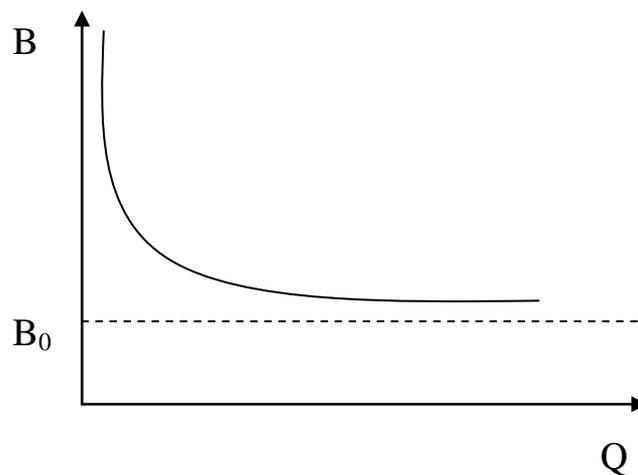


Рисунок 19 – Зависимость уровня риска от стоимости СТС

Требуется определить уровень $Q_{\text{ОПТ}}$, соответствующий максимуму величины $z = n - m$, где n – число построенных СТС; m – число СТС, потерянных в ТП за время пробега, соответствующего установленному для СТС ресурсу $t_{\text{РЕС}}$. Таким образом, в данной задаче в качестве критерия эффективности принимается величина z . Предполагается, что при выбранном критерии эффективности, СТС удовлетворяет требованиям, предъявляемым к нему в соответствии с целевым назначением. Величина n определяется по формуле $n = \frac{A}{B} = \frac{A}{B_0} Q^k$. Величина m может быть определена в предположении пуассоновского закона распределения числа СТС как среднее значение числа летных ТП происшествии, то есть $m = \frac{nQ t_{\text{РЕС}}}{t_{\text{СР}}}$. Тогда $z = \frac{A}{B_0} (Q^k - Q^{k+1} \frac{t_{\text{РЕС}}}{t_{\text{СР}}})$.

Взяв производную от z по Q и приравняв ее нулю, определим из полученного равенства $Q_{\text{ОПТ}} = \frac{k t_{\text{СР}}}{(k+1) t_{\text{РЕС}}}$. Полученное значение $Q_{\text{ОПТ}}$ соответствует максимуму

величины z , что подтверждается знаком второй производной $\frac{d^2 z}{dQ^2} < 0$.

Из результата решения этой задачи следуют два вывода:

1. При совместном удовлетворении проблем стоимости, эффективности и безопасности правомерна постановка вопроса об оптимальном уровне безопасности движения.

2. Этот уровень безопасности движения должен задаваться с учетом назначенного ресурса СТС, причем, чем больше ресурс, тем больше должен задаваться уровень безопасности движения.

Глава 3 Анализ влияния элементов системы «Водитель – транспортное средство – дорога – среда» в обеспечении безопасности транспортных процессов в АПК

3.1 Водитель как элемент системы «Водитель – транспортное средство – дорога – среда»

3.1.1 Специфика условий и безопасности труда водителей сельскохозяйственных транспортных средств

При использовании транспортных средств, в сельскохозяйственном производстве создаются самые разнообразные условия эксплуатации транспорта, обуславливаемые производственной необходимостью. Поэтому к профессии водителя, его навыкам, мастерству и психологическому состоянию предъявляются повышенные требования.

На трудоспособность водителя действуют различные отрицательные факторы, такие, как шум, вибрация, повышение или понижение температуры в кабине, наличие в ней отработавших газов. Работа его связана как с физической, так и с психологической нагрузкой организма. Водитель должен правильно оценивать при движении техническое состояние транспортных средств, состояние отдельных узлов и систем, правильно выбирать скорость движения, обеспечивать устойчивость транспортных средств к заносу и опрокидыванию, а также предугадывать возможные маневры и ошибки со стороны других водителей. Наиболее часто случается опрокидывание одиночного автомобиля, трактора при потере устойчивости в поперечном направлении.

На сельских дорогах водители часто грубо нарушают правила дорожного движения и эксплуатации транспортных средств. В частности, характерны неподача сигнала при начале движения, обгоне, перестроении для поворота, езда по встречной полосе дороги, превышение скорости при проезде населенных пунктов, стоянка на проезжей части без освещения. Все это нередко создает аварийную ситуацию.

Очень часто дорожно-транспортные происшествия происходят по вине водителя, находящегося в нетрезвом состоянии. В некоторых регионах страны

количество ДТП по вине нетрезвых водителей превышает 60%, а по вине нетрезвых мотоциклистов в некоторых сельских районах – более 90%.

Опасны не только большие, но и малые дозы алкоголя. Прием 40...100 г водки увеличивает вероятность ДТП в 2...3 раза, 150 г водки – в 6...7 раз, 200 г водки в – 15 раз. После приема алкоголя замедляются процессы мышления, в результате водителю требуется больше времени для оценки обстановки и принятия решения, что снижает его готовность к действиям при неожиданном изменении дорожной обстановки. Нарушается глазомер, снижается способность различать цвета (особенно ухудшается восприятие красного цвета), увеличивается время восстановления зрения после ослепления, нарушается координация движений, их точность, уменьшается мышечная сила, резко увеличивается время реакции. Водитель при этом допускает грубые ошибки управления, снижает контроль за скоростью, не в состоянии правильно определить безопасную дистанцию между автомобилями и совершает самовольные отклонения от маршрута движения.

Опьянение вызывает значительное замедление реакции, снижает точность и координацию движений, что нередко приводит к наезду автомобиля на людей и препятствия. Под действием даже небольшого количества алкоголя время реакции у водителя увеличивается в два – четыре раза, в то время как в нормальных условиях оно равно 0,6 – 1 с. Кроме того, обзорность окружающей обстановки снижается до 40° вместо 150°.

Реакция у каждого водителя различна и непостоянна во времени. Она зависит от состояния здоровья, усталости, психического равновесия и может быть разной у одного водителя утром и вечером. Поэтому водителю очень важно учитывать все эти условия и во избежание аварий соблюдать правила безопасности движения по дорогам. Время реакции является одним из основных показателей мастерства.

Однако мастерство вождения определяется не только быстротой реакции, возрастом и стажем водителя, но и его индивидуальными чертами. Невнима-

тельный водитель может заметить опасную транспортную ситуацию, но не сможет вовремя оценить ее и предпринять необходимые действия. В то же время постоянное напряженное наблюдение за дорожной обстановкой или однообразный характер движения приводят к утомлению и сонливости, внимание быстро ослабевает.

Каждый водитель должен воспитывать в себе дисциплинированность и находчивость, не допускать переутомления и значительных психических нагрузок перед работой. На основании многих исследований сделан вывод, что человек управляет транспортным средством в соответствии со своим характером. Люди, у которых азарт преобладает над осторожностью, любят создавать рискованные ситуации на дороге. Это лихачи, превышающие скорость, обгоняющие на поворотах, на вершине подъема, когда нет возможности увидеть, не идет ли встречная машина, едущие вплотную к осевой линии и встречным машинам, не соблюдающие безопасных интервалов движения. Здравый смысл, терпимость и уступчивость, знание, что скорость не самое главное на транспорте,— основные качества безаварийного водителя-профессионала.

3.1.2 Подготовка рабочего места водителя

Недостатки в подготовке рабочего места, а именно: слишком высокая или низкая температура воздуха в кабине, грязь, пыль, проникновение в кабину выхлопных газов, неисправное сиденье или не отрегулированное по росту и весу водителя, наличие посторонних предметов на полу кабины (ключей, запасных частей и т. д.) – все это существенно сказывается на работоспособности, приводит к быстрому утомлению.

Поэтому перед выездом из гаража на транспортные работы, водитель обязан убедиться, что автомобиль или тракторный агрегат находится в технически исправном состоянии, позаботиться о чистоте своего рабочего места и подготовить его, особое внимание необходимо обратить на исправность и правильность расположения сиденья и крепления нижней и спинной подушек. Высота сиденья должна обеспечивать самое удобное положение, что не даст излишне-

го мышечного напряжения и обеспечит необходимую свободу движения.

Удобства расположения тела можно добиться при тщательно подогнанной подушке и спинке сиденья. На большинстве колесных тракторов и автомобилей установлены сиденья, регулируемые на определенный наклон спинки. Так, у грузовых автомобилей наклон спинки должен быть в пределах $97^{\circ} \pm 2^{\circ}$, а автобусов – $95 - 107^{\circ}$. Сиденья рекомендуется подгонять в зимнее и летнее время. Для людей небольшого роста на нерегулируемое сиденье следует подкладывать подушку, которую надежно закрепить, чтобы исключить сползание ее с сиденья.

Обивка сиденья должна быть жесткой и шероховатой. При гладкой обивке сиденья водитель как бы скользит по его поверхности. Такое постоянное перемещение тела и усилие для удержания его в нужном положении излишне утомляет водителя. Следует обращать внимание и на утепление сиденья; подкладка должна быть поставлена достаточной толщины.

Необходимо иметь в виду, что дерматиновая обивка медленно нагревается, но и очень быстро охлаждается, а в холодное время года это способствует возникновению у водителя заболеваний. Нельзя допускать к эксплуатации транспортное средство, у которого сиденье и спинка полностью продавлены и не закреплены.

Большое влияние на производительность водителя и безопасность движения оказывает правильное расположение его рук на рулевом колесе и умение управлять автомобилем.

Близкое расположение туловища от рулевой колонки ведет к утомлению мышц рук и спины, ухудшению обзорности и затруднению правильной оценки складывающейся обстановки на дороге.

Если спинка сиденья слишком удалена от рулевого колеса или нарушен ее наклон, основная нагрузка в работе рук будет приходиться на более слабые мышцы предплечий и кистей рук. Высоту сиденья и расстояние от его края до педалей управления подбирают так, чтобы при посадке центр тяжести тела

приходился на сиденье, при этом плечи были бы плотно прижаты к спинке, а ноги и руки слегка согнуты.

При управлении автомобилем, трактором руки водителя должны лежать на рулевом колесе. Если условно разделить рулевое колесо по часовому циферблату, то левая рука должна держать рулевое колесо между 8 и 10 часами, а правая – между 2 и 4 часами, при этом использовать закрытый захват.

Запрещается управлять автомобилем, трактором одной рукой или держать рулевое колесо в нижней части.

При подготовке рабочего места водитель должен также обеспечить хорошую обзорность в кабине, проверить действие стеклоочистителей. Все стекла кабины должны быть целыми и чистыми, для предохранения их от замерзания в зимнее время и обеспечения плюсовой температуры в кабине нужно проверить действие обогревателя. Запрещается использовать автомобили и тракторы на дальних перевозках грузов в зимнее время с неисправным обогревателем.

3.1.3 Обеспечение микроклимата в кабине автомобиля

Производительность и надежность работы водителя транспортного средства в значительной степени зависит от микроклимата в кабине.

Микроклимат в кабине складывается в основном из трех параметров – температуры воздуха, его влажности и скорости движения.

С точки зрения физиологических и гигиенических позиций необходимо поддерживать на рабочем месте определенный диапазон абсолютных температур воздуха, в пределах которого у водителя сохраняются в течение рабочего дня комфортное тепловое состояние и высокий уровень трудоспособности.

Низкая температура воздуха в кабине отрицательно влияет на работу мышц водителя, при этом у него снижается быстрота и точность движения, увеличивается количество ошибок при управлении транспортным средством.

В кабине водителя должна быть температура воздуха 18 – 20°С при относительной влажности 30 – 50%.

При повышении температуры в кабине до +25 °С начинается физическое утомление водителя, а при достижении +30 °С значительно ухудшается умственная деятельность, замедляется реакция, наблюдается вялость всего организма, что приводит к увеличению ошибок при управлении автомобилем. Как правило, для снижения температуры в кабине водителя используют установленный вентилятор или открывают окна дверей кабины.

Значительно влияют на теплорегуляцию организма водителя влажность воздуха и скорость его движения. Большая относительная влажность воздуха при высокой температуре может быть причиной перегрева организма. Относительная влажность до 70 – 75% крайне неблагоприятно сказывается на работе организма человека.

В воздухе, имеющем большую концентрацию водяных паров, затрудняется теплоотдача с поверхности тела путем испарения. Основной мерой, снижающей высокую температуру воздуха в кабине и профилактически действующей на водителя, является хорошо работающая вентиляция. Водитель начинает ощущать движение воздуха при скорости его движения 0,25 – 0,3 м/с. При усилении движения воздуха в кабине до 0,7 – 1 м/с легко переносится температура воздуха до +25 °С.

Однако воздух в кабине может содержать пары топлива и вредные примеси отработавших газов.

Так, пары бензина вызывают острое отравление или хроническое отравление, проявляющееся в повышенной раздражительности, головокружении, ослаблении сердечной деятельности, при концентрации их в кабине в количестве 5 – 10 мг/м³ против допустимого содержания в воздухе 0,3 мг/м³.

Наиболее вредный компонент в отработавших газах – окись углерода. Проведенные научные исследования показывают, что окиси углерода в кабине содержится летом меньше, чем в зимнее время, и ее концентрация зависит от скорости движения транспортного средства. Наибольшая концентрация окиси углерода содержится в отработавших газах при работе бензинового двигателя

на холостом ходу, при этом она может достигнуть нормы, в несколько раз выше допустимой, – 30 мг/м³.

Особенно большая концентрация окиси углерода создается в кабине, если двигатель находится в технически неисправном состоянии или плохо отрегулирован. При этом концентрация может превышать более чем в 20 раз допустимую.

Следовательно, при использовании транспортных средств основным направлением в борьбе с концентрацией отработавших газов является улучшение рабочего процесса двигателей (за счет исправности, своевременного и качественного технического обслуживания), вентиляции и герметизации кабины.

Каждый водитель должен помнить, что нельзя отдыхать или спать в кабине автомобиля во время работы двигателя в закрытом помещении. Это может привести к несчастному случаю или смертельному исходу.

В зависимости от концентрации окиси углерода в воздухе и продолжительности воздействия на организм, проявляются различные стадии отравления.

При легкой степени отравления вначале возникает общая слабость, ощущается головная боль, головокружение, потемнение в глазах, понижается слух. В дальнейшем развивается состояние возбуждения, напоминающее алкогольное опьянение. При более тяжелом отравлении наблюдается резкая мышечная слабость, ослабление сознания, сонливость, тошнота, рвота и потеря сознания.

При установке автомобиля на хранение в закрытом боксе нельзя допускать работу двигателя продолжительное время, так как при работе двигателя в течение 5 минут, в помещении создается высокая концентрация окиси углерода, что вызывает смертельное отравление. Для предотвращения попадания отработавших газов в кабину нужно уплотнять пол кабины, фланцевые соединения газопровода, правильно регулировать систему выхлопа.

На постах технического обслуживания, в закрытых боксах, где возможна работа двигателя, должны быть предусмотрены гибкие шланги, для вывода отработавших газов наружу и применяться приточно – вытяжная вентиляция.

3.1.4 Обеспечение микроклимата в кабине трактора

Параметры микроклимата в кабине регламентированы ГОСТ 12.120 – 88. Стандарт устанавливает следующие показатели:

- максимальная температура воздуха в кабине в теплый период года для всех сельскохозяйственных зон и для зон с повышенной температурой в летний период;
- влажность воздуха в теплый период года;
- минимальная температура воздуха в холодный период года;
- перепад температуры воздуха в кабине между точками измерения на уровне головы и ног в теплый и холодный периоды года;
- средневзвешенная температура всех внутренних поверхностей кабины, за исключением поверхностей стекол, панели моторного отсека и щитка приборов;
- регулирование направления и скорости движения воздуха в кабине;
- скорость движения воздуха в зоне дыхания тракториста;
- избыточное давление воздуха в кабине и кратность обмена воздуха в единицу времени.

Практика эксплуатации машин с регулируемыми параметрами микроклимата в кабине показала, что очень важным параметром является перепад температур воздуха внутри и снаружи кабины. Если их разность превышает 10...15 °С, то даже кратковременный выход и вход в кабину приводит к простудным заболеваниям.

Температура воздуха в кабине трактора без эффективной тепловой защиты в конструкции кабины и без средств нормализации климата в теплый период года превышает температуру наружного воздуха на 15...20 °С. Пассивные средства теплозащиты, к числу которых относятся светлая окраска кабины, тонированные стекла, тепловые козырьки и теплоизоляция, позволяют существенно снизить перепад между температурой воздуха внутри и вне кабины. Если наряду с пассивными средствами теплозащиты применять интенсивную вентиляцию, то температуру воздуха в кабине можно довести до практически приемле-

мого значения при температуре наружного воздуха 20...25 °С. При более высоких температурах наружного воздуха необходимо применять искусственные средства охлаждения воздуха в кабине, чтобы выполнить требования стандарта по обеспечению параметров микроклимата на рабочем месте тракториста.

Устройства для снижения температуры воздуха в кабине в теплое время года, применяемые на отечественных и зарубежных тракторах, подразделяют на два типа: автономные кондиционеры и воздухоохладители испарительного типа (рисунок 20).

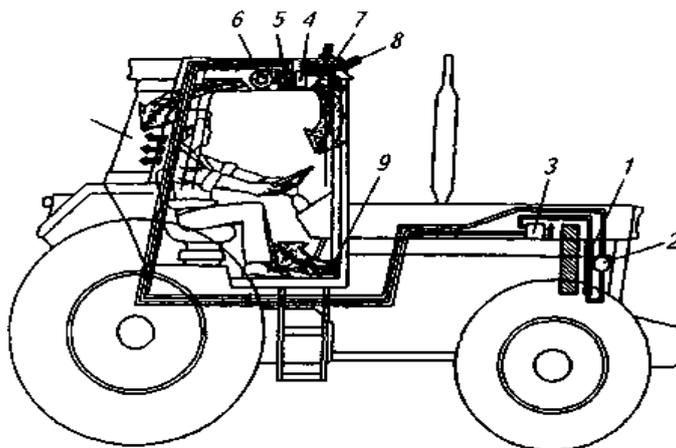


Рисунок 20 – Схема распределения воздуха в кабинах тракторов фирмы «Итернэшнл Харвестр»:

1 – конденсатор, 2 – ресивер, 3 – компрессор, 4 – испаритель с терморегулирующим вентилем, 5 – отопитель, 6 – вентилятор, 7 – воздушный фильтр (с обеих сторон), 8 – забор наружного воздуха, 9 – отверстия для подачи воздуха в зону ног тракториста, 10 – выпускные отверстия

Кондиционеры бывают фреоновые (или другой агент) и термоэлектрические. Энергозатраты фреоновых кондиционеров составляют 1,2 кВт на 1,36 кВт хладопроизводительности. У термоэлектрических систем кондиционирования энергозатраты еще выше. Они требуют установки вентиляторов высокой производительности и характеризуются высокой стоимостью термоэлектрических батарей. Компоновка элементов систем нормализации микроклимата в кабине трактора и организация потоков воздуха отличаются большим разнообразием.

На некоторых тракторах очищенный воздух охлаждают с целью уменьшения его влажности, а потом подогревают до соответствующей комфортной температуры.

Компоновка элементов систем нормализации микроклимата в кабине трактора и организация потоков воздуха отличаются большим разнообразием.

На некоторых тракторах очищенный воздух охлаждают с целью уменьшения его влажности, а потом подогревают до соответствующей комфортной температуры.

Подачу обработанного воздуха можно регулировать. Блок управления режимом работы устройств нормализации микроклимата установлен в передней части потолочной панели кабины. Система может работать в трех режимах вентиляции: с охлажденным или подогретым воздухом и воздухом без подогрева и охлаждения. Если необходимости в принудительной вентиляции нет, то можно использовать естественную вентиляцию, открыв окна или люк в крыше.

На некоторых моделях тракторов по бокам крыши кабины размещают отделения для подогрева или охлаждения пищи.

В большинстве случаев для подогрева воздуха используют жидкость системы охлаждения или смазки двигателя.

Климатические условия эксплуатации отечественных тракторов разнообразны. Так, в Закавказье и на Дальнем Востоке воздух отличается повышенным влажностным содержанием. В северных и некоторых центральных зонах России требуемые параметры микроклимата можно достичь тепловой защитой и интенсивной вентиляцией кабины. Поэтому применять средства нормализации климата следует в экономически обоснованных случаях, и их тип должен быть согласован с климатическими условиями в зоне эксплуатации трактора.

На отечественных тракторах устанавливают воздухоохладители испарительного типа. Они в 5...6 раз дешевле фреоновых кондиционеров, расходуют в 4 раза меньше энергии. В отличие от фреоновых кондиционеров воздухоохладители испарительного типа надежно работают в условиях повышенной вибрации, просты по конструкции. Их обслуживание и ремонт не требуют специального оборудования и могут быть выполнены механизатором.

Эффективность работы испарительного кондиционера во многом зависит

от влажности охлаждающего воздуха: чем меньше влажность, тем больше эффект охлаждения. Ниже в таблице 2 приведены данные о снижении температуры воздуха испарительным кондиционером в зависимости от влажности при температуре наружного воздуха 37,8 °С:

Таблица 2 – Данные о снижении температуры воздуха испарительным кондиционером

Параметры	Значения								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Относительная влажность, %	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Температура охлаждающего воздуха, °С	25,0	26,7	28,9	30,6	31,6	33,3	35,5	36,7	37,8
Относительная влажность охлажденного воздуха, %	65	75	78	85	85	95	97	99	100
Перепад температур, °С	12,8	11,1	8,9	7,2	7,2	4,5	2,8	1,1	0

В процессе охлаждения воздух насыщается парами воды, вследствие чего относительная влажность охлажденного воздуха повышается по сравнению с исходным его состоянием. Известно, что предельное значение влажности воздуха, характеризующее комфортные условия труда, соответствует 70 % при неподвижном воздухе. Этот предел может быть повышен до 80 % за счет создания в кабине движения воздуха со скоростью 1,5 м/с. Тогда при температуре наружного воздуха 37,8 °С близкая к предельной по условиям комфорта относительная влажность охлажденного воздуха 78 % (выделена полужирным шрифтом) будет достигнута при очень низкой влажности наружного воздуха — только 40 %, перепад температур снаружи и в кабине составит 8,9 °С. Следовательно, эффективность применения воздухоохладителей испарительного типа ограничивается климатическими условиями. Их следует применять в районах с сухим и жарким климатом.

Разработанные в нашей стране конструкции воздухоохладителей различаются в основном способами увлажнения воздуха. Так, на Волгоградском

тракторном заводе для трактора ДТ-75С создана очень компактная воздухоохлаждающая установка. Она состоит из цилиндра, заполненного керамическими кольцами, которые сверху орошают водой, а снизу обдувают воздухом. Проходя в зазорах между кольцами, воздух увлажняется, температура его снижается. Одновременно он очищается от пыли.

Конструкцию воздухоохладителя для трактора Т-150 разработал также Харьковский тракторный завод. Из бака воздухоохладителя вода насосом с электроприводом подается в охлаждающее устройство, смонтированное в крыше кабины. На крыльчатке вентилятора вода разбрызгивается. Увлажненный таким образом воздух поступает в кабину. Очистка воздуха происходит в бумажных фильтрах.

3.1.5 Запыленность и загазованность в воздухе кабины трактора

Государственный стандарт регламентирует концентрацию оксидов кремния и углерода в кабине при работающем двигателе. Если трактор агрегатирован с сельскохозяйственными машинами, которые обрабатывают растения или землю пестицидами, то стандарт требует дополнительных очисток воздуха и вентиляции трактора.

Запыленность воздуха в значительной мере зависит от времени года и выполняемой операции. Наибольшая запыленность воздуха бывает при бороновании, культивации и посеве, т. е. в период с апреля по июнь.

На загазованность кабины существенно влияет расположение выпускной трубы дизеля и высота ее верхнего торца. Установка выпускной трубы впереди кабины на высоте головы тракториста приводит к попаданию выпускных газов в кабину через открытые окна, особенно при неблагоприятном направлении ветра. Оксид углерода и пыль могут попадать внутрь кабины через щели в окнах, неплотно прикрытые двери, поэтому определяющим мероприятием для поддержания заданных норм запыленности и загазованности на рабочем месте тракториста является герметизация стыковых соединений элементов кабины и

отверстий, через которые в кабину проведены детали системы управления и коммуникация к приборам. Непросто решить проблему уплотнения подвижных разъемов, к которым относятся двери, съемная или приподнимаемая крыша, аварийные люки, соединение передней стенки со щитком приборов. Наибольшую сложность представляет уплотнение соединений между подвижными и неподвижными элементами, которые вибрируют в процессе работы трактора, вследствие чего зазор между ними непрерывно изменяется.

3.1.6 Шум на рабочем месте водителя

Постоянное и длительное воздействие шума на клетки головного мозга вызывает их перенапряжение и истощение. В результате понижается трудоспособность, появляется быстрая утомляемость, наступают функциональные нарушения в деятельности внутренних органов и систем. При длительном и интенсивном воздействии шума могут возникнуть патологические изменения тканей и различные заболевания (стойкое понижение слуха, нервные заболевания, язвенная болезнь, гипертония и других).

Звук как физическое явление представляет собой колебания частиц упругой среды (воздуха, воды и т. д.). Ощущение звука возникает только при такой частоте и энергии колебаний, которые соответствуют порогу слухового восприятия человека. Существуют высший и низший пороги восприятия человеком звука по частоте — от 16 до 20 000 Гц. В этом диапазоне восприятие звука и влияние его на здоровье человека неодинаково и зависит от силы звука.

В связи с отмеченными особенностями восприятия человеком звука шум на рабочем месте тракториста принято регламентировать комплексно двумя показателями: уровнем звукового давления и частотой колебаний. Величиной, характеризующей силу звука, является звуковое давление, а физической единицей его измерения – белл (Б).

По ГОСТ 12.1.003 – 83 характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления L , дБ (1 дБ = 0,1 белл) в октавных

полосах с разными средними геометрическими частотами (таблица 3.2). Нижняя (31,5 Гц) и верхняя (8000 Гц) границы регламентированного стандартом диапазона октавных частот несколько отличаются от приведенного выше порога восприятия звука органами слуха человека. Это объясняется тем, что у границ восприятия зависимость звукового давления от частоты носит нелинейный характер, и измерения в этих зонах не выполняют, так как они характеризуются большой погрешностью.

Средние геометрические частоты определяют по формуле:

$$L = 20 \lg (p/p_0),$$

где p – среднее квадратическое значение звукового давления, Па;

p_0 – исходное значение звукового давления. В воздухе $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ Па.

Допустимые уровни звукового давления представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Допустимые уровни звукового давления

Область исследования	Уровни звукового давления L дБ в октавных полосах со средними геометрическими частотами, Гц									Уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Рабочие места водителей, трактористов и обслуживающего персонала	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

3.1.7 Влияние ошибок водителя и обслуживающего персонала на безопасность транспортных процессов

3.1.7.1 Статистические данные и роль водителя и обслуживающего персонала в обеспечении безопасности транспортных процессов

Уровень безопасности транспортных процессов (БТП) закладывается при создании транспортных средств. Для поддержания этого уровня обслуживающий персонал (ОП) в процессе массовой эксплуатации и применения СТС должен обеспечить выполнение требований по обслуживанию, ремонту, хранению, условиям ее применения. Однако этим не исчерпывается роль ОП по обеспечению

нию БТП. В процессе массовой эксплуатации и применения СТС обслуживающий персонал выявляет имеющиеся недостатки конструкции СТС, инструкций и руководств по эксплуатации СТС, формулирует предложения по их совершенствованию. Благодаря этим действиям ОП уровень БТП транспортных средств в процессе массовой эксплуатации существенно возрастает.

Совершенствование СТС и методов их обслуживания в процессе массовой эксплуатации, с одной стороны, и стремление ОП по мере освоения техники, с другой стороны, приводят к изменению распределения причин ТП между ОП, водителем и СТС. Если сумму ДТП по вине ОП, водителя, неудовлетворительных дорожных условий, неисправностей техники принять за 100%, то ДТП происходят из-за неисправностей техники от 3 до 5%, по вине водителя от 70 до 80 %, из-за дорожных условий - от 8 до 10%, то на долю ОП приходится до 1% всех происшествий.

В обеспечении БТП, кроме водителей, принимает участие работники службы организации движения, технического отдела, службы безопасности дорожного движения и другие.

Исключительно велика роль инженерно-технических работников (ИТР) в обеспечении безопасности транспортных работ. Как известно, основными задачами ОП автотранспортных предприятий является содержание ТС в постоянной исправности, своевременном ТО и ремонте.

Из анализа статистических данных по ДТП было бы неправильно делать вывод, что такой большой вклад водителей в аварийность объясняется только их недисциплинированностью, нарушением Правил дорожного движения или недостаточно высоким уровнем подготовки, хотя это каким-то образом тоже отражено в этих статистических данных. У разных групп ОП различна и роль в обеспечении БТП. У водителя особая роль: выполняя рейсы, он предотвращает последствия неисправностей техники, воздействия неблагоприятных внешних условий, исправляет не только свои ошибки, но и ошибки других водителей. Перегрузка водителя информацией, высокая его психофизиологическая нагрузка

ка, недостаточное соответствие свойств техники возможностям водителя, выполнение им в ряде случаев функций, не соответствующих его возможностям, существенно снижают надежность его работы и в какой-то мере объясняет сравнительно большое количество ДТП по вине водителей. Есть функции, которые водитель может безошибочно выполнять длительное время с вероятностью, близкой к единице: допускаемые же им ошибки при выполнении этих функций он уверенно предотвращает. Очевидно, что в рассматриваемом случае уровень БТП, определяемый надежностью работы водителя, будет высоким. Надежность водителя-оператора существенно снижается, если ему поручается выполнение функций, не соответствующих его возможностям, или если недостатки динамических свойств ТС и его системы управления требуют от водителя необычных или противоестественных (против отработанных условных рефлексов) действий для компенсации этих недостатков. В рассматриваемых случаях водитель может с большой вероятностью допустить ошибку и имеет меньшую возможность по предотвращению ее последствий. В ряде случаев при расследовании ДТП считается, что если неисправностей техники не обнаружено, не зафиксировано воздействие внешних неблагоприятных факторов и ошибок других операторов, то причиной ДТП считается ошибка водителя. При такой системе расследования некоторая часть ДТП, вызванная несоответствием свойств ТС возможностям водителя (например, плохие характеристики тормозных устройств, устойчивости и управляемости и т. д.) необоснованно относятся к ошибкам водителей.

3.1.7.2 Методы оценки влияния обслуживающего персонала на безопасность транспортных процессов

В процессе эксплуатации, обслуживания и ремонта транспортных средств обслуживающий персонал (ОП) может допустить ошибку, приводящую либо к пропуску имеющейся неисправности, либо к внесению новой, либо к созданию условий для проявления неисправности ТС.

Все факторы, которые приводят к ошибочным действиям ОП, можно раз-

делить условно на две группы: «человеческие» и «личностные». «Человеческие» факторы обусловлены особенностями взаимодействия человека с СТС. Они зависят как от свойств техники (надежность, эксплуатационная технологичность, ремонтпригодность, контролепригодность, сохраняемость и другие), которые можно объединить понятием «эксплуатационное совершенство», так и от условий, при которых это взаимодействие проявляется (степень защиты от шумов, вибраций и метеорологических воздействий, уровень освещенности, степень механизации выполнения физических работ, равномерность загрузки и другие) «Личностные» факторы связаны с такими недостатками конкретного специалиста, как низкая специальная подготовка и натренированность, недисциплинированность и халатность при выполнении работ, психофизические особенности, отклонения в состоянии здоровья и другие. Возникающие ошибки ОП, как правило, являются следствием сочетания нескольких факторов различных групп.

Если обозначить через $q_{ОШ_i}$, $p_{ОШ_i}$ соответственно вероятности недопущения и совершения ошибки при подготовке i -й системы, а через s_{K_i} , r_{K_i} — условные вероятности пропуска обнаружения и устранения при контроле допущенной ошибки, то вероятность выхода СТС в рейс с i -й исправной системой будет равна

$$P_i = p_{ОШ_i} + q_{ОШ_i} r_{K_i} \quad (3.1)$$

Вероятность выпуска в рейс СТС с i -й неисправной системой из-за возникших ошибок ОП, т. е. когда неисправность не обнаружена или внесена при обслуживании

$$q_i = 1 - p_i = q_{ОШ_o} s_{K_i} \quad (3.2)$$

Для получения достоверных оценок вероятностей p_i , q_i необходима тщательная организация сбора и учета данных эксплуатации, кропотливая статистическая обработка этих данных по каждому типу СТС. В конкретных условиях эксплуатации. В случае невозможности получить объективные оценки таким путем прибегают к методу экспертного опроса.

На рисунке 21 изображен характер изменения вероятности q выпуска в рейс ТС с i -й неисправной системой из-за ошибок ОП для двух систем с различным уровнем эксплуатационного совершенства (система 1 имеет плохие свойства, а система 2 — хорошие) в зависимости от внешних условий (температуры окружающего воздуха $t^0_{н}$, скорости ветра $W_{в}$, освещенности систем естественным светом E), времени $T_{оп}$, отводимого на обслуживание и контроль технического состояния систем, и опыта эксплуатации данной техники (ЭО).

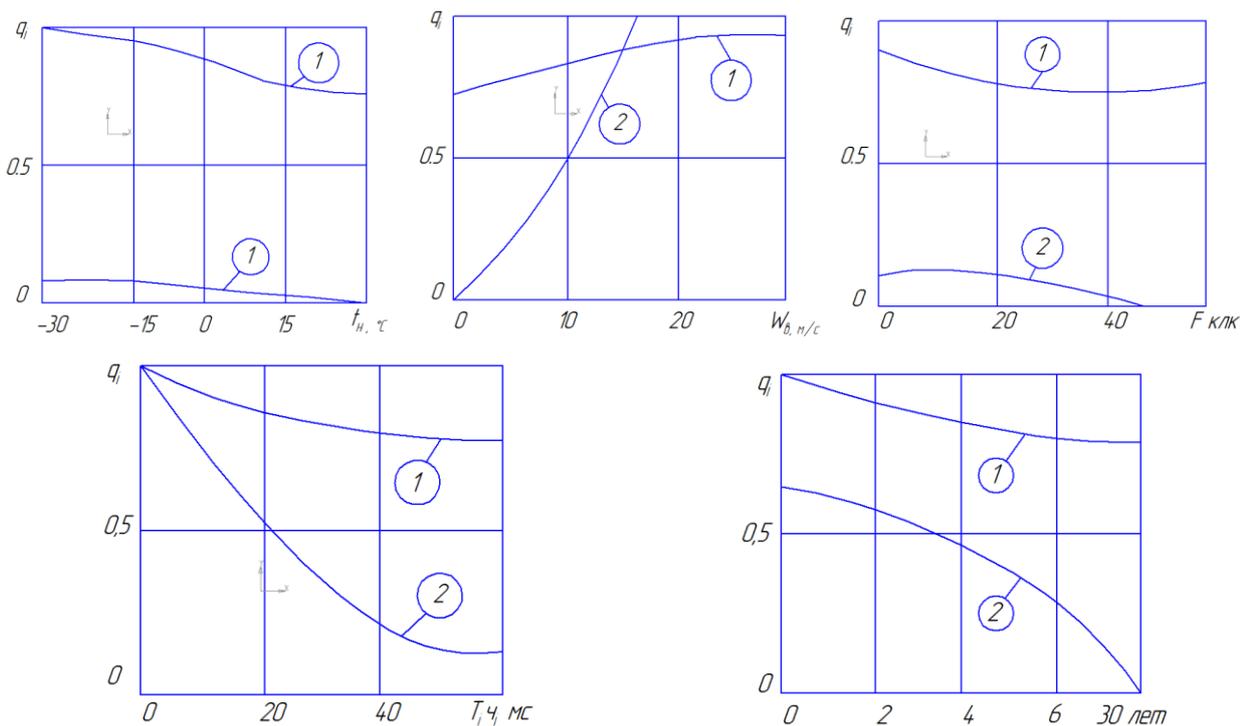


Рисунок 21 – Характер изменения вероятности q

Эти зависимости наглядно показывают, что при обслуживании системы 1, ОП с большей вероятностью может совершить ошибку, чем при обслуживании системы 2. Вероятность q_i снижается при улучшении погодных условий, увеличении времени $T_{оп}$ и при увеличении опыта эксплуатации.

ТС данного типа. Однако благоприятный характер изменения рассматриваемых факторов дает значительно меньший эффект для системы 1 с плохими свойствами эксплуатационного совершенства, чем для системы 2. Поскольку ошибки ОП снижают надежность работы ТС, то и влияние их на уровень без-

опасности дорожного движения следует производить теми же методами, что и при отказах техники по конструктивно-производственным недостаткам (КПН). Чтобы выделить роль ошибок ОП на снижение уровня БТП, можно принять допущение о безотказности техники по КПН. В тех случаях, когда вероятность неисправности СТС из-за допущенной ошибки ОП зависит от продолжительности рейса, оценку БТП производят с использованием цепи Маркова. Если же вероятность проявления ошибок ОП не зависит от продолжительности рейса, а связана с применением систем на определенных этапах движения, то влияние этих ошибок на уровень безопасности дорожного движения следует производить с использованием формулы полной вероятности, при этом вероятность безотказной работы i -й системы p_i и вероятность ее отказа q_i вычисляется по выражениям (3.1) и (3.2).

Для последнего случая рассмотрим пример оценки влияния ошибок ОП на уровень БТП для трех независимых систем ($n = 3$) с целью получения в дальнейшем рекуррентных соотношений для любого числа систем. На рисунке 22 изображено дерево исходов события, где r_i и s_i – условные вероятности предотвращения и непредотвращения водителем последствий неисправности i -й системы соответственно.

Состояние $\{БД_1\}$ соответствует благополучному исходу рейса, если не допущено ошибок в подготовке систем; $\{БД_2\}$, $\{БД_3\}$, $\{БД_5\}$ – когда сумел справиться с проявлением ошибки на одной из трех систем; $\{БД_4\}$, $\{БД_6\}$, $\{БД_7\}$ – на двух из трех систем и $\{БД_8\}$ – с проявлением ошибок ОП на всех трех системах.

Состояния $\{ДТП_i\}$ – неблагоприятные исходы рейса (транспортные происшествия) из-за допущенных ошибок ОП при подготовках систем. Дерево исходов событий (рисунок 22) позволяет получить вероятности благополучного P и неблагоприятного Q исходов рейса (дорожного движения) при возможных ошибках ОП в процессе обслуживания трех систем:

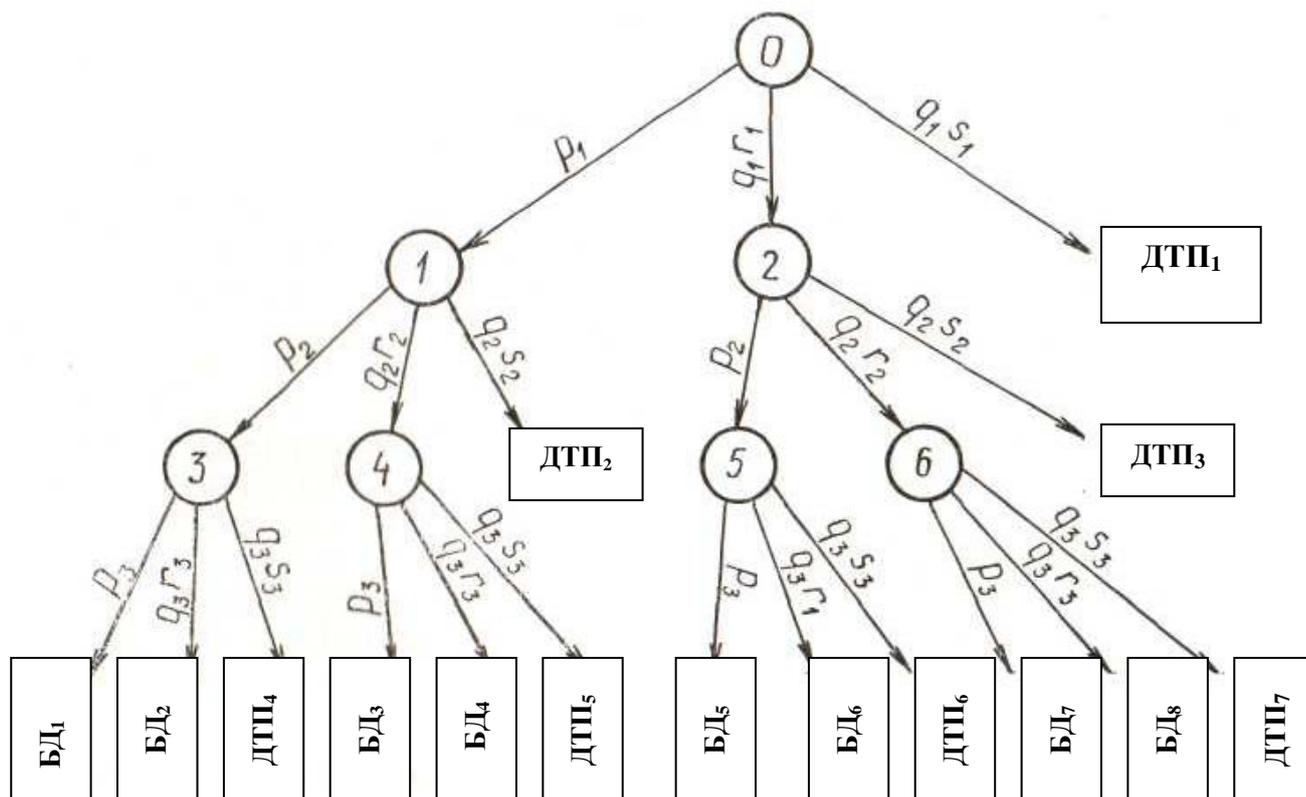


Рисунок 22 – Дерево исходов событий

$$\begin{aligned}
 P &= \sum_{m=1}^8 p_m \{БД_m\} = p_1 p_2 p_3 + p_1 p_2 q_3 r_3 + p_1 p_2 q_2 r_2 + p_1 q_2 r_2 q_3 r_3 + \\
 &+ p_2 p_3 q_1 r_1 + p_2 q_1 r_1 q_3 r_3 + p_3 q_1 r_1 q_3 r_3 + q_2 r_1 q_2 r_2 q_3 r_3 = \\
 &= \prod_{i=1}^3 p_i \left(1 + \sum_{i=1}^3 \frac{q_i r_i}{p_i} + \sum_{i=1}^2 \frac{q_i r_i}{p_i} \sum_{j=2}^3 \frac{q_j r_j}{p_j} + \prod_{i=1}^3 \frac{q_i r_i}{p_i} \right) \quad (3.3)
 \end{aligned}$$

$$Q = \sum_{l=1}^7 Q_l \{ДТП_l\} = 1 - P$$

Для любого числа n систем формула (3.3) может быть записана в следующем виде:

$$P = \sum p_m \{БД_m\} = \prod_{k=1}^n p_k \left(1 + \sum_{i=1}^n \frac{q_i r_i}{p_i} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{q_i r_i}{p_i} \sum_{j=i+1}^n \frac{q_j r_j}{p_j} + \dots + \prod_{i=1}^n \frac{q_i r_i}{p_i} \right)$$

$$Q = \sum_l Q_l \{ДТП_l\} = 1 - P \quad (3.4)$$

Если вероятность p_i выпуска автомобиля в рейс с исправной i -й системой достаточно велика, то вероятности проявления в рейсе двух и более допущенных ошибок ОП малы и выражение (3.4) можно приближенно записать в следующем виде:

$$P \approx \prod_{k=1}^n p_k \left(1 + \sum_{i=1}^n \frac{q_i r_i}{p_i} \right) \quad (3.5)$$

Выражения (3.4) и (3.5) показывают, что БТП при возможных ошибках ОП определяется не только вероятностью совершения этих ошибок, но и степенью опасности неисправностей систем, при обслуживании которых допущены ошибки. При наличии необходимых данных приведенные методы оценки влияния ошибок ОП на уровень БТП позволяют выявить наиболее опасные ошибки, рациональнее организовать обслуживание и контроль подготовки ТС, наметить мероприятия по повышению БТП.

3.1.7.3 Оценка безопасности транспортных процессов, определяемой действиями обслуживающего персонала

Деятельность обслуживающего персонала по обслуживанию и ремонту транспортных средств чрезвычайно разнообразна. Опыт эксплуатации СТС показывает, что наиболее часто ОП допускаются ошибки при многократном выполнении простейших операций в процессе выполнения ТО и ремонта СТС. Большая часть допущенных ошибок обнаруживается при контроле и устраняется перед выпуском СТС в рейс. Однако некоторая часть ошибок, пропущенных при контроле, может проявиться в рейсе и привести к частичному или полному отказу отдельных агрегатов или систем.

Если вероятность проявления ошибок ОП зависит от продолжительности рейса, то оценку их влияния на безопасность транспортных процессов можно произвести с помощью цепей Маркова. При составлении графов состояний под интенсивностью i -го типа отказа техники λ_{Ci} ; следует понимать:

$$\lambda_{Ci} = \lambda_{Ti} + \lambda_{ОШi} \quad (3.6)$$

λ_{Ti} – интенсивность i – го отказа техники при безошибочной работе обслуживающего персонала;

$\lambda_{OШi}$ – интенсивность i – го отказа техники из-за ошибочных действий обслуживающего персонала.

Если проявление допущенной ОП ошибки зависит не от продолжительности рейса, а от этапа движения или вида маневра, то вероятность завершения рейса без транспортного происшествия при этом можно определить с помощью формулы полной вероятности. Рассмотрим оценку безопасности транспортных работ при возможных ошибках ОП при " n " контролируемых операциях при подготовке СТС в рейс.

Поскольку в рейсе различные ошибки ОП могут проявляться совместно, рассмотрим следующие возможные гипотезы:

H_0 – ТС вышло в рейс без единой ошибки ОП;

H_1, H_2, \dots, H_n – в рейсе проявятся, G_1, G_2, \dots, G_n – не проявятся одновременно, соответственно. одна, две и так далее или все из " n " возможных ошибок.

Вероятность нулевой гипотезы:

$$P(H) = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (3.7)$$

где $P_i = P_{OШi} + q_{OШi} P_{Ki}$ – вероятность выпуска СТС в рейс без i -ой ошибки;

$P_{OШi}$ – вероятность несовершения i – ой ошибки;

$q_{OШi}$ – вероятность i – ой ошибки;

P_{Ki} – условная вероятность предотвращения i – ой ошибки при контроле.

Вероятности гипотеза H_1 и G_1 , по i – ой ошибке:

$$\begin{aligned} P(H_1)_i &= \frac{q_i P_{ni}}{P_i} \prod_{i=1}^n P_i \\ P(G_1)_i &= \frac{q_i q_{ri}}{P_i} \prod_{i=1}^n P_i \end{aligned} \quad (3.8)$$

где P_i и q_{ri} –соответственно, вероятности применения и неприменения системы в рейсе с i – ой ошибкой.

Вероятности гипотез H_2 , и G_2 по двум i – ым и j – ым ошибкам:

$$P(H_2)_{ij} = q_i \sum_{j=i+1}^n q_j \frac{P_{nij}}{P_i P_j} \prod_{i=1}^n P_i$$

$$P(G_2)_{ij} = q_i \sum_{j=i+1}^n q_j \frac{q_{nij}}{P_i P_j} \prod_{i=1}^n P_i$$
(3.9)

где P_{nij} и q_{nij} – соответственно, вероятности совместного использования и неиспользования в рейсе систем с i – ой и с j – ой ошибками ОП.

Вероятности гипотез H_n и G_n :

$$P(H_n) = P_{ni\dots n} \prod_{i=1}^n q_i \quad P(G_n) = q_{ni\dots n} \prod_{i=1}^n q_i,$$
(3.10)

где: $P_{ni\dots n}$ и $q_{ni\dots n}$ – соответственно вероятности совместного использования и неиспользования в рейсе системы с " n " возможными ошибками..

Обозначим через $r_i, r_{ij} \dots r_{i\dots n}$ – условные вероятности предотвращения оператором проявления в рейсе, соответственно, одной, двух и " n " допущенных ошибок. Тогда вероятность благополучного завершения рассматриваемого этапа рейса, определяемая действиями ОП, может быть вычислена по формуле:

$$P_{БД} = P(H_0) + \sum_{i=1}^n P(H_1)_i r_i + \sum_{i=1}^n P(H_2)_{ij} r_{ij} + \dots$$

$$+ P(H_n) r_{i\dots n} + \sum_{i=1}^n P(G_i)_i + \sum_{i=1}^{n-1} P(G_2)_{ij} + \dots + P(G_n)$$
(3.10)

После постановки вероятностей гипотез в выражение (3.10) получим:

$$P_{БД} = (1 + \sum_{i=1}^n q_i \frac{P_{ni} r_i}{P_i} + \sum_{i=1}^{n-1} q_i \sum_{j=i+1}^n q_j \frac{P_{nij} r_{ij}}{P_i q_j} + \dots + \frac{P_{ni\dots n} r_{i\dots n}}{\prod_{i=1}^n P_i} \prod_{i=1}^n q_i + \sum_{i=1}^n q_i \frac{q_{ni}}{P_i} +$$

$$+ \sum_{i=1}^{n-1} q_i \sum_{j=i+1}^n q_j \frac{q_{nij}}{P_i P_j} + \dots + \frac{q_{ni\dots n}}{\prod_{i=1}^n P_i} \prod_{i=1}^n q_i) \prod_{i=1}^n P_i$$
(3.11)

Если вероятность P_i выпуска СТС в рейс с исправной i – ой системой достаточно высока, то вероятности гипотез одновременного проявления в рейсе двух и более допущенных ошибок будут пренебрежимо малы. В этом случае

выражение (2.95) приближенно может быть записано в следующем виде:

$$P_{БД} = \left(1 + \sum_{i=1}^n \frac{P_{ni}q_i r_i}{P_i} - \sum_{i=1}^n \frac{q_{ni}q_i}{P_i}\right) \prod_{i=1}^n P_i \quad (3.12)$$

Основная трудность в количественной оценке влияния ошибок ОП на безопасность транспортных работ связана с получением достоверных статистических данных по возможным ошибкам, частоте их появления, эффективности контроля правильности выполненных операций и возможным последствиям допущенных ошибок. В задачу ОП входит тщательный учет, анализ и обработка статистических материалов, получаемых на основе опыта эксплуатации СТС.

При наличии таких данных расчеты могут быть использованы для выявления наиболее опасных ошибок и рациональной организации контроля.

3.1.7.4 Мероприятия по повышению безопасности транспортных процессов определяемой действиями обслуживающего персонала

Анализ характерных ошибок ОП при выполнении различных видов работ на СТС определяет основные направления мероприятий по повышению БТП (рисунок 23), имеющих цель устранение или ослабление неблагоприятного проявления «человеческих» и «личностных» факторов:

- обеспечение соответствия свойств техники возможностям человека;
- совершенствование системы подготовок СТС;
- обучение и подготовка водителей и обслуживающего персонала;
- обеспечение трудового распорядка и дисциплины;
- организация труда и отдыха.

Первое из этих направлений, которое ОП реализует в виде предложений к промышленности и требований к СТС на различных этапах жизненного цикла СТС, в свою очередь распадается на два:

- улучшение свойств, характеризующих эксплуатационное совершенство СТС;
- повышение возможности предотвращения водителем последствий неисправностей СТС.



Рисунок 23 – Перечень основных мероприятий

Неисправности ТС по своим последствиям могут иметь различную степень опасности. Поэтому с позиций обеспечения БТП не для всех агрегатов и систем нужно требовать одинаково высокое эксплуатационное совершенство. Для каждого ТС должна быть проведена ранжировка систем по степени опасности их отказов и неисправностей, которые ведут к наиболее опасным последствиям при неисправности. Необходимо обеспечить лучшую их эксплуатационную технологичность, ремонтпригодность, контролепригодность и дефектоскопичность.

Высокое качество выполняемых работ определяется строгим соблюдением технологической дисциплины, которая включает полноту и последовательность выполнения операций, строгое выдерживание норм допуска на регулируемые параметры, использование исправной и своевременно проверенной контрольно-проверочной аппаратуры (КПА), кондиционных приспособлений, стендов и инструмента. В этих условиях важным мероприятием по обнаружению и устранению допущенных ошибок ОП является пооперационный контроль, то есть выполнение двойного контроля (исполнителем и мастером ОТК) наиболее ответственных видов работ, при которых могут быть допущены

ошибки, приводящие к неисправностям СТС. В первую очередь для пооперационного контроля выделяются узлы, агрегаты и системы, неисправности которых в наибольшей степени угрожают БТП. Перечень контрольных операций периодически уточняется с учетом происходящих изменений в подготовке ОП и совершенства техники.

Используя выражение (2.72) для вероятности ДТП из-за ошибок ОП и зависимость вероятности выпуска в рейс с неисправной i -й системой от времени $T_{ОП_i}$, отводимого на обслуживание и контроль системы (рисунок 23), можно решить задачу по оптимальному распределению времени $T_{ОП_i}$ между различными системами с целью достижения Q_{\min} в условиях неизменного общего вре-

мени подготовок. $T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n T_{ОП_i}$ Очевидно, что такие оптимальные циклограм-

мы подготовок СТС будут различны для районов эксплуатации с различными климато-географическими условиями, при изменении времени года, в зависимости от опыта ОП по эксплуатации СТС данного типа. Расчеты показывают, что оптимизация распределения суммарного времени контроля состояния систем, дает возможность снизить уровень риска, определяемый ошибками ОП, на 10..15%.

С целью обучения специалистов качественному и безошибочному выполнению монтажно-демонтажных работ, осмотров и проверок СТС в АТП необходимо оборудовать технические классы со схемами и макетами, демонстрирующими работу различных систем и наиболее характерные ошибки ОП, облегчающие обучение ОП поиску и устранению неисправностей.

ИТР должны изучать индивидуальные особенности своих работников подчиненных, организовывать работу на технике с учетом психофизиологических свойств конкретных специалистов. Необходимо знать лиц, склонных к нарушению режима труда и отдыха, и в соответствии с этим проводить контроль их состояния перед допуском к работам.

3.1.8 Методы оценки влияния действий водителя на безопасность транспортных процессов

3.1.8.1 Подход к оценке безопасности транспортных процессов, обусловленной действиями водителя

Под ошибкой водителя понимается неправильное, несоразмерное, некординированное или несвоевременное перемещение органов управления или включения систем, которое приводит к отклонению параметров движения за допустимые значения. При управлении ТС водитель выполняет следующие три последовательных операции: прием информации, переработка информации, принятие решения и исполнение принятого решения.

Ошибка водителя может зародиться на любой из этих операций и, несмотря на разные первопричины, привести к одним и тем же последствиям: неправильному или несвоевременному перемещению рычагов управления или включения систем (тормозной) и, как следствие, нежелательному изменению параметров движения. Однако для разработки эффективных мероприятий по устранению ошибочных действий водителя необходимо знать, на какой операции допущена ошибка и чем она вызвана: неправильным распределением или переключением внимания, незнанием, как действовать в создавшейся ситуации, несвоевременным или неумелым исполнением принятого решения.

Водитель может допускать ошибки на различных этапах движения. Вероятность появления этих ошибок и условная вероятность предотвращения их последствий зависят не только от длительности рейса, но и от сложности выполнения задач, условий дорожного движения (скорости, состояния дороги, организации движения, метеоусловий и т. д.). Это значит, что от этапа к этапу дорожного движения в общем случае будут изменяться как вероятность ошибок водителя, так и условные вероятности предотвращения их последствий.

Разобьем рейс условно на m этапов, различающихся выполняемыми задачами, режимами и условиями движения. Если обозначить через P_j вероятность завершения j -го этапа рейса без ДТП, то вероятность завершения всего рейса без ДТП, связанного с возможными ошибками водителя определится из выра-

жения $P = \prod_{j=1}^m P_j$. Водитель может допускать ошибку в вождении или в экс-

плуатации СТС. Статистика показывает, что если все ошибки водителя принять за 100%, то ошибки в технике вождения (особенно в сложных дорожных и погодных условиях) составляют 90...95%, и 5. ..10% ошибки в эксплуатации СТС. По своим последствиям ошибки водителя в эксплуатации СТС приводят к неисправностям или снижению ее надежности. Поэтому при таких ошибках водителя количественная оценка БТП может быть осуществлена теми же методами, что и при отказах техники. Отметим некоторые особенности в управлении СТС и возникающих при этом ошибках.

Во – первых, исправление водителем допущенной ошибки восстанавливает работоспособность системы. Это значит, что если водителю удалось предотвратить ДТП, то СТС либо возвращается в исходное состояние, либо переходит в новое безопасное положение, характеризуемое другими параметрами движения.

Во – вторых, действия водителя при возможных ошибках и оценка БТП при этом принципиально отличаются от действий водителя и оценки БТП, определяемой надежностью техники. Если при отказах техники водитель вмешивается в управление для предотвращения изменения параметров движения, то в рассматриваемом случае водитель сам изменяет параметры движения в желаемую сторону. При этом он стремится не только не допустить ошибки, но и выполнить задание с наибольшей точностью, т. е. обеспечить возможно меньшее отклонение определяющих параметров от рекомендуемых значений. Это значит, что управление СТС для изменения параметров движения в желаемую сторону и устранение произвольного их отклонения от рекомендуемых или желаемых значений за допустимый уровень представляет собой единый процесс управления. Другими словами, о допущенной ошибке водитель может не знать и характер управляющих действий его при этом не меняется. Разделение процесса управления на этап изменения параметров движения и этап устране-

ния произвольного их выхода за допустимый уровень возможно только в тех случаях, когда допущенная водителем ошибка приводит к качественному изменению динамических свойств ТС (например, превышение скорости на повороте), либо о допущенной ошибке водитель узнает по сигнализации специальных технических устройств. В таких случаях водитель вынужден прервать процесс управления параметрами движения и предпринимать меры для предотвращения дальнейшего недопустимого их изменения. Количественная оценка БТП и уровня риска в таких частных случаях может быть произведена по выражениям

$$P = p_i + q_i r_i$$

$$Q = q_i s_i$$

где p_i и $q_i s_i$ – вероятности недопущения и совершения ошибки;

r_i и s_i – условные вероятности предотвращения и непредотвращения последствий допущенной ошибки.

В – третьих, при выборе метода оценки влияния ошибок водителя на БТП необходимо учитывать, является ли вероятность появления этой ошибки функцией времени или вида и сложности движения.. Так, например, ошибки при выдерживании заданного режима движения (скорости, положения на дороге и другие) зависят от продолжительности рейса : чем длительнее осуществляется рейс тем с большей вероятностью водитель может допустить ошибку. В то же время вероятность превышения из-за ошибок водителя допустимых значений таких определяющих параметров движения, как угол подъема и спуска, критическая скорость опрокидывания и другие зависят, от вида маневра, а не от времени рейса.

В-четвертых, ошибки, совершаемые водителем на различных этапах процесса управления и угрожающие БТП, можно изучать по их проявлению: по изменению определяющих параметров или по отклонению органов управления. Предположим, что допустимое из условия обеспечения БТП изменение определяющего параметра x_i в функции некоторого параметра y_i определяется областью А (рисунок 24 а).

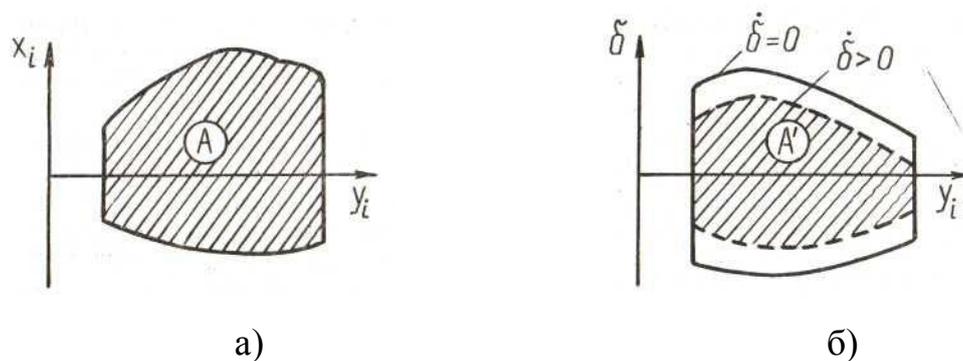


Рисунок 24 – Изменение определяющего параметра

Установившимся значениям параметра x_i на границе области А соответствуют вполне определенные отклонения органов управления отклонения органа управления δ_i . Найденные требуемые значения δ_i при апериодическом переходном процессе изменения x_i образуют область А допустимых отклонений органа управления (рисунок 3.5,б). Если переходный процесс изменения x_i колебательный, то область допустимых отклонений δ_i будет являться функцией не только параметра y_i , но и скорости отклонения $\dot{\delta}_i$ (штриховая линия на рисунке 24,б). Последнее объясняется тем, что при увеличении скорости отклонения руля увеличивается заброс параметра x_i требуя для непревышения допустимого значения x_i уменьшить допустимую величину отклонений органа управления. Если известны допустимые области изменения определяющих параметров и управляющих отклонений органов управления (рисунок 24), то количественная оценка безопасности выполнения какого-либо маневра может быть произведена по полученным из обработки статистических данных законам изменения определяющих параметров или законам отклонения органов управления, либо методом статистических испытаний.

3.1.8.2 Оценка безопасности выполнения маневра по найденным законам распределения определяющих параметров

Из анализа изменения определяющих параметров движения при выполнении какого-либо маневра находится критический параметр и устанавливается, в какой части маневра он достигает наибольшего (экстремального) значения. До-

пустим, что при многократном повторении этого маневра различными водителями, мы построили гистограмму и нашли статистический закон распределения экстремального значения критического параметра. Пусть плотность распределения этого параметра $f(x)$ имеет вид, изображенный на рисунке 25.

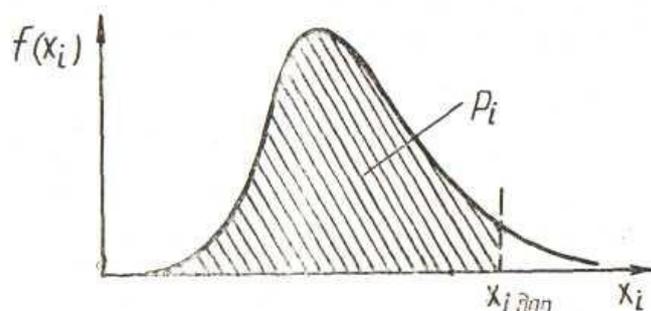


Рисунок 25 – Закон распределения

Если выход за допустимое значение определяющего параметра сопровождается качественным изменением динамических свойств СТС, либо о допущенной ошибке водитель информируется специальными техническими устройствами, то вероятность завершения маневра без ДТП определится выражением

$$P = p_i + q_i r_i \quad (3.13)$$

где
$$p_i = \int_0^{x_{i доп}} f(x_i) dx_i$$

Вероятность p_i непревышения параметром x_i , своего допустимого значения $x_{i доп}$ численно равна площади, заштрихованной на рисунке 25.

В тех случаях, когда процесс управления нельзя разделить на этап изменения параметра для выполнения маневра и на этап парирования непроизвольного его выхода за допустимое значение, вероятность P благополучного завершения рейса (без ДТП) может быть вычислена непосредственно по формуле (3.13), где под верхним пределом изменения x_i следует принимать предельное значение параметра $x_{i пр}$, при превышении которого наступает ДТП.

Простота оценки безопасности выполнения маневра по закону распределения определяющего критического параметра является основным достоин-

ством такого метода. Однако, интегрально характеризуя уровень безопасности выполнения маневра, этот метод не позволяет вскрыть причину снижения уровня БТП: неудовлетворительные характеристики устойчивости и управляемости, что является конструктивно-производственным недостатком, или ошибочные действия водителя. Вследствие этого затрудняется разработка эффективных мероприятий по повышению БТП. Заметим, что для получения вида теоретического распределения параметра x_i по гистограмме ее распределения требуется достаточно большой массив статистических данных. Поскольку в рассматриваемых случаях нас интересует распределение экстремальных (максимальных или минимальных) значений определяющего параметра, подчиняющихся так называемому асимптотическому закону распределения, то задача оценки безопасности выполнения маневра может быть упрощена. В этих случаях целесообразно применение асимптотических распределений первого или третьего типа.

3.1.8.3 Оценка вероятности безопасного выполнения маневра по законам отклонения органов управления

Отклонение органов управления описывается системой случайных величин. Из обработки статистических материалов всегда представляется возможным получить закон управления, с помощью которого можно выполнить данный маневр или его часть. Предположим, что закон отклонения руля δ для выполнения какого-либо маневра является функцией δ_0 и $\dot{\delta}$, то есть $\delta = f(\delta_0, \dot{\delta}, t)$. В каждый момент времени t при постоянном значении δ_0 каждой совокупности δ и $\dot{\delta}$, будет соответствовать вполне определенное значение определяющего параметра x . При некоторой совокупности параметров δ^* и $\dot{\delta}^*$ определяющий параметр достигнет своего допустимого значения $x_{доп}$. Геометрическое место точек δ^* и $\dot{\delta}^*$, при которых определяющий параметр $x = x_{доп}$, образуют на фазовой плоскости δ и $\dot{\delta}$, δ и $\dot{\delta}$ границу $\dot{\delta}^* = f(\delta^*)$, разделяю-

щую плоскость на область А ($x < x_{доп}$) допустимых значений параметра и область В ($x > x_{доп}$) – недопустимых (рисунок 26).

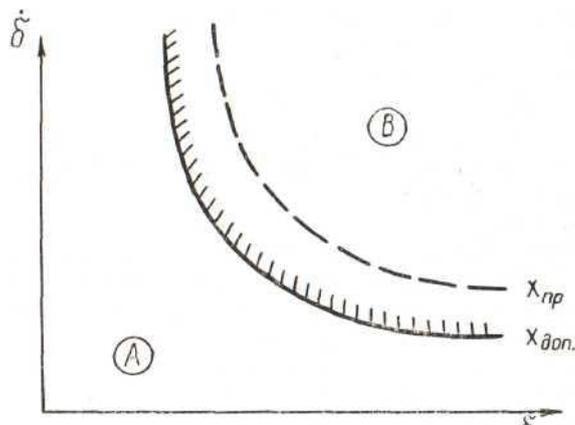


Рисунок 26 – Распределение определяющего параметра

При практическом выполнении рассматриваемого маневра у отдельных водителей наблюдается случайный разброс в величинах δ и $\dot{\delta}$, при этом они могут допускать и существенные отклонения математических ожиданий m_0 от рекомендуемых их значений. Вследствие этого при маневрировании в некоторых случаях может происходить выход определяющего параметра из области А допустимых значений в область В – недопустимых.

Для оценки вероятности попадания СТС область недопустимых значений определяющего параметра необходимо методами математической статистики найти законы распределения δ и $\dot{\delta}$ как случайных величин. Если случайные величины δ и $\dot{\delta}$ зависимы, то определяется двумерная плотность вероятности

$f(\delta, \dot{\delta})$ вероятность превышения определяющим параметром допустимого значения ($x > x_{доп}$), (попадание в область В) определится из выражения

$$q = \iint_B f(\delta, \dot{\delta}) d\delta d\dot{\delta}, \quad (3.14)$$

и соответственно вероятность непревышения $x_{доп} p = 1 - q$.

В тех случаях, когда случайные величины δ и $\dot{\delta}$ независимы вероятность q определяется выражением

$$q = \iint_B f(\delta) f(\dot{\delta}) d\delta d\dot{\delta}, \quad (3.15)$$

где $f(\delta)$ и $f(\dot{\delta})$ – плотности вероятности независимых случайных величин δ и $\dot{\delta}$.

Вероятность выполнения маневра без ДТП в случае качественного изменения динамических свойств СТС при переходе из области А в область В, определится как $P = p + qr$. В тех случаях, когда процесс изменения параметров движения и предотвращения непроизвольного их выхода за допустимые пределы являются единым процессом управления, то граничная кривая $\dot{\delta}^* = f(\delta^*)$ (штриховая линия на рисунке 26) строится для превышения предельного значения определяющего параметра $x_{пр}$. В этом случае каждое попадание в область В эквивалентно ДТП и выражение (3.15) непосредственно определяет вероятность ДТП $Q_{дтп}$

Пользуясь статистическими законами отклонения органов управления, можно не только количественно оценивать безопасность выполнения того или другого маневра, но и найти ошибку водителя, приводящую к выходу СТС в область недопустимо больших значений определяющего параметра и на этой основе разрабатывать эффективные мероприятия по повышению безопасности движения.

3.1.8.4 Оценка вероятности безошибочных действий водителя

Чтобы оценить вероятность безошибочных действий водителя используют различные методы, в частности, метод статистического моделирования. Для этого необходимо действия водителя при движении представить в виде некоторой математической модели. В однотипной ситуации действия водителя в среднем подчиняются некоторой детерминированной закономерности, определяемой свойствами транспортного средства (включая характеристики системы управления, системы индикации и другие) и степенью обученности водительского состава. Математическое выражение этой закономерности и будет представлять собой структуру модели действий водителя в данной ситуации. Отли-

чия в действиях водителей в каждом конкретном случае обеспечиваются представлением параметров модели в виде случайных величин.

В настоящее время невозможно, да и нецелесообразно создание универсальной модели действий водителя, пригодной для всех ситуаций. Сегодня происходит процесс накопления знаний о действиях водителя, позволяющий разрабатывать частные модели его действий в различных ситуациях и в первую очередь в тех, где наиболее опасны допущенные ошибки. Такие модели могут быть созданы только на основе исследований данных эксплуатации, результатов специально поставленных экспериментов в дорожном движении, на тренажерах с участием водителя.

Наибольшую ценность представляют модели, доведенные до такого уровня обобщения, который позволяет использовать их в тех же ситуациях, но на новых транспортных средствах и на тех режимах, которые ранее не исследовались в дорожном движении из соображений безопасности. Путь к этому лежит через выявление структуры модели действий водителя и установление связи параметров этой структуры со свойствами транспортного средства.

Анализ результатов дорожных экспериментов показал, что действия водителя по управлению транспортным средством могут быть представлены в виде суммы двух составляющих: с целью управления движением транспортного средства и с целью предотвращения транспортных происшествий. В соответствии с этим структурная схема модели действий водителя может быть представлена в следующем виде (рисунок 27).

Отклонения рулевого колеса в траекторном (x_{bn}) и короткопериодическом управлении (Δx_{bk}) состоят из двух составляющих:

- выходов $\Delta x_{bi}(t)$ и $\Delta x_{bk}(t)$ с линейных дифференциальных операторов $W_T(D)$ и $W_K(D)$ со случайными по множеству коэффициентами;
- стационарных "шумов" оператора $h_T(t)$ и $h_K(t)$, обусловленных неточностью описания действий оператора линейными дифференциальными операторами.

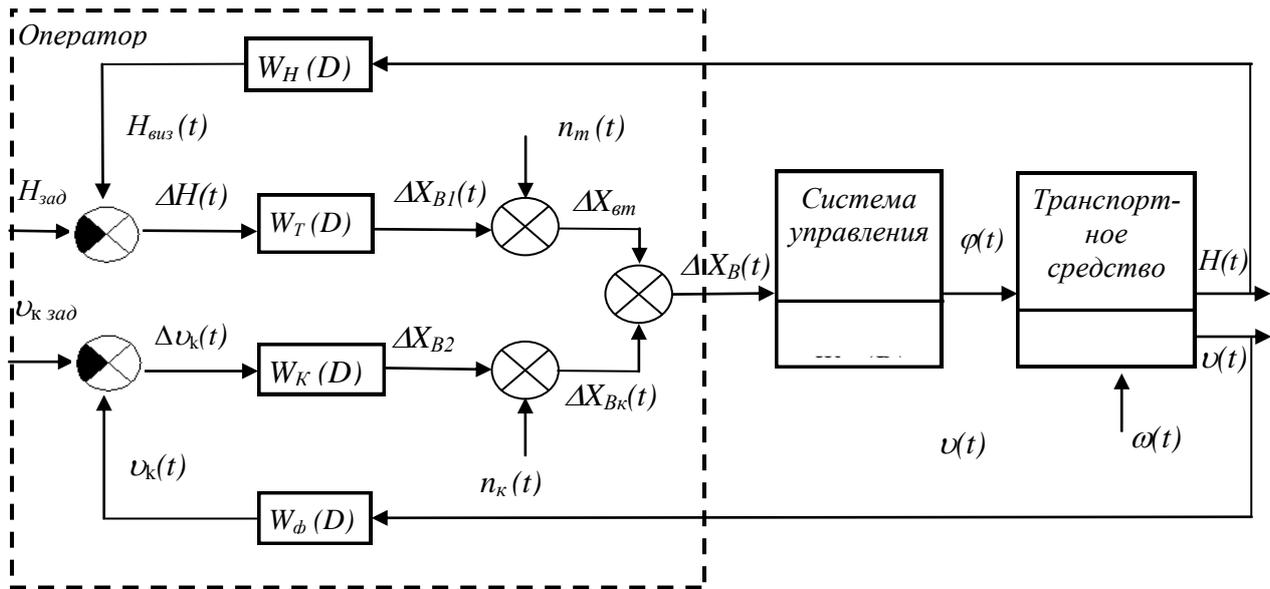


Рисунок 27 – Структурная схема модели действий водителя

Звено с передаточной функцией $W_H(D)$ отражает процесс формирования в сознании оператора текущей обстановки, наблюдаемой при движении. Выделение короткопериодической составляющей $u_k(t)$ в движении транспортного средства осуществляется фильтром с передаточной функцией:

$$W_\phi(D) = \frac{D}{D+1}, \quad (3.16)$$

Наименьшие значения "шумов" оператора будут при следующей структуре линейных дифференциальных операторов:

- для траекторного управления:

$$W_T(D) = \frac{K_T}{T_T D + 1} e^{\lambda_T D}, \quad (3.17)$$

где λ_T – интенсивность отказов.

- для короткопериодического управления:

$$W_K(D) = \frac{K_K(T_1 + 1)}{(T_2 D + 1)^2} \quad (3.18)$$

Коэффициенты (T_1 и T_2) в этих передаточных функциях зависят от индивидуальных свойств оператора, характеристик системы управления и транспортного средства, характера рельефа местности и других факторов, поэтому они случайны и взаимно коррелированы.

3.2 Транспортное средство элемент системы «Водитель – транспортное средство – дорога – среда»

3.2.1 Обеспечение безопасности движения сельскохозяйственных транспортных средств

3.2.1.1 Безопасность движения на автомобилях

Автомобильный транспорт в сельском хозяйстве работает в самых различных условиях и с большим диапазоном скоростей. За один рейс автомобиль, может двигаться по полю, проселочной дороге и асфальту. Наибольший процент внутрихозяйственных перевозок в сельскохозяйственных предприятиях приходится на проселочные грунтовые дороги, проходимость которых резко меняется в зависимости от состояния погоды, и в каждом случае водитель должен придерживаться наиболее оптимального режима.

Безопасность вождения складывается из предвидения водителем осложнения дорожной обстановки и быстрой реакции на ее изменение. В опасных ситуациях водитель должен не растеряться и быстро выполнить все необходимые операции по управлению автомобилем.

Так, например, у грузового автомобиля отказали тормоза на уклоне, спасение – тормозить двигателем, но включена четвертая передача и автомобиль увеличивает скорость. Перейти на третью передачу – эффект слабый, а на первую кажется трудным делом. В таких случаях может помочь умение пользоваться «промежуточным газом». Для этого выключают сцепление и передачу, резко, до пола, нажимают на педаль дросселя, затем включают сцепление, выключают его и включают первую передачу.

Если автомашина на подъеме начнет скатываться назад, следует, используя двойное выключение сцепления и промежуточного газа, включать заднюю скорость, но не первую передачу. Этим же методом можно пользоваться для торможения двигателем при неисправных тормозах на ровной дороге, что безусловно требует тренировки.

Быстрое срабатывание тормозной системы автомобиля зависит от темпа нажатия водителем на педаль тормоза. При экстренном торможении водитель

нажимает на педаль тормоза очень резко, что допустимо только при невысокой скорости и сухой дороге. При высокой скорости движения опытные водители начинают торможение плавно, а затем усиливают интенсивность нажатия на тормоза. В то же время длительное торможение приводит к нагреву колодок и барабанов, что уменьшает тормозную силу.

На скользкой дороге, где юз появляется даже при небольшом тормозном усилии, скорость можно снизить с помощью двигателя плавным отпусканием педали газа. Для экстренного торможения используют прием прерывистого нажатия на педаль тормоза, не допуская блокировки колес. Плавному торможению автомобиля с пневматическими тормозами способствуют легкие, прерывистые нажатия на педаль тормоза или (при большом навыке) плавное единовременное нажатие на педаль. Частое применение торможения свидетельствует о низкой квалификации водителя – надо заранее снижать скорость: в начале дождя, на блестящем от дождя покрытии дороги, на загрязненном асфальте. Опасны внезапные участки оледенения на дороге, особенно на поворотах. В этих случаях тормоза не помогут на большой скорости. На скользкой узкой дороге следует уступать проезжую часть встречному транспорту заблаговременно, иначе можно попасть в кювет. Интервал безопасности во время следования автомобилей по шоссе также зависит от состояния дорожного полотна и увеличивается втрое на скользкой дороге.

В пути у водителя могут возникнуть опасные моменты, когда он отвлекается от управления, например при курении, работе мобильного телефона. Еще более опасно ослепление водителя светом фар встречного транспорта в темное время. Если водитель встречного автомобиля не переключает свет на ближний по каким-либо причинам, нужно снизить скорость, до минимальной, или остановиться.

Превышение скорости на дорогах совершенно недопустимы, в то же время на практике возникает необходимость в обгоне тяжело груженного транспорта. Непосредственно перед обгоном водители снижают скорость, как бы прижимаются к левому заднему колесу обгоняемого автомобиля для оценки условий об-

гона, а затем ускоренно начинают обгон. Расстояние, которое считается безопасным до проезда встречного автомобиля, ориентировочно равно двойному пути, проходимому автомобилем при обгоне, так как встречный автомобиль (той же скоростной группы) проходит за время обгона примерно такое же расстояние. Обгонять надо только на прямолинейных участках, длиной не менее 1 км, без провалов в ее профиле, в которых можно не заметить встречный автомобиль. Допустим, водитель автомобиля, развившего при обгоне скорость 60 км/ч, решил обогнать другой, движущийся со скоростью 50 км/ч. В этом случае путь, проходимый по полосе встречного движения при обгоне составит 620 м за 37 с.

Когда скорость обгоняемого автомобиля велика, а при обгоне нужно заезжать чуть ли на обочину, следует воздержаться от обгона. Правила запрещают водителю обгоняемого автомобиля препятствовать обгону путем увеличения скорости или маневром влево. Водитель обгоняемого автомобиля обязан предупредить о препятствиях на пути обгона водителя обгоняющего автомобиля путем переключения сигналов поворота.

При движении в несколько рядов на широких магистралях в местах, где могут быть пешеходы, следует двигаться со скоростью автомобилей соседних рядов так как видимость для водителя закрыта и предотвратить наезд на внезапно появившегося пешехода невозможно. Следует еще учитывать при обгоне, что разница в скоростях автомобилей в потоке снижается с увеличением интенсивности и поэтому обгон затрудняется.

На закрытых поворотах и в других зонах с ограниченной видимостью скорость движения надо снизить настолько, чтобы полный тормозной путь не превышал протяженности зоны видимости. Минимально допустимым по условиям безопасности движения расстоянием видимости для грузовых автомобилей является 200 м.

3.2.1.2 Безопасность движения автопоездов

Одним из наиболее эффективных средств повышения производительности транспортных средств, снижения себестоимости перевозок является ис-

пользование автопоездов. Они находят широкое применение на автомобилях КамАЗ, МАЗ, новых моделей ЗИЛ, ГАЗ и других. Все больше на дорогах можно встретить тракторных поездов. Удельный вес поездов в транспортном потоке постоянно увеличивается.

По конструктивному признаку автопоезда подразделяют на прицепные и седельные. Седельные автопоезда обладают по сравнению с прицепными большей устойчивостью, меньшей длиной, меньшим «вилянием». Последнее особо заметно при высокой скорости движения, некоторых конструктивных недостатках прицепа и несоответствующем техническом состоянии. По мере роста интенсивности движения на дорогах и увеличения в транспортном потоке автопоездов возрастает значение обеспечения их безопасности движения. Это тем более важно, что данные статистики фиксируют рост числа ДТП с участием автопоездов, и особенно тракторных.

Все автопоезда должны иметь опознавательный знак «Автопоезд» – в виде трех фонарей оранжевого цвета расположенные на крышке кабины с промежутками между ними от 150 до 300 мм. Автопоезда в транспортном потоке значительно влияют на режим движения других транспортных средств, как в условиях города, так и на магистралях. Это проявляется в снижении скорости движения потока, особенно при движении на подъемах при появлении в составе потока тракторного поезда на участках дорог с затрудненными условиями обгона.

Анализ ДТП, исследование режимов движения поездов показывают, что длинноразмерные поезда, состоящие из нескольких прицепов, могут не вписываться в существующие геометрические элементы дороги как на криволинейных, так и на прямолинейных участках автомобильных дорог некоторых категорий.

Большие габариты и шарнирная связь между ведущими звеньями создают дополнительные трудности при маневрах поездов в населенных пунктах, на строительных площадках. Маневренные свойства автопоездов совершенствуют постановкой управляемых колес на возимых звеньях. На маневренность также влияют размещение груза на платформе прицепного звена и мастерство водителя.

Безопасность движения поезда, как и одиночного автомобиля, в основном, определяется его устойчивостью. Занос и опрокидывание вызывают поперечные силы, появляющиеся при движении по кособоку или на повороте, а также от давления ветра. Поезда имеют обычно более высокое расположение центра тяжести, что обуславливается и габаритами груза, и конструкцией прицепа. При заносе задней оси тягача, входящего в состав поезда, поперечные силы возникают как на ведущем, так и на ведомом звене, и поворотом управляемых колес погасить их влияние гораздо сложнее из-за их действия в разные стороны. Наиболее опасен занос прицепа, ликвидировать его поворотом руля тягача вообще невозможно, так как поперечная сила, действующая на прицеп, не может изменить своего направления и величины при повороте колес тягача. Чтобы предотвратить складывание и занос прицепа поезда, особенно на скользкой дороге, необходимо заблаговременно снизить скорость в опасных местах, исключить блокировку (юз) колес прицепа и тягача.

Главная причина складывания поезда на скользкой дороге — большая эффективность торможения тягача по сравнению с прицепом, из-за чего в звене сцепки поезда появляется усилие сжатия. Опытные водители для нейтрализации складывания, заноса прицепа используют прием плавного ускорения движения тягача и притормаживания прицепа ручным (запасным) тормозом (при тормозной системе КамАЗ). При плавном притормаживании рабочим тормозом, благодаря определенной характеристике клапанов управления тормозами прицепа как с однопроводным, так и двухпроводным приводом, происходит некоторое опережение торможения колес прицепа, что обеспечивает растягивающее усилие в сцепке. Однако при неправильном регулировании клапана управления тормозами прицепа с двухпроводным приводом возможно, наоборот, толкание прицепом тягача. Это явление устраняют регулировкой затяжки уравновешивающей пружины следящего поршня регулировочным винтом, расположенным внутри клапана управления.

Для устойчивости при торможении автопоезда, имеет важное значение

регулировка тормозов по обеспечению ими одинаковых тормозных усилий, создаваемых колесами правой и левой сторон.

У порожних автопоездов нагрузка на заднюю ось тягача значительно меньше, чем у груженых (для передней оси она практически одинакова), поэтому неизбежно «перетормаживание» задней оси тягача и, следовательно, большая вероятность складывания автопоезда при сильном, резком торможении. Для уменьшения вероятности «перетормаживания» задних колес тягача, а также колес полуприцепов используют регулятор тормозных сил.

В случае обрыва привода регулятора водитель отключает его. Причиной этой неисправности является несвоевременный контроль технического состояния привода. Часто его отключают для усиления торможения задних колес до юза, так как в этом случае даже при порожнем кузове и полном нажатии на педаль тормоза воздух подается в тормозные камеры под максимальным давлением – 0,7...0,75 МПа. Это в два раза превышает требуемое давление в камерах даже при загруженном автопоезде. При выключенном регуляторе водитель во избежание блокировки колес старается тормозить осторожнее.

При торможении груженого поезда почувствовать блокировку передних колес трудно (ощущается по потере управляемости), а при возникновении опасной ситуации, требующей экстренного торможения, даже опытные водители могут инстинктивно нажимать на педаль тормоза резко и сильно. В результате в тормозные камеры задних колес тягача и полуприцепа, не защищенных регулятором, воздух поступает под избыточным давлением, что приводит к юзу. Эффективным средством управления тормозами прицепа при гололеде служит его притормаживание рукояткой ручного стояночного тормоза. Для этих целей также может использоваться вспомогательный тормоз. При таком торможении колесные тормозные механизмы тягача не работают, его торможение происходит за счет двигателя, а на прицепе с помощью датчика включения электромагнитного клапана тормозная система включается, обеспечивая растягивающее усилие в звене сцепки. В том и другом случае (запасной тор-

моз и вспомогательный) за счет более эффективного торможения прицепа устойчивость движения автопоезда на гололеде повышается.

При включении вспомогательного тормоза торможение тягача двигателем усиливается за счет перекрытия свободного выхода сжимаемого в цилиндрах двигателя воздуха. Перекрытие достигается автоматическим поворотом заслонок в каждом из выпускных трубопроводов при нажатии ногой на кнопку крана (одновременно при этом включается подача топлива в цилиндры двигателя форсунками), что повышает противодавление выхлопа до 0,17 МПа и возникающие силы сопротивления прокрутке двигателя тормозят тягач с незначительным замедлением, достаточным для плавного притормаживания. Тормоза прицепа при включении вспомогательного тормоза работают под давлением воздуха порядка 0,06 МПа, и прицеп притормаживается с небольшим тормозным усилием. Замедление при работе вспомогательного тормоза у полностью груженого автопоезда КамАЗ-5320+ГКБ-8350 при скорости движения 25...35 км/ч составляет 0,66 м/с² (не менее 0,6).

В условиях интенсивного городского движения и при езде по горным дорогам с затяжным спуском, что требует частого притормаживания, использование вспомогательной системы снижает энергозагруженность и температуру колесных тормозных механизмов тягача. Этим обеспечивается возможность торможения в аварийных ситуациях с максимальной эффективностью. Создающееся при таком торможении растягивающее усилие в сцепке автопоезда повышает устойчивость звеньев, предотвращая занос и складывание.

Основная причина неисправного состояния вспомогательного тормоза – полное отсутствие своевременного технического обслуживания. Надежность работы тормоза снижают также конструктивно-технологические недостатки: быстрое загрязнение, окисление, механическое повреждение пневмоцилиндров, привода заслонок из-за сильного воздействия грязи, воды, температуры. В результате наблюдаются случаи перекрытия заслонками выхлопа двигателя при включении тормоза. Двигатель в этом случае запустить нельзя.

Для предотвращения таких дефектов у заслонок вспомогательного тормоза при сезонных технических обслуживаниях тщательно очищают детали от коррозии, грязи и смазывают их графитной смазкой. Электрическая часть системы вспомогательного тормоза также загрязняется, контакты включателя окисляются, провода обрываются. Эти неисправности вызывают в механизме сцепки автопоезда во время включения тормоза опасное для устойчивости сжимающее усилие, в результате которого тягач тормозится, а прицеп – нет, так как на него не поступает электрический сигнал.

Устойчивость автопоезда на скользкой дороге повышается также за счет блокировки межосевого дифференциала. Очень важно правильно пользоваться блокировкой. Категорически запрещается включать блокировку во время буксования колес и на поворотах. Перед трудно проходимым участком дороги (гололед) автопоезд останавливают и только после этого включают блокировку, проверив включение по загоревшейся на щитке приборов лампочке. После прохождения этого участка необходимо выключить блокировку. Нарушение этих элементарных требований ведет к поломкам межосевого дифференциала, износу резины, перерасходу топлива, ухудшению управляемости и др.

Преодоление автопоездом спуска более сложно, чем подъема, так как при подъеме в сцепке создается растягивающее усилие, а при спуске может появиться сжимающее (от набегания прицепа) усилие, нарушающее устойчивость поезда. Для предотвращения складывания поезда обеспечивают на всем протяжении спуска резерв мощности (оборотов) у двигателя. Такой запас мощности двигателя позволяет водителю при ощущении толчков со стороны прицепа, тем более при фиксировании начинающегося заноса, плавно увеличить частоту вращения двигателя и прекратить потерю устойчивости поездом.

У движущегося поезда, особенно с большой скоростью, наблюдаются колебания (виляние) прицепа в поперечном направлении.

Это ведет к увеличению ширины полосы, занимаемой поездом, что особенно опасно при встречных разъездах и обгонах. Колебания прицепа в попе-

речном направлении происходят под действием боковых возмущающих сил в сочетании с явлением бокового увода шин и наличии в сцепке зазоров. Существующие конструкции сцепок не обеспечивают беззазорной связи дышла прицепа с буксирным крюком тягача. У них отсутствуют демпфирующие устройства, способные гасить появляющиеся в сцепке силы, ведущие к раскачке прицепа.

Для обеспечения безопасности движения поездов на остановках, стоянках периодически проверяют места соединения воздухопроводов, электропроводов, а также сцепного звена.

При движении в колонне по скользкой дороге выдерживают дистанцию между автомобилями не менее 50 м. При вынужденной остановке на подъеме под колеса подкладывают башмаки-колодки.

Если длина автопоезда с грузом или без более 20 м, сзади транспортных средств устанавливается знак “Длинномерное транспортное средство” – в виде прямоугольника размером не менее 1200×600 мм желтого цвета с каймой красного цвета шириной 40 мм, имеющего световозвращающую поверхность (для автопоездов с двумя и более прицепами).

3.2.1.3 Безопасность движения на тракторах

В сельскохозяйственном производстве в условиях бездорожья на транспортных работах широко используют тракторы. При этом требуется строгое соблюдение правил безопасности движения. Автомобиль устойчивее трактора: у него по два колеса сзади, все колеса равного диаметра, центр тяжести ниже, продольная база больше, торможение передается на все колеса, в кузове груз распределяется равномерно по осям. Колесный же трактор, на транспортных работах в сельской местности развивающий такую же скорость, как автомобиль, находится в гораздо худших условиях. У трактора нет конструктивных преимуществ автомобиля. Большая вездеходность колесного трактора не компенсирует его малой поперечной и продольной устойчивости, худшей управляемости и тормозных качеств, стесненности кабины,

большого шума, вибрации, то есть тех недостатков, которые затрудняют работу водителя.

Наиболее удовлетворяют условиям применения тракторов на транспортных работах тракторы К-700, К-701, Т-150К. Они имеют одинаковые по размерам колеса, тормоза на всех колесах, поддрессоренные сиденья.

Условия труда трактористов во многом зависят от общего уровня охраны труда в сельскохозяйственных предприятиях, что сказывается на отношении к требованиям техники безопасности каждого работника.

Аварии и несчастные случаи во многом зависят от навыков управления трактором. Поэтому к транспортным работам с колесными тракторами допускаются трактористы со стажем работы по специальности не менее двух лет и сдавшие экзамены по правилам дорожного движения.

В коллективе, состоящей из молодых трактористов, требования безопасности могут нарушаться из-за беспечности или незнания правильных методов работы, а в бригаде из опытных трактористов – из-за желания увеличить выработку любой ценой или привычки к опасности вследствие долгой работы без травм. С учетом возраста и опытности трактористов и необходимо проводить различные формы воспитательного воздействия. При подборе трактористов для выполнения транспортных работ должно учитываться их понимание ответственности так же, как и при выполнении наиболее важных работ, например при севе.

Перед первым рейсом сезона трактористы проходят инструктаж по технике безопасности.

Правила преодоления подъемов, спусков, переездов, разъяснение особенностей управления тракторным поездом составляют основную часть инструктажа. В то же время следует рассказать об ошибках водителей при работе на тракторных транспортных агрегатах, приводящих к дорожно-транспортным авариям и несчастным случаям. Места возможного отдыха людей надо объезжать на расстоянии не менее 2 м.

В жаркое время года следует инструктировать трактористов о правилах поведения в грозу, о том, что отдельно стоящие деревья, стога – ненадежное укрытие и надо держаться от них на расстоянии не менее 80 м. В густом лесу молния не ударяет в березу и клен, но дуб, тополь, ель и сосна как бы притягивают к себе грозовой разряд.

Осенью и зимой, когда дороги влажные или скользкие, желательно использовать при наличии больших подъемов и спусков одноосные прицепы, при этом увеличивается нагрузка на заднюю ось и улучшается сцепной вес и, следовательно, тяговые свойства трактора. На прицепах, не оборудованных тормозами, желательно перевозить объемный, но легкий груз.

При планировании всех видов работ в предприятии, составлении технологических карт тщательно разрабатывают маршруты движения транспортных поездов, учитывают все опасные места дорог и переездов, грунты, углы наклона, профиль дороги, габариты тракторных поездов, а при изменении погоды – вносят в ранее составленные маршруты движения поправки.

Просчеты в управлении тракторным поездом водители допускают во время движения и маневрирования близко к склонам, у оврагов, заросших кустарником, вследствие буксовки или при развороте колеса трактора и прицепа заходят за бровку дороги. Движение на близком расстоянии от отвесной неукрепленной стены карьера насыпи приводит к обвалу грунта под колесами.

3.2.1.4 Безопасность движения тракторных поездов

Все тракторные поезда (колесные класса 1.4 и выше) должны иметь опознавательный знак “Автопоезд” – в виде трех фонарей оранжевого цвета расположенные на крышке кабины с промежутками между ними от 150 до 300 мм. Тракторный поезд управляется так же, как автопоезд. Некоторые специфические отличия заключаются в следующем.

При движении тракторного поезда по мерзлой, обледенелой дороге ухудшается продольная и поперечная устойчивость трактора. Пневмосистема тракторов в зимнее время нуждается в ежедневном сливе конденсата, так как

попадание его в перегибы трубок при холодной погоде может нарушить работу тормозной системы. Тщательной проверке подлежит также гидросистема и механизмы рулевого управления.

Тракторы агрегатируются только с соответствующими прицепами. Тракторы Т-150К, К-700, К-701 – с полунавесным двухосным самосвальным прицепом ММЗ-711Б и трехосным ЗПТС-12Б модели ММЗ-768Б. При сцеплении трактора с прицепом ММЗ-711Б тягово-сцепное устройство устанавливают на высоту 560 мм, а с прицепом ММЗ-768Б – 730 мм от поверхности грунта. Колеса трактора устанавливают на широкую колею (1860 мм). Давление воздуха в шинах передних колес составляет 0,16 МПа, задних — 0,18 МПа. Если трактор агрегируют с прицепом ММЗ-768Б, на заднюю полураму устанавливают балластный груз массой 1,5 т. Трактор Т-150К может работать только на сухих дорогах с твердым покрытием с уклонами не более 40%. Скорость движения поезда на уклонах и поворотах снижают до 10 км/ч.

С тракторами К-700, К-701 на всех видах дорог агрегируют прицепы ММЗ-711Б и ММЗ-768Б. При неблагоприятных условиях (размокшие грунтовые дороги, снежная целина) их агрегируют только с прицепом МЗ-711Б. Если прицепы не создают нагрузки на задний мост трактора, последний догружают балластом массой 2.5...3 т.

При транспортных работах водитель тракторного поезда пользуется педалью подачи топлива, а рукоятку ручной подачи устанавливает в положение, соответствующее работе дизеля с частотой вращения коленчатого вала не менее 1000 мин^{-1} .

Если поезд движется по скользкой дороге, а также на поворотах, уклонах, тормозят плавно, при заносе трактора в сторону уменьшают частоту вращения коленчатого вала двигателя, не выключая сцепления или полужесткой муфты, повернув рулевое колесо в сторону заноса. На крутых спусках запрещается движение поезда с выключенным сцеплением или передачей.

Перевозимый груз на прицепе или полуприцепе надежно закрепляют. Он

не должен волочиться по дороге, создавать шум, поднимать пыль, закрывать стоп-сигналы, а также сигналы, подаваемые рукой.

На задней стенке прицепа или полуприцепа устанавливают два световозвращающих красных сигнала (катафоты), а на передней – два белых. Нельзя продолжать движение в темное время суток без освещения сигнальных приборов.

Перед выездом тракторного поезда на дорогу проверяют надежность работы тормозной системы, затормаживаемость прицепа в случае отрыва его от трактора, исправность поворотного устройства, запоры бортов. Перевозка людей на прицепах запрещена.

Максимальная скорость движения тракторного поезда – 30 км/ч на дорогах с хорошим состоянием. При торможении поезда уменьшают подачу топлива, затем тормозят прицеп, не выключая сцепления и коробки передач, после сбавления скорости поезда тормозят колеса трактора.

В звене сцепки создают растягивающее усилие. Если замечено накатывание прицепа на трактор, притормаживают прицеп рычагом из кабины.

При движении по скользким дорогам включают оба ведущих моста, резко не тормозят и не поворачивают резко трактор. При тумане, дожде и снеге поезд должен двигаться с включенным светом фар и габаритными огнями. В ночное время для исключения ослепления встречных водителей переключают свет с дальнего на ближний. На остановках, стоянках в темное время включают габаритные огни. Оставлять прицеп на проезжей части запрещено. Сигнальные лампочки контроля давления воздуха в шинах должны быть в исправном состоянии. Очень часто тракторы буксируют негабаритные сельскохозяйственные машины. Такая транспортная работа на дорогах возможна только в дневное время и при выполнении соответствующих предписаний ГИБДД. В этом случае на тракторный поезд наносятся опознавательные знаки “Крупногабаритный груз” в виде щитка размером 400×400 мм с нанесением по диагонали красными и белыми чередующимися полосками шириной 50 мм со световозвращающей поверхностью.

Если для механического транспортного средства предприятием изготовителем установлена максимальная скорость не более 30 км/ч, на него устанавливается знак “Тихоходное транспортное средство” – в виде равнобедренного треугольника с флуоресцирующим покрытием красного цвета и световозвращающей каймой желтого или красного цвета (длина стороны треугольника от 350 до 365 мм. Ширина полосы каймы от 45 до 48 мм).

Если тракторный поезд состоит из двух и более прицепов, а его длина с грузом или без более 20 м, то сзади поезда устанавливается знак “Длинномерное транспортное средство” – в виде прямоугольника размером не менее 1200×600 мм желтого цвета с каймой красного цвета шириной 40 мм, имеющего световозвращающую поверхность. При невозможности размещения знака указанного размера допускается установка двух одинаковых знаков размером не менее 600×200 мм симметрично оси транспортного средства.

3.2.1.5 Безопасность движения автотранспортных средств в сложных дорожных условиях

Сложность условий для движения определяется различными факторами: временем года и суток, рельефом местности (горные дороги, равнинные), погодными условиями (туман, ливень, ветер, мороз, жара), особенностями транспортных потоков (интенсивное многорядное движение, движение в колонне, движение в местах скопления пешеходов), особенностями перевозимого груза (негабаритный груз, тяжеловесный, жидкий, неполное заполнение емкости), типом транспортного средства (одиночный автомобиль, автопоезд, автобус, тракторный поезд), необходимостью преодоления препятствий (канав, брода, ледяной переправы, песчаных участков дорог, болотистых мест), движением в местах расположения искусственных сооружений и железнодорожных переездов (дамбы, мосты, насыпи, сложные дорожные развязки в разных уровнях, тоннели, охраняемые и неохраняемые железнодорожные переезды через одно-, двух- и многопутные пути). Для обеспечения безопасности движения в таких условиях необходимо знание возможных осложнений, а также приемов, предотвращающих возникновение аварийной ситуации или устраняющих ее.

Одним из важных эксплуатационно – технических свойств транспортного средства является его проходимость, обеспечивающая возможность его использования в условиях бездорожья. Это особенно важно для внутрихозяйственных перевозок. От проходимости зависят производительность и сохранность транспортного средства, безопасность движения, условия труда водителя.

Для успешного движения вне дорог следует заранее ознакомиться с предстоящим маршрутом движения и избрать такой путь, на котором по возможности отсутствовали бы участки со значительными неровностями, подъемами и другими препятствиями.

При движении по грунтовой целине следует по возможности не срывать дерн протекторами шин. На мокром глинистом участке автомобиль, трактор нужно вести по свежей колее. Старую колею следует оставить между колесами, так как в ней грунт размягчен. Разрушенный участок дороги объезжают стороной, наиболее для этого удобной.

Нередко можно видеть, что опытные водители, работающие в условиях бездорожья, возят на автомобиле или в кузове прицепа лопату, топор, цепи противоскольжения, несколько прочных досок. Это помогает им в случае необходимости быстро их применить.

Если автомобиль забуксировал, движение надо прекратить, можно вывести колеса с помощью домкрата или ваги, подложить под них какой-либо подручный материал, затем продолжать движение.

Песчаные участки представляют особую трудность для движения автомобилей вследствие большой удельной нагрузки колес на слабосвязанный грунт. Небольшой песчаный участок преодолевается с ходу на одной из высших передач, а большой – на пониженной. По песку лучше ехать по колее ранее прошедшей машины – песок в ней несколько уплотнен. Резкие повороты при движении по песку не допускаются, так как при этом создаются песчаные валы перед передними колесами, что приводит к застреванию автомобиля. Если автомобиль застрял в песке, не рекомендуется резко включать сцепление для рас-

качки его. Нужно расчистить колеи передних и задних колес и подложить под них доски или дорожки из прутьев.

Во время движения по снежным накатанным дорогам надо помнить, что проезжая часть дороги зимой часто бывает значительно уже и не обеспечивает свободного разъезда встречных машин.

Увидев встречную машину, водитель должен снизить скорость до минимума и направить автомобиль на правую обочину дороги, оставляя задние колеса ближе к проезжей части, затем выехать задним ходом на основную дорогу.

На обочинах дорог часто лежит рыхлый глубокий снег, и при движении следует опасаться заезда на него, так как чем выше скорость, тем больше затягивание автомобиля в снег.

В снежной целине колеса автомобиля продавливают снег на всю толщину покрова и вследствие этого встречают значительное сопротивление качению. При толщине снежного покрова 250 – 300 мм снежная целина становится практически непроходимой для обычных автомобилей. По снежной целине автомобиль нужно так же, как и по песку, – без крутых поворотов, переключений передач и остановок, на первой передаче.

Для грамотного вождения транспортного средства водитель должен хорошо знать, и умело использовать эксплуатационные свойства автомобиля, трактора и при необходимости средства, повышающие его проходимость, такие как цепи противоскольжения, траповые дорожки, противобуксаторы. Наиболее широко применяемые цепи противоскольжения бывают мелкозвенчатыми, с тавровым сечением, ромбовидные, с колодками. Применяют цепи заблаговременно при преодолении труднопроходимого участка или после того, как колеса начинают буксовать. Цепь надевать на колесо следует плотно, а чтобы она не съезжала с колеса, ее надежно закрепляют на колесе. Мелкозвенчатую цепь обычно применяют для движения по мягким грунтовым, скользким и обледенелым дорогам, при движении по снежной целине.

Лучшее зацепление с дорогой обеспечивают траповые цепи. Поэтому они

целесообразны во время распутицы движения по заболоченным участкам и снежной целине. Натяжение считается правильным, если при натяжении одного из траков над крышкой образуется расстояние не более 5 – 8 мм. На колесных тракторах иногда используют полугусеничный ход из резиновых или металлических траков.

3.2.1.6 Безопасность движения зимой

Зимнее время – наиболее трудное для работы автотранспорта, из-за низкой температуры воздуха, затрудняющей работу ряда механизмов, влияющих на безопасность движения, заносов, снежной пыли, ограничивающей видимость, скользкой проезжей части, трудности ориентирования из-за сплошного белого цвета и покрытия предметов снегом, обмерзания стекол кабины. При температуре воздуха до -20°C особенных затруднений в работе механизмов автомобиля, влияющих на безопасность движения, не наблюдается, особенно после прогрева и при наличии в тормозной системе осушителя воздуха, а также при условии выполнения работ, предусмотренных сезонным обслуживанием (СО). При более низких температурах ($-40...60^{\circ}\text{C}$) требуются специальные меры по подготовке подвижного состава, а также кабины водителя.

Кабины современных транспортных средств в северном исполнении имеют мощные подогреватели, уплотнения, двойное остекление, теплоизоляцию, однако это не гарантирует нормальных условий для работы без соответствующей одежды. Важно обеспечить исправную работу обдувателя теплым воздухом стекол кабины, а также установку дополнительных обзорных стекол на основные (на автомобилях несевой модификации). При этом должно быть обеспечено плотное, герметичное их прилегание к основному стеклу с помощью клеющерезиновых прокладок.

Низкие температуры полярных районов создают сложные условия для работы ряда механизмов автомобилей, в том числе влияющие на безопасность движения. Так, все резиновые детали, и в особенности выполненные из неморо-

зостойкой резины, резко снижают свои эластичные свойства, легко разрушаются при сильных ударах, не обеспечивают герметичности.

При высокой скорости движения (40...60 км/ч) на «непрогретых» шинах может быть разрушен протектор при ударах о какие-либо предметы. Размонтировать и смонтировать колесо без предварительного его прогрева невозможно, а гидравлическая тормозная система, заполненная спиртокасторовой жидкостью, не работает из-за полной потери текучести жидкости.

Прочность нелегированных сталей на сильном морозе заметно снижается.

К зимнему вождению транспортных средств предъявляются следующие требования: плавность трогания с места без пробуксовки колес, торможение двигателем, использование приемов прерывистого и ступенчатого торможения, снижение скорости движения до поворотов и закруглений, чтобы не тормозить непосредственно на них. Снежные заносы следует преодолевать с использованием инерции. Встречные разъезды производить со снижением скорости, а на узких местах заблаговременно выбирать место остановки для пропуска встречного транспорта. На подъемах по скользкой дороге избегать остановки автомобиля, а особенно автопоезда, так как затем трудно тронуть его с места из-за буксования колес. Буксование колес при трогании наблюдается даже на горизонтальном участке дороги. Неизбежна пробуксовка колес при температуре 0...-5°C из-за подтаивания льда или снега. При сильных морозах коэффициент сцепления значительно повышается и буксования обычно не наблюдается.

При начавшемся буксовании колес дают как можно меньший газ. Лучшее средство против буксования на скользких дорогах (гололед, укатанный снег при слабом морозе) – шипы на шинах, цепи. Лучшие результаты дают мелкозвенчатые цепи. Из практики известно, что достаточно поставить на шину даже 3...5 поперечных стяжек, чтобы обеспечить высокую проходимость и устойчивость автомобиля.

При движении по снежной дороге в морозную погоду, когда за быстро движущимся автомобилем создается облако снежной пыли, ограничивающее

видимость дороги, нужно быть осторожным во избежание столкновения, наезда на невидимый в снежной пыли предмет (как и в летнее время при движении по пыльной грунтовой дороге).

Повышение устойчивости движения автомобиля по скользкой дороге достигается также включением механизма блокирования дифференциала. Частого переключения передачи избегают, заранее включая нужную передачу для обеспечения достаточного тягового усилия на колесах. При наличии на автомобиле в коробке передач делителя его используют как «запасную» передачу, которая включается проще и быстрее, чем основные.

При движении по скользкой дороге ухудшается управляемость автомобиля. Управление может быть легко потеряно полностью, если передние колеса перешли в юз, а юз на скользкой дороге возможен даже при слабом торможении. Безопасность движения по скользкой дороге требует соблюдения достаточной дистанции между автомобилями, которая должна быть не менее чем в два раза больше, чем при движении по сухой дороге. Сама же скорость движения не должна превышать 20...30 км/ч. Соответственно дистанция должна быть не менее 40...60 м.

3.2.1.7 Безопасность движения ночью

С наступлением темноты ухудшается видимость дороги, ориентирование, притупляется наблюдательность, быстрее появляется усталость, часты случаи ослепляемости встречным транспортом. Все это создает опасные условия для управления транспортным средством. Исследования показывают, что движение ночью в 2 раза опаснее, чем днем. В различных районах России в темное время суток происходит от 27 до 46% всех ДТП.

Основными причинами ДТП в темное время суток являются:

- ухудшение видимости и плохое освещение дорог;
- ослепление водителей фарами встречных автомобилей;
- неисправность приборов наружного освещения автомобиля или неправильное пользование ими;

– снижение работоспособности водителей в ночное время.

Согласно статистическим данным, наибольшее число ДТП возникает в период с 16.00 до 21.00 ч. На эти часы приходится почти 39% ДТП, 40% погибших и 39% раненых от среднесуточных показателей аварийности. В период времени с 1.00 до 7.00 аварийность достаточно низкая, но она характеризуется особой тяжестью последствий ДТП. Этот показатель имеет наименьшее значение до 12 в начальные часы рабочего дня от 8.00 до 15. 00 ч и увеличивается в вечерние часы до 21.00 ч (16,7), достигая максимума ночью с 1.00 до 5.00 от достигает значений до 22.

Сложность ночного вождения связана с особенностями зрения человека, нарушается цветоощущение из-за недостаточного освещения дороги фарами. Поэтому работе в ночное время должна предшествовать подготовка автомобиля: проверка световых, сигнальных приборов, размещение необходимых принадлежностей, инструмента на определенных местах. Требуется изучить предстоящий маршрут движения, особенности дорог мостов, пункты следования и так далее.

При движении в пути внимательно следят за сигналами впереди идущих транспортных средств, сигналами ограждения, дорожными знаками, обозначают световыми сигналами места остановок, стоянок транспортных средств, своевременно переключают свет в фарах при разъезде, периодически протирают стекла фар, сигнальных фонарей.

Низкая интенсивность движения ночью вызывает у водителя чувство ложной безопасности и самоуспокоенности. Появляется сонливость, вялость, замедляется восприятие дорожной обстановки, увеличивается время принятия решений, снижается внимание. Особо опасны для водителя предутренние часы в период с 22.00 до 6.00 из-за склонности человека ко сну. В это время резко нарушается способность к быстрым действиям водителя. В такое время полезны кратковременные остановки для разминки вне кабины, а при движении слушание музыки, информации.

Очень часто причинами ДТП является засветка глаз водителя светом фар встречного автомобиля, в результате чего он лишается способности к зрительному восприятию (световая и темная адаптация).

Правилами дорожного движения предусмотрено, для предупреждения ослепления водители должны переключить дальний свет на ближний не менее чем за 150 м до встречного транспортного средства. При ослеплении водитель должен включить аварийную сигнализацию и, не меняя полосы движения снизить скорость и остановиться.

Надежных способов предотвращения ослепления фарами встречного автомобиля нет, поэтому для избежания подобных случаев, важное значение имеет правильная установка и исправность фар.

3.2.1.8 Безопасность движения в дождь

Основные затруднения, возникающие при дожде: повышение скользкости дороги, размякшие обочины, ухудшение видимости.

Повышенная скользкость особенно опасна, когда начинается дождь: пыль или нанесенный на асфальте грунт растворяется водой и образуется очень скользкий слой на дороге. Требуется проявлять особую осмотрительность при подъезде к перекресткам с грунтовыми дорогами, а также при необходимости съезда на обочину. В этих случаях движение с минимальной скоростью – главное средство обеспечения безопасности. При сильном дожде вода проникает к тормозным колодкам, которые, намокая, приводят к отказу тормозов или резкому снижению их эффективности. В таком случае тормоза просушивают: с соблюдением мер предосторожности при небольшой скорости движения нажимают на педаль тормоза несколько раз до появления эффективного торможения.

При сильном ливне включают свет в фарах. Если из-за слоя воды на лобовом стекле видимость недостаточна, надо остановиться, переждать дождь.

3.2.1.9 Безопасность при интенсивном движении

С увеличением интенсивности движения транспортных потоков повышается нервная напряженность водителя, снижается надежность его работы. Интенсивность движения может изменяться в очень широких пределах: от десятков автомобилей за сутки до десятков тысяч. Самые пиковые значения интенсивности – утренний и послеобеденный периоды. В это время на некоторых дорогах, улицах транспортные средства движутся в колонне с частыми изменениями скорости, остановками, торможением.

В этом случае водитель для обеспечения безопасности движения должен непрерывно следить за впереди движущимся транспортным средством и общим состоянием потока в зоне видимости. Своевременно оценивать развитие этого состояния по поведению далеко идущих впереди транспортных средств. Следить за указаниями дорожных знаков, информацией светофоров, появлению в поле зрения различных объектов, а также причинам, вызывающим те или иные изменения в движении потока.

Выдерживание скоростного режима, правильное определение дистанции до впереди идущего транспортного средства, соблюдение рядности движения, своевременная оценка намерений движущегося впереди водителя, так же как и своевременная информация сзади идущего о своих намерениях, – главные требования обеспечения безопасности движения в интенсивном транспортном потоке. Дорожное движение в крупных населенных пунктах характерно не только своей интенсивностью, но и большим количеством мест концентрации пешеходов: перекрестков, переходов, общественных мест, учреждений, вокзалов, рынков. Статистика четко фиксирует увеличенное число ДТП в таких местах, связанных с наездом на пешехода. Для водителей сельской местности такие места должны представлять собой зоны концентрации внимания не только на движущиеся впереди транспортные средства, но и на поведение пешеходов. Необходимо мгновенно оценивать разумность их действия, быть готовым принять срочные меры по торможению, маневрированию – недопущению наезда на пешехода.

Человек, управляющий техникой на современном уровне развития промышленного производства, является звеном эргатической системы, которая включает в себя человека – оператора и машину – посредством этой системы осуществляется трудовая деятельность. В понятие человеко – машинных систем входит и система «Водитель – транспортное средство – дорога», специфические особенности которой определяются проблемами безопасности транспортных процессов.

3.2.2 Влияние надежности транспортных средств на состояние безопасности транспортных процессов

3.2.2.1 Статистические данные и классификация неисправностей транспортных средств

Надежность автотранспортных средств оказывает существенное влияние на состояние аварийности и дорожно – транспортного травматизма. Как показывает статистика, из-за технических неисправностей в среднем в год происходит от 3 до 5% дорожно – транспортных происшествий. Этот показатель может значительно отклоняться от среднего значения в зависимости от вида транспортных средств, количества лет эксплуатации, погодных условий, качества эксплуатации, технического обслуживания и так далее. Проводимые НИЦ ГИБДД исследования показывают, что около 50% ДТП по техническим неисправностям связано с неисправностью тормозных систем (таблица 4).

Таблица 4 – Причины ДТП, связанные с неисправностями транспортных средств

Неисправные элементы	Количество ТП из-за технических неисправностей транспортных средств, %
Тормозные системы	49,1
Устройства обзора дороги	13,2
Внешние световые приборы	11,3
Звуковая сигнализация	9,4
Колеса и шины	1,9
Дополнительное оборудование	3,8
Рулевое управление	3,8
Прочие	7,5
Всего	100

При рассмотрении влияния неисправностей транспортных средств на состояние аварийности необходима классификация, учитывающая характер их последствий. Как следует из структуры вероятностных показателей, влияние неисправностей транспортного средства на безопасность движения определяются их интенсивностью λ_i и условными вероятностями предотвращения их последствий r_{Ti} . Интенсивности неисправностей λ_i могут быть рассчитаны методами теории надежности или определены статистическими данными эксплуатации. Расчет условных вероятностей r_{Ti} является специфической задачей безопасности движения, так как требует знания возможностей водителя и самой техники по устранению последствий неисправности. Наиболее опасными неисправностями техники являются неисправности, приводящие к аварийной или катастрофической ситуации. К числу таких неисправностей относятся: рассоединение элементов системы рулевого управления, заклинивание рулевого управления, неисправности тормозной системы и другие. Такие неисправности недопустимы в эксплуатации ($r_{Ti} = 0$). Часть неисправностей практически не оказывает влияния на безопасность движения ($r_{Ti} \cong 1$). Такие неисправности в дальнейшем рассматриваться не будут. Значительно чаще в движении возникают неисправности, последствия которых с определенной вероятностью ($0 < r_{Ti} < 1$) устраняются водителем. Для этих неисправностей последствия по своему характеру могут быть самые разнообразные, но конечным следствием неисправности, как правило, является отклонение параметров движения транспортного средства от желаемых. По конечному следствию можно выделить следующие группы неисправностей.

1. Активные неисправности вызывают изменение сил и моментов, действующих на транспортное средство, и, как следствие этого, нежелательное изменение параметров движения. В зависимости от природы неисправности, такое изменение параметров может быть быстрым или медленным, аperiodическим или колебательным, кратковременным или постоянным. Примерами таких неисправностей являются неисправности тормозной системы, рулевого управления, отсоединение колеса и другие.

2. Пассивные неисправности не вызывают непосредственно изменения сил и моментов действующих на транспортное средство, но они усложняют условия деятельности водителя, что в конечном счете может привести к изменению параметров движения.

Эту группу неисправностей можно разделить на две категории:

а) неисправности, приводящие к нарушению соответствия свойств транспортного средства свойствам водителя (неисправность гидроусилителя рулевого управления);

б) неисправности, лишаящие водителя определенной информации о состоянии транспортного средства (неисправности спидометра, манометра давления воздуха в тормозной системе).

Автотранспортное средство состоит из множества элементов. Оценить влияние каждой неисправности на безопасность транспортных процессов достаточно сложно. Для решения этой задачи необходимо в каждой функциональной системе все многообразие неисправностей свести к нескольким типам.

3.2.3 Оценка аварийности при возможных отказах сельскохозяйственных транспортных средств

Действия водителя по предотвращению последствий отказов СТС должны быть направлены в первую очередь на устранение нежелательного изменения параметров движения. Вмешательство в управление может выражаться в отклонении органов управления, включения системы (например, тормозной). Последствия неисправности водитель обнаруживает не сразу, не мгновенно, а через определенное время, то есть вмешивается в управление с запаздыванием. Допустим, что в некоторый момент времени $t=0$ в движении возникла неисправность агрегата или системы, что привело к изменению параметров движения (рисунок 28).

Без вмешательства водителя в управление определяющий параметр x_i , спустя некоторое время t_{np} , достигнет, а в дальнейшем и превысит предельное значение. В простейшем случае можно полагать, что это приведёт к транспортному

происшествию. Время t_{np} зависит от интенсивности возмущающегося действия, явившегося следствием неисправности, а также условиями движения. Время t_{np} случайно, так как в процессе изменения параметра x_i транспортное средство может подвергнуться случайным воздействиям внешней среды, например, сильному порыву ветра, наезду на препятствие и другим.

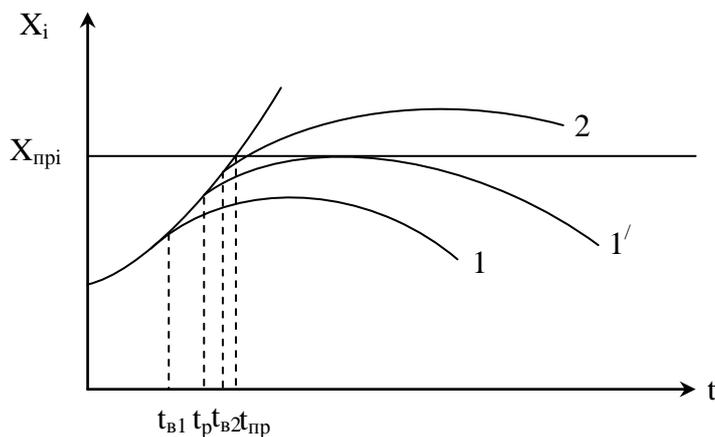


Рисунок 28 – Схема вмешательства водителя в управление транспортным средством

Реально водитель, обнаружив отклонение параметра движения x_i от заданного значения, вмешивается в управление с целью недопущения его выхода за предельное значение, а в дальнейшем и для стабилизации.

Успех действий водителя при прочих заданных условиях будет зависеть от времени его запаздывания с вмешательством t_b и от характера его действий (например, угла δ и скорости $\dot{\delta}$ отклонения рулевого колеса). При этом можно выделить три характерных случая вмешательства водителя в управление: своевременное вмешательство в управление ($t_e = t_{e1}$) – параметр x_i не достигает x_{inp} (кривая 1); несвоевременное вмешательство в управление ($t_e = t_{e2}$) параметр x_i превысит x_{inp} (кривая 2); граничный случай – запаздывание водителя t_e и характер его вмешательства таковы, что параметр x_i лишь достигает x_{inp} , но не превышает его (кривая 1'). Время запаздывания вмешательства водителя при этом соответствует его располагаемому времени t_p . Реально и время запаздывания вмешательства водителя t_b , и его располагаемое время t_p случайны.

Если последствия неисправности проявляются только на начальном этапе, непосредственно следующим за неисправностью, то достаточным условием предотвращения последствий неисправности является своевременное вмешательство водителя в управление, и вероятность этого события запишется формулой:

$$r_{Ti} = p \cdot (x_i < x_{i_{np}}) = p_0 \cdot (t_e < t_p), \quad (3.19)$$

где x_i – параметр, претерпевающий наиболее быстрое изменение при неисправности, так называемый критический определяющий параметр.

Если последствия неисправности проявляются и на последующих этапах движения (1, 2... , k, ..., m), то условие своевременного вмешательства водителя в управление $t_e < t_p$ является необходимым, но недостаточным для предотвращения последствий неисправности. Достаточным условием предотвращения последствий неисправности является при этом невыход определяющих параметров движения за свои предельные значения на всех этапах движения, где проявляются последствия неисправности. Вероятность этого сложного события при условии независимости событий предотвращением последствий неисправности на разных этапах запишется:

$$r_T = p_0 p_1 \dots p_k \dots p_m, \quad (3.20)$$

где p_k – вероятность предотвращения последствий неисправности на k-ом этапе движения, определяемая как $p_k = p(x_{jk} < x_{jk_{np}})$, $j = \overline{1, n}$ то есть вероятность того, что ни один из n определяющих параметров не выйдет за предельные значения.

Вероятности (3.19) и (3.20) могут быть определены в дорожных испытаниях. Для оценки безопасности движения расчетным путем или моделированием необходимо располагать сведениями о характеристиках модели действий водителя при неисправностях ТС.

3.2.3.1 Схемы моделей действий водителя при отказах сельскохозяйственных транспортных средств

Под моделью действий водителя будем понимать алгоритм, характеризующий последовательность и структуру действий водителя в опасной ситуации. Модель может содержать качественное описание действий водителя (их логику) или их количественные характеристики. В последнем случае модель является математической, она представляется определенным математическим выражением: дифференциальным уравнением, передаточной функцией, функциональными соотношениями и так далее.

Структура модели действия водителя существенно зависит от характера опасной ситуации, к которой приводит появление неблагоприятного фактора. Поэтому создание универсальной модели действий водителя, пригодной для исследования безопасности движения при любых неблагоприятных факторах, сопряжено с большими трудностями. В настоящее время ученые идут по пути создания частных моделей вполне конкретных опасных ситуаций.

Рассмотрим структуру модели действий водителя для опасной ситуации, при которой наблюдается быстрое изменение параметров движения автомобиля (резкое отклонение в траектории движения). Для устранения этой причины в двигательных реакциях водителя можно выделить три этапа:

– первый этап – запаздывание по времени с вмешательством в управление (водитель вмешивается в управление отклонением рулевого колеса X_B спустя $t_B > 0,3$ секунды);

– второй этап – устранение нарастания изменения параметров движения (отклонив рулевое колесо, водитель выдерживает его в отклоненном положении до тех пор, пока угол поворота автомобиля, разворота не начал изменяться в сторону возвращения к исходному значению);

– третий этап – стабилизация параметров движения рулевого колеса направлена на стабилизацию нужных значений параметров движения. Указанным закономерностям в двигательных реакциях водителя соответствует модель

действий водителя, схема которой изображена на рисунке 29.

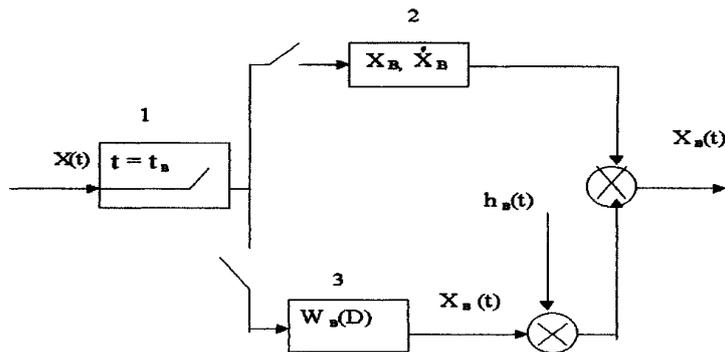


Рисунок 29 – Схема модели действий водителя

Входом модели является отклонение параметра движения Δx от заданного значения, например, отклонения от заданного радиуса траектории движения, выходом модели является отклонение X_B рулевого колеса водителем. Модель включает три звена: звено 1 учитывает запаздывание вмешательства водителя в управление $t = t_b$; звено 2 характеризует параметры первой двигательной реакции водителя (X_B, \dot{X}_B) , направленной на прекращение нарастания параметров движения (X_B, \dot{X}_B) – соответственно величина отклонения рулевого колеса и его скорость); звено 3 характеризует динамические свойства водителя при стабилизации им заданных значений параметров движения и представляется квазилинейной передаточной функцией $W_B(D)$.

К выходу звена 3 приложен «шум» в модели действия водителя $h_B(t)$, являющийся той частью его двигательной реакции, которая не определяется передаточной функцией $W_B(D)$, $h_B(t) = X_B(t) - X_{BO}(t)$. «Шум» в модели водителя учитывает нестационарность, дискретность и нелинейность его моторных реакций.

Переключение модели со звена 1 на звено 2 происходит в момент $t = t_b$ со звена 2 на звено 3 – в момент $t = t_b + \Delta t$, соответствующий нулевому значению производной по времени от определяющего параметра.

В соответствии с моментами переключения звеньев в модели соотношения выход – вход модели могут быть приведены в виде:

$$X_B(t) = 0 \text{ при } t < t_b;$$

$$X_B(t) = \dot{X}_B(t - t_B) \quad \text{при } t_B \leq t < t_B + \Delta T;$$

$$X_B(t) = X_B \quad \text{при } t_B + \Delta T \leq t < t_B + \Delta t;$$

$$X_B(t) = W_B(D)\Delta x(t) + h_B(t) \quad \text{при } t \geq t_B + \Delta t,$$

где $\Delta T = \frac{X_B}{\dot{X}_B}$

В зависимости от варианта использования модели возможны различные ее модификации, схемы которых изображены на рисунке 30.

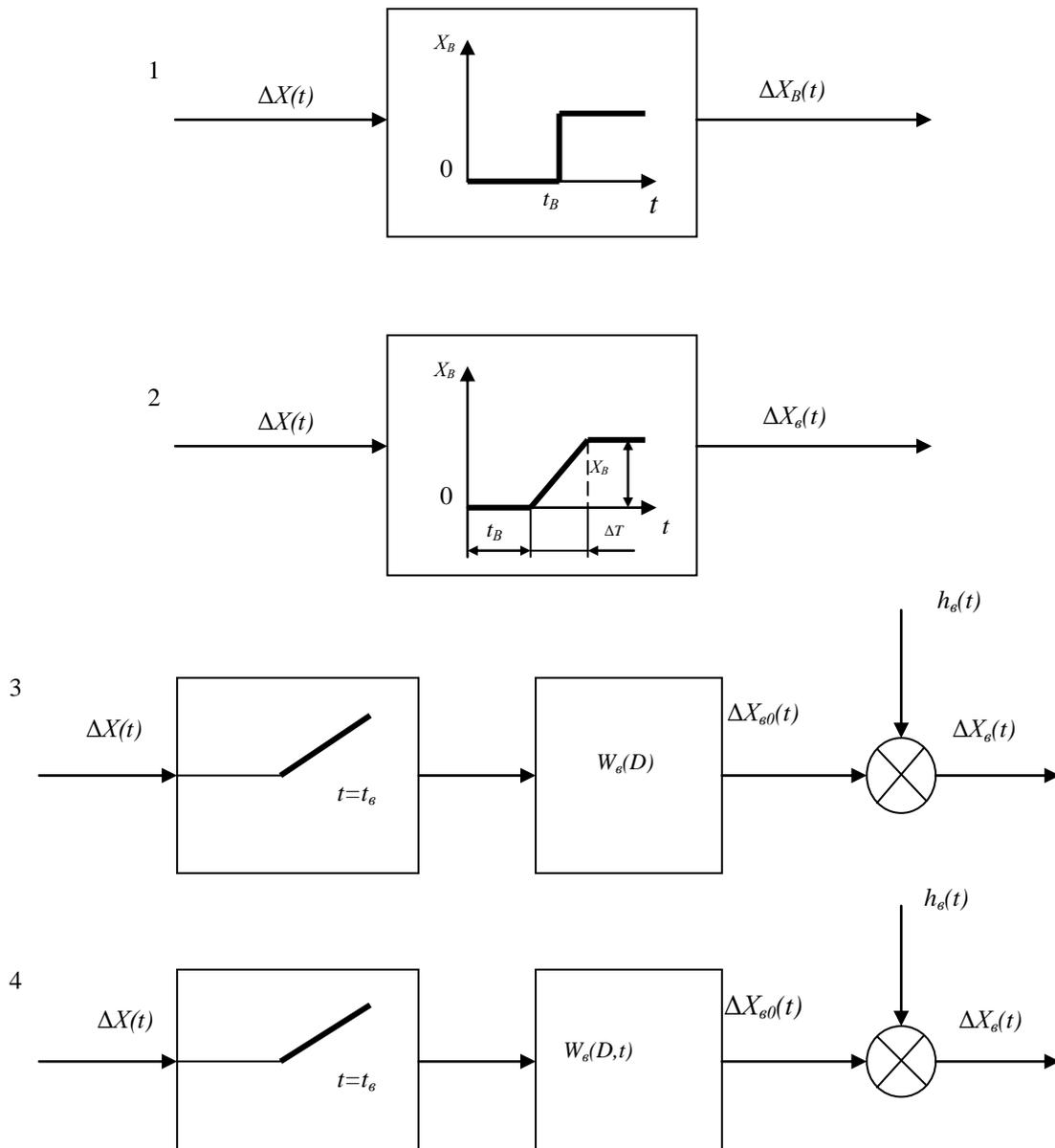


Рисунок 30 – Схемы моделей действий водителя в опасных ситуациях

Модель 1 учитывает только временное запаздывание водителя t_B . В момент $t = t_B$ водитель мгновенно устанавливает рулевое колесо в положение, соответствующее полной компенсации возмущающего момента. Такую модель можно использовать при упрощенных аналитических расчетах, где требуется получение сравнительной оценки.

Модель 2 учитывает временное запаздывание водителя и параметры его первого вмешательства X_B, \dot{X}_B (или ΔT). Такая модель может быть использована для оценки опасности таких неисправностей, при которых стабилизация измененного движения не вызывает у водителей трудностей.

В моделях 3 и 4 моторные действия водителя полностью описываются передаточной функцией и «шумами». При этом в модели 3 передаточная функция $W_B(D)$ стационарная, то есть её коэффициенты постоянны во времени, а в модели 4 передаточная функция $W_B(D, t)$ нестационарная, то есть коэффициенты зависят от времени.

В рассмотренных выше моделях водителя случайность его двигательных действий адекватно отображается случайностью времени запаздывания t_B первой двигательной реакции X_B, \dot{X}_B , коэффициентов передаточной функции водителя и его «шумов».

3.2.4 Время запаздывания и располагаемое время вмешательства водителя в управление при отказах сельскохозяйственных транспортных средств

При анализе причин ДТП отмечается важнейшее значение для безопасности транспортных работ личных качеств водителя, то есть его физических и физиологических возможностей. В упрощенном виде работа психического аппарата водителя протекает следующим образом. Водитель через органы зрения воспринимает информацию в виде сигналов, преобразующихся в электрические импульсы и поступающие в головной мозг, от него к спинному мозгу, который посылает сигналы по нервным волокнам исполнительные импульсы мышцам рук, ног по

действию соответствующими рычагами и управлению транспортным средством. Таким образом, передача сигналов в нервной системе длится определенное время, что обуславливает задержку (реакцию) в выполнении действий водителя по управлению транспортным.

Под временем запаздывания вмешательства водителя в управление понимается интервал времени с момента возникновения неисправности до начала действий водителя по предотвращению последствий неисправности. В дальнейшем для краткости время t_B будем называть временем вмешательства. По своей природе оно случайно, и на него оказывают влияние многочисленные факторы. В общем случае время вмешательства состоит из времени обнаружения неисправности или его последствий Δt_0 , времени опознания неисправности и принятия решения по действиям в особой ситуации Δt_n , времени запаздывания по началу этих действий после принятия решения (нервномышечное запаздывание) Δt_n , то есть $t_B = \Delta t_0 + \Delta t_n + \Delta t_n$. В зависимости от информативности, психофизиологических свойств водителя время вмешательства может изменяться в широких пределах от десятых долей секунды до десятков секунд.

Если неисправность приводит к быстрому изменению параметров движения, то факт возникновения неисправности водитель обнаруживает по акселерационным ощущениям и вмешивается в управление рефлекторно. Тогда в этих случаях $\Delta t_n = 0$, $t_B = \Delta t_0 + \Delta t_n$.

Обработка данных специальных исследований показывает, что время вмешательства водителя в управление, определяемое акселерационными ощущениями, составляет от 0,5 до 2,0 секунд и более.

Порог ощущения зависит от индивидуальных особенностей человека, возраста, тренировки и других. Нижний порог чувствительности изменяется в сторону увеличения при воздействии таких факторов, как усталость, вибрация, болезнь, алкоголь. Величина порогов оказывает существенное влияние на обеспечение надежности работы водителя. Водитель в основном получает зрительную информацию. Скорость поступления информации прямо пропорциональна

количеству объектов, требующих внимания, количеству информации, которую несет каждый элемент, скорости движения автомобиля и обратно пропорциональна глубине информационного поля, то есть расстоянию, на котором водитель оценивает ситуацию

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i V}{L},$$

где C – скорость получения информации, бит/с;

λ_i – количество информации, которое дает каждый элемент информационного поля водителя, бит;

n – количество элементов информационного поля водителя;

V – скорость автомобиля, м/с;

L – глубина информационного поля, м.

Зависимость надежности восприятия информации показана на рисунке 31.

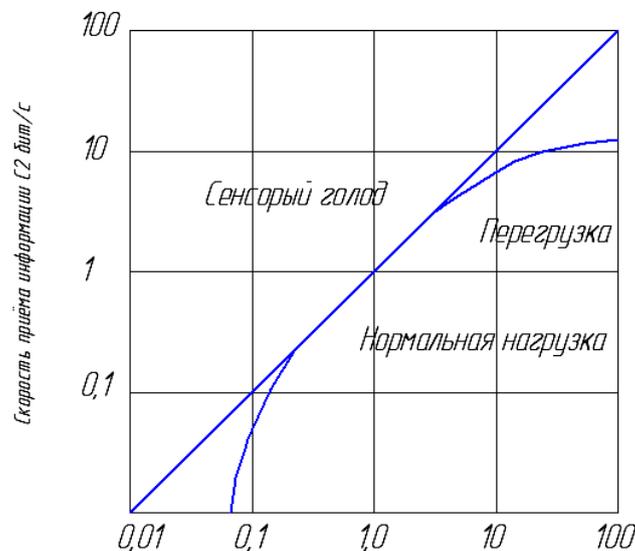


Рисунок 31 – Зависимость надежности восприятия информации от скорости ее поступления

Под располагаемым временем водителя следует понимать отрезок времени с момента возникновения неисправности до начала вмешательства, обеспечивающего не превышение критическим определяющим параметрам своего значения. Работа водителя по своей сути состоит из ответных действий, и не-

своевременное или неточное действие (реакция) может привести к опасности движения.

Реакции бывают простыми и сложными. Простая реакция – это ответное действие на один заранее известный сигнал. Время простой реакции в среднем составляет 0,2 с.

Сложная реакция будет в случае необходимости выбора характера действия из ряда возможных. Время сложной реакции в несколько раз больше простой (0,4...2,6 с) и может существенно изменяться из-за различных факторов: личных особенностей водителя, его возраста, усталости, принятых лекарств, профессионального опыта и так далее. Значительно сокращается время реакции при готовности водителя к возможному появлению опасности. А предвидеть опасность водитель может всегда, если анализировать дорожную ситуацию, учитывать её типичный характер. Различают реакцию скрытую (латентную) и моторную (движения). Так время моторной реакции на перенос ноги с педали на педаль может быть 0,05 – 0,29 с, на перенос взора на угол 15^0 около 1 с.

3.2.5 Оценка степени опасности отказов сельскохозяйственных транспортных средств

Количественной характеристикой степени опасности СТС является условная вероятность устранения их последствий r_T . В зависимости от средств реализации поставленной задачи и характера неисправности r_T может быть определена одним из следующих методов: расчетным (аналитическим), методом статистических испытаний, экспертным оцениванием.

3.2.5.1 Расчетный (аналитический) метод

Этот метод применяется в тех опасных последствиях, когда неисправности проявляются только на начальном этапе движения, сразу после его возникновения. К таким последствиям приводят неисправности, вызывающие быстрое изменение моментов, действующих на транспортное средство. Параметры дви-

жения транспортного средства претерпевают при этом быстрое изменение, и один или несколько из них могут превысить предельное значение, если водитель своевременным вмешательством не предотвратит их нежелательное изменение. Вероятность устранения последствий таких неисправностей определяется как вероятность своевременного вмешательства водителя в управление по формуле (3.21) $r_T = p(t_B < t_p)$. Если известны законы распределения времени вмешательства $f(t_B)$ и располагаемого времени водителя $f(t_p)$, то вероятность (3.21) рассчитывается по соотношению:

$$r_T = p(\Delta t > 0) = \int_0^{\infty} f(\Delta t) \cdot dt, \quad (3.21)$$

где $f(\Delta t)$ - закон распределения разности располагаемого времени и времени вмешательства ($\Delta t = t_p - t_B$), определяемый композицией законов $f(t_B)$ и $f(t_p)$.

При детерминированной манере вмешательства водителя, когда величина t_p неслучайная, вероятность (3.21) может быть рассчитана по соотношению:

$$r_T = \int_0^{t_p} f(t_B) dt_B = 0,5 + \Phi_0 \left[\frac{1}{\sqrt{D}} \ln \frac{t_p^x}{t_{e_0}^x} \right], \quad (3.22)$$

где $t_p^x = t_p - 0,82$; $\Phi_0(X)$ – функция Лапласа, определяемая по табличным данным.

Последовательность расчета r_i по выражению (3.22) следующая:

- определяем выражение для возмущающего момента, явившегося следствием неисправности;
- интегрированием уравнений движения транспортного средства при воздействии возмущающего момента определяем критический определяющий параметр;
- определяем математическое ожидание времени вмешательства m_{t_e} и параметр $t_{B_0}^*$;

– определяем располагаемое время водителя по данному критическому определяющему параметру;

– по известным значениям D , t_p^* , $t_{B_0}^*$ вычисляем аргумент X функции $\Phi_0(X)$ и по значению аргумента находим ее табличное значение.

Достоинством расчетного метода определения r_T является его относительная простота реализации, недостатком – необходимость существенного упрощения исследуемого явления с целью его формализации в виде пригодном для аналитического решения. В силу этого расчетный метод определения r_T является приближенным.

3.2.5.2 Метод статистических испытаний

Под статистическими испытаниями понимается многократное моделирование динамики движения автотранспортного средства при данной неисправности в условиях, изменяющихся случайным образом от опыта к опыту (случайные начальные условия, случайные внешние воздействия и другие). В зависимости от средств реализации статистические испытания могут быть натурные, полунатурные или представлять чисто математическое моделирование.

Натурные испытания – это целенаправленный дорожный эксперимент. Достоинства этого способа испытаний очевидны, недостаток – эксперимент дорог и сложен, и главное – небезопасен, поэтому не все неисправности могут быть имитированы в движении.

Полунатурные испытания – это испытания на стендах (тренажерах). Достоинство этого способа испытаний – безопасность экспериментов, недостаток – трудность обеспечения условий деятельности водителя, соответствующих условий реального движения по чувству ощущений и чувству опасности неисправности.

При статистических испытаниях методом математического моделирования (статистическое моделирование) испытаниям подвергается математический аналог замкнутого контура «Водитель – система управления – транспортное

средство». Динамические свойства звеньев этого контура описываются соответствующими математическими алгоритмами.

Оценка вероятности устранения последствий неисправности техники по данным статистических испытаний производится или по частоте появления события $X_j < X_{jnp}$, $j = \overline{1, m}$, или по законам распределения экспериментальных значений определяющих параметров движения $F(x_j)$.

В первом случае условная вероятность предотвращения водителем последствий неисправности i -того типа оценивается частотой $r_{T_i}^* = \frac{n_j}{N}$, где N – число проведенных испытаний, n – число испытаний, в которых регистрировались события $x_j < x_{jnp}$, $j = \overline{1, m}$. Соответственно $S_{T_i}^* = 1 - \frac{n}{N}$. Ввиду ограниченного числа опытов N оценки $r_{T_i}^*$ и $S_{T_i}^*$ имеют приближенный характер, и для искомым вероятностей r_{T_i} и S_{T_i} по этим оценкам могут быть определены лишь доверительные интервалы, в которых они могут находиться с заданной доверительной вероятностью.

Во втором случае условная вероятность r_{T_i} определяется как

$r_{T_i}^* = \min \{F^*(X_{jnp})\}$, $j = \overline{1, m}$, где $F^*(X_{jnp})$ – значение эмпирической функции распределения экстремальных значений j -го определяющего параметра при аргументе $x_j = x_{jnp}$;

3.2.5.3 Метод экспертного оценивания

Сущность расчета $r_{T_i}^x$ экспертным оцениванием заключается в следующем. Коллектив квалифицированных специалистов-экспертов оценивает опасность неисправности j -го типа для заданного этапа движения и заданных метеоусловий по определенной шкале оценок. Обработкой статистики этих оценок определяют условную вероятность устранения последствий неисправности.

Шкалы оценок могут быть различные. В частности, если применяется пяти-балльная система оценки опасности неисправности, то ранжировка производится следующим образом:

- балл 5 приписывается таким неисправностям, когда, по мнению эксперта, рейс наверняка закончится транспортным происшествием;
- балл 4 – рейс чаще всего закончится транспортным происшествием, чем без него;
- балл 3 – возможные два исхода рейса равновероятны;
- балл 2 – рейс чаще будет заканчиваться благополучным исходом, нежели транспортным происшествием;
- балл 1 – по мнению эксперта, рейс всегда будет заканчиваться благополучно.

По результатам экспертизы K экспертов рассчитывается оценка $r_{T_i}^x = 1,25 - 0,25 z_{cp}$, где $z_{cp} = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K z_j$; z_j – оценка опасности, неисправности, выставленная j -м экспертом. Величина $r_{T_i}^x$, вычисленная таким способом, имеет приближенный характер.

Метод экспертного оценивания для расчета r_T можно применять в тех случаях, когда другие методы неприемлемы из-за дефицита времени или отсутствия исходных данных, необходимых для их реализации.

3.2.6 Технические устройства повышения безопасности сельскохозяйственных транспортных средств

Технические устройства повышения безопасности выполняют следующие основные функции:

- контроль работоспособности систем и сигнализации оператору об их отказах и неисправностях;
- автоматическое отключение отказавшей системы (элемента) и подключение исправной;
- определение критических значений параметров движения ТС на раз-

личных режимах движения и сигнализации оператору о подходе к ним;

– автоматическое снижение скорости движения, увод СТС с опасных режимов движения.

Различают активные и пассивные технические устройства повышения безопасности. Активные, воздействуя на контролируемую систему или на органы управления СТС, сами ликвидируют последствия отказового состояния. Пассивные технические средства выдают только сигнализацию оператору о возникшей неисправности или приближении СТС к опасному режиму, а ликвидацию опасной ситуации осуществляет оператор.

В общем случае, технические средства повышения безопасности включают в себя следующие элементы (рисунок 32): датчики первичной информации 1, вычислитель 2, состоящий из блока обработки информации 3 и блока формирования команд 4; исполнительное устройство 5; устройство самоконтроля 6.

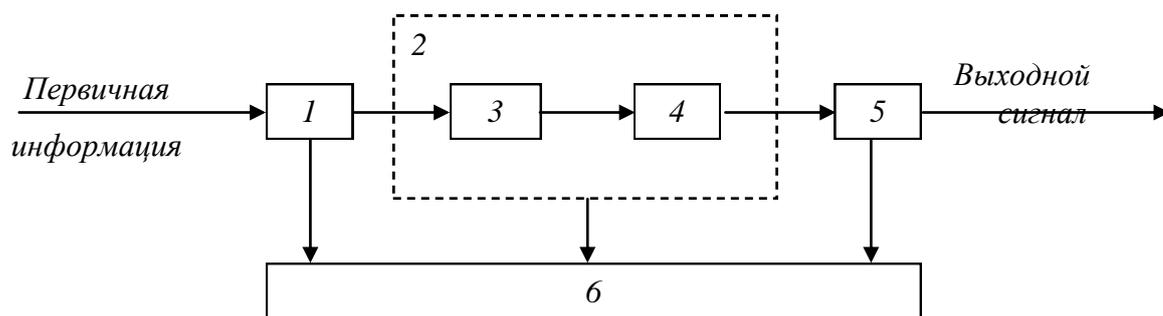


Рисунок 32 – Схема системы технического средства безопасности

Сигналы с датчиков первичной информации 1 поступают в вычислитель 2 на блок обработки информации 3, где они приводятся к виду, необходимому для подачи в блок формирования команд 4. При возникновении неисправности в контролируемой системе или при приближении СТС к опасным режимам движения на исполнительное устройство 5 поступает управляющий сигнал, по которому исполнительное устройство либо само будет устранять опасную ситуацию (активная система), либо только выдаст оператору сигнализацию (пассивная система). Устройство самоконтроля 6 служит для проверки работоспособности самого технического средства повышения безопасности.

В настоящее время применяют следующие основные методы контроля состояния объекта: пороговые методы, методы сравнения и методы пробных сигналов. На практике эти методы используются, как правило, во взаимном сочетании.

При пороговом методе контроля техническое средство повышения безопасности выдает командный сигнал при достижении каким-то параметром x_i своего предельного значения.

Работа вычислителя по выработке управляющего сигнала ($U_{упр}$) может быть представлена релейным звеном (рисунок 33).

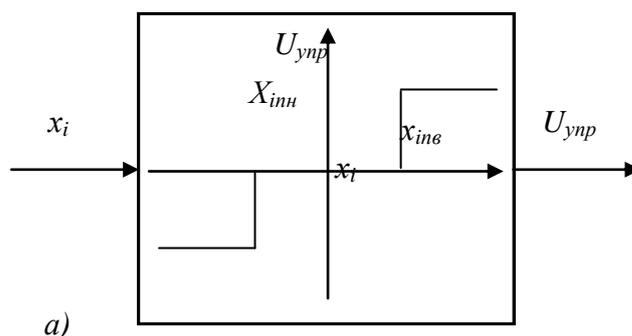


Рисунок 33 – Схема применения порогового метода

Верхняя и нижняя границы порогов срабатывания в ней ($x_{инв}$ и $x_{инн}$) могут быть как одинаковыми, так и разными, что зависит от характера ограничений, накладываемых на контролируемый параметр x_i . Для снижения вероятности "ложного" срабатывания системы с пороговым методом контроля используют:

- изменение порога срабатывания по режимам движения;
- включение задержки по времени выдачи управляющего сигнала.

Метод сравнения применяется при использовании двух и более источников информации для контроля состояния объекта, В этом случае возможны следующие варианты получения информации: от нескольких однотипных устройств (Д1 и на Д2, (рисунок 34, а); от устройств различного типа (Д1 и Д2 (рисунке 34, б) с преобразованием с помощью оператора (А) сравниваемых сигналов к одному виду.

Полученные таким образом однотипные сигналы (x_{i1} и x_{i2}) сравниваются между собой, а сигналы рассогласования (Δx_i) после обработки по пороговому ме-

тому контролю используются для формирования команд. Метод сравнения используется для обнаружения тех отказов, которые не проявляются одновременно на всех источниках информации. Он наиболее пригоден для контроля работы резервированных систем (элементов). Этот метод контроля сложнее по технической реализации, чем пороговый метод, но обеспечивает более высокую достоверность распознавания отказа и более плавное отключение отказавшего элемента.

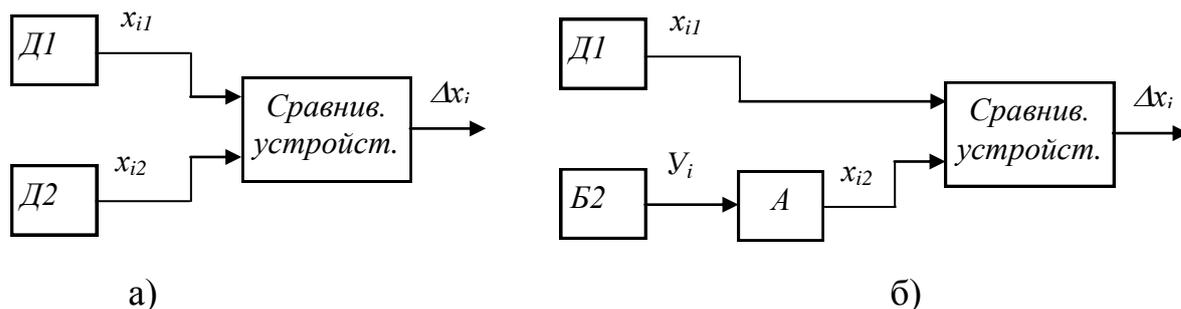


Рисунок 34 – Схема применения метода сравнения

Метод пробных сигналов основан на оценке реакции контролируемого объекта на некоторый пробный сигнал (тест-сигнал; гармонический, импульсный), вырабатываемый специальным генератором в устройстве повышения безопасности. Сигналы могут подаваться либо непрерывно, либо дискретно

При непрерывной подаче сигнала не нарушается функционирование контролируемого объекта. Пробный сигнал по форме, величине, частотному составу или по дискретности подачи должен быть таким, чтобы он не отразился на правильной работе всей системы и в то же время его можно было бы обнаружить в выходном сигнале контролируемого объекта. Затем методом сравнения ответной и эталонной реакции оценивается состояние объекта.

При дискретной подаче сигнала объект выключается из нормального функционирования на время контроля. Поэтому такую схему можно применять в полете только для тех устройств, которые позволяют их отключение на время проверки.

Контроль по непрерывной схеме осуществить сложнее, чем по дискретной, но он имеет ряд преимуществ: объект контролируется во время его функционирования; более высокая достоверность оценки состояния объекта благодаря непрерывности контроля.

Для примера рассмотрим следующую условную задачу. На автомобиль установим разработанную автором систему контроля количества жидкости в тормозной системе, которая автоматически отключает систему зажигания двигателя при уменьшении уровня жидкости ниже оптимальной. Требуется оценить эффективность влияния встроенной системы контроля на снижение вероятности неблагоприятного исхода движения, связанного с неисправностями из-за понижения уровня жидкости, если известно:

- интенсивность отказов тормозной системы λ_{TC} , системы контроля λ_K ;
- условные вероятности предотвращения последствий неисправности тормозной системы с работающей системой контроля r_{TCK} , без контроля r_{TC} и неисправностей r_K .

Соответствующие условности вероятности непредовращения последствий неисправностей составят: $s_{TCK} = 1 - r_{TCK}$; $s_{TC} = 1 - r_{TC}$ $s_K = 1 - r_K$. При отказавшей тормозной системе система контроля не работает. Поскольку явление неисправностей тормозной системы и системы контроля зависят от продолжительности движения (рейса), то для оценки влияния их на уровень безопасности движения воспользуемся теорией цепей Маркова. Граф возможных состояний системы изображен на рисунке 35.

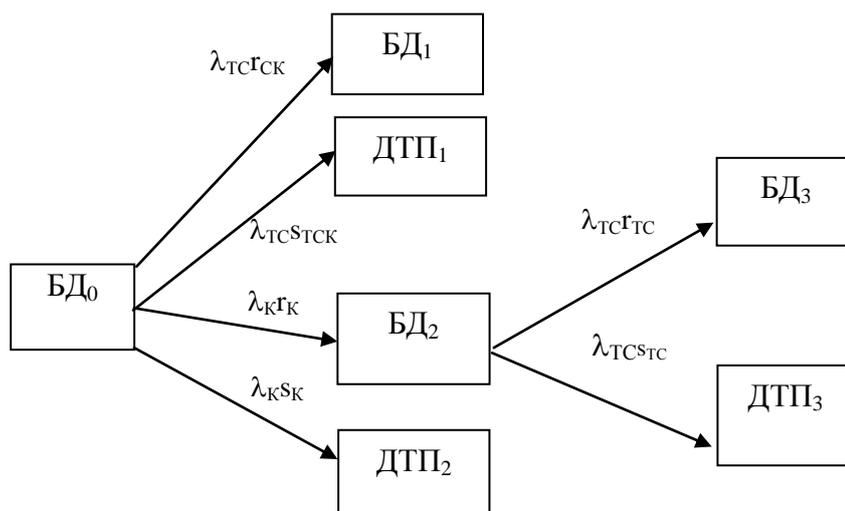


Рисунок 35 – Граф состояния системы

Через $БД_i$ ($i = 0,3$) обозначены благополучные исходы движения, а через $ДТП_j$ ($j = 1,3$) – неблагоприятные исходы движения, то есть транспортные происшествия (ДТП). Состояния $БД_1$ и $ДТП_1$ соответствуют исходам движения при неисправностях тормозной системы с работающей системой контроля, $БД_2$ и $ДТП_2$ – при неисправности системы контроля, а $БД_3$ и $ДТП_3$ – при неисправности тормозной системы с неработающей системой контроля. Обозначим P_i вероятности пребывания в состоянии $БД_i$, а через Q_j – в состояниях $ДТП_j$

Вероятности благополучного и неблагоприятных исходов движения соответственно будут равны:

$$P = \sum_{i=0}^3 P_i ,$$

$$Q = \sum_{j=1}^3 Q_j \quad (3.23)$$

Для нахождения вероятностей пребывания системы в различных состояниях составим систему дифференциальных уравнений:

$$\frac{dP_0}{dt} = -\lambda_0 P_0; \quad \frac{dP_1}{dt} = \lambda_{TC} r_{TCK} P_0;$$

$$\frac{dQ_1}{dt} = \lambda_{TC} s_{TCK} P_0; \quad \frac{dP_2}{dt} = \lambda_K r_K P_0 - \lambda_{TC} P_2;$$

$$\frac{dQ_2}{dt} = \lambda_K s_K P_0 \quad \frac{dP_3}{dt} = \lambda_{TC} r_{TC} P_2$$

$$\frac{dQ_3}{dt} = \lambda_K s_K P_2,$$

где $\lambda_0 = \lambda_{TC} + \lambda_K$

Проинтегрировав эту систему при начальных условиях $P_0(0) = 1$, $P_i(0) = Q_j(0) = 0$ для $i, j = \overline{1,3}$ и подставив найденные выражения для Q_j в формулу (3.23), получим

$$Q = \frac{\lambda_{TC} S_{TCK} + \lambda_K S_K - r_K S_{TC} \lambda_{TCK}}{\lambda_0} (1 - e^{-\lambda_0 t}) + r_K S_{TC} (1 - e^{-\lambda_{TC} t}).$$

Уровень риска при неисправностях тормозной системы контроля в соответствии с формулой полной вероятности будет равен $Q_0 = (1 - e^{-\lambda_{TC} t}) S_{TC}$

Обычно $\lambda_0 t \ll 1$ и $\lambda_{TC} t \ll 1$, поэтому можно принять $(1 - e^{-\lambda_0 t}) = \lambda_0 t$ и $(1 - e^{-\lambda_{TC} t}) = \lambda_{TC} t$

Тогда эффективность влияния системы контроля на снижение вероятности неблагоприятного исхода можно оценить соотношением

$$K_Q = \frac{Q_0}{Q} \approx \frac{S_{TC}}{S_{TCK} + \frac{\lambda_K}{\lambda_{TC}} S_K} \quad (3.24)$$

Выражение (3.24) показывает, что на достаточно высоком уровне надежности системы контроля по сравнению с контролируемой системой ее влияние на снижение вероятности неблагоприятного исхода движения пропорционально отношению S_{TC} / S_{TCK} , то есть снижению степени опасности неисправности. Если же система контроля недостаточно надежна ($\lambda_K > \lambda_{TC}$) и неисправности самой системы контроля также опасны, как и неисправности тормозной системы ($S_K > S_{TC}$), то система контроля окажется неэффективной и она повышает уровень риска. Это наглядно показано на рисунке 36, где изображена зависимость

$$K_Q = f\left(\frac{S}{S_{TC}}; \frac{\lambda_K}{\lambda_{TC}}; \frac{S_K}{S_{TC}}\right), \text{ при } \lambda_{TC} = 1 \times 10^{-3} \text{ 1/ч, } S_{TC} = 0,2.$$

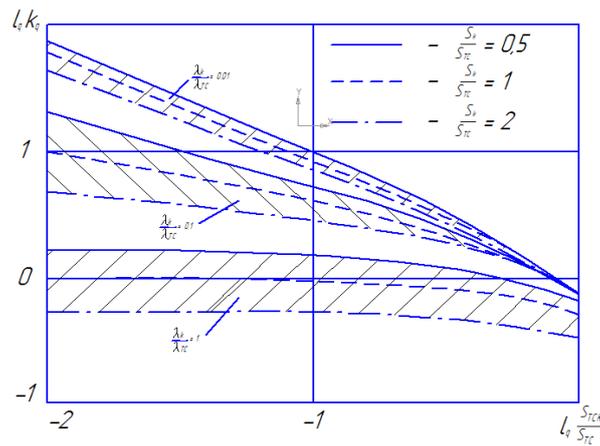


Рисунок 36 – Зависимость соотношения K_Q от интенсивности неисправностей и вероятностей непредотвращения их последствий

Такой выход характерен для всех технических устройств.

Для повышения безопасности средства повышения безопасности должны быть, по крайней мере, на порядок выше контролируемых систем.

3.2.7 Требования к надежности сельскохозяйственных транспортных средств из условия обеспечения безопасности транспортных процессов

Уровень ($P_{БД_{зад}}$) безопасности транспортных процессов может быть достигнут и путем резервирования элементов систем.

Оценим применение устройства повышения безопасности транспортных работ на примере установки резервного привода тормозной системы транспортного средства (рисунок 37). Оценку выполним с использованием цепей Маркова.

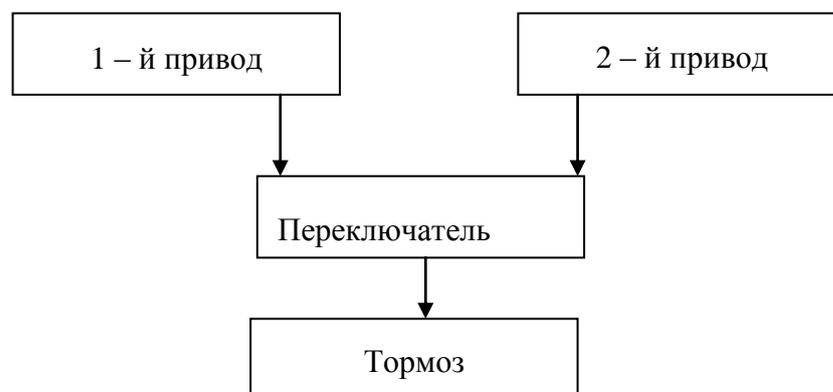


Рисунок 37 – Функциональная схема тормозной системы транспортного средства

Тормоз постоянно работает от первого привода, но при его неисправности переключатель автоматически подключает в тормозную систему 2-й привод.

Интенсивности неисправностей привода обозначим $\lambda_{пр.}$, переключателя $\lambda_{п.}$:

Возможные состояния этой системы (рисунок 38):

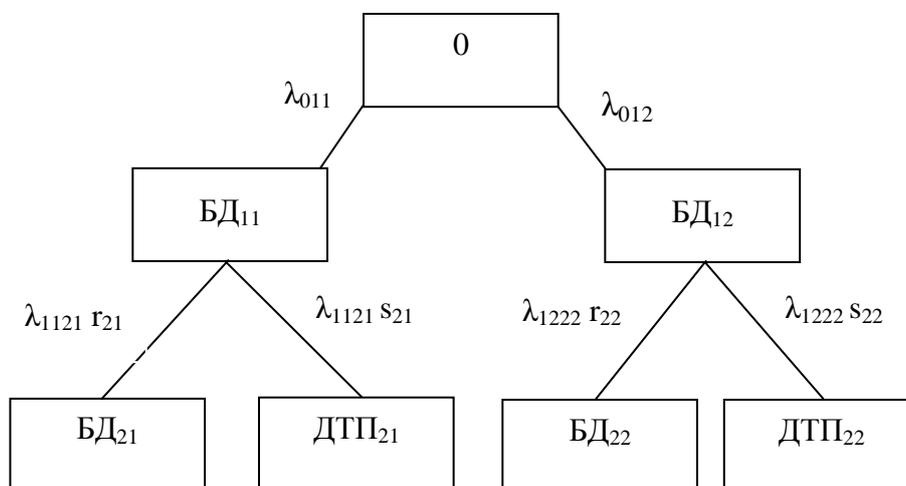


Рисунок 38 – Схема возможных состояний системы

0 – все элементы системы исправны;

БД₁₁ – неисправность 1-го привода, переключатель подключил второй привод, вмешательства водителя не потребовалось ($r_{11} = 1,0$);

БД₁₂ – неисправность переключателя, тормозная система продолжает работать от первого привода, но при этой неисправности переход на второй привод невозможен. Вмешательство водителя также не требуется ($r_{12} = 1,0$);

БД₂₁ – неисправность второго привода, последствия его неисправности предотвращены водителем;

ДТП₂₁ – то же, при условии, что последствия неисправности второго привода не предотвращены;

БД₂₂ – неисправность первого привода после неисправности переключателя, последствия неисправности предотвращены;

ДТП₂₂ – то же, при условии, что последствия неисправности не предотвращены.

Дифференциальные уравнения относительно вероятностей благополуч-

НЫХ ИСХОДОВ ИМЕЮТ ВИД:

$$\frac{dP}{dt} = -\lambda_{00} P_0 ; \quad (3.25)$$

$$\frac{dP_{11}}{dt} = \lambda_{011} P_0 - \lambda_{1111} P_{11} ; \quad (3.26)$$

$$\frac{dP_{21}}{dt} = \lambda_{1121} r_{21} P_{11} ; \quad (3.27)$$

$$\frac{dP_{12}}{dt} = \lambda_{012} P_0 - \lambda_{1212} P_{12} ; \quad (3.28)$$

$$\frac{dP_{22}}{dt} = \lambda_{1222} r_{22} P_{12} ; \quad (3.29)$$

В уравнениях (3.25), (3.26), и (3.27) величины λ_{00} , λ_{1111} , λ_{1212} , суммарные интенсивности появления неисправностей, выводящих систему соответственно из нулевого состояния, из состояний БД₁₁ и БД₁₂:

$$\lambda_{00} = \lambda_{np} + \lambda_n ; \quad \lambda_{1111} = \lambda_{1212} = \lambda_{np} , . \quad (3.30)$$

r_{21} , r_{22} – вероятности предотвращения водителем последствий неисправностей приводов тормоза. По физическому смыслу $r_{21} = r_{22}$ и $s_{21} = s_{22} = s$.

Решение уравнений запишем с учетом начальных условий $t = 0$,

$P_0 = 1.0$, $P_{li} = Q_{li} = 0$ и соотношений (3.25 – 3.30):

$$P_0(t) = e^{-(\lambda_{np} + \lambda_n)t} ; \quad (3.31)$$

$$P_{11}(t) = \frac{\lambda_{np}}{\lambda_n} \cdot \left[e^{-\lambda_{np} \cdot t} e^{-(\lambda_{np} + \lambda_n) \cdot t} \right]; \quad (3.32)$$

$$P_{21}(t) = \frac{\lambda_{np}}{\lambda_n} \cdot r \cdot \left(1 - e^{-\lambda_{np} \cdot t} \right) - \frac{\lambda_{np}^2 r}{\lambda_n \cdot (\lambda_{np} + \lambda_n)} \cdot \left[1 - e^{-(\lambda_{np} + \lambda_n) \cdot t} \right]; \quad (3.33)$$

$$P_{12}(t) = \left[e^{-\lambda_{np} \cdot t} e^{-(\lambda_{np} + \lambda_n) \cdot t} \right]; \quad (3.34)$$

$$P_{22}(t) = r \cdot \left(1 - e^{-\lambda_{np} \cdot t} \right) - \frac{\lambda_{np}}{\lambda_n + \lambda_{np}} \cdot r \cdot \left[1 - e^{-(\lambda_{np} + \lambda_n) \cdot t} \right]. \quad (3.35)$$

3.2.8 Мероприятия по повышению безопасности транспортных процессов, обусловленных надежностью сельскохозяйственных транспортных средств и оценка их эффективности

Для повышения безопасности транспортных процессов, обусловленной надежностью СТС, существуют два пути - повышение надежности, то есть безотказности работы СТС в движении, и повышение отказобезопасности, то есть увеличение вероятности предотвращения оператором последствий ее отказов. Обеспечение надежности работы СТС – основной путь повышения безопасности. Именно на это направлены основные усилия организаций, проектирующих, производящих, эксплуатирующих и ремонтирующих СТС. На поддержание высокого уровня надежности СТС в первую очередь направлены все мероприятия оператора и обслуживающего персонала.

Оценим эффективность мероприятий, направленных на уменьшение интенсивности отказов элементов СТС. Примем за критерий эффективности мероприятий отношение:

$$K_{Q_\lambda} = \frac{Q_{T2}}{Q_{T1}}, \quad (3.36)$$

где Q_{T1}, Q_{T2} – уровни риска соответственно до и после проведения мероприятий.

Используя для Q_T – выражение

$$Q_T = \frac{1 - e^{-\lambda_{00}t}}{\lambda_{00}} \sum_{i=1}^n \lambda_{0i} S_i, \quad (3.37)$$

где λ_i – интенсивность появления i -го неблагоприятного фактора, и предполагая интенсивности неисправностей элементов до проведения мероприятий равными λ_i , а после проведения мероприятий $\lambda_i / K_{\lambda_i}$, где $K_{\lambda_i} > 1$ и учитывая, что $e^{-\lambda_{00}t} \approx 1 - \lambda_{00}t$, получим

$$K_{Q_\lambda} = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{\lambda_i}{K_{\lambda_i}} S_{T_i}}{\sum_{i=1}^n \lambda_i S_{T_i}} = \sum_{i=1}^k \frac{\overline{Q_{T_i}}}{K_{\lambda_i}}, \quad (3.38)$$

где k – число элементов в рассматриваемой системе;

$$\overline{Q_{T_i}} = \frac{\lambda_i S_{T_i}}{\sum_{i=1}^k \lambda_i S_{T_i}} \quad \text{– удельный вклад неисправностей } i\text{-го элемента в уровень риска, обусловленного возможными отказами рассматриваемой системы.}$$

Результат (3.38) подтверждает тот очевидный факт, что мероприятия по повышению надежности проводятся в первую очередь для тех элементов, которые вносят наибольший вклад в уровень аварийности. Эффект мероприятий по повышению надежности наиболее «аварийного» j -элемента в системе определяется выражением.

$$K_{Q_{\lambda_j}} = \frac{\sum_{i=1}^{k-1} \lambda_i S_{T_i}}{\sum_{i=1}^k \lambda_i S_{T_i}} + \frac{\frac{\lambda_j}{K_{\lambda_j}} S_{T_j}}{\sum_{i=1}^k \lambda_i S_{T_i}} \quad (3.39)$$

Подставив $\frac{\lambda_j}{K_{\lambda_j}} = \lambda_j + \frac{1 - K_{\lambda_j}}{K_{\lambda_j}} \overline{Q_{T_j}}$, преобразуем формулу (3.39) к виду

$$K_{Q_{\lambda_j}} = \frac{K_{\lambda_j}}{K_{\lambda_j} (1 - \overline{Q_{T_j}}) + \overline{Q_{T_j}}} \quad (3.40)$$

Изменение $K_{Q_{\lambda_j}}$ в зависимости от K_{λ_j} дано, на рисунке 39, откуда следует, что увеличение K_{λ_j} приводит к повышению безопасности транспортных работ тем большому, чем больше $\overline{Q_{T_j}}$.

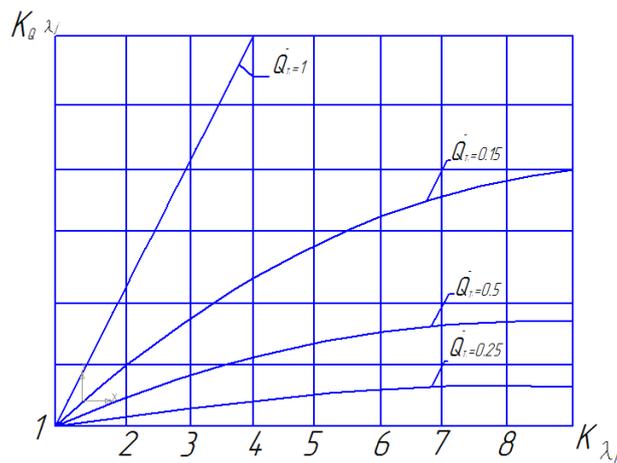


Рисунок 39 – Зависимость критерия эффективности мероприятий, от различных удельных вкладов отказов СТС

Если под элементом можно подразумевать всю систему в целом $\overline{Q_{T_j}} = 1$, то формула (3.40) принимает вид

$$K_{Q_{\lambda}} = 1 / K_{\lambda} \quad , \quad (3.41)$$

то есть уровень риска снижается во столько раз, во сколько раз уменьшается интенсивность неисправностей.

Эффект от мероприятий, направленных на уменьшение вероятности не

предотвращения последствий отказов, будет определяться выражениями (3.38) – (3.40). В этом можно убедиться, приняв за критерий эффективности мероприятий отношением $K_{Q_s} = Q_{T2} / Q_{T1}$ вероятность непредотвращения последствий отказов после проведения мероприятий равными S_{T_i} / K_{S_i} , где $K_{S_i} > 1$.

Таким образом, при равных значениях K_{Q_λ} и K_{Q_s} с количественной точки зрения безразлично, в каком направлении проводить мероприятия, направленные на повышение безопасности: по увеличению надежности СТС или ее отказобезопасности.

3.3 Дорожные условия и безопасность транспортных процессов

3.3.1 Анализ дорожно - транспортных происшествий из-за дорожных условий

По данным статистики, из-за дорожных условий происходят до 8% ДТП. Такие происшествия оцениваются с определенной степенью достоверности вследствие субъективных точек зрения сотрудников Государственной инспекции безопасности дорожного движения, осматривающих место дорожно – транспортных происшествий, и отсутствия научно обоснованной методики оценки влияния геометрических параметров, других характеристик дорожных условий на возникновение конкретного транспортного происшествия.

Значение конструкции дороги, ее технических параметров и состояния для безопасности дорожного движения очень важны. Исследования показывают, что многие технические параметры дороги, такие как: интенсивность движения, ширина проезжей части, ширина полосы закругления, величина радиусов закругления, видимость, подъемы и другие, не соответствуют современным требованиям. Но еще большее влияние на безопасность оказывает состояние дорог: ровность дорожного покрытия, скользкость (величина коэффициента сцепления), состояние обочин, уменьшение проезжей части и полосы движения, обустройство дороги, обеспечение видимости и других (таблица 5).

Таблица 5 – Распределение ДТП из-за дорожных условий, %

Дефекты дороги	%
Скользкое покрытие	48,5
Покрытие с неровностями	13,5
Недостаточная ширина и плохое содержание дороги	5,9
Отсутствие тротуаров и пешеходных дорожек	2,9
Отсутствие удерживающих ограждающих устройств	1,4
Недостаточное освещение проезжей части	1,4
Сужение проезжей части строительными машинами, материалами и другими предметами	2,7
Отсутствие знаков в необходимых местах	4,6
Плохое содержание дорог в зимнее время	5,5
Другие причины	13,6

3.3.2 Явления погоды, особо опасные для движения транспортных средств

К таким явлениям относятся: метели (с выпадением снега продолжительностью 12 часов и более, при скорости ветра 15 м/с и более, а также метели, ухудшающие видимость до 50 м и менее); снегопады (при количестве выпавших осадков 20 мм и более за 24 часа и менее); туман (при видимости 50 м и менее продолжительностью 24 часа и более, вызывающий прекращение движения на автомобильных дорогах); гололедица (вызывающая прекращение движение транспортных средств на шоссейных дорогах); дождь (с количеством осадков 30 мм и более за 12 часов, и менее в селевых и ливневых районах, 50 мм и более за 12 часов и менее, на остальных территориях, ливневый 20 мм за час и менее); ветры (при средней скорости 25 м/с и более и при порывах 30 м/с и более).

Пыльные бури, высокие уровни вод, селевые потоки, сходы снежных лавин и другие погодные условия усложняющие условия движения, естественно снижают уровень безопасности дорожного движения.

Рост интенсивности движения на современных дорогах приводит к повышению требований по уровню безопасности движения и пропускной способно-

сти в различные сезоны года. Одним из самых сложных и ответственных в работе дорожных организаций является зимний период. Обеспечение безопасности движения в сложных погодных условиях (зимняя скользкость, снегопады, метели и т.д.) - одна из основных задач эксплуатационных подразделений.

Как показывает анализ, до 8% от общего количества транспортных происшествий происходят по причине неблагоприятных дорожных условий. Из этого количества около 50 % ДТП происходят в зимний период и имеют основной причиной низкие сцепные качества дорожного покрытия. Для поддержания определенного состояния проезда по дорогам и обеспечения безопасности движения в сложных погодных условиях в зимний период проводится комплекс работ по содержанию дорожных покрытий, искусственных сооружений, элементов обустройства. Современные нормативные документы ограничивают время на ликвидацию последствий неблагоприятных погодных явлений, в связи с чем, актуальными задачами научных исследований являются совершенствование оперативного управления работами по борьбе с зимней скользкостью, выбор оптимальных по погодным условиям технологий проведения работ.

Решая задачи управления работами по зимнему содержанию автомобильных дорог, их рассматривают как элемент сложной системы В-ТС-Д-С, которая является открытой, т.е. зависит от внешней среды и функционирует под воздействием ее элементов. Для получения эффективных управленческих решений, обеспечивающих высокий уровень безопасности движения в сложных погодных условиях, необходим учет влияния «Среды» на автомобильную дорогу, которое характеризуется воздействием большой группы параметров - погодно-климатических факторов. Оценка эффективности любых мероприятий производится по комплексу выходных параметров системы В-ТС-Д-С, среди которых безопасность движения играет все возрастающую роль.

Уровень безопасности движения и возможность возникновения дорожно – транспортных происшествий зависит от состояния дорожного покрытия, комплекса метеорологических факторов, продолжительности нахождения дорожно-

го покрытия в условиях зимней скользкости. Определенное влияние на него оказывают технологии проведения работ, используемая дорожная техника. Влияние этих факторов обусловлено низкой скоростью движения машин, габаритами навесного оборудования. Их необходимо учитывать на дорогах с высокой интенсивностью движения.

В процессе проведения исследований классифицированы технологии (стратегии) проведения работ, краткая характеристика которых представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристика возможных стратегий проведения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог

Стратегия	Наименование	Описание технологии выполнения работ
I	Ликвидация зимней скользкости	По образовавшемуся слою ледяных отложений распределяются ПГМ с нормами, достаточными для перевода отложений в другое агрегатное состояние
II	Профилактика зимней скользкости	До образования скользкости производится распределение ПГМ с уменьшенными нормами для предотвращения образования скользкости
III	Удаление рыхлого снега с покрытия	Производится патрульная снегоочистка при выпадении осадков и механическая очистка рыхлого снега с покрытия после их окончания
IV	Профилактика образования снежного наката	Распределение ПГМ во время снегопада для недопущения уплотнения и сохранения снега в рыхлом состоянии с последующей механической очисткой
V	Распределение фрикционных материалов	Фрикционных материалы в чистом виде или в смеси с ПГМ распределяются по слою снежно – ледяных отложений, когда использование ПГМ в чистом виде неэффективно

Анализ существующих методов оценки безопасности дорожного движения показал, что для количественной оценки этого выходного параметра системы оперативного управления работами по зимнему содержанию дорог может быть использован метод итоговых сезонных коэффициентов аварийности. Ито-

говый коэффициент аварийности представляет собой произведение частных коэффициентов, учитывающих влияние на уровень аварийности отдельных дорожных условий:

$$K_{умог} = K_1 K_2 \dots K_n$$

Сезонные коэффициенты аварийности учитывают влияние неблагоприятных погодных факторов и кратковременное изменение дорожных условий.

Для учета влияния на уровень безопасности транспортных процессов дорожных, погодных условий и различных стратегий производства работ предлагается вводить поправочные коэффициенты для зимнего периода, для параметров, перечень которых приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Частные сезонные коэффициенты, которые необходимо учитывать при оценке безопасности движения в сложных погодных условиях в зимний период

Частый коэффициент аварийности, учитывающий погодные и дорожные условия	Стратегия производства работ	Примечания
Интенсивность и состав движения для зимнего периода	I, II, III, IV, V	
Ширина полностью очищенной проезжей части	I, II, III, IV	При современных требованиях к уровню содержания дорог (очистка проезжей части на полную ширину) поправочный коэффициент может не вводиться
Уменьшение ширины обочин за счет образования снежных отложений	III, IV I, II, III, IV	На период проведения работ, до окончания очистки обочин. Для дорог, на которых в зависимости от принятого уровня содержания допускается очистка обочин не на всю ширину
Скользкое покрытие	I, II, III, IV, V	Значение поправочных коэффициентов зависит от состояния покрытия, вида зимней скользкости

Указанные в таблице поправочные коэффициенты учитываются для всего участка автомобильной дороги. При оценке безопасности движения необходимо отдельно анализировать пересечения, примыкания и искусственные сооружения. Эти участки дорог требуют специального исследования, как наиболее характерные и опасные на дороге и имеющие особенности технологий снегоочистки и ликвидации скользкости в виде стекловидного льда.

По итоговому коэффициенту аварийности ($K_{итог}$) возможное число ДТП (Z) на 1 млн•авт•км можно оценить по эмпирической формуле, которая учитывает интенсивности движения и продолжительность воздействия неблагоприятных погодных факторов:

$$Z = 2 \cdot 10^{-5} K_{итог}^{0,373} N t_i L$$

где $K_{итог}$ - итоговый коэффициент аварийности, вычисленный для зимнего периода и для соответствующих каждой стратегии производства работ дорожных условий;

N - интенсивность движения, авт./ч;

t_i - продолжительность нахождения покрытия дороги в неблагоприятном состоянии, ч;

L — длина участка дороги, км.

Разработанная методика проведения расчетов по оценке безопасности движения в сложных погодных условиях использовалась при решении задач развития систем погодного дорожного мониторинга. Во всех этих расчетах безопасность движения выступала в качестве одного из выходных параметров системы В-ТС-Д-С.

Для учета влияния технологии работ на уровень безопасности транспортных процессов в соответствии с данными таблиц 6 и 7 выявлен комплекс параметров и их влияние на безопасность движения, которые будут изучены в ходе дальнейших исследований по организации дорожного движения в сложных погодных условиях.

Перечень параметров приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Параметры, влияющие на безопасность дорожного движения при проведении работ по зимнему содержанию дорог

Параметры, влияющие на безопасность движения	Стратегия
Скорость движения распределителя противогололедных материалов, отряда машин при патрульной снегоочистке	I, III, IV, V
Повышение риска столкновения со встречным автомобилем при обгоне на скользком покрытии	I, IV, V
Повышение риска столкновения со встречным автомобилем при обгоне отряда машин, проводящих патрульную снегоочистку	III
Ширина распределения противогололедных материалов	I, IV, V
Время нахождения покрытия в скользком состоянии	I, III, IV, V
Снижение видимости встречного автомобиля при выпадении осадков	III, IV
Снижение видимости встречного автомобиля при снегоочистке	III

3.4 Методика оценки состояния внутрихозяйственных дорог

При выполнении на автомобильных дорогах ремонтных работ дорожные, коммунальные организации по согласованию с органами ГИБДД обеспечивают в установленном порядке организацию движения путем расстановки необходимых дорожных знаков, ограждающих устройств, установки сигнализации, организации объездов и т.д.

Основные параметры дорожного полотна представлены на рисунке 40.

План дороги дает полное представление об одном из важных для безопасности движения параметров – радиусах закруглений, их расположении, количестве и так далее.

Допустимые значения радиусов установлены СНиПом. В зависимости от категории дороги, сложности условий движения радиусы составляют от 30 до 1000 м, а внутрихозяйственных дорог от 15 до 1000 м. Продольный профиль характеризует крутизну подъемов и спусков (продольных уклонов). Продольные уклоны оценивают в градусах, процентах, промилле. В технических характеристиках величина преодолеваемого автомобилем уклона дается в градусах.

Большие уклоны и кривые малых радиусов представляют серьезную

опасность для автомобилей, движущихся с высокой скоростью, особенно при гололеде.

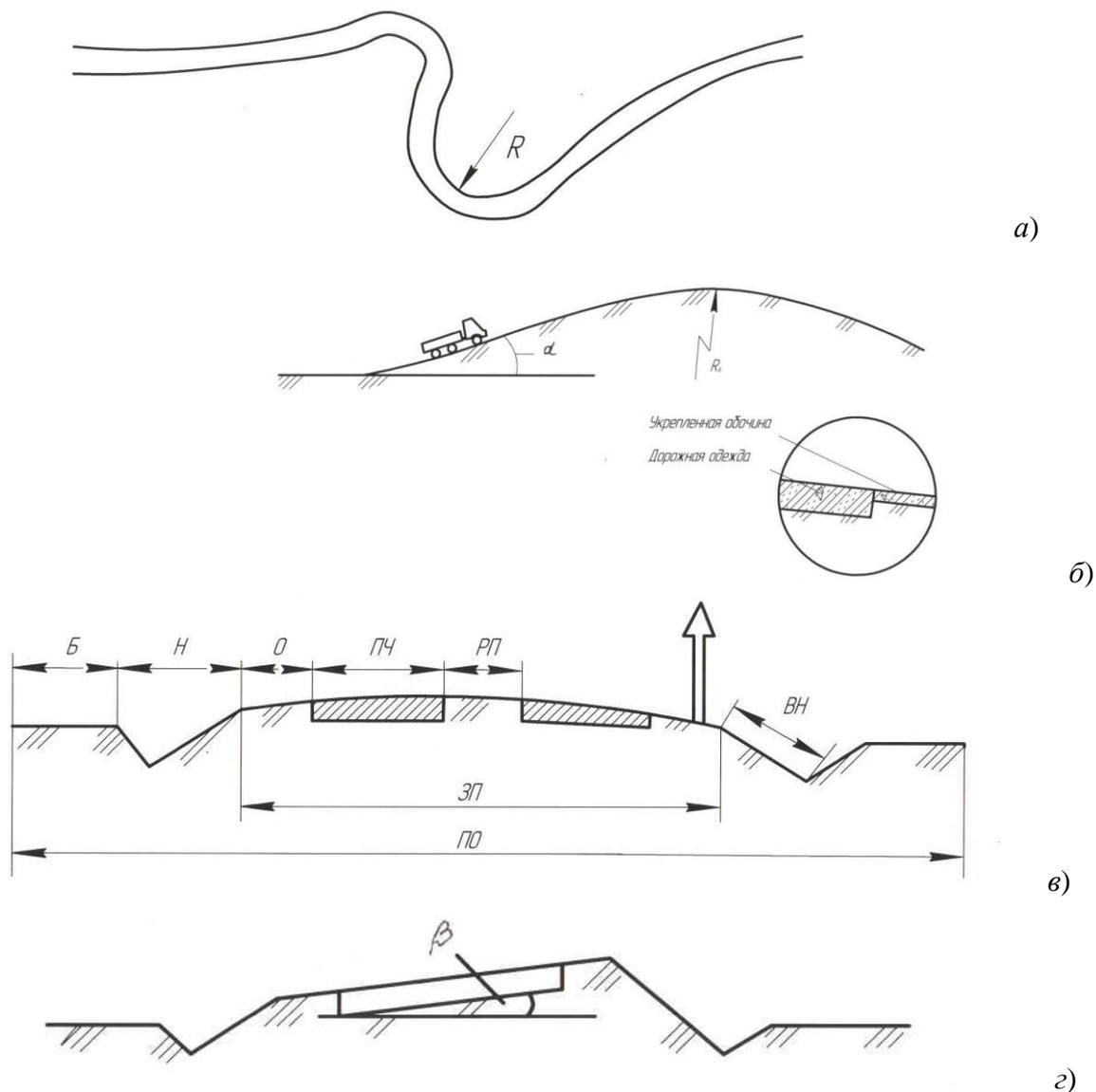


Рисунок 40 – Элементы автомобильной дороги:
 а – план дороги; б – продольный профиль; в – поперечный профиль;
 г – вираж на повороте; R – радиус кривой; R_v – вертикальный радиус;
 α – угол подъема; β – угол виража; ПО – полоса отвода; ЗП – земляное
 полотно; РП – разделительная полоса; ПЧ – проезжая часть; О – обочина;
 К – кювет; Б – бровка; ВН – внутренний откос

Кроме того, при соответствующих значениях уклонов может значительно уменьшаться расстояние видимости, расчетные значения которой нормируются для поверхности дороги в пределах от 75 до 250 м, встречного автомобиля – от 150 до 350 м (рисунок 41).

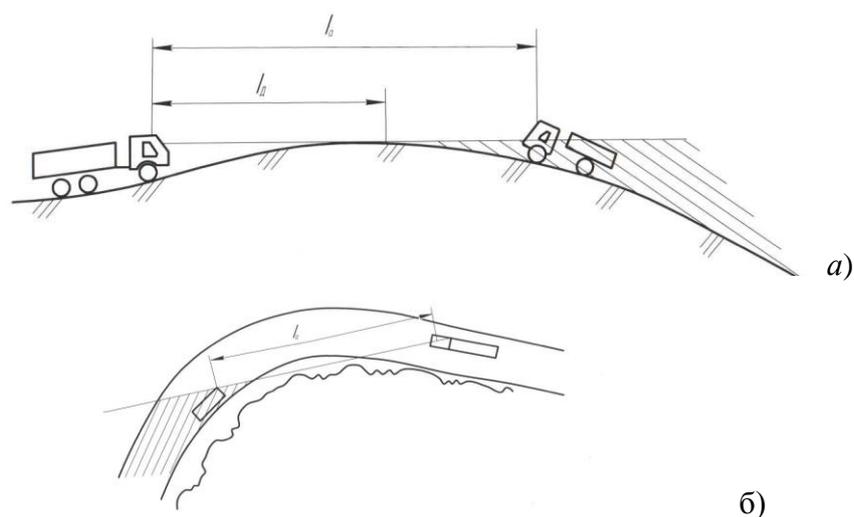


Рисунок 41 – Видимость:
 a – на переломе продольного профиля; b – в плане дороги;
 l_a – видимость автомобиля; l_d – видимость дороги

Боковая видимость обеспечивается на расстоянии 25 м для дорог I и III категорий и 15 м для IV – V.

Поперечный профиль дороги характеризует его конструкцию, размеры элементов и другие технические параметры, имеющие важное значение для безопасности движения. Поперечный профиль – это разрез дороги плоскостью, перпендикулярной ее продольной оси

Для безопасности транспортных работ важнейшим элементом дороги являются: проезжая часть, разделительная полоса, обочины.

Геометрические размеры этих элементов установлены для каждой категории дорог СНиПом. При расчете размеров элементов дороги исходят из условий обеспечения безопасной скорости движения и стоимости дороги. Поэтому ширина проезжей части дороги должна быть не менее 4,5 м (V категория), а I категории 15 м и более в зависимости от числа полос движения, имеющих ширину 3,75 м.

Разделительная полоса предусматривается только у дорог I категории, и ее ширина составляет не менее 5 м. Этот элемент дороги существенно повышает безопасность движения за счет исключения встречных столкновений, ослепления.

Обочина – необходимый для обеспечения безопасности движения элемент дороги. Обеспечивает устойчивость автомобиля при случайном съезде колеса с проезжей части и используется для остановки автомобиля, установки знаков, ограждений, материалов для ремонта и др.

Современные параметры дороги требуют, чтобы обочины со стороны проезжей части имели укрепленные полосы шириной от 0,75 до 0,5 м (в зависимости от категории), выполненные из материалов (цементобетон, асфальтобетон, черный щебень), применяемых для покрытия проезжей части. Ширина обочин составляет от 1,75 до 3,75 м в зависимости от категории дороги.

Главным конструктивным элементом дороги является ее проезжая часть, имеющая различные типы покрытий. Наибольшее распространение получили покрытия, выполненные из цементобетона, асфальтобетона, черного щебеночного покрытия.

Устойчивость конструктивных элементов дороги зависит от погодноклиматических условий района ее проложения. Наиболее подвержены воздействию воды грунтовые дороги, а также плохо уплотненные щебеночные и гравийные покрытия, несущая способность которых резко уменьшается при их переувлажнении. Дороги I – III категории должны обеспечивать проезд в любое время года.

Состояние дороги характеризуется комплексом показателей, от которых зависит эффективность работы и безопасность автомобильного транспорта: шероховатостью дорожного покрытия, ровностью, скользкостью, видимостью на дороге.

В настоящее время существует несколько методов измерений неровностей дорожного покрытия: с помощью универсальной рейки с клиновым промерником; нивелиром и нивелирной рейкой; с применением Автомобильной установки ПКРС – 2. Измерения проводятся на основании требований ГОСТ 30412 – 96.

Все применяемые технические средства контроля должны быть атте-

стованы в соответствии с ГОСТ 24555.

Наиболее частое применение нашел метод оценки состояния дорог с использованием универсальной рейки «РДУ – Кондор» – трехметровая, складная, предназначена для:

– измерения неровностей покрытий и оснований автомобильных дорог по ГОСТ30412 – 96 п.4;

– определение продольных и поперечных уклонов проезжей части при строительстве и приемке законченных объектов автодорог;

– определение крутизны откосов грунтовых насыпей, выемок и кюветов;

– для линейных промеров проезжей части и замеров толщины слоев дорожной одежды.

Рейка «РДУ – Кондор» может применяться при строительстве (ремонте) и эксплуатации автомобильных дорог, службой ГИБДД при исследовании ДТП (рисунок 42).

Длину участка измерений следует принимать в пределах до 400 м.

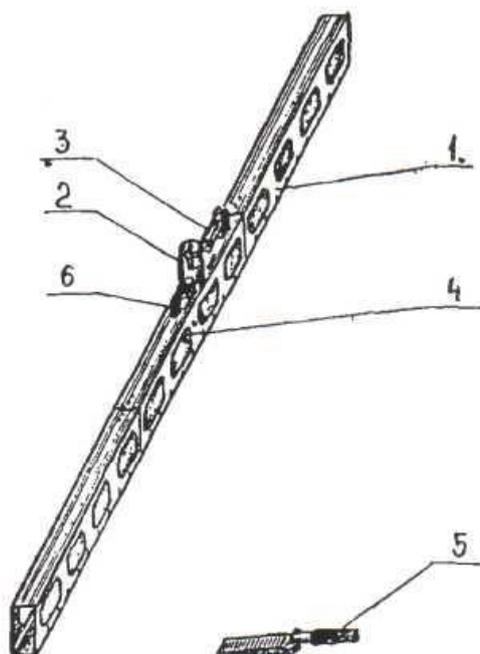


Рисунок 42 – Рейка «РДУ – Кондор»:
1 – корпус; 2 – головка с лимбом; 3 – уровень;
4 – балансир–эклиметр; 5 – клиновой промерник; 6 – ручка

Работа по отдельным видам измерений осуществляется в следующей последовательности.

1. При измерении продольных и поперечных уклонов поверхности земляного полотна или покрытия, рейка укладывается либо по оси дороги, либо перпендикулярно ей, соответственно, в сторону уклона на поверхности проезжей части или обочины. Затем вращением винта измерительной головки (2) приводят ампулу (3) в горизонтальное положение, фиксируемое по центральному положению пузырька в ампуле уровня и по шкале лимба головки определяют размер уклона.

2. При контроле геометрических параметров (ширины проезжей части, обочин и пр.) рейка устанавливается в направлении измеряемой поверхности, а отсчет ведется по нижней шкале корпуса рейки (1).

3. При определении крутизны откосов насыпи, выемки, кювета - рейку устанавливают непосредственно на откос перпендикулярно обрезу бровки откоса и по шкале балансира – эклиметра (4), находят коэффициент заложения откоса в пределах от 1:1 до 1: 3. При замерах крутизны откоса рейка может использоваться в собранном для транспортировки состоянии.

4. Ровность покрытия и толщина конструктивных слоев дорожной одежды определяются с помощью клина-промерника (5):

В первом случае после установки рейки на контролируемой поверхности, вводят промеры просветов под рейкой в пяти фиксированных точках, расположенных на расстоянии 50 см от торцов рейки и далее через 50 см между ними по направлению к середине рейки. Клин – промерник помещается последовательно под рейкой на каждой точке и по цифрам, нанесенным на промернике устанавливается величина просвета. Для оценки ровности на одном поперечнике проводится три промера, установкой рейки на расстоянии от 0,5 до 1 м от левой и правой кромок покрытия. Для измерения толщины конструктивных слоев дорожной одежды пользуются тем же клином и шкалой, расположенной на нижней части шаблона. Оценка ровности устанавливается по таблице 9.

Таблица 9 – Оценка ровности полотна дороги

Оценка	Просветы		
	до 2 мм, % не менее	более 5 мм, % не более	Наибольший, мм
Отлично	95	1	7
Хорошо	90	2	8
Удовлетворительно	80	3	10

Для сельскохозяйственных предприятий наиболее простой и приемлемой методикой оценки состояния внутрихозяйственных дорог является следующая:

а) измерение уклона дороги

Уклон может быть измерен любым известным способом и инструментом, но наиболее простым из них является эклиметр. Эклиметр состоит из деревянной планки 2, стойки 3. На нижней части планки закреплен угломер 1, представляющий собой транспортир (ГОСТ 427-75) с отвесом 4, а на верхней части планки 2 установлен визир 5. Чтобы определить величину уклона, необходимо установить стойку АВ и планку 2 так, как показано на рисунке 43. В точке Б на уклоне дороги следует поставить деревянную вешку БГ на расстоянии видимости точки Г диаметром 30 мм белого цвета.

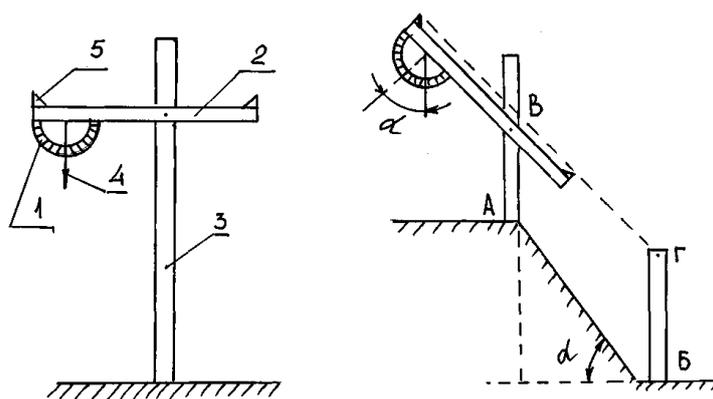


Рисунок 43 – Схема измерения уклона дороги эклиметром:
1 – угломер; 2 – планка деревянная размером 1000 × 30 × 30;
3 – стойка деревянная размером 1500 × 40 × 40; 4 – отвес; 5 – прицел.

Измерения следует повторить от 3 до 5 раз в сечениях по всей длине склона. В журнал следует записывать наибольшее значение уклона в градусах.

В дальнейшем измеренное значение угла следует сравнить с допустимыми значениями угла подъема, преодолеваемого транспортным средством, и сделать заключение о целесообразности безопасного проезда;

б) измерение ширины дороги.

Ширина дороги может быть измерена рулеткой, длиной от 10 м до 20 м. Измерения можно проводить на тех участках дороги, где имеются ограничения ширины проезжей части, заболоченные участки, дороги проходящие через лес, по склону оврагов, в углублениях рельефа местности и других местах, представляющих опасность для движения транспортных средств;

в) измерение глубины колеи.

Глубина колеи может быть измерена глубиномером, состоящим из металлической линейки (ГОСТ 427-75) с пределом измерений до 1000 мм и деревянной планки размером 1500*30*30. При измерении планку следует наложить на дорогу в поперечном сечении, а затем линейкой измерить высоту просвета между дном колеи и нижней точкой планки (рисунок 44).

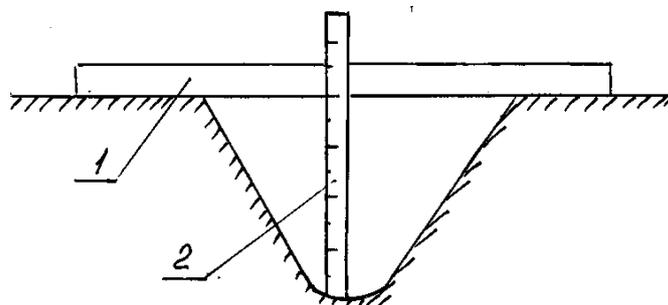


Рисунок 44 – Схема измерения глубины колеи дороги:
1 – планка, 2 – линейка.

г) обследование дороги.

Дорога может быть обследована визуально при обходе или проезде на автомобиле с малой скоростью. При обходе должно быть определено состояние дороги, обочины откосов, водоотводов, запас обочины дороги у кромки оврага или другого опасного места, наличие вспучиваний, состояние бродов, исправность мостов и переправ;

д) измерение длины дороги.

Длина дорог может быть измерена по карте землепользования, на пример курвиметром или линейкой. Для получения длины необходимо полученную величину умножить на масштаб карты. Также длина дороги может быть измерена спидометром автомобиля с учетом погрешности прибора.

Следующим этапом разработки схемы маршрутов движения должен быть сбор сведений о технических характеристиках транспортных средств, имеющихся на балансе предприятия, для чего необходимо иметь техническое описание, инструкции по эксплуатации транспортных средств и другую справочную литературу.

Из технических характеристик следует выбирать числовые значения дорожного просвета (клиренс), ширины колеи, ширины навесных и прицепных сельскохозяйственных машин, угол подъема, преодолеваемого транспортными средствами в полном снаряжении, длины транспортного средства, в том числе и в составе агрегата. Затем необходимо выявить соответствие эксплуатационных характеристик дорог техническим характеристикам транспортных средств. После этого с карты землепользования снять копию схематичного расположения полей, дорог, поселков, производственных объектов стрелками указать на ней направление движения подвижного состава по дорогам, эксплуатационные характеристики которых приведены в безопасное состояние и соответствуют техническим характеристикам транспортных средств.

Подготовленную схему маршрутов движения необходимо представить на утверждение руководителю сельскохозяйственного предприятия. После утверждения схемы изготовить планшеты с картами, которые вывешиваются на машинном дворе, на территории гаража, в кабинете или классе по охране труда.

Завершается работа изданием приказа о проведении инструктажей с операторами транспортных средств.

Оценка внутрихозяйственных дорог проводится с целью получить исходные данные о техническом состоянии дорог. Эти данные используются при разработке схемы маршрутов движения транспортных средств на территории сельскохозяйственного предприятия.

3.4.1 Перспективное оборудование для дорожных работ

1. *Рейка дорожная универсальная.* Рейка предназначена для измерения поперечных и продольных уклонов дорожных покрытий и обочин, неровностей оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов по ГОСТ 30412, определения крутизны заложения откосов, насыпей и выемок (рисунок 45).



Рисунок 45 –Рейка КП – 231

Измерение уклонов путем установки пузырькового уровня в нулевое положение со снятием показаний шкалы измерителя по ГОСТ 11196-74. Замеры неровностей покрытия производятся клином-измерителем в соответствии с ГОСТ 30412-96. Определение коэффициента заложения откосов земляного полотна осуществляется по самоустанавливающейся шкале эклиметра.

Выпускается четыре модификации: разборная в чехле КП-231 (9,2 кг); КП-231-03; неразборная КП – 231 – 01 (7,0

Технические характеристики:

Длина в рабочем положении, м..... 3 ± 0,002

Ширина опорной полки, мм..... 50

Измерение продольных и поперечных уклонов,
не менее, ‰от минут 57 до плюс 120

Измерение крутизны заложения откосов.....от 0 до 1:1

Измерение неровностей (просвет под рейкой)
покрытия дороги, мм.....от 0 до 16

2. *Устройство для контроля геометрических параметров автодорог КП-232.* Устройство предназначено для контроля ровности, определения радиусов кривых в плане, измерения поперечных и продольных уклонов дорожных оснований и покрытий, обочин и поверхностей земляного полотна, насыпей и выемок для определения коэффициента заложения откосов земляного полотна (рисунок 46).



Рисунок 46 – Устройство контроля КП – 232

Удобство в эксплуатации. Компактность при транспортировке и хранении. Возможность использования измерительных устройств как в комплексе, так и в отдельности. Простота сборки.

Технические характеристики:

Измерение продольных и поперечных уклонов покрытия автодорог	от минус 57 до плюс 120 ‰
Измерение коэффициентов заложения откосов насыпей земполотна	от 0 до 1:1
Измерение ровности (просвет под рейкой) покрытия дороги	от 0 до 16 мм
Измерение расстояний, м.....	от 0 до 999.9
Масса, кг.....	20

3.5 Результаты аттестации внутрихозяйственных дорог по предотвращению транспортных происшествий

3.5.1 Оценка состояния внутрихозяйственных дорог

Учитывая, что состояние внутрихозяйственных дорог в различных регионах страны примерно одинаково, для наших исследований выбираем ЦФО (Брянский регион).

Документальное изучение материалов расследования транспортных происшествий позволило выбрать для оценки состояния дорог сельскохозяйственные предприятия, в которых произошли типичные транспортные происшествия (подъем по мокрой дороге с глубокой колеёй, буксование, занос, опрокидывание).

Земли этих предприятий расположены на Среднерусской возвышенности, подъезды и дороги к сельскохозяйственным полям и производственным зданиям разделены длинными оврагами, глубокими балками, крутыми склонами по берегам нешироких рек. Дороги обследовались в период посевных и уборочных работ, когда движение на дорогах становится наиболее интенсивным. В этот период водители и механизаторы, стремясь быстрее убрать урожай, выбирают для проезда более короткий не везде безопасный путь.

Эти хозяйства имеют набор автомобилей, тракторов, комбайнов и других сельскохозяйственных машин, типичный для сельскохозяйственного предприятия. В хозяйствах имеется широко распространенная техника, выпускаемая промышленностью для земледелия, в том числе автомобили КАМАЗ, ГАЗ, ЗИЛ и легковые автомобили. Результаты анализа представлены на рисунках 47, 48.

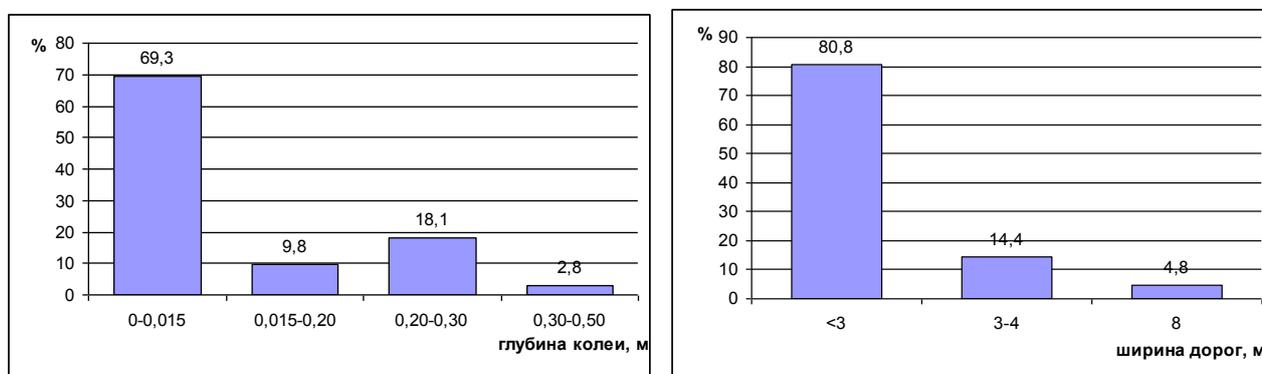


Рисунок 47 – Анализ состояния межхозяйственных дорог ЦФО (Брянский регион, по глубине колеи и ширине дороги)

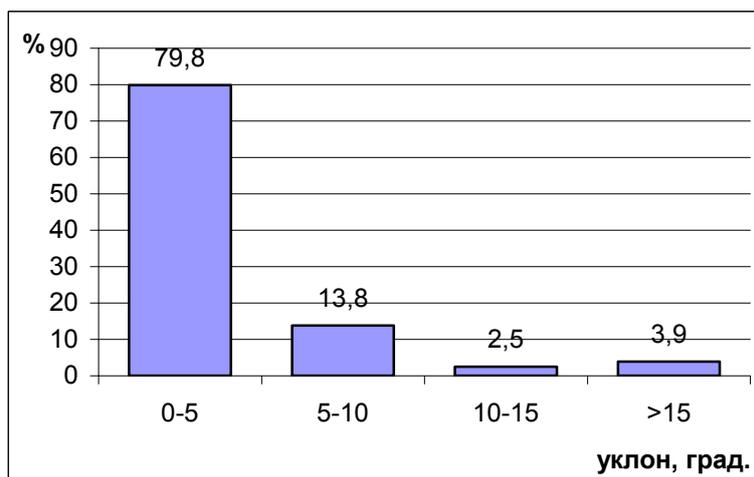


Рисунок 48 – Анализ состояния межхозяйственных дорог ЦФО Жуковского района Брянской области (по уклону)

Анализ соответствия характеристик дорог техническим характеристикам сельскохозяйственных мобильных и транспортных средств (числовые значения дорожного просвета, (клиренс), ширины колеи, ширины прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, угол подъема, преодолеваемого транспортными средствами в полном снаряжении, длины транспортного средства, в том числе в составе агрегата) показал, что состояние дорог этих предприятий не соответствует техническим характеристикам применяемых транспортных средств и мобильных агрегатов.

Глава 4 Инженерно – технические мероприятия решения проблем обеспечения безопасности транспортных процессов в АПК

4.1 Основы профилактической работы по обеспечению безопасности транспортных процессов

4.1.1 Задачи и содержание профилактической работы

Профилактическая работа по обеспечению безопасности транспортных процессов является составной частью деятельности органов, организаций и служб, отвечающих за обеспечение безопасности на дорогах страны.

Основными задачами профилактической работы по обеспечению безопасности транспортных процессов являются:

– обеспечение законности выхода СТС для выполнения дорожного движения (пассажирским и грузовым перевозкам, рисунок 49);



Рисунок 49 – Схема подготовки СТС к выполнению транспортных процессов

– предупреждение дорожно – транспортных происшествий из-за неисправностей ТС, в первую очередь – вследствие ошибок ИТР, водителей и обслуживающего персонала (ОП);

– анализ причин ДТП, недостатков в организации и обеспечении дорожного движения и разработка мероприятий по обеспечению безопасности движения;

– оценка эффективности проводимых мероприятий.

Профилактическая работа по обеспечению безопасности движения должна основываться на следующих принципах:

1. Принцип комплексного подхода к организации и проведению профилактической работы. Этот принцип требует всестороннего учета задач, решаемых руководящими органами на Федеральном и региональном уровнях, предприятиями и организациями, ответственными за обеспечение безопасности движения. Состояние ТС, условия хранения, степень ее освоения, специфика мероприятий по обеспечению безопасности движения, разрабатываемых организациями и других факторов, определяющих эффективность проводимых мероприятий.

2. Научность и объективность. В соответствии с этим принципом, профилактическая работа должна основываться на научных рекомендациях, оперируя объективно выявленными факторами, снижающими безопасность движения.

3. Непрерывность, конкретность и предметность профилактики. В соответствии с этим принципом профилактическая работа – непрерывный процесс, реализуемый на конкретных объектах и направленных на достижение конкретной цели – предупреждение ДТП, снижения тяжести их последствий.

4. Полный охват объектов профилактики и качественная законченность мероприятий по предупреждению ДТП.

5. Своевременное повторение мероприятий с целью закрепления результатов профилактической работы.

6. Примерность, принципиальность и аккуратность каждого специалиста,

участвующего в разработке и осуществлении профилактических мероприятий по обеспечению безопасности движения.

7. Полная объективная информация о выполнении профилактических мероприятий.

Эффективность профилактической работы по обеспечению безопасности движения определяется рядом количественных и качественных показателей.

К количественным показателям относятся:

- наработка на один отказ, проявившийся в результате дорожного движения;
- наработка на один отказ, проявившийся при техническом обслуживании и ремонте;
- абсолютное число ДТП из-за неисправностей ТС за определенный период.

К качественным показателям относятся:

- состояние учета и анализа причин ДТП, недостатков в организации и обеспечении дорожного движения, связанного с неисправностями ТС;
- своевременность и эффективность мероприятий по предупреждению ДТП;

Для конкретных типов ТС, исходя из особенностей их конструкции и применения, для оценки эффективности профилактической работы, помимо перечисленных могут применяться и другие показатели.

Профилактические мероприятия по поддержанию высокого уровня безопасности движения должны разрабатываться непрерывно. Они проводятся в направлениях обеспечения безопасности и совершенствования ТС, обучения обслуживающего состава и предупреждения его ошибок при эксплуатации, обслуживании и ремонте ТС. Содержание профилактической работы, как непрерывного процесса, иллюстрируется схемой (рисунок 50).

Она включает выявление факторов, отрицательно влияющих на безопасность движения, анализ этой информации, собственно конкретных профилактических мероприятий, их реализацию и оценку эффективности. По результатам оценки эффективности мероприятий проводится их коррекция.

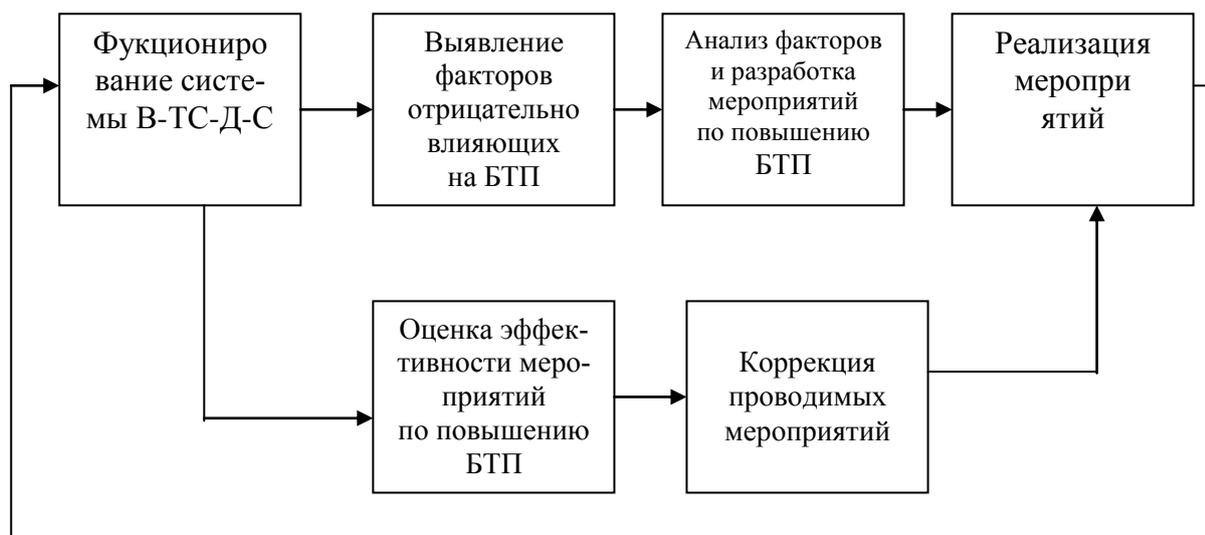


Рисунок 50 – Схема выполнения профилактической работы по обеспечению безопасности движения

4.2 Выявление факторов, снижающих безопасность транспортных процессов

Выявление и сбор информации о факторах, снижающих уровень безопасности транспортного процесса, является прямой обязанностью Федеральных, региональных и местных органов, организаций и служб, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения. Вся информация обеспечения безопасности движения, по своему содержанию, состоит из двух частей:

1. Информация по конкретному ДТП для принятия немедленных мер.
2. Информация по тем же ДТП, имевшим место за определенный период дорожного движения, эксплуатации ТС, для проведения анализа и разработки плановых профилактических мероприятий.

По источникам поступления информация делится на: внутреннюю, накапливаемую по фактам, имевшим место в данной части, и внешнюю, поступающую из вышестоящих организаций.

Внутренняя информация должна содержать все выявленные на автотранспортном предприятии случаи нарушения правил эксплуатации, ошибочных действий обслуживающего персонала, отказов ТС и средств обеспечения дорожного движения, случаи попадания ТС в неблагоприятные дорожные

условия независимо от степени их опасности и последствий. Источниками такой информации являются:

- замечания: водителей, инженеров отдела технического контроля (ОТК), мастеров автотранспортного предприятия (АТП), обслуживающего персонала (ОП),
- карточки учета отказов и неисправностей СТС;
- рабочие тетради начальников групп обслуживания; журнал подготовки СТС;
- журнал старшего мастера;
- журнал бригадира по выполнению ТО -1, ТО -2, ТР.

Информация в течение рабочего дня накапливается в журналах дежурных служб обеспечения дорожного движения. В зависимости от сложности неисправностей они регистрируются как недостатки в организации и проведении дорожного движения.

На каждое учетное ДТП работники ГИБДД заполняют специальные карточки учета. О ДТП с многочисленными жертвами руководитель предприятия немедленно докладывает в вышестоящие руководящие органы.

Внешняя информация поступает в АТП из вышестоящих руководящих органов. Она делится, на оперативную и периодическую.

Оперативная информация о ДТП содержит сведения об их обстоятельствах и причинах и рекомендациях профилактического характера.

Источниками периодической информации о ДТП являются информационные выпуски, перечни мероприятий по предупреждению ДТП, тематические сборники, разрабатываемые в соответствующих организациях Министерства транспорта, вышестоящих органах с установленной периодичностью, например, ежегодно.

Информация о факторах, снижающих безопасность движения в ряде случаев, когда причины появления этих факторов очевидны, позволяет непосредственно разработать конкретные мероприятия профилактического характера. Однако чаще всего для выявления этих причин требуется обработка и анализ информации. Анализ информации можно разделить на анализ конкретных недостатков и на анализ состояния безопасности движения за определенный период.

4.3 Анализ причин дорожно – транспортных происшествий и недостатков в работе по обеспечению безопасности транспортных процессов

Главная цель анализа причин конкретных ДТП и недостатков в обеспечении безопасности транспортных процессов – выявление их причин, установление определенных тенденций возникновения ДТП (недостатков) и разработка профилактических мероприятий, исключающих повторение аналогичных случаев.

В результате анализа должно быть с максимальной достоверностью установлено: что произошло (факты), как и в каких условиях (условия и обстоятельства), почему произошло (причины), по чьей вине это произошло (виновники). Условия и обстоятельства возникновения ДТП определяются совокупностью признаков, характеризующих «портрет» данного ДТП. К этим признакам относятся: сведения о внешних условиях, состояние системы контроля движения, этап (участок) дороги, характеристика режима движения, а также сведения о характеристиках самой опасной ситуации, которые могут исчисляться десятками наименований. Для объективного выявления признаков опасных ситуаций должна быть с максимальной эффективностью использована информация средств контроля движения.

ДТП – сложное событие, то есть чаще всего оно возникает не по простейшей схеме (причина – следствие), а является обобщающим событием в цепочке более элементарных событий, объединенных причинно – следственными связями. Прослеживая эти связи, можно выделить главные, непосредственные и способствующие причины каждого ДТП.

Главная – это та первоначальная причина, которая создает потенциальную возможность для возникновения дорожно – транспортного происшествия.

Непосредственные и способствующие – это те причины, которые создают реальные условия для превращения возможности в действительность. Непосредственной, является причина, вызвавшая ДТП. Обычно она является следствием главной причины и указывается в фактах и обстоятельствах ДТП. Для

разработки профилактических мероприятий по конкретным ДТП необходимо выявить все категории причин.

При разработке профилактических мероприятий, направленных на исключение ДТП, необходимо уделить равное внимание устранению как главных, так и способствующих причин ДТП. Нужно иметь в виду, что мероприятия, направленные на устранение непосредственных и способствующих причин, снижают вероятность и повторение аналогичных дорожно – транспортных происшествий, ни не устраняют потенциальную возможность их проявления, так как главная причина остается неустраненной.

Очередность и срочность реализации профилактических мероприятий по предупреждению ДТП находятся в прямой зависимости от их опасности. Чем тяжелее ДТП, тем быстрее и оперативнее должны быть реализованы мероприятия, направленные на исключение возможности его повторения. Опасность ДТП, как правило, оценивается качественно на основании опыта и интуиции лиц, проводящих его анализ и квалифицирующих событие, происшедшее в дорожном движении, собственно говоря, как ДТП. В этом смысле выделяют просто ДТП. При этом трудно избежать субъективности в оценке опасности ДТП.

Единственно объективной количественной характеристикой ДТП является условная вероятность $P(t)_{ВЫХ}$ выхода из конкретной опасной ситуации или уровень риска $Q(t)_{ОС}$. Ясно, что

$$P(t)_{ВЫХ} + Q(t)_{ОС} = 1$$

Следуя методике, разработанной В. Ф. Жмеренецким, Ю. А. Кибардиным, расчет $P(t)_{ВЫХ}$ может быть произведен методом экспертной оценки с привлечением квалифицированных экспертов. Для этого экспертам предъявляется ДТП в виде словесного описания с конкретными значениями ее признаков. Выход из опасной ситуации (его предотвращение) представляется последовательно тремя этапами: обнаружение и распознавание опасной ситуации, принятие решения, собственно предотвращение опасной ситуации. Внутри каждого этапа выделяются факторы определяющие трудность (вероятность) его благополучного выполнения.

В соответствии с формализованным описанием ДТП каждый из экспертов оценивает его опасность, пользуясь картой – таблицей вопросов (таблица 10).

Таблица 10 – Схема карты – таблицы вопросов

Попробуйте оценить – почему и насколько опасна ситуация							
I. Трудно определить причину?		II. Трудно принять решение?			III. Трудно предотвратить?		
1. Очень трудно		1. Очень трудно			1. Очень трудно		
2. Вообще – то трудно		2. Вообще – то трудно			2. Вообще – то трудно		
3. Легко		3. Легко			3. Легко		
Что именно мешает?		Что мешает?			Что именно трудно?		
I а	I б	II а	II б	II в	III а	III б	III в
Обнаружить начальные признаки	Распознать, что именно случилось	Дефицит времени	Эмоциональная нагрузка	Недостаток информации	Управлять АТС	Управлять системами	Недостаточность технических средств
1. Очень трудно	1. Очень трудно	1. Сильно ощущается	1. Сильно чувствуется	1. Недостаточно	1. Очень трудно	1. Трудно	1. Недостаточно
2. Вообще – то трудно	2. Вообще – то трудно	2. Немного ощущается	2. Немного чувствуется	2. Трудно сказать	2. Заметно трудно	2. Средне трудно	2. Трудно сказать
3. Легко	3. Вообще – то не трудно	3. Не ощущается	3. Не чувствуется	3. Достаточно	3. Легко	3. Легко	3. Достаточно

Эксперт выбирает наиболее подходящий ответ на каждый из поставленных в карте вопросов; этот ответ оценивается баллом, равным порядковому номеру вопроса (1, 2 или 3). Средняя оценка в баллах опасности ситуации по результатам ответов m экспертов, определяется по формуле

$$Z_{CP} = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n Z_{ij}}{mn} \quad (4.1)$$

где Z_j – оценка, выставленная j – м экспертом при ответе на i – й вопрос таблицы ($i = 1, n$).

Математическое ожидание условной вероятности выхода из опасной ситуации связано со средней оценкой Z_{CP} в первом приближении соотношением

$$P_{ВЫХ} = \ln Z_{CP} . \quad (4.2)$$

Зависимость (4.2) справедлива при $0,2 < P_{ВЫХ} < 0,99$. Она может быть использована в практике эксплуатирующих организаций при экспертной оценке

опасности ДТП. Качественные оценки опасности ДТП, представляемые опасными ситуациями (усложнение условий дорожного движения, опасная, аварийная и катастрофическая ситуации), весьма дискретны, границы между такими оценками не всегда могут быть строго выявлены, что, естественно, затрудняет разработку профилактических мероприятий. В этом отношении выше приведенная методика с соотношением (4.2) дает возможность более дифференцированно подойти к характеристике опасности ДТП и в соответствии с этим разработать более оптимальные, профилактические мероприятия.

Совокупность данных о ДТП подвергается начальной статистической обработке. ДТП классифицируются по причинности на следующие группы: по вине водителей, по вине пешеходов, из-за неисправностей ТС, из-за неудовлетворительных дорожных условий и по другим причинам. При анализе ДТП выявляется, на каком этапе дорожного движения, в какой день недели, в какое время суток, при каких метеорологических условиях происходит больше ДТП, случайно или закономерно их возникновение и возможно ли их проявление в будущем. При этом особое внимание уделяется анализу повторяемости ДТП по одним и тем же причинам, одними и теми же водителями, в одной и той же автотранспортной колонне. Повторяемость ДТП обычно свидетельствует о низкой эффективности профилактической работы по снижению числа ДТП, о наличии определенных закономерностей в их проявлении, что часто бывает следствием одних и тех же причин (способствующих или главных).

4.4 Анализ состояния безопасности транспортных процессов за определенный период эксплуатации сельскохозяйственных транспортных средств

Анализ состояния безопасности движения проводится по статистическим данным о ДТП, неисправностях ТС, ошибках обслуживающего персонала, происшедших за определенный период эксплуатации (месяц, квартал, полугодие, год).

Используя эти данные, методами математической статистики, возможно решать задачи составляющие существо количественного анализа состояния

безопасности транспортных процессов, а именно:

- оценивать реально достигнутый уровень безопасности транспортных процессов;
- определять степень опасности неблагоприятных факторов;
- производить их ранжировку по вкладу в общий уровень аварийности;
- оценивать эффективность различных профилактических мероприятий по повышению безопасности движения.

Оценивание достигнутого уровня безопасности движения может быть произведено с помощью ранее изученных показателей, таких как:

$Q(t)$ – уровень риска;

$T_{ДТП}$ – средний пробег на одно ДТП;

$P(t)_{БД}$ – вероятность отсутствия ДТП за рассматриваемый суммарный пробег t_{Σ} . По данным эксплуатации непосредственно могут быть вычислены статистические оценки этих показателей:

$$Q^*(t) = \frac{n_{ДТП}}{N} \text{ или } Q^*(t)_t = \frac{n_{ДТП}}{t_{\Sigma}}; \quad (4.3)$$

$$T^*_{ДТП} = \frac{t_{\Sigma}}{n_{ДТП}}, \quad P_{БД} = e^{-n_{ДТП}} \quad (4.4)$$

Эти оценки являются приближенными, так как число ДТП, положенное в основу их расчета, в общем-то, случайно, оно могло быть как меньше, так и больше зарегистрированного значения.

Точность расчета показателей безопасности движения можно оценить, определив доверительные интервалы, в которых с заданной степенью достоверности, характеризуемой доверительной вероятностью β , находятся истинные значения этих показателей. Из соотношений (4.3, 4.4) видно, что для этого необходимо определить доверительный интервал для величины $n_{ДТП}$. Последний может быть вычислен, если учесть, что распределение заданного числа ДТП как редких событий является пуассоновским

$$Q(t)_n = \frac{a^n}{n!} e^{-a} \quad (4.5)$$

где a – неизвестный параметр распределения. За его приближенное значение может быть принято $a^* = n_{ДТП}$.

Распределение оценки a^* , как показано в теории вероятностей, тесно связано χ^n – распределением. Это обстоятельство позволяет выразить доверительный интервал для a^* , а следовательно, и для $n_{ДТП}$ через значения χ^n . Математическая статистика дает для этого случая соотношение

$$\frac{1}{2} \chi_{\frac{1+\beta}{2}}^2(f_1) < n_{ДТП} < \frac{1}{2} \chi_{\frac{1-\beta}{2}}^2(f_2) \quad (4.6)$$

где $f_1 = 2n_{ДТП}$; $f_2 = 2(n_{ДТП} + 1)$ – числа степеней свободы, в функции которых, по таблицам, определяют величины χ^2 при заданной доверительной вероятности β .

Известно, что при $f > 30$ величину χ^2 можно полагать приближенно распределенной по нормальному закону. Это обстоятельство дает возможность находить χ^2 при $f \geq 30$ ($n_{ДТП} \geq 15$) через конечные соотношения. В частности, при $\beta = 0,95$ они имеют вид

$$\chi_{0,975}^2(f_1) = < \frac{1}{2} (\sqrt{2f_1} - 1,96)^2 \quad (4.7)$$

$$\chi_{0,025}^2(f_2) = < \frac{1}{2} (\sqrt{2f_2} - 1,96)^2 \quad (4.8)$$

При известных границах $n_{ДТП_1}$ и $n_{ДТП_2}$ используя соотношение (4.3, 4.4), можно определить доверительные границы для показателей безопасности движения

$$Q(t)_1 = \frac{n_{ДТП_1}}{N}, \quad Q(t)_2 = \frac{n_{ДТП_2}}{N} \quad (4.9)$$

$$Q(t)_t = \frac{n_{ДТП_1}}{t_{\Sigma}}; \quad Q(t)_t = \frac{n_{ДТП_2}}{t_{\Sigma}} \quad (4.10)$$

$$T_{ДТП_1} = \frac{t_{\Sigma}}{n_{ДТП_1}}, \quad T_{ДТП_2} = \frac{t_{\Sigma}}{n_{ДТП_2}}, \quad (4.11)$$

$$P_{БД_1} = e^{-n_{ДТП_1}} \quad P_{БД_2} = e^{-n_{ДТП_2}} \quad (4.12)$$

Такой же подход может быть применен при определении доверительных границ для вероятностей отсутствия ДТП или опасной ситуации в одном рейсе, для среднего времени пробега на одно ДТП или опасной ситуации и вероятностей отсутствия этих событий за рассматриваемый период. Предполагается, что потоки ДТП или опасных ситуаций являются пуассоновскими с распределением вероятностей возникновения определенного числа указанных событий, соответствующим (4.5).

Итак, для оценки достигнутого уровня безопасности движения требуются статистические данные по числу ДТП и суммарному пробегу (общему количеству выполненных рейсов). По одному статистическому показателю, например среднему пробегу на одно ДТП, дать точную количественную оценку достигнутого уровня безопасности движения не представляется возможным.

Достоверность получаемых оценок возрастает с увеличением объема статистики по ДТП. Поэтому надежные оценки показателей безопасности движения могут быть получены лишь за достаточно длительный период эксплуатации. Эти оценки являются интегральными, учитывающими совокупное влияние на безопасность движения всех факторов. Методика расчета показателей безопасности движения по отдельному i -му фактору (группе факторов) остается прежней, только в этом случае при расчете используется статистика $n_{ДТП}$ по данному фактору (группе факторов).

Важной задачей анализа состояния безопасности движения является сравнение фактического уровня безопасности движения с заданным (нормиро-

ванным). В математическом плане решение этой задачи, если справедливо предположение о пуассоновском законе распределения числа ДТП (4.5), сводится к статистическому сравнению оценочного значения параметра распределения a^* , заданным a_3 .

Предположим, что требуемый уровень безопасности движения для ТС за нормирован величиной среднего пробега на одно дорожно – транспортное происшествие $T_{ДТП_3}$. Из эксплуатации данных СТС известно, что за пробег t_Σ произошло n ДТП. Тогда оценочное значение параметра распределения $a^* = n$ и заданное (нормированное) $a = \frac{t_\Sigma}{T_{ДТП_3}}$.

При статистическом сравнении a^* и a_3 возможно принятие следующих гипотез (выводов):

1. Нулевой гипотезы $a = a_3$ – фактический уровень безопасности движения соответствует заданному ($T_{ДТП} = T_{ДТП_3}$);
2. Альтернативной гипотезы $a > a_3$ – фактический уровень безопасности движения меньше заданного ($T_{ДТП} < T_{ДТП_3}$);
3. Альтернативной гипотезы $a < a_3$ – фактический уровень безопасности движения больше заданного ($T_{ДТП} > T_{ДТП_3}$).

Нулевая гипотеза на уровне значимости α отвергается: в пользу альтернативной гипотезы $a > a_3$ при $a_3 < \frac{1}{2} \chi_{1-\alpha}^2(f_1)$, где при $f = 2n$, и в пользу альтернативной гипотезы $a < a_3$ при $a_3 > \frac{1}{2} \chi_{1-\alpha}^2(f_2)$, где $f_2 = 2(n+1)$. Выбор одной из двух альтернативных гипотез $a < a_3$, $a > a_3$ при сравнении фактического уровня безопасности с заданным определяется соотношением a^* и a_3 .

Оценка степени опасности неблагоприятных факторов. Вклад того или иного i -го фактора в общий уровень аварийности определяется не только частотой его появления в дорожном движении, но и степенью опасности его

последствий. Будем полагать, что дорожное движение заканчивается ДТП, если последствия неблагоприятного фактора не предотвращены водителем и его отсутствие, если последствия предотвращены. Поэтому степень опасности i -го фактора можно оценить относительной частотой ДТП s_i^* , вычисленной при

$$\text{условии появления данного фактора } s_i^* = \frac{n_{\text{ДТП}_i}}{n_{\text{ДТП}_i} + n_{\text{ОС}_i}}.$$

Частота s_i^* – величина случайная ввиду ограниченной статистики по $n_{\text{ДТП}_i}$ и $n_{\text{ОС}_i}$. Доверительные границы s_{i1} и s_{i2} при доверительной вероятности β определяются из решения уравнений

$$\sum_{m=n_{\text{ДТП}_i}}^{n_i} C_{n_i}^m s_{i1}^m (1-s_{i1})^{n_i-m} = \frac{1-\beta}{2} \quad (4.13)$$

$$\sum_{m=0}^{n_{\text{ДТП}_i}} C_{n_i}^m s_{i2}^m (1-s_{i2})^{n_i-m} = \frac{1-\beta}{2} \quad (4.14)$$

где $n = n_{\text{ДТП}_i} + n_{\text{ОС}_i}$

Решения уравнения (4.13, 4.14) в зависимости от s_i^* и n_i приводятся в виде таблиц или графиков (рисунок 51).

В практике эксплуатации возможны случаи, когда по i -му фактору были только:

– одна опасная ситуация (ОС) т.е. $n_i = n_{\text{ОС}_i}$; $s_i^* = 0$

– одно ДТП т.е. $n_i = n_{\text{ДТП}_i}$; $s_i^* = 1$

Расчет доверительных границ для s_i в этих случаях может быть произведен по конечным формулам:

– для первого частного случая $s_i = 0$; $s_{i2} = 1 - \sqrt[n_{\text{ОС}_i}]{1-\beta}$

– для второго частного случая $s_{i2} = 0$; $s_{i1} = 1 - \sqrt[n_{\text{ДТП}_i}]{1-\beta}$

Достаточно широкий интервал вероятности ДТП и ОС, разрушения конструкции кузова, определяется малым объемом фактических данных (5 случаев).

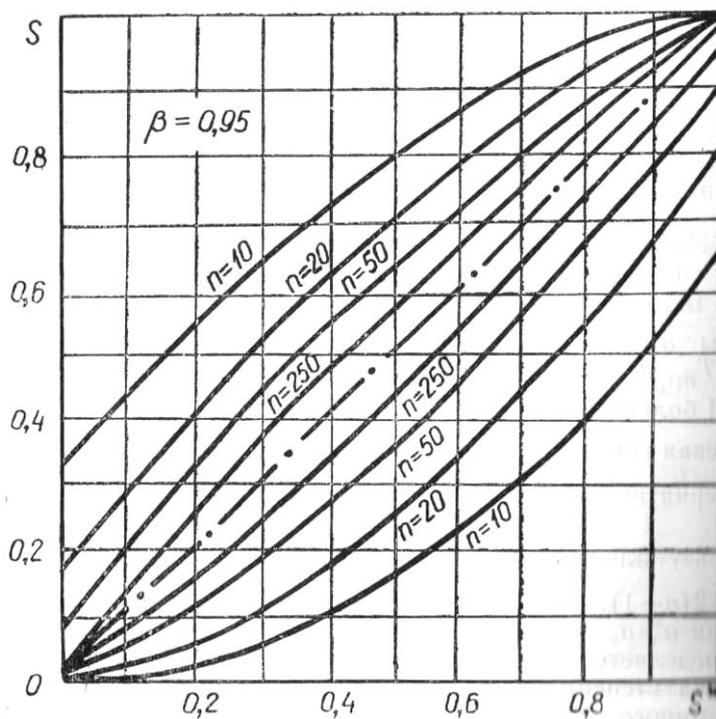


Рисунок 51 – График зависимостей

Выводы о возможности ДТП и ОС по определенным причинам, когда такие события непосредственно в эксплуатации не наблюдались, должны основываться не только на результате статистической обработки, но в первую очередь, на исследовании физики самих явлений: математические результаты не должны противоречить практическому опыту и здравому смыслу. Вообще говоря, такого противоречия в большинстве случаев не будет, опасные ситуации будут также квалифицироваться объективно как события, которому могут с вероятностью отличной, от нулевой, приводить к ДТП. Поэтому, чтобы результаты статистической обработки при оценивании достигнутого уровня безопасности движения были правомерными и объективными, в первую очередь необходимо, чтобы исходная для анализа статистика аварийности была тщательно выверенной и объективной.

Ранжировка неблагоприятных факторов. Важной задачей анализа статистики аварийности является определение фактором, оказывающих наиболее

отрицательное влияние на безопасность движения. По наиболее аварийным факторам разрабатываются и реализуются первоочередные профилактические мероприятия, направленные на повышение безопасности движения. Решение задачи выявления наиболее аварийных факторов в общем случае связано с ранжировкой факторов по определенным показателям безопасности движения. В некоторых случаях такая ранжировка очевидна из самой практики эксплуатации и не требует проведения каких-либо расчетов по специальной схеме, во всех других случаях для ранжировки целесообразно применение методов статистического сравнения. Допустим, что требуется произвести ранжировку n факторов по показателю уровня риска $Q(t)$, то есть расположить их в порядке убывания вклада каждого в аварийность. Казалось бы, что эта задача решается просто – расположением факторов в порядке убывания числа ДТП по каждому из них. Однако такая ранжировка будет содержать элемент случайности, так как положенные в ее основу числа ДТП по каждому из факторов являются случайными. Если по j -му и i -му факторам произошло n_j и n_i ДТП, причем $n_j > n_i$ то этот факт еще не обязательно означает, что j -й фактор более аварийен, чем i -й. Такое утверждение с определенной степенью достоверности будет верно, если n_j значительно превышает n_i . Для установления такого факта математическая статистика предлагает критерий статистического сравнения

$$U = \sqrt{2} \left(\sqrt{m_j - \frac{1}{2}} - \sqrt{n_i + \frac{1}{2}} \right) \quad (4.15)$$

Величина U приближенно распределена по нормальному закону с параметрами $m_U = 0$, $\sigma_U = 1$. Вычисленное по формуле (4.15) значение U сравнивается с критическим значением $U_{1-\alpha}$, имеющим смысл аргумента функции нормального распределения при вероятности $1 - \alpha$. Величина α , называемая уровнем значимости, имеет смысл вероятности отвергнуть проверяемую гипотезу $Q(t)_j = Q(t)_i$, в то время как она в действительности верна. Обычно принимают $\alpha = 0,001 \dots 0,1$. В частности, если $\alpha = 0,05$, то величина $U_{0,95} = 1,64$. При $U < U_{1-\alpha}$

принимается гипотеза $Q(t)_j = Q(t)_i$, при $U > U_{1-\alpha}$, а принимаемая альтернативная (конкурирующая) гипотеза $Q(t)_j > Q(t)_i$.

По результатам попарного сравнения всех n факторов заполняется специальная таблица (таблица 11).

Таблица 11 – Таблица попарного сравнения факторов

Фактор	1	2	...	i	...	j	...	n	Сумма баллов
1	–	–1	...	1	...	0	...	0	
2	1	–	...	–1	...	0	...	–1	
...	–	
i	–1	1	...	–	...	–1	...	0	
...	–	
j	0	0	...	1	...	–	...	1	
...	–	...	
n	0	1	...	0	...	–1	...	–	

В каждую ячейку $j i$ таблицы на основании приятной гипотезы заносятся:

$$\begin{aligned}
 & 0, \text{ если } Q(t)_i = Q(t)_j \\
 & -1, \text{ если } Q(t)_i > Q(t)_j \\
 & 1, \text{ если } Q(t)_i < Q(t)_j
 \end{aligned}
 \tag{4.16}$$

По правилу (4.16) заполняются ячейки, расположенные справа от главной диагонали. Принцип заполнения ячеек, расположенных слева от главной диагонали, ясен из самой таблицы 11 и правила (4.16).

Ранжировка факторов производится в соответствии с алгебраическими суммами баллов: наиболее аварийному фактору соответствует наименьшая сумма.

При ранжировке факторов по вероятности q появления их в дорожном движении $q^* = \frac{n_{ДПП} + n_{OC}}{N}$ величины n_j и n_i используемые в формуле (4.15) вычисляются соотношением

$$n_j = n_{ДПП_j} + n_{OC_j}$$

$$n_i = n_{ДПП_i} + n_{ОС_i}$$

Если требуется произвести ранжировку факторов по степени их опасности s^* $s^* = \frac{n_{ДПП}}{n_{ДПП} + n_{ОС}}$, то статистическое сравнение для j -го и i -го факторов степеней их опасности s_j и s_i может быть произведено на основе критерия точной вероятности Фишера. Для вычисления этого критерия данные статистики представляются матрицей 2×2 .

$$\begin{bmatrix} n_{ДПП_i} & n_{ОС_i} \\ n_{ДПП_j} & n_{ОС_j} \end{bmatrix} \quad (4.17)$$

Если хотя бы один из элементов матрицы равен нулю, то точная вероятность появления полученных при правильности гипотезы H_0 (различия между факторами по степени их опасности нет) подсчитывается по формуле

$$P_0(H)_0 = \frac{C_{n_{ДПП_i}}^{n_{ДПП_i}} + n_{ДПП_j} C_{n_{ОС_i}}^{n_{ОС_i}} + n_{ОС_j}}{C_{n_{ДПП_i} + n_{ОС_i}}^{n_{ДПП_i} + n_{ОС_i}} + n_{ДПП_j} C_{n_{ОС_j}}^{n_{ОС_j}} + n_{ДПП_j}} \quad (4.18)$$

Если ни один из элементов матрицы (4.17) не равен нулю, то составляется серия более экстремальных матриц 1, 2, ..., K , пока в K -й матрице один из ее элементов не станет равным нулю

$$\begin{bmatrix} n_{ДПП_i} - 1 \\ n_{ДПП_j} + 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_{ОС_i} + 1 \\ n_{ОС_j} - 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} n_{ДПП_i} - k \\ n_{ДПП_j} + k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_{ОС_i} + h \\ n_{ОС_j} - k \end{bmatrix}$$

Тогда точная вероятность $P(H_0)$ подсчитывается по формуле

$$P(H_0) = P_1 + P_2 + \dots + P_k$$

Для расчета P_1, \dots, P_k можно воспользоваться рекуррентной формулой:

$$P_k = P_{k-1} = \frac{[n_{ДТП_i} - (1-k)] [n_{ОС_j} - k(k-1)]}{(n_{ОС_i} + k)(n_{ДТП_j} + k)} \quad (4.19)$$

Гипотеза о равенстве $s_j = s_i$ принимается, если $P(H_0) > \alpha$ где α – выбранный уровень значимости, и отвергается, если $P(H_0) < \alpha$.

4.5 Разработка мероприятий по повышению безопасности транспортных процессов и оценка их эффективности

Все службы ответственные за обеспечение безопасности транспортных процессов разрабатывают и проводят единый комплекс мероприятий, направленных на повышение безопасности движения [5,94,107,109]. При этом главным является недопущение ДТП, снижение тяжести их последствий.

Основными направлениями в работе по обеспечению безопасности транспортных процессов являются:

- обеспечение безотказной работы СТС;
- обучение инженерно-технических работников, водителей, обслуживающего персонала по предупреждению их ошибок при эксплуатации СТС;
- совершенствование транспортных средств.

По обеспечению безотказной работы СТС проводятся следующие работы:

- поддержание надежности СТС путем высокого качества выполнения эксплуатации и всех видов обслуживания;
- проведение осмотров и проверок, направленных на предупреждение повторяемости отказов и неисправностей;
- реализация мероприятий, связанных с выполнением рекомендаций промышленности, отраженных в соответствующей технической документации;
- анализ влияния условий применения СТС на ее надежность и безопасность движения;

- учет и анализ отказов и неисправностей ТС, проведение работ по их предупреждению;
- своевременное и эффективное использование информации средств контроля для оценки состояния и работоспособности ТС;
- исследование состояния и работоспособности двигателей в диагностических центрах;
- контроль за временем работы двигателей на высоконагруженных режимах,
- проведение мероприятий по предупреждению пожаров на ТС, ее коррозии и негерметичности отдельных систем;
- прогнозирование отказов;
- совершенствование методов, средств и форм организации эксплуатации, хранения и ремонта ТС;
- уточнение объема и периодичности ТО-1, ТО-2, а также совершенствование технологии их выполнения
- контроль состояния средств диагностики, обслуживания и ремонта, хранения ГСМ и технического имущества и запасных частей;
- периодические исследования технического состояния ТС.

Одним из важных слагаемых поддержания высокой безопасности движения является предупреждение ошибок водителей, инженерно-технических работников и водителей при эксплуатации ТС. Это достигается, прежде всего, обучением работников автотранспортных предприятий правилам эксплуатации, обслуживания и ремонта ТС, в соответствии с уровнем ее сложности.

Основными общими мероприятиями в этом направлении являются:

- устранение недостатков в профессиональной подготовке специалистов и работников, совершенствование учебной и тренажной базы, организация и проведение технической учебы, в том числе по обеспечению безопасности движения, тренажи водительского состава;
- обучение ИТР, водителей эксплуатации и обслуживанию ТС;
- организация обучения и контроль изучения специалистами и работни-

ками руководящих документов по безопасности движения;

- изучение психофизиологических особенностей труда специалистами и работниками, причин допускаемых ими ошибок;

- планирование и осуществление контроля за качеством выполнения работ на СТС;

- учет и анализ ошибок водителей, ИТР, обслуживающего персонала, принятие мер по их предупреждению;

- внедрение передового опыта, совершенствование научной организации труда, поддержание высокого уровня производственной дисциплины;

- проведение технических конференций по обобщению опыта эксплуатации СТС, с анализом путей повышения ее эксплуатационной надежности и мер по предупреждению ДТП.

Планирование и реализация мероприятий проводятся в соответствии с действующими инструкциями, Постановлениями Правительства РФ, Приказов Министра транспорта, требований руководящих документов. Все профилактические мероприятия по срокам их выполнения можно разделить на: срочные и плановые.

Срочные мероприятия проводятся по результатам расследования причин ДТП, повлекшего тяжелые последствия, материалам оперативной информации. Эта работа включает изучение с производственным коллективом обстоятельств и причин ДТП, отдельных недостатков и мероприятий по их предупреждению, а также реализацию срочных мероприятий: разборы, занятия, тренажи, отстранение от выхода на линию, дополнительный контроль состояния отдельных узлов и агрегатов СТС и т. д.

Наряду со срочными мероприятиями проводят плановую работу по профилактике ДТП. Эти мероприятия включают в планы мероприятий (месячные и годовые) в виде отдельного раздела.

Плановые мероприятия по содержанию условно можно разделить на две группы:

1. Мероприятия целевого характера по предупреждению неисправностей ТС;
2. Мероприятия по повышению надежности водителя.

К мероприятиям первой группы можно отнести работы, направленные на обеспечение надежной работы двигателя, негерметичности систем, повышение качества эксплуатации отдельных систем.

К мероприятиям второй группы можно отнести работы, связанные с анализом надежности водителей, надежности ТС, анализом ошибок, и проступков допущенных ИТР, водителями, обслуживающим персоналом при ее эксплуатации, с изучением руководящих документов по безопасности движения.

Руководство службы безопасности движения АТП наряду с другими службами принимает участие в разработке ежемесячных анализов ДТП, оценке недостатков в организации и проведении дорожного движения, которые оказали отрицательное влияние на качество обеспечения движения. Анализ обеспечения безопасности движения в АТП является одним из основных разделов ежемесячного доклада руководителя при подведении итогов выполнения производственных планов автотранспортным предприятием. Анализ служит основой для определения руководителем профилактических мероприятий, которые включаются в планы обеспечения безопасности движения.

Оценка эффективности мероприятий требует целенаправленного сбора информации о их влиянии на показатели, характеризующие уровень безопасности движения.

В пределах автотранспортных предприятий, при малом объеме статистических данных, единственным критерием эффективности выполненных мероприятий является отсутствие в течение более или менее длительною времени случаев повторения ДТП, недостатков в организации и обеспечении безопасности движения, для которых были проведены указанные мероприятия.

Более достоверные оценки эффективности можно получить в результате анализа обработки массива статистических данных, накапливаемых в ГИБДД.

Качественный вывод об эффективности мероприятий можно сделать,

прослеживая динамику изменения показателей аварийности по времени. Например, из графика, изображенного на рисунке 52, где даны доверительные границы для показателя $Q(t)_i$, видно, что до проведения мероприятий по i -му фактору (группе факторов) уровень риска $Q(t)_i$ увеличивался, в период реализации мероприятий уровень риска стабилизировался, а после реализации мероприятий уменьшился, то есть мероприятия дали положительный эффект.



Рисунок 52 – Доверительные границы для уровня риска

Так как появление факторов, создающих угрозу безопасности движения, событие, в общем-то случайное, то суждение об эффективности мероприятий можно получить только вероятностном смысле. Например, если по показателю $Q(t)_i$ статистическая частота проведения мероприятий была $Q(t)_{i1}$, а после проведения мероприятий стала $Q(t)_{i2}$, то простым сравнением нельзя получить ответ: каков эффект мероприятий, так как сами частоты величины случайные.

Для сравнения двух частот, полученных при разных числах испытаний, математическая статистика рекомендует критерий вида

$$U = \frac{2 \arcsin \sqrt{Q_{i1}^* - \frac{1}{2N_1}} - 2 \arcsin \sqrt{Q_{i2}^* + \frac{1}{2N_2}}}{\sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \quad (4.20)$$

где $Q(t)_{i1} > Q(t)_{i2}$; N_1 и N_2 – суммарное число рейсов, выполненные до проведения мероприятий и после их реализации.

Величина U приближенно распределена по нормальному закону с параметрами $m_U = 0$, $\sigma_U = 1$. Для нее назначается критическая граница на определенном уровне значимости α $U_{KP} = U_{1-\alpha}$, где $U_{1-\alpha}$ – аргумент функции нормального распределения при вероятности $1 - \alpha$. Если $U > U_{KP}$, то, следовательно, величина U значительно отличается от нуля и можно принять гипотезу о положительном эффекте проведенных мероприятий ($Q(t)_{i1} < Q(t)_{i2}$), если ($U_{i2} = U_{i1}$)

На практике возможны такие нежелательные случаи, когда мероприятия дают отрицательный эффект. Использование критерия (4.20) позволяет выявить и этот случай. Если исходная статистика зафиксирована не по суммарному числу рейсов, а по суммарной наработке t_{Σ} , то вычисление U также производится по критерию (4.20), при этом вместо N_1 и N_2 , используются $t_{\Sigma 1}$ и $t_{\Sigma 2}$, а $Q^*(t)_{i1}$ и $Q^*(t)_{i2}$ вычисляются в расчете на 1 час дорожного движения – соответственно $Q(t)_{i1}$ и $Q(t)_{i2}$

4.5.1 Организационные мероприятия по предупреждению дорожно – транспортных происшествий

Основные мероприятия, направленные на предупреждение ДТП, объединим в следующие группы.

1. *Совершенствование системы подготовки, переподготовки водителей и инженерно – технических работников:*

– ежегодное обучение инженерно – технических работников, связанных с движением автотранспортных средств, вопросам безопасности движения по специальной программе со сдачей экзаменов (зачетов);

– ежегодное обучение водителей по основам безопасности движения;

– совершенствование профессионального мастерства водителей автотранспортных средств;

– выполнение установленных требований стажировки водителей автотранспортных средств.

2. *Улучшение медико-санитарного обслуживания водителей и контроля за состоянием их здоровья:*

- обязательные периодические медицинские переосвидетельствования водителей автотранспортных средств в установленные сроки;
- предрейсовые, послерейсовые и межрейсовые медицинские осмотры водителей;
- создание сети передвижных медицинских пунктов, для контроля за состоянием здоровья водителей на линии;
- создание стационарных здравпунктов, медико – санитарных частей и поликлиник в территориальных объединениях автомобильного транспорта.

3. Улучшение технического состояния автотранспортных средств, улучшение дорожных условий, совершенствование организации перевозок и контроля за работой водителей на линии контроль за соблюдением и качественным техническим сервисом и ремонтом автотранспортных средств;

- внедрение современных диагностических комплексов для определения технического состояния автотранспортных средств;
- создание действенной системы контроля за состоянием автомобильных дорог и своевременное принятие мер по обеспечению безопасных условий движения на маршрутах работы автотранспортных средств;
- разработка общероссийских требований по обеспечению безопасности автотранспортных перевозок;
- выполнение Положения о рабочем времени и времени отдыха водителей автомобилей;
- повышение безопасности движения автотранспортных средств, работающих на международных маршрутах;
- создание действенной системы контроля за работой водителей на линии, установкой технических средств контроля;
- повышение эффективности индивидуальной работы с водителями.

4. Совершенствование деятельности служб безопасности движения:

- разработка и реализация планов работ по предупреждению ДТП;
- организация учета и анализа ДТП, участие в их служебном расследовании;

– действенная система контроля за выполнением подведомственными организациями приказов и указаний по вопросам безопасности движения;

– ежегодные смотры – конкурсы передового опыта автотранспортных предприятий по обеспечению безопасности автомобильных перевозок с подведением итогов на региональных и общероссийских совещаниях – семинарах по безопасности движения;

– создание сети специализированных опорных пунктов по разработке и внедрению достижений научно – технического прогресса и передового опыта по безопасности движения;

– выпуск видеофильмов по вопросам безопасности движения;

– внедрение автоматизированных систем учета и анализа ДТП.

5. Совершенствование работы с кадрами:

– организация работы кабинетов по безопасности движения на автотранспортных предприятиях и их оборудование современным медикооборудованием;

– организация работы водителей – инструкторов по безопасности движения по совершенствованию профессионального мастерства и повышению дисциплины водителей на линии;

– награждение водителей значком «За работу без аварий»;

– внедрение материальных стимулов для водителей за безаварийную работу;

– регулярная аттестации по безопасности движения руководящих работников служб автотранспортных предприятий, других организаций автомобильного транспорта, а также работников служб безопасности движения.

Разработка мероприятий по предупреждению ДТП способствует решению задачи управления безопасностью движения на автомобильном транспорте.

Разработка мероприятий по предупреждению дорожно – транспортных происшествий способствует решению задач управления безопасностью движения. Представим схему мероприятий от высшей цели к конкретным мерам по ее достижению в виде «дерева целей» (рисунок 53).

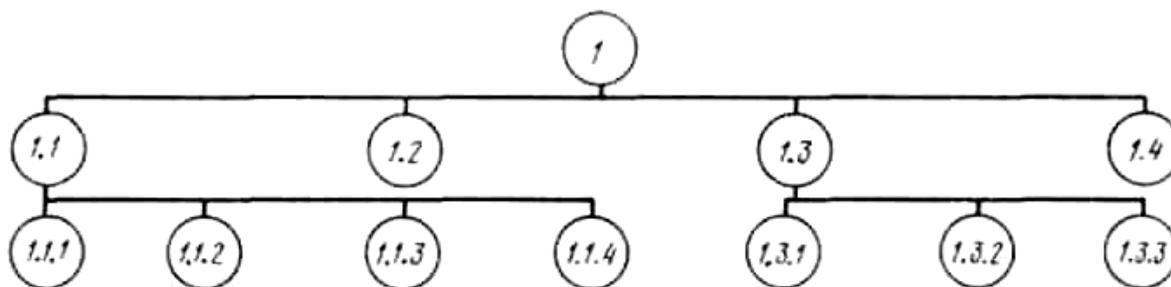


Рисунок 53 – «Дерево целей» по проблеме снижения аварийности

Эффективное управление деятельностью по обеспечению безопасностью дорожного движения является главной целью (1). Этой цели можно добиться путем достижения целей более низкого ранга – подцелей второго порядка:

- проведением на предприятии стандартного комплекса мероприятий по безопасности движения (1.1);
- подготовкой работников предприятия по вопросам безопасности движения и гарантией их заинтересованности в ее обеспечении (1.2);
- управлять сокращением транспортного травматизма (1.3);
- координацией работы организаций, связанных с дорожным движением, постановкой обоснованных требований к этим организациям по обеспечению ими безопасности движения и контролем за выполнением этих требований (1.4).

В свою очередь подцели 1.1 и 1.3 состоят из подцелей третьего порядка. Подцель 1.1 включает:

- разработку и внедрение нормативно-методических материалов по обеспечению безопасности дорожного движения (1.1.1);
- внедрение в должностные инструкции всех инженерно-технических работников предприятия обязанностей по обеспечению безопасности движения (1.1.2);
- координацию деятельности всех служб предприятия, их нацеленность на достижение конечных результатов (1.1.3);
- обеспечение выполнения всеми работниками обязанностей по безопасности движения (1.1.4).

Подцель 1.3 достигается путем:

- введения долгосрочного планирования мероприятий по сокращению транспортного травматизма и графиков реализации запланированных мероприятий (1.3.1);
- оценки и анализа эффективности запланированных мероприятий (1.3.2);
- использования современных достижений научно-технического прогресса в области обеспечения безопасности дорожного движения (1.3.3).

Конечной целью выполнения комплексной программы обеспечения безопасности перевозок людей и грузов является снижение случаев травмирования людей (рисунок 54).

Эта главная цель (1) достигается путем решения двух подцелей: сокращения случаев дорожно-транспортных происшествий (1.1) и снижения тяжести их последствий (1.2).

Подцель 1.1 включает в себя следующие задачи:

- постоянное улучшение качественного состава водителей (1.1.1);
- повышение надежности водительского состава (1.1.2);
- создание здорового социально-психологического климата в коллективе (1.1.3)

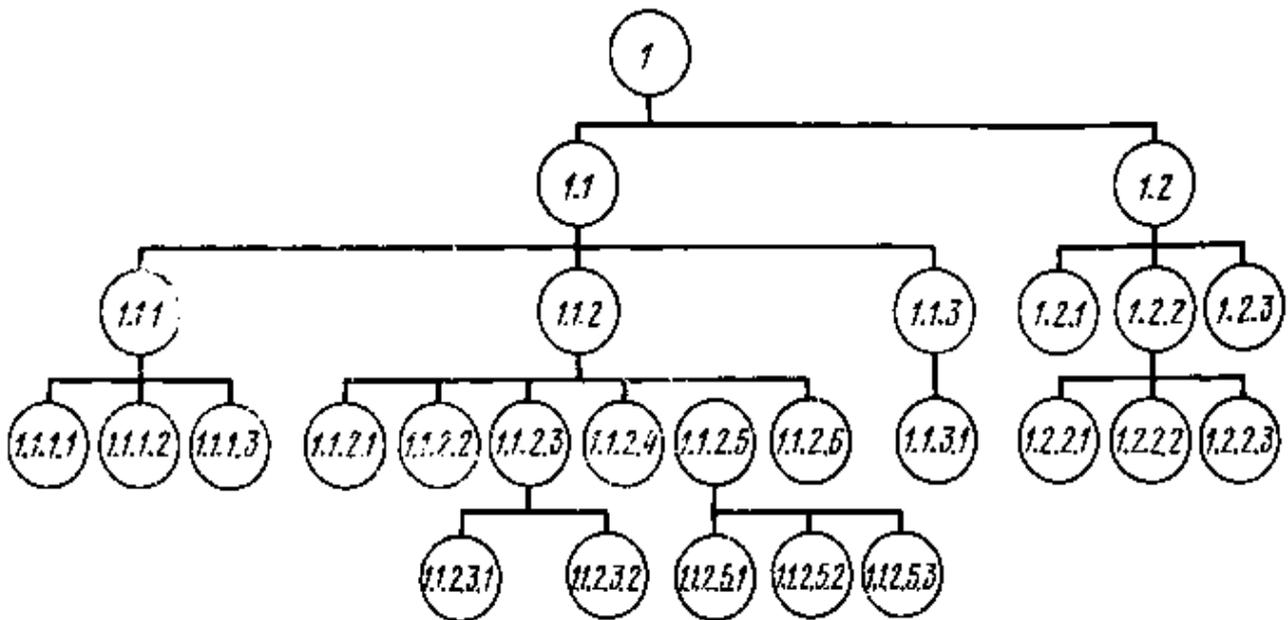


Рисунок 54 – «Дерево целей» по проблеме снижения аварийности

Подцель 1.2 включает:

- совершенствование пассивной безопасности конструкции транспортных средств (1.2.1);
- оперативное оказание помощи пострадавшим при дорожно-транспортном происшествии, другие действия водителей по обеспечению послеаварийной безопасности (1.2.2);
- исключение неорганизованных перевозок людей и грузов на транспортных средствах, не предназначенных для этих целей (1.2.3).

В свою очередь подцель 1.1.1 предполагает:

- сокращение текучести кадров водителей (1.1.1.1);
- выявление и отстранение от работы «опасных» водителей (1.1.1.2);
- создание действенных ограничений, препятствующих приему на работу «опасных» водителей (1.1.1.3).

Подцель 1.1.2. предполагает:

- обеспечение оптимального баланса между уверенностью и чувством опасности у водителей (1.1.2.1);
- поддержание (улучшение) состояния здоровья и работоспособности водителей (1.1.2.2.);
- воспитание чувства высокой профессиональной ответственности (дисциплинированности) у водителей (1.1.2.3);
- повышение профессионального мастерства водителей (1.1.2.4);
- обеспечение адаптации молодых, поступивших на предприятие водителей (1.1.2.5);
- выявление проблемных «водителей» и проведение с ними специальной работы (1.1.2.6).

Достижение подцели 1.2.2 можно обеспечить:

- эвакуацией пассажиров (и водителя) из салона (кабины) транспортного средства (1.2.2.1);
- вызовом скорой помощи (1.2.2.2);
- оказанием доврачебной медицинской помощи пострадавшим (1.2.2.3).

4.6 Технические решения проблемы обеспечения безопасности транспортных процессов в АПК

4.6.1 Активная безопасность сельскохозяйственных транспортных средств

Активная безопасность – это свойство транспортного средства снижать (или полностью предотвращать) вероятность возникновения ДТП. Оно проявляется в период, когда в опасной дорожной обстановке водитель еще может изменить характер движения ТС. Активная безопасность связана с компоновочными параметрами ТС (габаритами и массой), тягово-скоростными и тормозными свойствами, устойчивостью, управляемостью и информативностью.

2.6.1.2 Тягово-скоростные свойства

Тягово-скоростные свойства – это приспособленность ТС двигаться на маршруте с высокой средней скоростью. Чем оно динамичнее, тем быстрее перевозит пассажиров и грузы, разгоняется и тормозит, сокращает время на передвижение, выполнение обгона. Тягово-скоростные свойства зависят от мощности двигателя во всем диапазоне частот вращения коленчатого вала, от передаточного числа трансмиссии, от потерь энергии на трение между деталями. Они характеризуются несколькими показателями — максимальной скоростью движения, временем разгона до определенной скорости, а также временем прохождения заданного участка (например, 1 км с места) и т.д.

При движении ТС непрерывно меняются дорожные условия — тип и состояние покрытия, уклоны, сила и направление ветра. Постоянно меняется скорость' и тяговая сила. Вместе с тем высокие тягово-скоростные свойства современного ТС можно использовать только в пределах выполнения требований Правил и при хорошей профессиональной подготовке водителя.

Движение ТС происходит в результате действия на него движущих сил и сил, оказывающих сопротивление движению (рисунок 55).

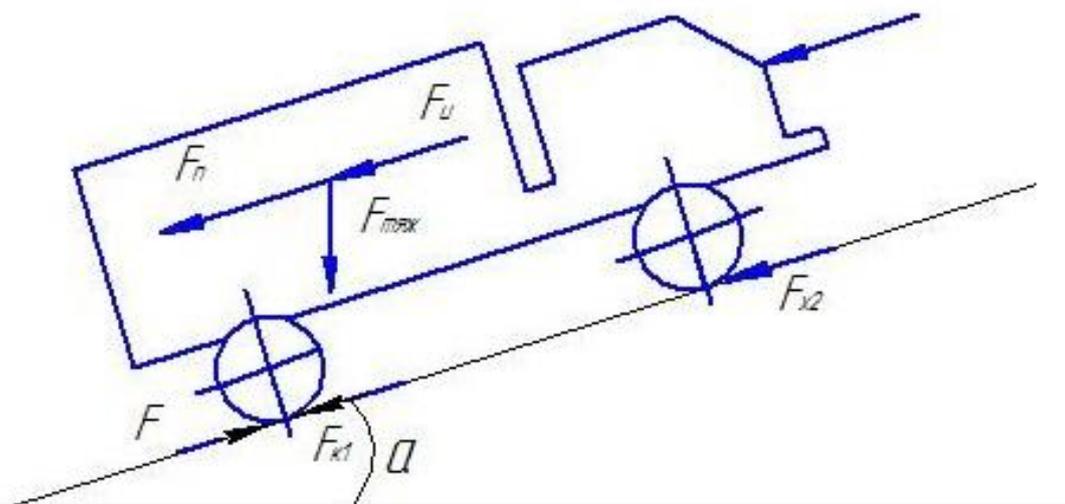


Рисунок 55 – Силы, действующие на движущее транспортное средство

Основной движущей силой является тяговая сила F , приложенная к ведущим колесам. Она возникает в результате работы двигателя и взаимодействия ведущих колес с дорогой. При передаче энергии от двигателя к ведущим колесам часть ее затрачивается на преодоление трения между зубьями шестерен коробки передач и ведущего моста, в подшипниках и сальниках, а также на разбрызгивание масла в картерах. Поэтому мощность, подводимая к ведущим колесам, меньше мощности двигателя. Чем тщательнее отрегулированы агрегаты трансмиссии и ходовой части, тем меньше потери мощности.

К силам, препятствующим движению ТС, относятся: сила сопротивления качению F_K , сила сопротивления подъему F_{Π} , сила сопротивления воздуха F_B , сила инерции $F_{И}$.

Связь между силами сопротивления движению автомобиля и тяговой силой следующая:

$$F = F_K \pm F_{\Pi} + F_B \pm F_{И} \quad (4.21)$$

Эта формула позволяет установить, как тяговая сила распределяется по различным видам сопротивлений.

Сила сопротивления качению F_K равна сумме сил сопротивления качению всех колес. Для негоризонтальной дороги она выражается в виде

$$F_R = fmg \cos \alpha \quad (4.22)$$

где f — коэффициент сопротивления качению;

m — масса СТС, кг;

g — ускорение свободного падения, м/с²;

α — угол наклона местности, градусы.

Коэффициент f зависит от конструкции шины и давления в ней, скорости движения, но главное влияние на него оказывают качество и состояние дорожного покрытия. (таблица 10). Сила сопротивления подъему

$$F_{II} = mg \sin \alpha \quad (4.23)$$

Таблица 12 – Значения коэффициента сопротивления качению

Покрытие дороги	f
Асфальтобетонное	0,014 – 0,020
Щебеночное	0,055 – 0,060
Песчаное	0,1 – 0,3
Грунтовая дорога	0,055 – 0,15
Гололедица	0,030 – 0,1

При движении СТС на спуске эта сила является движущей, и в формуле (4.21) ее нужно учитывать со знаком «минус».

Сила сопротивления воздуха F_B зависит главным образом от скорости движения СТС, его обтекаемости, площади поперечного сечения, плотности воздуха. Она определяется по формуле

$$F_B = CA\rho V^2/2, \quad (4.24)$$

где C — безразмерный коэффициент сопротивления, определяемый экспериментально;

ρ — плотность воздуха, кг/м³;

V — скорость движения СТС, м/с;

A — наибольшее поперечное сечение СТС, м².

При перевозке груза, габариты которого изменяют форму и лобовую площадь ТС, при буксировке прицепов — сопротивление воздуха увеличивается. Вместе с тем ее значение на скоростях движения до 80 км/ч не превышает 4-6% общего сопротивления движению СТС, и ее часто в расчет не принимают. Для снижения ее влияния на движение СТС кузову придают плавные очертания, способствующие хорошей обтекаемости.

Сила инерции $F_{И}$ возникает при всяком изменении скорости движения ТС. Она тем больше, чем больше его масса и ускорение

$$F_{И} = mj, \quad (4.25)$$

где j — ускорение (замедление) СТС, м/с².

ТС большую часть времени движется неравномерно, особенно в городах, где водитель почти непрерывно его разгоняет или замедляет. Вместе с изменением скорости меняется и сила инерции. На «преодоление» расходуется часть тяговой силы. При движении СТС накатом или при торможении, сила инерции действует по направлению его движения, суммируясь с тяговой силой, и наоборот.

Если сумма всех сил сопротивления превысит тяговую силу, то движение СТС замедляется, и оно может остановиться. Для увеличения тяговой силы водитель увеличивает подачу топлива в цилиндры двигателя или включает понижающую передачу. Наибольшее значение тяговой силы ограничено сцеплением шин ведущих колес с дорогой. Сила сцепления определяется по формуле:

$$F_{сц} = \varphi mg \cos\alpha, \quad (4.26)$$

где φ — коэффициент сцепления колес с поверхностью дороги (таблица 13).

Если к ведущим колесам приложена тяговая сила, большая чем сила сцепления, то ведущие колеса пробуксовывают. СТС со всеми ведущими колесами могут реализовать относительно большую по значению тяговую силу, поэтому их называют транспортными средствами повышенной проходимости.

Таблица 13 – Значения коэффициентов сцепления

Покрытие дороги	φ	
	сухая поверхность	мокрая поверхность
Асфальтобетонное	0,7-0,8	0,4-0,6
Щебеночное	0,6-0,7	0,3-0,5
Песчаное	0,5-0,6	0,4-0,5
Грунтовая дорога	0,5-0,6	0,2-0,4
Гололедица	0,05-0,3	—

Разгон и торможение СТС с максимальным ускорением довольно редки, так как при этом возникают большие инерционные силы. Они неблагоприятно действуют на водителя, пассажиров и способны сместить груз. Обычно ускорения не превышают 50 – 80% от максимального значения и составляют при разгоне 0,5 – 1,5 м/с². Предельного значения (6 – 8 м/с²) они достигают лишь в редких случаях, например при выходе из опасных ситуаций.

4.6.1.1 Тормозные свойства

Тормозная система автотранспортных средств изучалась с момента первых разработок автомобилей как транспортных средств и применения их для перевозки грузов и пассажиров. Этому вопросу посвящено значительное число работ российских и зарубежных ученых.

Теоретическому и экспериментальному исследованию вопросов, связанных с повышением активной безопасности при торможении, посвящены работы Д.П. Великанова, С.В. Вахменцева, А.Б. Гредескула, Б.Б. Генбома, Л.В. Гуревича, Г.И. Клинковштейна, А.Ф. Мащенко, Р.А. Меламуда, Пауль (M.Pauly), В.Г. Розанова, А. Слибар (A.Slibar), Д.А. Соцкова, Б.Ф. Юдакова и других российских и зарубежных ученых.

Тормозные качества являются одними из главных показателей безопасности движения автомобиля, которые в современных условиях всевозрастающих скоростей и интенсивности движения на дорогах приобретают первостепенное

значение. Эффективность действия тормозов существенно влияет и на главный эксплуатационный показатель – производительность автомобиля.

Это объясняется тем, что производительность автомобиля прямопропорциональна технической скорости автомобиля, а высокие показатели последней могут быть получены только при надежных и высокоэффективных тормозах, обеспечивающих уверенную работу водителя. Поэтому при создании новых моделей автомобилей, как в Российской Федерации, так и за рубежом, научные работники, конструкторы и испытатели автомобилей большое внимание уделяют улучшению конструкции тормозных механизмов. Для этого применяется регулятор тормозных сил, антиблокировочная система ABS с электронным распределением тормозных сил EBV, чтобы избежать блокирования колес. Это не только сокращает тормозной путь на однородном дорожном покрытии, но и дает возможность сохранить управляемость. Brake Assist System (BAS) в ситуациях экстренного торможения примерно на 40% снижает необходимое для активации ABS тормозное усилие. BAS помогает водителю в критической ситуации реализовать максимальное усилие на педали тормоза в первые же мгновения экстренной остановки. Electronic Stability Programm (ESP) расшифровывается как электронная система контроля устойчивости автомобиля. Благодаря всевозможным датчикам ESP в критический момент притормаживает одно или несколько колес, препятствуя развитию заноса задней оси или сносу передней оси, Sensotronic Brake Control (SBC) система управления тормозами является следующим шагом прогресса вслед за ABS, ESP и Brake Assist и другими.

Однако совершенствование тормозов, повышение их расчетной мощности хотя и имеет большое значение, но не решает полностью проблему снижения аварийности и транспортного травматизма. Необходимо, чтобы в условиях эксплуатации обеспечивался высокий уровень технического состояния тормозов, максимально использовались тормозные качества, обеспечиваемые конструкцией автомобиля.

Между тем при эксплуатации автомобилей еще не уделяется должного

внимания техническому состоянию тормозов, а средние показатели эффективности действия тормозов автомобилей, находящихся в эксплуатации, далеки от реально возможных.

В подавляющем количестве дорожных происшествий (до 50%), возникших в результате технических неисправностей автомобилей, основной причиной является выход из строя тормозной системы.

В остальных случаях (как показывает анализ материалов дорожных происшествий) некоторые из происшествий можно было бы предотвратить, если бы действие тормозной системы было более эффективно. Недостаточный уровень тормозных качеств автомобилей и использование автомобилей с неисправными тормозами в значительной мере объясняются неудовлетворительным контролем технического состояния тормозов автомобилей как на автотранспортных предприятиях, так и в государственной инспекции по безопасности дорожного движения (ГИБДД). Недостаточность контроля вызвана тем, что в течение длительного времени не было необходимых контрольных приборов, технически обоснованных нормативов и методики проверки эффективности действия тормозов.

Официальным требованием к эффективности действия тормозов автомобилей в эксплуатационных условиях является ГОСТ Р 51709-2001. Отсутствие объективного контроля тормозов не давало возможности накопить фактический материал, характеризующий влияние эксплуатационных условий на торможение автомобиля, и способствовало как существованию нереальных нормативов, так и недостаточному вниманию к техническому состоянию тормозов со стороны работников автомобильного транспорта.

Таким образом, в числе важнейших задач, решение которых необходимо для успешной борьбы за безопасность движения, одним из важных является обеспечение высоких тормозных качеств автотранспортных средств. Для решения этой задачи необходима разработка новых конструкций тормозов, отвечающих современным требованиям безопасности, и исследовательская работа,

обобщающая и анализирующая материалы о тормозных качествах различных типов автомобилей в характерных условиях эксплуатации.

Лишь на основе таких данных могут быть разработаны требования по улучшению конструкции тормозных механизмов, усовершенствованы нормативы и методы проверки тормозов, а также решены некоторые другие вопросы обеспечения безопасности движения.

4.6.1.2 Исследование тормозных качеств транспортных средств

Высокая эффективность тормозов, понимается как возможность останавливать СТС на кратчайшем пути без заноса, что для безопасности движения имеет важное значение.

При торможении кинетическая энергия вращающихся и поступательно движущихся масс СТС преобразовывается тормозным устройством в работу торможения, переходящую в тепловую энергию.

Решение упрощенной математической модели процесса торможения дает конкретные выводы для анализа и определения некоторых тормозных факторов и их влияния на безопасность движения. Процесс торможения на горизонтальной дороге можно представить следующей математической моделью:

$$E = A_T$$

где E – кинетическая энергия автомобиля;

A_T – работа торможения.

Заменив E и A_T их эквивалентами, получим или после преобразования

$$\frac{G_a V^2}{2g} = G_a \varphi S_T$$

или после преобразования

$$S_T = \frac{V^2}{2g\varphi} \quad (4.27)$$

$$S_T = \frac{V^2}{254\varphi} \quad (4.28)$$

где S_T – тормозной путь автомобиля, м;

V – скорость движения автомобиля в момент торможения, м/с (4.27), км/ч (4.28);

φ – коэффициент сцепления;

G_a – масса транспортного средства;

g – 9,8 м/с².

Полученная зависимость тормозного пути не точно выражает процесс торможения, хотя и имеет допустимую погрешность для практики. Кроме того, она не учитывает массы автомобиля, а максимально возможная тормозная сила ограничивается сцеплением шин с дорожным покрытием, то есть.

$$P_{Tmax} = G_a \varphi,$$

где P_{Tmax} – тормозная сила, равная силе сцепления колес с дорогой — $P_{сц}$.

При торможении ТС, движущегося со скоростью V , уравнение действующих на него сил имеет вид

$$P_{И} = P_T + P_W + P_{\eta} + P_f + P_i,$$

где $P_{И}$ – сила инерции масс ТС;

P_T – суммарная тормозная сила, создаваемая тормозными системами, приведенная к радиусу r качения колеса;

P_f – сила сопротивления качению;

P_W – аэродинамическое сопротивление;

P_{η} – сила сопротивления трения в элементах автомобиля;

P_i – составляющая на уклоне дороги: при движении на спуске берется со знаком «минус», при движении на подъеме — «плюс».

Силы P_W , P_{η} , P_f обычно не превышают 8...10% общего сопротивления движению и суммарное действие их частично компенсируется влиянием спо-

собствующей движению силы инерции вращающихся масс, которая при замедлении $4...6 \text{ м/с}^2$ составляет $6...8\%$ общего сопротивления движению. Основной силой, вызывающей замедление автомобиля, служит тормозная сила P_T , составляющая от 96 до 98% общего сопротивления движению.

При определении возникающих замедлений и пути торможения пользуются упрощенным уравнением тормозного баланса

$$P_{И} = P_T \pm P_i$$

а на горизонтальной дороге

$$P_{И} = P_T$$

Тормозная сила может быть определена на тормозных стендах, например роликовых, имеющих наибольшее применение в практике, или по формуле

$$P_T = M_T / r$$

где M_T – суммарный тормозной момент;

r – радиус колеса.

Тормозной путь S_N определяют по формуле

$$S_T = \frac{V^2}{26j} \quad (4.29)$$

где j — замедление автомобиля при торможении, м/с^2 , определяемое деселерометром.

Она получена из формулы (4.27), в которой произведение $g\phi$ заменено на j , так как

$$j = g\phi \quad , \quad (4.30)$$

а коэффициент 26 (произведение $2 \times 3,6^2$) определяет тормозной путь, если скорость движения автомобиля берется в км/ч .

Для практических целей в условиях эксплуатации, а также в случаях автотехнической экспертизы формул (4.27) и (4.28), как не учитывающие влияние на эффективность торможения массы ТС и снижения эффективности тормозов из-за износа деталей тормозов и шин, корректируют коэффициентом эффективности торможения $K_{\text{Э}}$.

Примерные значения $K_{\text{Э}}$ при $\varphi = 0,7$ даны в таблице 14.

Таблица 14 – Значение коэффициента эффективности торможения

Автомобили	Без нагрузки	С нагрузкой
Легковые	1,1...1,15	1,15 1,2
Грузовые с максимальной массой до 10 т и автобусы длиной до 7,5 м	1,1...1,3	1,5... 1,6
Грузовые с максимальной массой свыше 10 т и автобусы длиной более 7,5 м	1,4...1,6	1,6..1,8

С учетом $K_{\text{Э}}$ формулы 4.28, 4.29, 4.30 будут иметь вид:

$$S_T = \frac{K_{\text{Э}} V^2}{254 j} ;$$

$$S_T = \frac{K_{\text{Э}} V^2}{26 j} ;$$

$$j = g\varphi / K_{\text{Э}} .$$

При $\varphi \leq 0,4$ у любого автомобиля тормозные силы достаточны для скольжения всех колес, поэтому $K_{\text{Э}}$ принимают, равным единице.

Введение коэффициента $K_{\text{Э}}$ связано с учетом влияния на тормозной путь массы ТС и других эксплуатационных и конструктивных факторов. При торможении автомобиля трудно достичь одновременной блокировки всех колес, а чаще всего отдельные колеса вообще не блокируются. Следовательно, колесом, не получающим требуемого тормозного усилия (неюзащим), не полностью используется тормозная сила. Это приводит к увеличению тормозного пути.

Такая неэффективная работа тормозной системы современных автомобилей – явление почти неизбежное из-за ряда причин: конструктивного и технологического несовершенства, изменения технического состояния элементов тормозной системы, в том числе и шин в результате их износа, загрязнения и др. Устранение отмеченных недостатков является своего рода резервом в повышении эффективности тормозных систем в будущем.

Дорожные контрольные испытания по определению фактического тормозного пути и замедления проводят в соответствии с ГОСТ Р 51709 - 2001

Тормозная сила зависит от массы (G_a) АТС и коэффициента сцепления (φ). Значение коэффициента сцепления для безопасности движения велико, так как от его величины зависят такие важные факторы, как эффективность торможения, устойчивость, управляемость, динамичность. Различают два вида коэффициента сцепления.

Коэффициент продольного сцепления φ_x реализует на площади контакта шины с дорогой тяговое или тормозное усилие, действующее в продольной плоскости колеса

$$\varphi_x = \frac{P_{K \max}}{G}$$

где $P_{K \max}$ – максимальная продольная сила заблокированного колеса, развиваемая в площади контакта шины с дорогой (фиксируемая динамометром при буксировке динамометрической тележки ПКРС-2)*;

G – вертикальная нагрузка на колесо (масса ПКРС – 2).

Коэффициент поперечного сцепления φ_y обеспечивает реакцию боковой нагрузки на колесо, т. е. противодействие возмущающим силам: центробежной, ветра и другим, стремящимся вызвать боковое скольжение СТС.

Оба коэффициента φ_x и φ_y связаны между собой зависимостью

$$\varphi^2 = \varphi_x^2 + \varphi_y^2 \quad \text{или} \quad \varphi = \sqrt{\varphi_x^2 + \varphi_y^2} \quad (4.31)$$

где φ — результирующий коэффициент сцепления колеса с дорогой, причем $\varphi = \varphi_x$ если $\varphi_y = 0$.

Если колесо не нагружено боковыми возмущающими силами (центробежной, составляющей G при поперечном уклоне дороги, силой ветра), то $\varphi = \varphi_y$ ($\varphi_x = 0$). В этом случае оно передает только тормозную (колесо заблокировано) или тяговую силу.

От величины коэффициентов φ , φ_x , φ_y , зависит значение реакций в площади контакта шины с дорогой (R — равнодействующей, R_x — продольной и R_y — поперечной) и соответственно этим реакциям равнодействующей силы X , тормозной или тяговой X_T и боковой Y , поэтому аналогично зависимости (4.25) можно записать значение равнодействующей реакции

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

или равнодействующей силы

$$X = \sqrt{X_T^2 + Y^2}$$

Соотношение максимальных значений коэффициентов продольного и поперечного сцеплений тормозной X_T и поперечной Y сил и их реакций показано на рисунке 56.

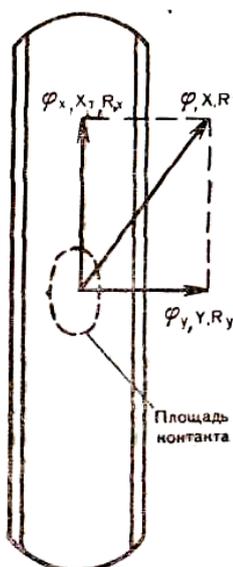


Рисунок 56 – Соотношение максимальных значений коэффициентов продольного R_x и поперечного R_y , сцеплений тормозной и поперечной сил и их реакций

Коэффициент сцепления характеризует величину силы сцепления колеса с дорогой как часть вертикальной нагрузки на него.

Это единая сила, которую можно использовать как для создания тяговой или тормозной силы, действующей как на площади контакта колеса с дорогой, так и для противодействия боковым возмущающим силам при их появлении. Деление φ на φ_x и φ_y – условное понятие, не обозначающее существование соответственно и двух сил сцепления.

Такое деление свидетельствует, что если сила сцепления в площади контакта колеса с дорогой недостаточна, например из-за скользкой дороги, то ее может не хватить для одновременного создания тяговой или тормозной силы и одновременного противодействия боковой силе. В таком случае торможение и движение может привести к заносу. Поэтому при заносе надо действовать по правилу: брось газ или тормоз, т. е. не расходуй силу имеющегося сцепления, незначительную по величине, на создание тяги или торможения, если ее одновременно не хватает и на обеспечение боковой устойчивости автомобиля.

Коэффициент сцепления – одна из основных величин, характеризующих эксплуатационные качества дорожных покрытий. Так, например, при $\varphi \leq 0,4$ и менее дорожные условия опасны для движения транспорта. По его величине определяют безопасную скорость движения автомобиля. Нормированные значения φ даются в СНиП.

Коэффициент сцепления значительно меняется с изменением типа дорожного покрытия и его состояния, но это не единственные причины его изменения. На снижение коэффициента оказывает влияние скорость движения, степень скольжения колеса, тип рисунка и свойства резины протектора, а также многое другое. Увеличение скорости движения автомобиля значительно уменьшает коэффициент сцепления. Это объясняется уменьшением времени контакта колеса с дорогой, что снижает эффект взаимодействия резины с покрытием. Одновременно с увеличением частоты вращения колеса увеличивается частота отрыва его от дороги из-за ее неровностей и, следовательно, пребы-

вание колеса вне контакта с дорогой. Снижение коэффициента сцепления с увеличением скорости движения от 20 до 80 км/ч составляет в среднем 11...21% на сухой дороге и 40...50% на мокрой. Конечно, анализ изменения φ от некоторых факторов не охватывает всех тонкостей этого сложного процесса – трения в плоскости контакта шины с дорогой. Известны примеры и некоторого увеличения φ при росте V или нагрузки на колесо.

Зависимость коэффициента сцепления от степени проскальзывания колеса показана на рисунке 57.

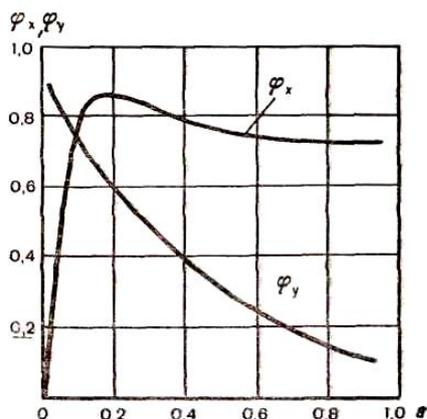


Рисунок 57 – Зависимость коэффициентов продольного φ_x и поперечного φ_y сцеплений от коэффициента скольжения колеса ε

Коэффициент скольжения колеса определяется по формуле

$$\varepsilon = \frac{V_A - \omega_R r}{V_A}$$

где V_A — линейная скорость центра колеса, то есть автомобиля;

ω_K — угловая скорость колеса;

r — радиус колеса.

При $V_A = \omega_K r$ имеет место чистое качение колеса, в этом случае $\varepsilon = 0$. При $\varepsilon = 1$ будет юз колеса.

Как видно из кривой φ_x , его максимальное значение соответствует проскальзыванию колеса в пределах 15...20%. При анализе характера изме-

нения коэффициента сцепления (рисунок 2.2), от величины которого зависит тормозная сила и ее реакция, и следовательно, и эффективность торможения, видно, что его максимальное значение бывает при 15...20% проскальзывания шины ($\epsilon = 0,15...0,20$). Поэтому наиболее эффективная работа тормоза, то есть. наименьший тормозной путь будет получен только в случае работы тормозной системы в режиме, обеспечивающем такое проскальзывание тормозящихся колес. Таким образом, торможение с юзом ($\epsilon = 1$) проходит при меньшем значении, а, следовательно, приведет к некоторому (10...12%) возрастанию тормозного пути S_T .

Обеспечить работу тормозной системы в режиме постоянного значения проскальзывания шин 15...20% можно только с помощью антиблокировочной системы (АБС), дающей следящий эффект за изменением $\phi_{\text{х}}$ соответственно этому управляющей тормозной силой, подводимой к тормозным колодкам. В практике эксплуатации автотранспортных средств используют другие средства безопасного торможения, то есть торможение без юза.

Эффективность торможения без юза в общем виде объясняется работой тормозящихся колес в режиме максимального значения ϕ (рисунок 9) или работой тормозящегося колеса в режиме, обеспечивающем использование в площади контакта колеса с дорогой трения покоя, а не трения скольжения, которое будет при юзе то есть при $\epsilon = 1$ (рисунок 58).

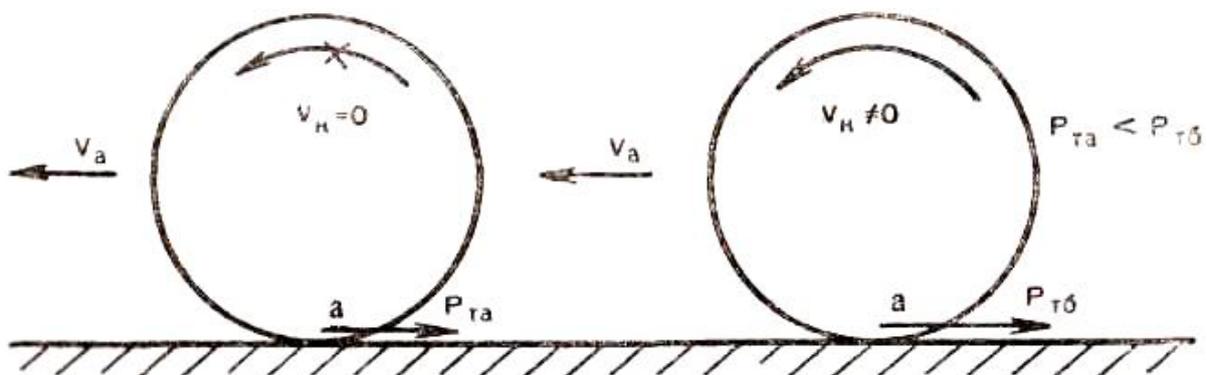


Рисунок 58 – Торможение колеса с юзом (а) и без юза (б)

Особенности торможения с юзом и без юза следующие:

	Торможение	
	с юзом	без юза
Поступательная скорость автомобиля	V_A	V_A
Окружная скорость колеса	$V_K = 0$	$V_K \neq 0$
Состояние тормозящего колеса	Юз	Юза нет
Вид трения в площади контакта колеса	Скольжение покоя	
Соотношение коэффициентов трения	$\varphi_A < \varphi_B$	
тормозных сил	$P_{TA} < P_{TB}$	
Соотношение тормозного пути	$S_{TA} > S_{TB}$	
Сопутствующие факторы при торможении: потери кинетической энергии СТС на преодоление трения в подшипниках трансмиссии, взбалтывание масла и др.	нет	есть
Влияние сопутствующих факторов на тормозной путь	нет	уменьшает
Уменьшение коэффициента трения в площади «а» из-за нагрева резины протек тора	есть	нет
Влияние указанного явления на тормозной путь	увеличивает	нет
Потери кинетической энергии На нагрев тормозных колодок, барабанов и других	нет	есть
Влияние фактора предыдущей позиции На тормозной путь	нет	уменьшает

В рассматриваемой схеме в качестве методического приема, позволяющего яснее и проще представить существование трения покоя в площади контакта шины с дорогой можно привести пример работы гусеницы трактора (рисунок 59).

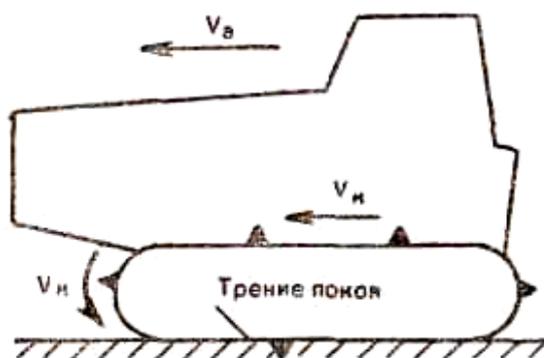


Рисунок 59 – Неподвижность нижней ветви гусеницы трактора относительно грунта при действии между ними трения покоя

У вращающейся гусеницы при движении трактора траки (шпоры), находящиеся в контакте с дорогой, неподвижны относительно последней, хотя и участвуют в общем движении гусеницы, то есть, имеют окружную скорость V_k . Следовательно, в плоскости контакта гусеницы при ее работе действует трение покоя. Шина работает по принципу гусеницы, только имеет значительно меньшую длину.

Уменьшение площади скольжения колеса в плоскости контакта с дорогой от влияния юза, а следовательно, и уменьшение ϕ показаны на рисунке 60.

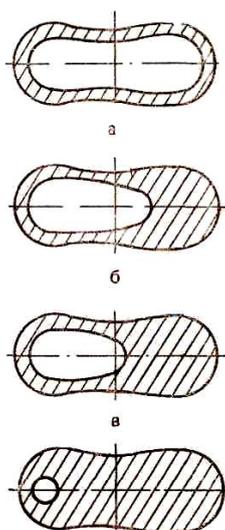


Рисунок 60 – Площадь скольжения (заштрихованная зона) в контакте тормозящего колеса с дорогой

Максимальная эффективность тормозов достигается при степени скольжения колеса в площади контакта с дорогой в пределах 15...20%.

4.6.1.3 Анализ исследования тормозных устройств грузовых автомобилей сельскохозяйственного назначения

Современные автотранспортные средства отличаются высокими динамическими качествами, позволяющими достичь относительно большую скорость и маневренность. Однако в условиях все возрастающей интенсивности движения особое значение приобретают вопросы безопасности дорожного движения. В этом плане задача управления и, прежде всего торможения транспортных средств, становится в ряд первоочередных проблем автотракторной техники, а тормозные системы – в число важнейших узлов.

Потребность в торможении транспортного средства может возникнуть в различных ситуациях: при необходимости снизить скорость движения и остановить машину; когда нужно предотвратить повышение скорости при движении на спусках; для удержания машины в непосредственном положении на стоянках. Достигается все это путем создания дополнительных искусственных сопротивлений движению. Основным источником дополнительных сопротивлений на автотранспортном средстве служит тормозная система.

Проблемам изучения тормозного регулирования посвятили свои работы многие отечественные и зарубежные ученые. Работы М.Н. Александрова, Л.Л. Афанасьева, Ю.Б. Беленького, И.А. Балабаевой, И.И. Веремеенко, С.В. Вахнецова, Б.Б. Гембома, С.И. Дандыма, А.Д. Дьякова, Т.Е. Джейранашвили, Ингрем Б., Томсон Р.Ф, Г.И. Клинковштейна, Кушель Б., Ньютон В.Р., Райт А.С., Е.Б. Решетникова, Ри С.К., Б.А. Ройтмана, В.И. Суковицина, Ю.Б. Суворова, А.В. Чичинадзе и других ученых посвящены: разработке конструкций тормозных устройств; изучению свойств, применяемых фрикционных материалов; применению различных тормозных приводов; разработке методов исследования эффективности тормозных систем, других проблем.

В настоящее время используются фрикционные тормозные устройства, в которых торможение осуществляется за счет взаимодействия подвижных и неподвижных элементов. Используемые в настоящее время тормозные устройства можно классифицировать по следующим признакам (рисунок 61).

Ко всем тормозным устройствам, не зависимо от их конструкции предъявляются следующие основные требования: высокая надежность конструкций; достаточный тормозной момент для заданных условий работы; плавность торможения; простота конструкции; минимальный износ трущихся деталей; приемлемые габариты и вес; низкий шум и малые вибрации.

В настоящее время каждое транспортное средство должно быть оборудовано рабочей, запасной и стояночной тормозными системами.

Тяжелые транспортные машины, кроме того, оборудуются вспомогатель-

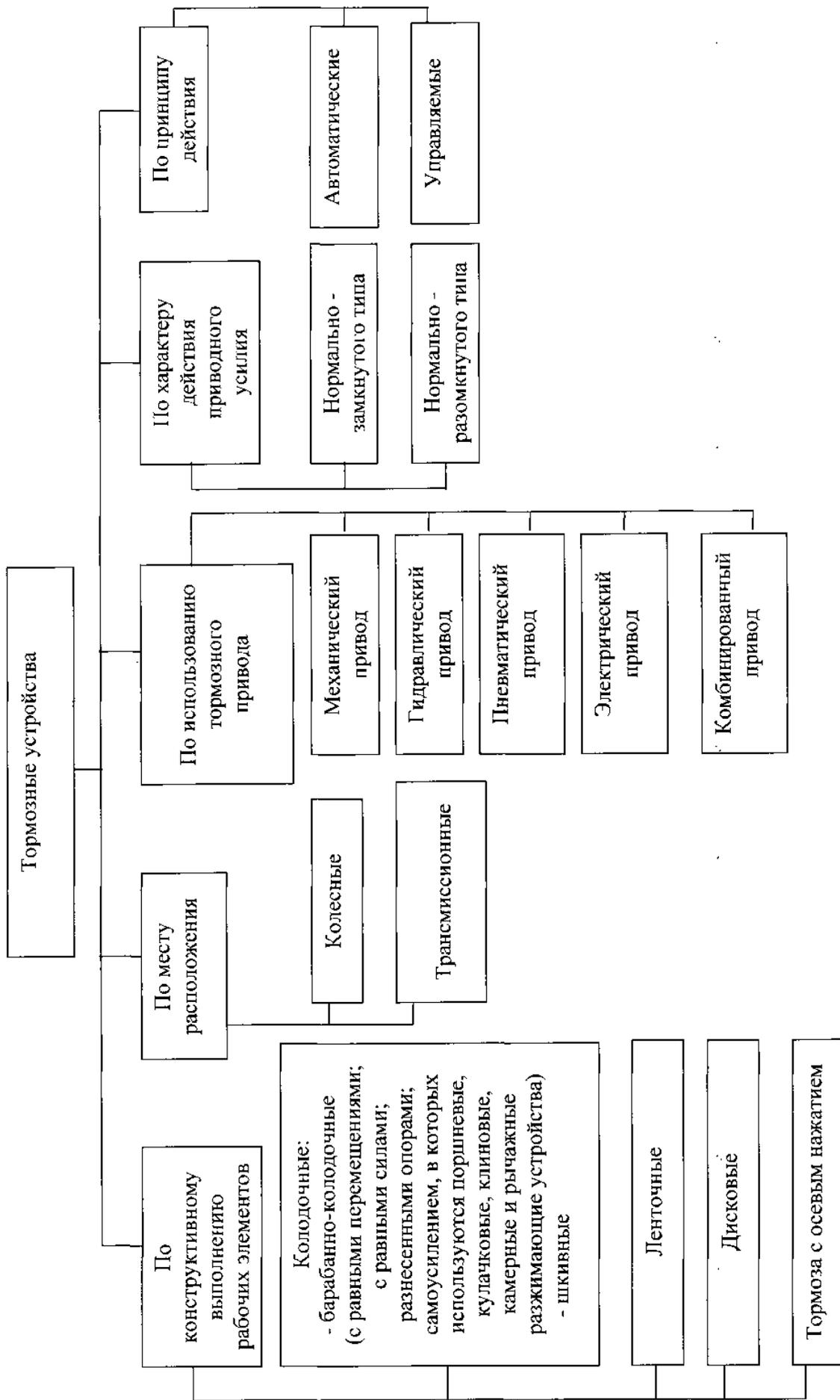


Рисунок 61 – Классификация тормозных устройств

ной тормозной системой (тормоз-замедлитель) с целью поддержания определенной скорости при движении на горных продолжительных спусках.

Тормоза-замедлители подразделяются на моторные (выхлопной моторный замедлитель), гидродинамические, электродинамические, аэродинамические.

Наибольшее значение для безопасности автотранспортных средств и, следовательно, безопасности транспортных процессов, имеет рабочая тормозная система.

До 70-х годов в рабочих тормозных системах применялись в основном колодочные тормоза различных конструкций. В настоящее время внимание ведущих автомобильных промышленников привлекает возможность установки дисковых тормозов на все более тяжелые и скоростные автомобили, это обусловлено трудностями эксплуатации колодочных тормозов.

Существующая тенденция постоянного увеличения массы и мощности грузовых автомобилей, все более высокие требования, предъявляемые к тормозным системам, а так же все более жесткие условия соответствующих

стандартов, создают сложную проблему, которую колодочные тормоза, конструктивные особенности которых не могут иметь требуемые характеристики даже если они имеют самую совершенную конструкцию.

Наиболее очевидное решение – замена колодочных тормозов на дисковые, основными достоинствами которых являются высокая стабильность характеристик в широком диапазоне рабочих температур, давлений и скоростей, а также быстрое действие.

К программе разработки дисковых тормозов для грузовых автомобилей приступили в конце 55-х годов, полная масса этих автомобилей была в пределах от 7,5 до 16 тонн (ранее они устанавливались на легковые автомобили и в основном на передние колеса), однако до 70-х годов большого распространения они не имели. С конца 70-х годов их стали использовать на автомобилях не только малой, но средней и большой грузоподъемности.

Уже в 1977 году передние колеса почти 100% американских автомобилей

малой грузоподъемности оборудовались дисковыми тормозами.

К началу 80-х годов аналогичные конструкции стали выпускать и западноевропейские фирмы, причем такие тормоза стали выпускать не только для передних, но и для задних колес.

Фирмой Mintex Don в 1988 году была проведена международная конференция по проблемам совершенствования тормозных систем грузовых автомобилей в которой приняли участие 230 специалистов из 14 стран мира.

В своем докладе представитель фирмы Ferodo отметил, что хотя работы по дисковым тормозам для легковых и грузовых автомобилей начинались одновременно, процесс создания этих механизмов для грузовых автомобилей достиг пока еще только начальной стадии испытаний. Не последнюю роль здесь сыграл консерватизм изготовителей этих транспортных средств, однако главной причиной являются конструктивная сложность и высокие требования к тормозным свойствам грузовых автомобилей.

Сообщения фирмы Mintex Don содержали анализ влияния различных компонентов, входящих в состав фрикционного материала (абразивов, смазывающих и связующих веществ), на статические и динамические свойства фрикционного материала. В результате дискуссий было признано целесообразным вести работы по созданию материалов с высоким (0,45 – 0,5) коэффициентом трения, позволяющих уменьшить размеры и массу скоб дисковых тормозов и снизить рабочее давление.

В докладе представителя фирмы Rockwell было указано, что фирмой широко используется метод конечных элементов при проектировании дисковых тормозов для грузовых автомобилей. Автор отметил, что несмотря на ряд проблем, стоящих перед создателями этих механизмов (худшие условия охлаждения, высокая энергонагруженность, относительно небольшие габариты, обуславливающие необходимость использования тормозных камер больших размеров для получения требуемого приводного усилия), их применение предпочтительнее вследствие таких преимуществ, как стабильность эффективности

при изменении температуры и начальной скорости торможения (рисунок 62), что также способствует повышению устойчивости автомобиля при экстренном торможении.

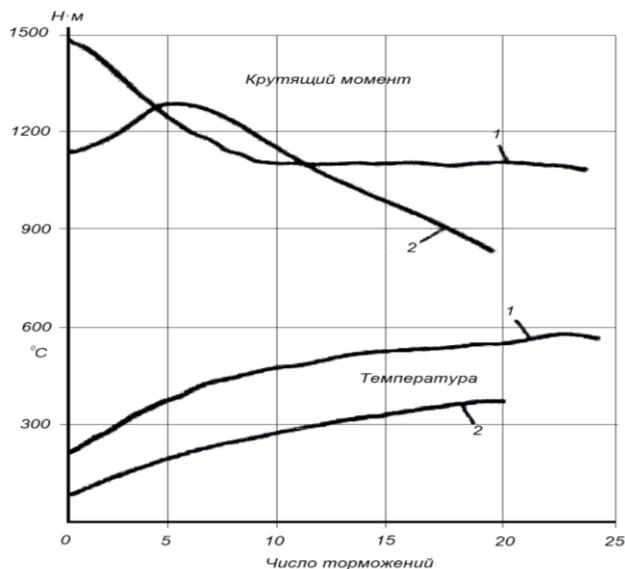


Рисунок 62 – Сравнительные характеристики эффективности тормозов: дискового (1) и барабанного (2), (вверху – тормозной момент, внизу – температура)

Дальнейшее развитие дисковых тормозов должно происходить в направлении подбора материалов фрикционной пары, обеспечивающих оптимальное сочетание эффективности торможения, срока службы накладок и износа диска. Должны быть также решены проблемы совместимости барабанных и дисковых тормозов (как на разных осях одного автомобиля, так и на тягаче и прицепе) и повышения давления в пневмоприводе с целью снижения размеров тормозных камер. Применение дисковых тормозов на задних колесах порождает проблему механического привода стояночной тормозной системы, что осуществить в дисковых тормозах сложнее, чем в барабанных.

Исследования, проводимые в нашей стране, о возможности применения дисковых тормозов на отечественные грузовые автомобили, также выявили ряд проблем, связанных с высокими зажимными усилиями в зоне контакта, которые приводят к разрушению фрикционного материала.

4.6.1.4 Современные тормозные устройства для автомобилей

Инженеры фирмы AMG совместно со специалистами Continental Automotive Systems разработали для переднего моста автомобиля Mercedes-Benz S65 AMG тормозной механизм со сдвоенным суппортом 2 FNRV-Evo, в котором реализовано в своем роде два дисковых тормоза на одном тормозном диске (рисунок 63).



Рисунок 63 – Тормозной механизм с двойным суппортом

В общем блоке механизма объединены два независимых друг от друга корпуса для плавающих суппортов, которые прижимают к тормозному диску диаметром 390 мм четыре тормозные накладки. Термические резервы такого сдвоенного тормозного механизма с плавающими суппортами, как сообщает изготовитель, значительно выше, чем у механизма с фиксированным суппортом, так как на внешней стороне колеса нет гидравлических цилиндров и тормозная жидкость не проходит рядом с горячей поверхностью тормозного диска, что часто является причиной образования пузырьков и резкого падения эффективности у традиционных тормозных механизмов. Так как все тормозные накладки имеют вытянутую опору в суппорте, то в любом состоянии работы предотвращаются трение или нежелательные шумы.

Специалистами БелАЗа разработана конструкция и изготовлены опытные образцы дискового тормозного механизма сухого трения с механическим вин-

товым приводом. Данный механизм предназначен как для рабочей тормозной системы с электромеханической или гидромеханической трансмиссиями, так и для их стояночной тормозной системы.

Общий вид, нового тормозного механизма, приведен на рисунке 64.

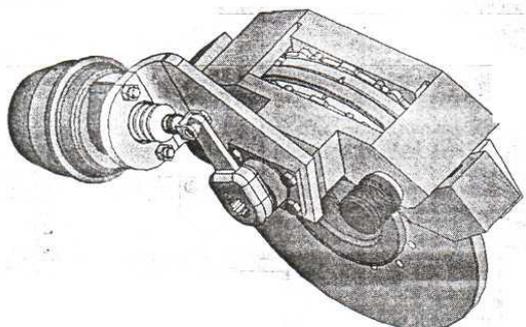


Рисунок 64 – Дисковый тормозной механизм с винтовым приводом.

Тормоз отличается простотой конструкции; высокими надежностью и передаточным числом, позволяющим развить очень большое усилие прижатия фрикционных колодок к тормозному диску; малыми габаритными размерами; наличием автоматической компенсации износа фрикционных колодок.

Электронный стояночный тормоз EPB, который производит фирма TRW Automotive. На обоих суппортах 16-дюймовых дисковых тормозных механизмов задних колес расположено по актуатору (исполнительному механизму сервопривода), которые прижимают тормозные накладки механизмов и препятствуют движению автомобиля во время стоянки (рисунок 65).

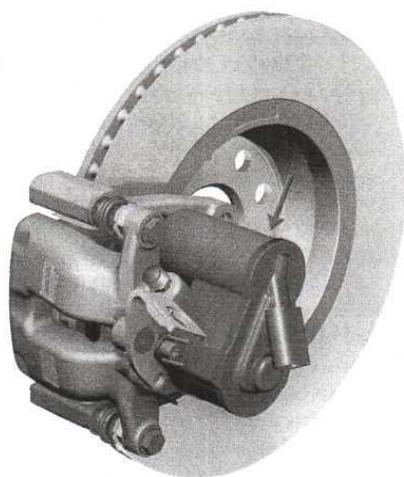


Рисунок 65 – Электронный стояночный тормоз

Тормоз включается посредством простого нажатия на клавишу. Отказ от привычного рычага ручного тормоза не только более удобен для водителя, но и повышает безопасность, отмечает журнал Krafthand. Также в целях безопасности предусмотрена функция очистки тормозных дисков, которая через определенные интервалы слегка (незаметно для водителя) прижимает тормозные накладки к диску

Работой электронного стояночного тормоза управляет собственный, способный к самодиагностике, блок управления, который к тому же объединен в сеть с другими электронными системами, например с ESP и системой управления двигателя.

Тормозные механизмы будущего представлены на рисунках 66, 67.



Рисунок 66 – Электрический стояночный тормоз ESP: включение тормозного механизма стояночной тормозной системы осуществляется путем нажатия на кнопку посредством тросовой тяги, приводимой в движение через электромотор

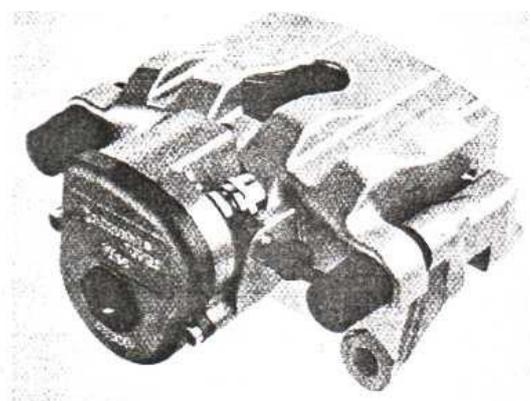


Рисунок 67 – Тормозной механизм стояночной тормозной системы в будущем: в электрогидравлическом стояночном тормозе ЕНР создаваемое гидроагрегатом тормозное давление посредством блокирующего приспособления аккумулируется в суппорте тормозного механизма

4.6.2 Исследование систем повышения тормозной динамичности грузовых автомобилей сельскохозяйственного назначения

Теория и практика последних лет показывают, что одним из наиболее эффективных средств повышения активной безопасности, особенно для автопоездов, является применение антиблокировочных систем, которые позволяют обеспечить минимальный тормозной путь, сохранить устойчивость и управляемость в опасных ситуациях, особенно при неблагоприятных дорожных условиях. Также для повышения тормозной динамичности и активной безопасности автотранспортных средств применяют различные способы торможения, обеспечивающие более полное использование сцепление с дорогой каждым колесом.

В практике вождения автомобилей обычно используют пять способов торможения: плавный, резкий, прерывистый, ступенчатый и вариативный. Способы торможения изображены на рисунке 68.

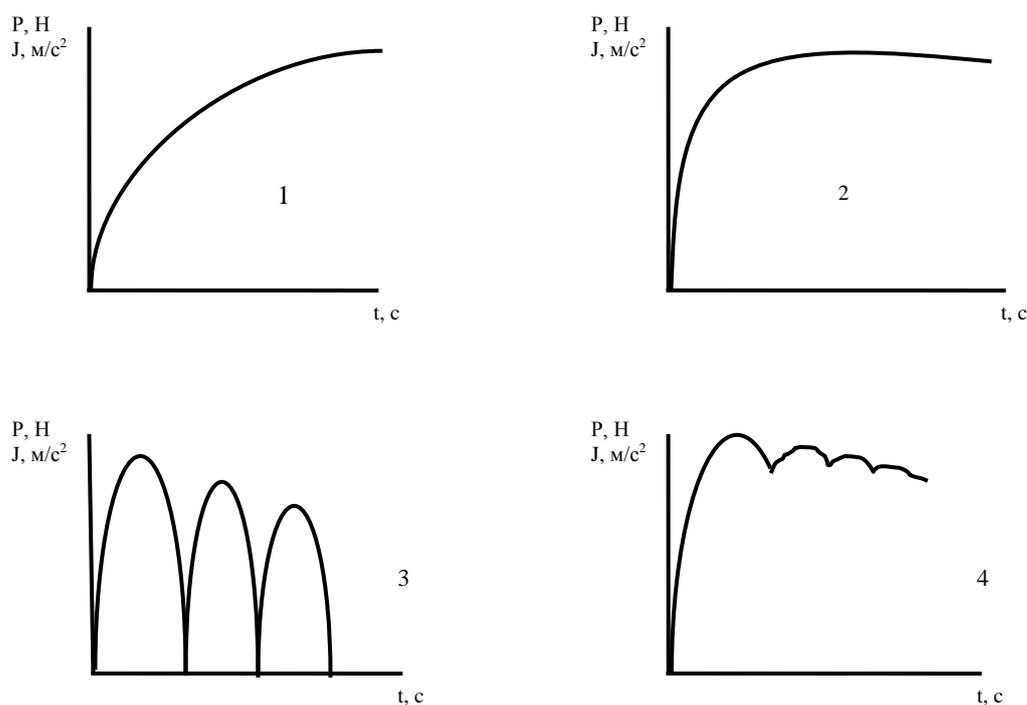


Рисунок 68 – Способы торможения:

1 – плавное; 2 – резкое; 3 – прерывистое; 4 – ступенчатое,
P – усилие на педали тормоза, Н; j – замедление автомобиля м/с² ;
t – время, с.

Наиболее эффективным способом торможения сельскохозяйственных транспортных средств является ступенчатый, который отличается от прерывистого тем, что педаль тормоза после резкого усилия нажатия на нее не полностью освобождается, а только на некоторую величину, исключаящую юз, после чего усилие на педаль снова увеличивается. Ступенчатое торможение позволяет найти методом последовательного приближения то самое точно выверенное тормозное усилие на педали, обеспечивающее оптимальное торможение в данных условиях.

Значения эффективности торможения, выраженные через величину тормозного пути, полученные экспериментальным путем на участке дороги с коэффициентом сцепления 0,5 (легкового автомобиля) показаны в таблице 15. Торможение проводилось каждым способом от 10 до 15 раз, при различных скоростях.

Таблица 15 – Изменение тормозного пути при разных способах торможения

Способ торможения	Тормозной путь, м, при разной скорости, км/ч, в момент торможения				
	30	45	60	75	90
Плавное	29	59	115	170	240
Резкое	28	57	112	162	228
Прерывистое	24	50	142	142	206
Ступенчатое	25	46	137	137	200

Приведенные значения тормозного пути соответствуют для «среднего» водителя. Водители, в совершенстве владеющие приемами торможения, повышают значения от 15 до 20%.

Однако применить вышеперечисленные методы могут только опытные водители. Чтобы оказать помощь водителю обеспечить более эффективное торможение за счет более полного использования сцепления автомобилей с дорогой, на автотранспортные средства устанавливают быстродействующие тормозные приводы, усилители, специальные тормозные механизмы, подбирают протекторы с определенным рисунком. Наиболее перспективно – применение АБС, автоматически устраняющей блокировку затормаживаемых колес.

Впервые антиблокировочные системы были применены в середине 50-х годов, в начале, на легковых, а затем на грузовых автомобилях. В настоящее время, она остается наиболее перспективной системой, автоматически устраняющей блокировку затормаживаемых колес, предотвращая юз, отсутствие которого дает возможность останавливать грузовой автомобиль на кратчайшем пути без заноса, то есть обеспечивает степень проскальзывания колеса близкой к оптимальной ($\lambda_{гр}$), а коэффициент сцепления максимальный (φ_x).

Конструкции АБС разнообразны, однако в любом из них используется зависимость коэффициента сцепления φ_x от степени проскальзывания λ колеса, определяемой по формуле:

$$\lambda = (v_k - \omega_k r) / v_k \quad (4.32)$$

где v_k – линейная скорость центра, м/с; ω_k – угловая скорость колеса, c^{-1} .

ω_k – угловая скорость колеса, c^{-1} .

При $v_k = \omega_k r$ имеет место чистое качение колеса и $\lambda = 0$. При $v_k > \omega_k r$ колесо катится с проскальзыванием (ведомый и тормозной режимы) и $0 < \lambda < 1$. Если $\omega_k = 0$, то $\lambda = 1$, колесо при этом движется не вращаясь, возникает юз. При $v_k < \omega_k r$ колесо катится с пробуксовыванием (активный режим) и $\lambda < 0$. При уменьшении скорости v_k до нуля колесо вращается, но автомобиль остается на месте и $\lambda \rightarrow \infty$.

Экспериментальная зависимость $\varphi = \varphi(\lambda)$ показана на рисунке 69.

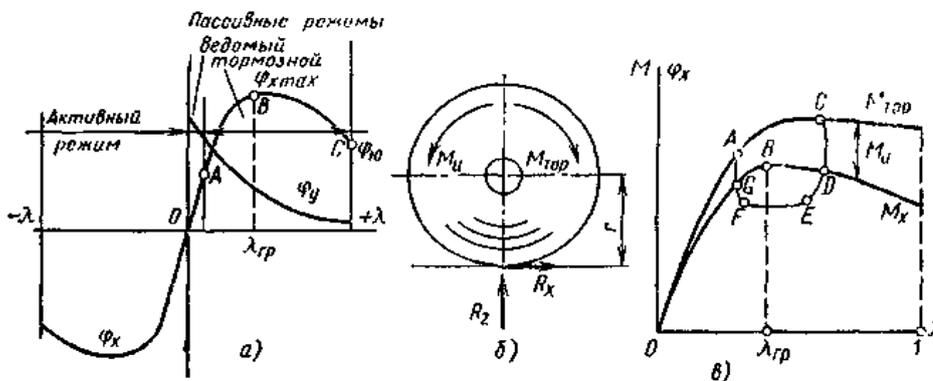


Рисунок 69 – Параметры работы антиблокировочной системы:

- а) – зависимость коэффициента сцепления φ_x и φ_y от степени проскальзывания;
- б) – моменты действующие на тормозное колесо;
- в) – изменение моментов $M_{тор}$, M_u , M_x от степени проскальзывания λ .

При отсутствии тормозного момента колесо нагружено только силами сопротивления движению (ведомый режим), касательная реакция дороги невелика. Соответственно малы касательная деформация шины, φ_x и λ (участок *OA*). При увеличении тормозного момента возрастает касательная реакция дороги, вызывающая увеличение деформации шины и упругого проскальзывания ее элементов.

Коэффициент сцепления изменяется примерно пропорционально λ (участок *AB*), а взаимодействие шины с дорогой определяется в основном трением покоя.

Дальнейший рост $M_{\text{тор}}$ вызывает прогрессивное увеличение числа скользящих элементов в зоне контакта до тех пор, пока коэффициент φ_x не достигнет максимума (точка *B*).

Максимальный коэффициент сцепления $\varphi_{x\text{max}}$ и граничная степень проскальзывания $\lambda_{\text{зр}}$ соответствуют наиболее эффективному режиму торможения.

При дальнейшем увеличении тормозного момента на дороге скользит почти вся зона контакта и, поскольку трение скольжения меньше трения покоя, касательная реакция дороги уменьшается.

Уменьшение реакции дороги вызывает снижение эффективности торможения, приводя к остановке – блокировке колеса (точка *C*). При отсутствии антиблокировочной системы колесо блокируется весьма быстро, меньше чем за 1с. Коэффициент сцепления $\varphi_{\text{ю}}$ при блокировке колеса при движении автомобиля по сухому покрытию от 10 до 15 %, а по мокрому от 20 до 30% меньше $\varphi_{x\text{max}}$.

Основным назначением АБС является создание такого режима торможения, при котором степень проскальзывания колеса была бы близка $\lambda_{\text{тпр}}$, а коэффициент сцепления – максимальному значению $\varphi_{x\text{max}}$.

Рассмотрим работу антиблокировочного устройства. При воздействии тормозного момента $M_{\text{тор}}$ на колесо его угловая скорость уменьшается, возникает инерционный момент.

$$M_{\text{и}} = J_{\text{к}} \varepsilon_{\text{к}} \quad (4.33)$$

где $J_{\text{к}}$ и $\varepsilon_{\text{к}}$ – момент инерции и угловое замедление колеса.

Пренебрегая сопротивлениями качению и воздуха, найдем момент M_x касательной реакции R_x дороги (рисунок 69,б).

$$M_x = R_x r = R_z r \varphi_x = M_{тор} - J_k \varepsilon_k \quad (4.34)$$

Если приблизительно считать R_z и r постоянными, то момент M_x будет прямопропорционален φ_x . Это дает возможность показать графически связь между моментами $M_{тор}$, M_x , M_u (рисунок 69в). При увеличении момента $M_{тор}$ от нуля возрастают проскальзывания колеса и момент M_x . При этом M_x всегда меньше $M_{тор}$ на величину $J_k \varepsilon_k$. Момент M_x увеличивается до максимума (точка **B**), соответствующего граничному значению степени проскальзывания λ_{zp} . После этого φ_x и M_x начинают быстро изменяться, а угловое замедление колеса возрастает. Во избежание блокировки колеса антиблокировочная система уменьшает тормозной момент, делая это с некоторым запаздыванием (точка **C**). Момент $M_{тор}$ снижается до некоторого предела (точка **E**), после чего поддерживается на постоянном уровне (отрезок **EF**). Увеличение $M_{тор}$ вызывает понижение углового замедления, которое в точке **D** падает до нуля (колесо вращается равномерно), затем становится отрицательным, что означает разгон колеса. В точке **F** тормозной момент начинает увеличиваться, а угловое ускорение колеса уменьшаться, и в точке **G** колесо снова вращается равномерно. Затем тормозной момент возрастает до точки **A**, после чего цикл работы антиблокировочной системы повторяется.

Таким образом, тормозной момент при работе этой системы изменяется по контуру **ACDEFGA**, в результате чего реализуются значения λ , близкие λ_{zp} равны 0,05 – 0,1, а коэффициент сцепления выдерживается максимальным с точностью до 1%.

Изменение параметров движения затормаживаемого колеса показано на рисунке 70.

Если коэффициент сцепления постоянен, то замедление колеса также постоянно, и скорость v_k изменяется по линейному закону. При отсутствии ан-

тиблокировочной системы угловая скорость ω_k так же изменяется по прямой. При работе системы колесо то замедляет вращение, то разгоняется. Это вызывает периодические колебания ω_k относительно оптимальных значений (штриховая кривая). Частота колебаний в современных системах составляет 2 – 10 Гц.

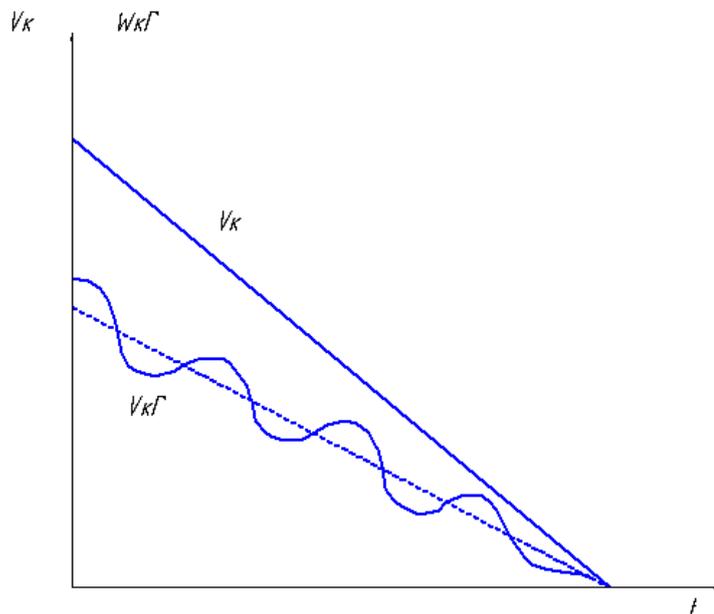


Рисунок 70 – Изменение параметров движения v_k и $\omega_k r$

В антиблокировочной системе применяются механические и электронные датчики. На рисунке 71,а показан механический датчик.

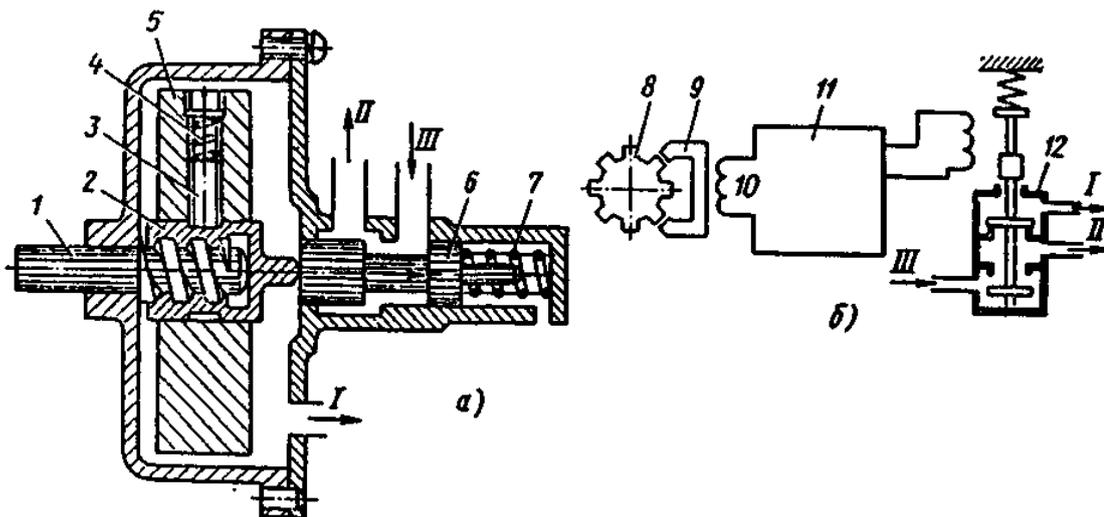


Рисунок 71 – Схемы датчиков антиблокировочной системы:
а) механический; б) электронный.

Датчик имеет винт 1, связанный с колесом автомобиля, винтовую муфту 2 и маховик 5, укрепленный на лифте с небольшим трением, создаваемым баш-

маками 3 и пружинами 4. Когда угловая скорость колеса падает и его угловое замедление достигает заданного порогового значения, маховик, перемещаясь вместе с муфтой 2 по винтовой нарезке вправо, преодолевает силу пружины 7 и сдвигает золотник 6. Золотник открывает золотник 11, соединенный тормозной камерой с отверстием 1, ведущим в атмосферу. Тормозной момент сначала уменьшается, а затем возрастает, маховик же стремится вращаться с прежней скоростью. В результате трения башмака о муфту золотник 6 удерживается в прежнем положении.

После того как угловые скорости вала 1 и маховика выравниваются, пружина 7 перемещает золотник и муфту влево, соединяя канал III от тормозного крана с тормозной камерой, вследствие чего увеличивается тормозной момент.

Электронный датчик показан на рисунке 71б. Он имеет импульсный генератор, состоящий из зубчатого ротора 8, связанного с колесом автомобиля, и неподвижного магнита 9 с обмоткой возбуждения 10. При вращении ротора в обмотке индуцируется ток, частота и амплитуда которого пропорциональны ω_k . Сигналы от генератора поступают в виде аналогового или цифрового счетно-решающего устройства. Блок управляет электромагнитным каналом 12. Иногда применяют несколько клапанов, осуществляющих ступенчатое изменение давления.

При движении автомобиля, оборудованного антиблокировочной системой, по дороге с сухим покрытием тормозной путь в среднем уменьшается от 10 до 15%, а по дороге с мокрым покрытием от 25 до 35%.

Испытания автомобилей с антиблокировочной системой выявили еще одно существенное преимущество АБС – повышение поперечной устойчивости затормаживаемого автомобиля. Поперечное отклонение заторможенного автомобиля от прежнего направления движения при наличии антиблокировочной системы уменьшается почти вдвое.

Существует большое разнообразие конструктивных схем антиблокировочных систем и вариантов их применения.

4.6.2.1 Современные разработки антиблокировочных систем

Антиблокировочная система предназначена для того, чтобы вне зависимости от условий торможения обеспечивать такое относительное движение колес, при котором создается оптимальное сочетание их устойчивости и тормозной эффективности. Ни водитель, ни регулятор тормозных сил не способны достаточно точно решить эту задачу. Для такого решения необходимо, чтобы управляющее устройство, способное быстро и правильно регулировать давление в тормозном приводе, получало бы информацию от колеса, объекта, непосредственно воспринимающего реакции дороги. Другими словами, необходима обратная связь от объекта регулирования к такому управляющему устройству.

На рисунке 72 показана структурная схема типичной АБС.

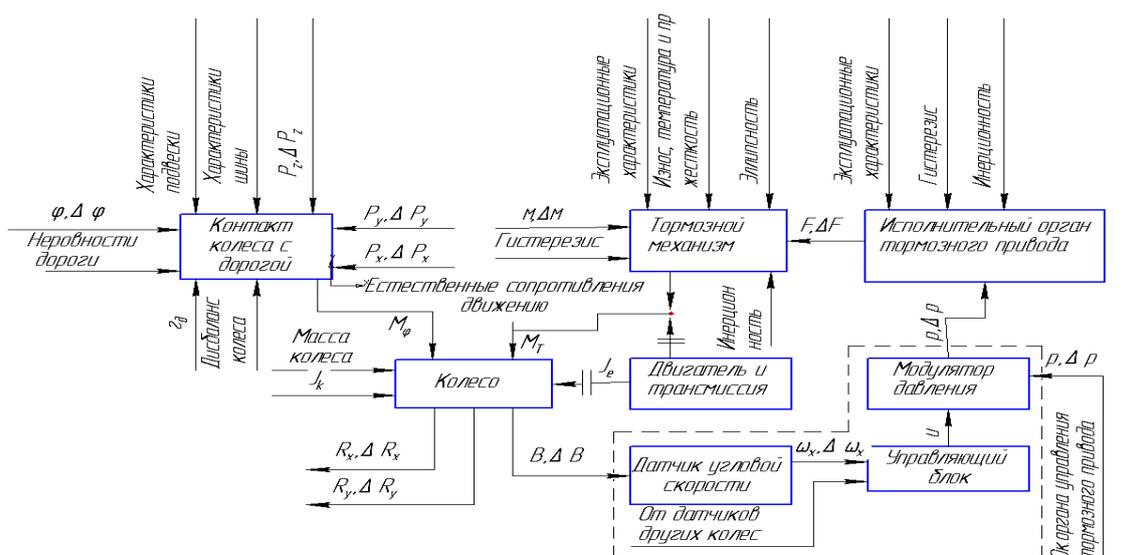


Рисунок 72 – Схема типичной антиблокировочной системы

АБС состоит из следующих элементов:

- объекта регулирования, куда входят исполнительный орган привода, тормозной механизм и контактирующее с дорогой колесо;
- датчиков угловой скорости колес (в зависимости от принятого закона регулирования в АБС могут использоваться и другие датчики: ускорения колеса, ускорения автомобиля, давления в приводе и т. п.); управляющего блока;
- модуляторов давления в тормозном приводе.

Последние три элемента, обведенные на рисунке 71 пунктиром, являются принципиально новыми в конструкции автомобиля.

Из рассмотрения рисунка 71 становится ясно, что АБС, вопреки распространенному мнению, не является частью рабочей тормозной системы автомобиля, эти системы лишь частично совпадают по своей структуре.

В настоящее время разработкой и внедрением АБС заняты практически все крупные автомобильные и тормозные фирмы мира: GMC, Chrysler, Ford, Bendix, Girling, Rootes, Westinghouse, FIAT, DBA, Knorr, Bosch и многие другие. Некоторые конструкции прошли испытания, и начато их внедрение. Учеными сформулированы технические требования, которым должны удовлетворять эти системы.

1. АБС должна обеспечивать автотранспортному средству сохранение курсовой и траекторной устойчивости движения в любых условиях торможения. Выполнение этого требования позволит водителю не только удержать автомобиль на прямой, но и объехать возникшее препятствие, а при торможении на повороте избежать заноса.

2. АБС должна по возможности улучшать тормозную эффективность автомобиля.

3. АБС не должна препятствовать нормальной работе тормозного управления автотранспортного средства. При любом ее отказе водитель должен иметь возможность затормозить автомобиль обычным способом. Кроме того, специальное устройство должно сигнализировать ему об отказе АБС. Для того чтобы АБС не препятствовала остановке автомобиля, нижний предел ее срабатывания по скорости ограничивают величиной от 5 до 12 км/ч.

4. АБС в течение некоторого времени должна выполнять свои функции при выключенном двигателе, т. е. при неработающем источнике энергии, питающем АБС сжатым воздухом, вакуумом или тормозной жидкостью.

5. Работа АБС не должна значительно ухудшать комфортабельность автомобиля. Резкое изменение тормозных сил на колесах, особенно если эти

изменения совпадают по фазе, приводит к весьма чувствительным для пассажиров толчкам.

6. АБС не должна усложнять и удорожать обслуживание и ремонт автомобиля.

7. АБС не должна требовать изменения навыков управления автомобилем. Здесь следует сказать об одной негативной стороне АБС: ее применение неизбежно приведет к тому, что оператор привыкнет в любых дорожных условиях излишне смело управлять тормозами и внезапный отказ АБС будет чревато транспортным происшествием.

Существующие АБС далеко не всегда отвечают всем этим требованиям. Однако даже самые примитивные АБС обеспечивают безопасное торможение лучше среднего оператора.

Первые варианты АБС появились в начале 1970-х годов. Эти системы вполне справлялись со своими "обязанностями", но были построены на аналоговых процессорах, а потому оказались дорогостоящими в производстве и недостаточно надежными в эксплуатации. Поэтому работы над ними продолжались, и следующим шагом конструкторов стала замена аналогового процессора более надежными и недорогими цифровыми электронными блоками управления, выполненными на интегральных схемах. И первым автомобилем, получившим АБС второго поколения (правда не в серийной комплектации, а как дополнительное, за отдельную плату, оборудование), стал "Мерседес-Бенц 450 SEL", выпущенный в 1978 г. Примененная на нем схема АБС приведена на рисунке 73.

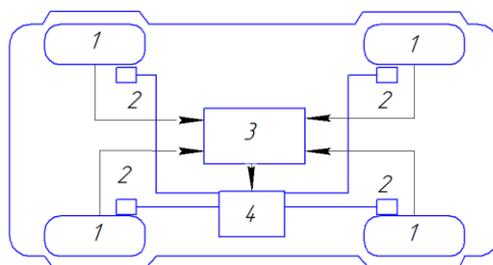


Рисунок 73 – Схема традиционной АБС:

1 – датчики угловой скорости колес автомобиля; 2 – исполнительные механизмы гидравлического блока; 3 – электронный блок управления; 4 – гидравлический блок (модулятор)

В нее входили: электронный блок 3 управления, установленный сразу после главного тормозного цилиндра, гидравлический блок 4 (модулятор тормозного давления), датчики 1 угловой скорости колес и исполнительные механизмы 2 гидравлического блока.

АБС приводилась в рабочее состояние после включения зажигания и достижения автомобилем некоторой скорости движения. Ее работа шла по довольно простому алгоритму: как только датчик 1 определял, что колесо начинает блокироваться, электронный блок 3, получив и обработав соответствующий сигнал, выдавал управляющий сигнал на электромагнитные клапаны гидравлического блока 4, который, открывая, закрывая или прикрывая свои электромагнитные клапаны, регулировал давление жидкости в контурах тормозной системы.

Однако в последующем практика эксплуатации АТС выявила ряд их недостатков:

- такая АБС не улучшала сцепления колес с дорогой, тем самым в известной мере создавая у водителя иллюзию безопасности;
- она не гарантировала уменьшения тормозного пути, особенно на сухих и не очень скользких дорогах;
- она не всегда верно могла распознать опасную ситуацию;
- в некоторых случаях даже снижала безопасность (например, при преодолении подъема с сыпучим песком она воспринимала резкое торможение, препятствующее "сползанию" автомобиля назад, как команду разблокировать колеса. Для неопытного водителя данная ситуация становилась серьезным испытанием, особенно, если сзади находились другие автомобили.)

В итоге возникла необходимость совершенствования АБС, возложения на нее дополнительных функций, выполняемых по законам, в какой-то мере соответствующим интеллектуальной (нечеткой) или близкой к ней логике. Общая схема такой АБС приведена на рисунке 74.

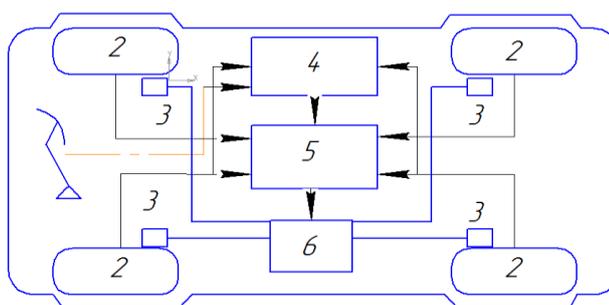


Рисунок 74 – Схема модернизированной ABS:

1 – тормозная педаль; 2 – датчики угловой скорости колес; 3 – тормозные механизмы колес; 4 – контроллер; 5 – блок управления; 6 – модулятор

В нее, как видим, кроме элементов традиционных ABS, входит контроллер 4 с нечеткой логикой (нечеткий контроллер), который способен адекватно идентифицировать ту или иную ситуацию и принять правильное решение по дополнительной информации, учитывающей не только угловые скорости вращения колес, но и продольный профиль дороги (уклон), состояние дорожного покрытия, темп (степень) нажатия на педаль 1 тормоза. Эта информация описывается соответствующими продукционными правилами нечеткого контроллера, на основе которых блоком 5 в совокупности с базовой программой управления формируются дополнительные сигналы, парирующие ложные управляющие воздействия (в частности, неумелые действия водителя) и предписывающие защитные и запретные мероприятия. В результате система управления тормозами становится "интеллектуальной", что значительно повышает безопасность движения, помогая в сложной ситуации действиям даже неопытного водителя. Данная ABS, как и всякая система управления, распознает сигналы датчиков. Кроме того, она адаптируется к ним, причем даже может обучаться (для реализации обучающих алгоритмов используют такие интеллектуальные технологии, как искусственные нейронные сети или генетические алгоритмы).

Типичная (применяют очень многие автомобилестроительные фирмы, в том числе "Дженерал Моторс", "Ниссан", "Тойота", "Вольво" и другие) схема интеллектуальной системы управления торможением колеса, выполненная на основе нечеткой логики, приведена на рисунке 75.

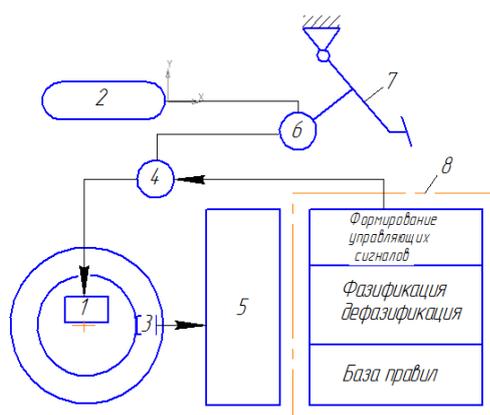


Рисунок 75 – Принципиальная схема интеллектуальной системы торможения: 1 – тормозной цилиндр; 2 – ресивер; 3 – датчик угловой скорости колеса; 4 – модулятор; 5 – микроконтроллер; 6 – главный тормозной цилиндр (кран); 7 – тормозная педаль; 8 – нечеткий контроллер

В ней реализуется традиционная логика, основанная на том, что при превышении скольжения, соответствующего максимальному сцеплению, скорость вращения колеса резко, вплоть до $\infty = 0$, уменьшается. Но нечеткий контроллер 8 данной системы содержит базу знаний, включающую продукционные правила нечеткого управления. Данные правила регламентируют формирование поправок к управляющим сигналам, направляемым модулятору 4, в зависимости от величин угловой скорости и углового замедления колеса, а также степени нажатия на педаль 7 тормоза.

Эти переменные учитываются так.

При нажатии на педаль тормоза давление в приводе возрастает. В результате увеличиваются тормозной момент и угловое замедление колеса. И когда, последнее достигает порогового значения, блок управления направляет в модулятор 4 соответствующий сигнал микроконтроллера 5, в результате чего полость тормозного цилиндра 1 соединяется с атмосферой. При этом в памяти микроконтроллера 5 фиксируется величина давления в тормозном цилиндре. Таким образом, система создает пульсирующий тормозной момент, обеспечивающий качение колеса со скольжением, близким к оптимальному, то есть принцип ее работы, по сути, не отличается от традиционного. Но в ней используется и обрабатывается не только одна (угловая скорость каждого из колес), но и другие ин-

формационные переменные: величина проскальзывания, замедление колеса, скорость автомобиля, тормозной момент. Это улучшает ее приспособляемость, повышает эффективность при торможении в сложных условиях (при большой скорости, на поворотах, скользкой дороге и других). Причем большинство из переменных не измеряются непосредственно, а вычисляются. Например, проскальзывание колеса – по угловой скорости его вращения и измеренной с помощью радио- или акустических доплеровских локаторов, оптических устройств и т.п., скорости автомобиля относительно опорной поверхности дороги.

Одна из схем работы таких систем приведена на рисунке 76.

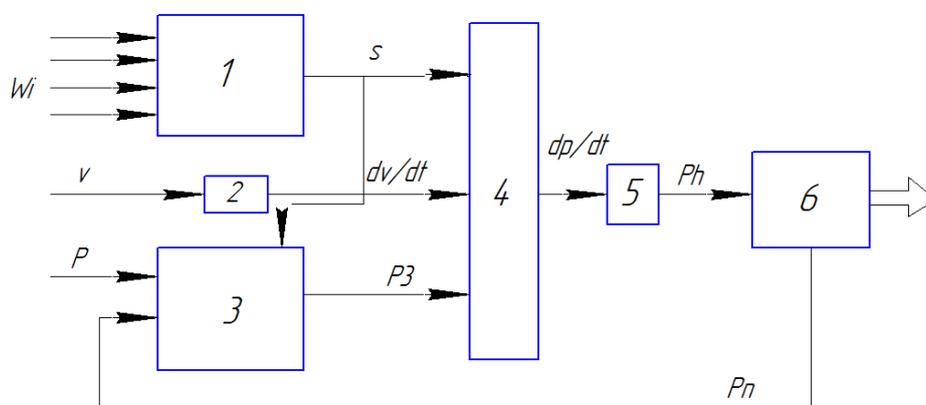


Рисунок 76 – Схема работы интеллектуальной системы торможения: 1 – устройство обработки сигналов ω_i ; 2 – устройство обработки сигналов v ; 3 – устройство обработки сигналов p ; 4 – нечеткий контроллер; 5 – устройство объединения сигналов dp/dt и $1/s$; 6 – тормозной привод

В ней используются сигналы датчиков угловых скоростей колес (ω_i), скорости автомобиля (v), давлений p и p_n в тормозном приводе. Вычислительное устройство рассчитывает величины скольжений s колеса, значения давлений p_3 в процессе замыкания тормозных дисков, производные скоростей и давлений.

Вся снимаемая датчиками информация обрабатывается (сигнал ω_i превращается в сигнал s , сигнал v — и dv/dt , сигнал p — в p_3) и поступает в нечеткий контроллер 4, который в режиме реального времени вырабатывает управляющие сигналы для исполнительных механизмов (тормозного привода). Данная информация учитывается в базе знаний, то есть продукционных правилах нечеткого управления.

Поскольку системой используются не только значения угловых скоростей колес, но и дополнительная информация, величины скольжения s производных скоростей и давлений в тормозной системе, то появляется возможность учитывать и контролировать динамику и характер процесса торможения, а также тенденции развития этого процесса. В результате регулирование давления p в тормозной системе и давления p_z замыкания тормозных дисков осуществляется в соответствии с требованиями текущей дорожной ситуации, что значительно улучшает тормозные свойства АТС.

Ряд элементов искусственного интеллекта, применяемых в тормозных системах, выполняют, как уже упоминалось, функции распознавания движущихся и неподвижных объектов, находящихся в опасной зоне; дублирования системой аварийного торможения работы основной тормозной системы; защиты системы экстренного торможения от ложных срабатываний; включения системы экстренного торможения при достижении определенной скорости; заблаговременного обнаружения и распознавания сигналов, исходящих от препятствий; парирования сторонних сигналов, получаемых при мгновенном вредном облучении объектов, и т.д.

В качестве еще одного примера разработок в области автоматизации тормозов можно привести тормозную систему фирмы "Бош", предназначенную для прицепов и наделенную элементами искусственного интеллекта (рисунок 77).

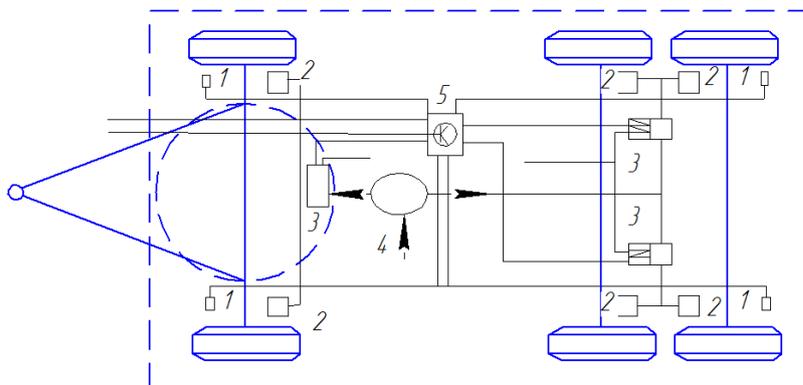


Рисунок 77 – Схема интеллектуальной тормозной системы фирмы «Bosch»:
 1 – датчики угловой скорости вращения колес прицепа; 2 – тормозные механизмы колес прицепа; 3 – модулятор; 4 – ресивер; 5 – микроконтроллер

Система, как видно из рисунка, содержит датчики 1 угловой скорости вращения колес, микроконтроллер 5, модуляторы 3, тормозные механизмы 2 и ресивер 4. Работает она следующим образом.

В соответствии с показаниями датчиков 1 микроконтроллер 5 анализирует текущую ситуацию и рассчитывает управляющие сигналы, которые поступают на клапаны 3. Последние срабатывают и устанавливают, требуемое давление в тормозных цилиндрах 2. Адаптивный алгоритм управления системы составлен таким образом, что микроконтроллер задействует эти клапаны только в том случае, когда при слишком интенсивном торможении он идентифицирует режим "блокировка колес".

Своевременное распознавание интеллектуальной системой данной ситуации и быстрая обработка исполнительными механизмами тормозов управляющих сигналов микроконтроллера обеспечивают безопасность, устойчивость и управляемость автопоезда

Современные АБС выполняются в виде дополнения к существующей тормозной системе и представляют собой набор из следующих основных элементов: колесных датчиков, блока управления и модуляторов давления рабочей среды в тормозном приводе.

С точки зрения обеспечения эффективности торможения каждое из тормозящих колес должно быть охвачено антиблокировочным управлением. Но высокая пока стоимость АБС, а также ряд других факторов, связанных с устойчивостью автотранспортного средства при различных по бортам условиях сцепления, привели к большому разнообразию в схемах применения АБС. Большинство изготовителей формирует комплектность своих систем, исходя из возможности синхронного управления колесами одной оси, В зависимости от этого в комплект входит различное количество датчиков и модуляторов.

На рисунке 78 изображен гипотетический седельный автопоезд, все оси которого снабжены АБС, имеющими различные схемы применения.

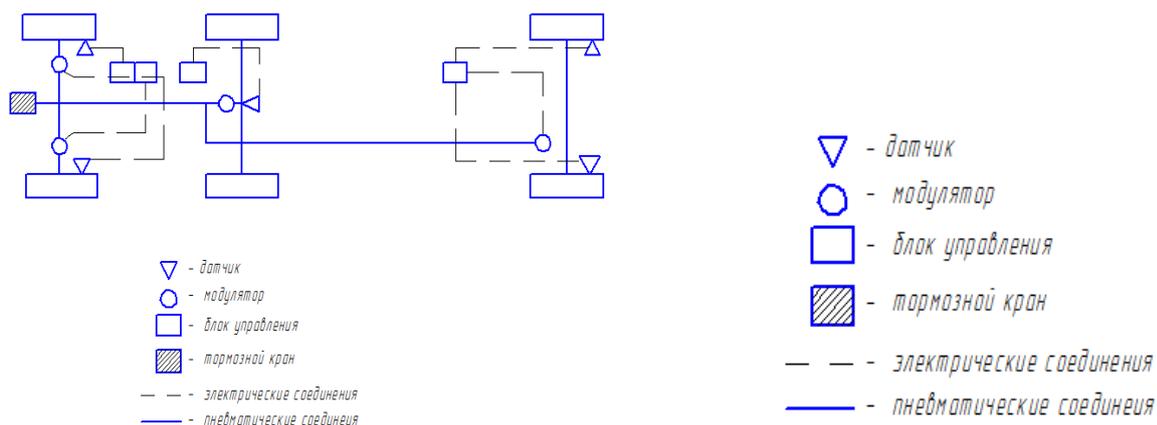


Рисунок 78 – Схемы применения ABS:
 передняя ось – схема 22; средняя ось – схема 11; задняя ось – схема 21

Схема 22 (передняя ось). Цифровое обозначение показывает, что в схему входят два колесных датчика (первая цифра) и два модулятора (вторая цифра). Данная схема обеспечивает индивидуальное управление колесами, т.е. электронный блок содержит два идентичных канала управления. При такой схеме на однородной дороге обеспечивается максимальная устойчивость и эффективность торможения. Однако на дороге с бортовой неравномерностью возникает возмущающий момент, обусловленный разностью тормозных реакций колес. Возможности водителя не всегда оказываются достаточными для удержания автомобиля на желаемой траектории.

Схема 21 является более простой, так как содержит меньше элементов и всего один канал управления в электронном блоке. Стоимость такой схемы на 30÷40% меньше предыдущей. Однако, поскольку давление в тормозных камерах обоих колес одинаково (управляется с помощью одного модулятора), в случае бортовой неравномерности приходится выбирать для формирования команды информацию с одного из колес. В случае выбора колеса, находящегося на дороге с большим коэффициентом сцепления (сильное колесо), другое (слабое) колесо блокируется, что приводит к уменьшению устойчивости транспортного средства.

В отличие от рассмотренной схемы select high более распространена схема select low, то есть работающая по информации с колеса, находящегося на

скользкой дороге. Такая схема препятствует блокированию обоих колес, обеспечивает более высокую устойчивость, но за счет недотормаживания «сильного» колеса снижает эффективность торможения.

Введенная здесь терминология недостаточно устоялась в отечественной литературе, но является общепринятой в зарубежной.

Схема 11 простейшая, применяется лишь на ведущей задней оси (задняя ось тягача). Эта схема соответствует по своей эффективности усовершенствованному регулятору тормозных сил. Однако эффективность такой схемы зависит от идентичности тормозных механизмов, участвующих в создании общего тормозного момента.

Выбор на автомобиле количества управляемых осей часто предоставляется потребителю. При этом различные оси одного автомобиля могут оборудоваться по различным схемам.

Известны также и такие схемы, в которых от одного модулятора (или нескольких, работающих синхронно) управляются колеса нескольких осей (схема 01). Обычно такие схемы применяются в автопоездах для управления колесами прицепа по информации, получаемой от колес тягача.

Изучение известных, в том числе зарубежных, материалов показывает, что выбор схемы применения пока производится путем прямого экспериментального сравнения различных вариантов.

4.6.2.2 Антиблокировочные системы. Патентный поиск

1. На рисунке 79 представлена схема антиблокировочной системы АТС (Патент RU №2271284). Авторская изобретательская идея заключается в том, чтобы использовать энергетическую часть автотранспортных средств (АТС) как для ускорения, так и для его торможения, причем с рекуперацией энергии торможения АТС.

Данная антиблокировочная система применима на любом автотранспортном средстве совместно с "Энергетической технической системой Гребенникова", приведенной в патенте №2216635.

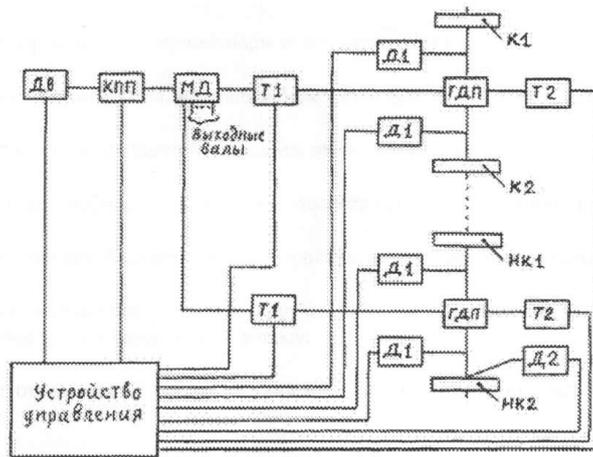


Рисунок 79 – Антиблокировочная система АТС:

2. На рисунке 80 представлена схема антиблокировочной системы управления торможением автомобиля (Патент RU №2276023).

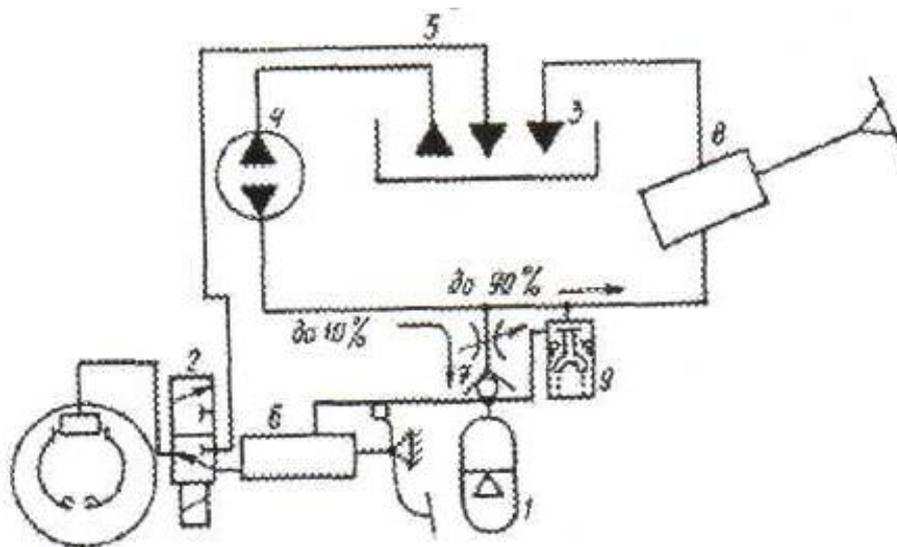


Рисунок 80 – Антиблокировочная система управления торможением автомобиля:

Система работает следующим образом. Гидронасос 4 создает давление рабочей жидкости в приводе и в том числе гидропневмоаккумуляторе 1 с ограничительным клапаном, зарядка гидропневмоаккумулятора производится периодически с помощью зарядного узла 9, дросселирование потока жидкости от единой гидросистемы тормозов и гидроусилителя руля 8 в заданной пропорции производится дросселем 7. При торможении нажатием на тормозную педаль за счет открытия тормозного клапана 6 и электромагнитного клапана 2 антибло-

кировочной системы обеспечивается подача жидкости от гидропневмоаккумулятора к тормозным цилиндрам колес, при этом тормозной клапан 6 и электромагнит 2 обеспечивают силовое и кинематическое слежение работы тормозов, сравнительно большее давление жидкости в гидроприводе, равное 8,0... 10,0 МПа, по сравнению с пневмоприводом с максимальным давлением 0,8...1,0 МПа, большую надежность модулятора и в целом всей антиблокировочной тормозной системы

3. На рисунке 81 (Патент RU №2251431) представлена схема антиблокировочного устройства тормозной системы автомобиля, здесь представлена конструктивная схема.

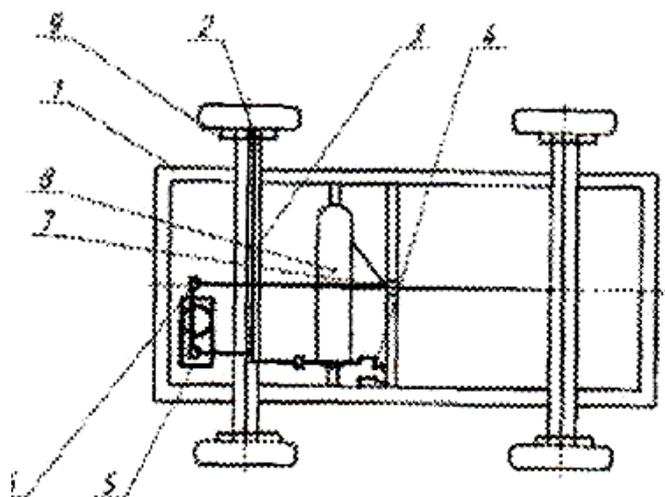


Рисунок 81 – Конструктивная схема антиблокировочного устройства

На рисунке 82 приведен алгоритм работы антиблокировочного устройства.

Устройство работает следующим образом. При торможении автомобиля 1 на участке дороги с низким коэффициентом сцепления колеса с дорожным покрытием в случае блокировки какого-либо колеса величины замедлений колеса и автомобиля будут различны. При обработке компьютером 5 данных по параметрам замедлений колес, полученных с помощью датчиков угловой скорости колеса 2, и величина замедления автомобиля, полученных с помощью инерционного датчика измерения линейного замедления автомобиля 6, в случае несовпадения этих параметров на 7% и более компьютер 5 подает сигнал "растормаживания" на электромагнитный клапан 7.

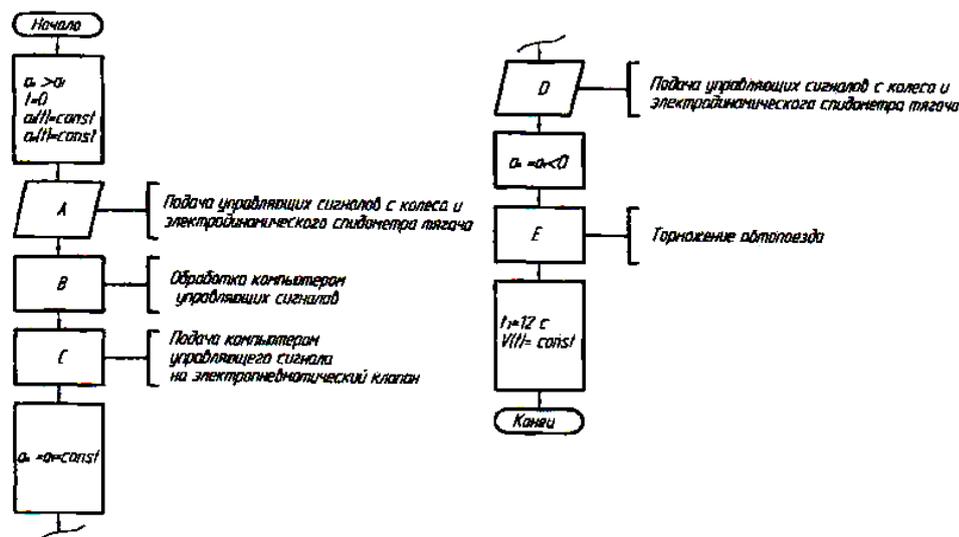


Рисунок 82 – Алгоритм работы антиблокировочного устройства

Через электромагнитный клапан 7 сжатый воздух из тормозной системы передних (задних) колес 9 выходит в атмосферу. Далее тормозная система; автомобиля растормаживается и его колеса разблокируются. При достижении величины замедления колеса и величины замедления автомобиля компьютер 5 подает сигнал "торможения" на электропневматический клапан 7, через который давление сжатого воздуха из ресивера 8 подается в тормозную систему передних (задних) колес 9. Автомобиль вновь затормаживается.

5. Антиблокировочное устройство управления колесным тормозом, схема которого представлена на рисунке 83 (АС 874420).

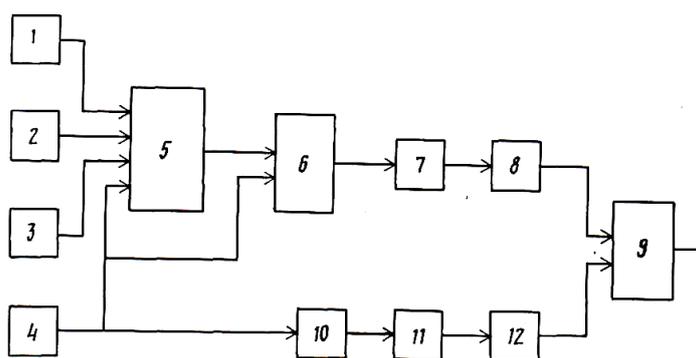


Рисунок 83 – Схема антиблокировочного устройства управления колесным тормозом

При образовании процесса развития блокировки контролируемого колеса, сигнал на выходе датчика 4 его угловой скорости начинает уменьшаться быст-

рее, чем уменьшаются сигналы на выходах остальных датчиков. Вследствие этого сигнал скольжения, получаемый на выходе сумматора 6, начинает увеличиваться; на выходе дифференциатора 7 формируется сигнал положительной полярности, пропускаемый дискриминатором 8 на первый вход схемы 9 совпадения. Уменьшение сигнала на выходе датчика 4 угловой 7 скорости контролируемого колеса 5 приводит к формированию на выходе дифференциатора 10 сигнала отрицательной полярности пропускаемого дискриминатором 11 на вход инвертирующего элемента 12, при этом с выхода элемента 12 на второй 0 вход схемы 9 совпадения поступает также сигнал положительной полярности.

Таким образом, при образовании процесса развития блокировки контролируемого колеса схема 9 совпадения данного антиблокировочного устройства вырабатывает 5 сигнал управления на понижение усилия соответствующего колесного тормоза.

Осуществление в данном устройстве одновременного контроля двух параметров, в совокупности характеризующих движение контролируемого колеса по отношению к движению самого транспортного средства, позволяет практически исключить количественную оценку. Применение совокупности элементов, в частности дифференциаторов и дискриминаторов, дает возможность выявлять начало процесса развития блокировки путем оценки тенденции (по знаку производной) к изменению движения колеса. Это позволяет повысить чувствительность, точность и быстродействие антиблокировочного устройства управления колесным тормозом по сравнению с известными.

На рисунке 84 представлена схема антиблокировочной тормозной системы автотранспортного средства (патент RU №2251501).

Антиблокировочная тормозная система включает в себя тормозные механизмы передних и задних колес, гидроагрегат, содержащий каналы управления тормозными механизмами передних и задних колес, двухсекционный главный тормозной цилиндр, двухконтурный регулятор давления, содержащий корпус, первичный и вторичный контуры с клапанами, уплотнительный узел, разделя-

ющий эти контуры, поршень, входящий в состав первичного контура, подпружиненный относительно корпуса, вход вторичного контура двухконтурного регулятора давления подключен к одной из полостей двухсекционного главного тормозного цилиндра.

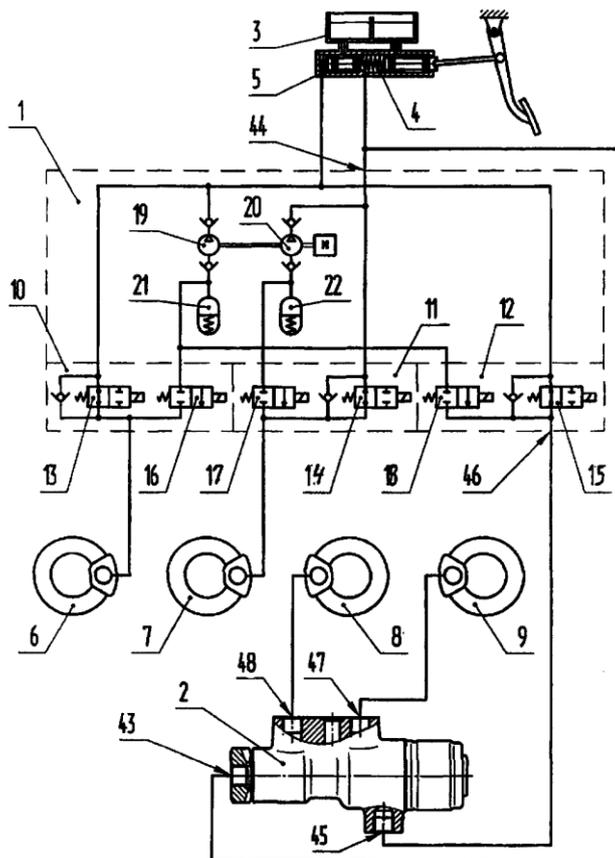


Рисунок 84 – Антиблокировочная тормозная система

Вход канала управления тормозными механизмами задних колес гидроагрегата соединен со второй полостью двухсекционного главного тормозного цилиндра. Изобретение относится к области автомобилестроения и может быть использовано в антиблокировочных тормозных системах автотранспортных средств.

На рисунке 85 представлена схема антиблокировочной тормозной системы АТС (патент RU №2114013).

В гидропривод антиблокировочной тормозной системы введен быстродействующий клапан, обеспечивающий нарастание и сброс величины давления жидкости при торможении. В корпусе быстродействующего клапана выполнены сверления для образования линий слива и управления. В корпусе выполне-

ны камеры для размещения соосно расположенных штока управления, ползуна с плунжером, запорного клапана с поршнем, в котором выполнено дроссельное отверстие. Все названные детали подпружинены.

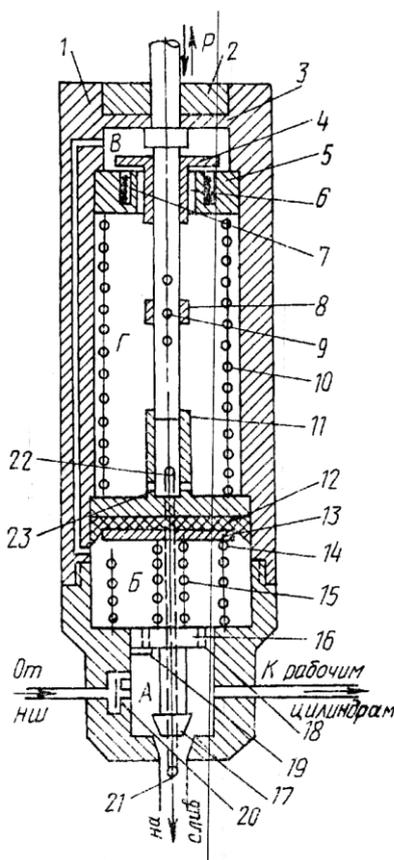


Рисунок 85 – Схема антиблокировочной тормозной системы

Система обеспечивает пульсирующее движение жидкости по линии управления, а в гидроприводе и рабочих тормозных цилиндрах нарастание и спад давления, обеспечивающих импульсное торможение.

На рисунке 86 (патент RU №2009913) представлена схема антиблокировочного устройства.

Сущность изобретения: повышение чувствительности антиблокировочного устройства за счет исключения промежуточных элементов путем совмещения центробежного груза и центробежного клапана. Это достигается тем, что в устройство дополнительно введен центробежный клапан, который установлен в корпусе ротора регулятора давления, при этом хвостовик клапана ориентирован стабилизирующей пружиной.

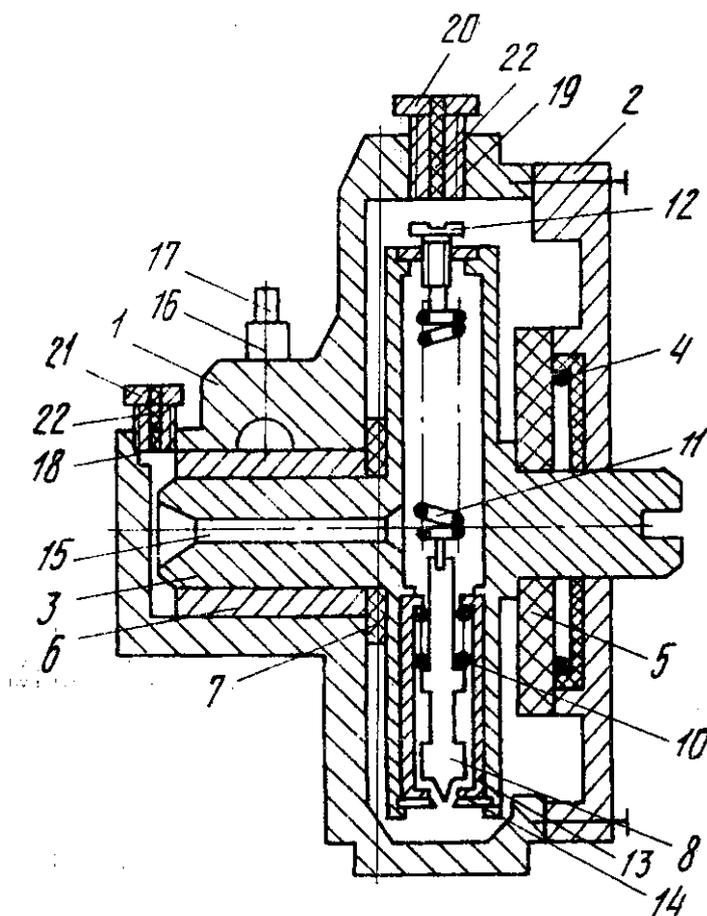


Рисунок 86 – Схема антиблокировочного устройства

Работает устройство следующим образом. При торможении колеса воздух из тормозной камеры через штуцер 20 в отверстие 19 поступает к центробежному клапану, который находится в закрытом состоянии (под действием пружины 10 и центробежной силы).

При угловом замедлении, равном расчетному, центробежный клапан 8 отходит от седла 13 под давлением воздуха, создаваемым в тормозной камере, и сообщит тормозную камеру через канал 15 и штуцер 21 в отверстии 18 с атмосферой. Происходит растормаживание, т. е. вновь происходит вращение. В общем случае периодичность цикла затормаживание растормаживание сократит тормозной путь автомобиля.

Эффективность предлагаемого решения заключается в том, что в зависимости от давления, создаваемого в тормозной камере, и центробежной силы, зависящей от углового замедления колеса изменяется проходное сечение в сед-

ле центробежного клапана и, следовательно, повышается эффективность срабатывания антиблокировочного устройства.

На рисунке 87 (патент RU №2025341) представлена схема антиблокировочного устройства автотранспортного средства.

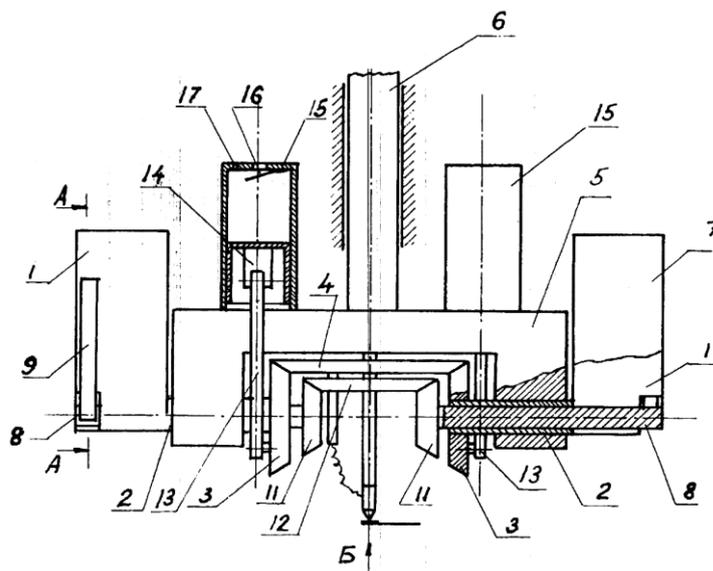


Рисунок 87 – Схема антиблокировочного устройства

Устройство может быть использовано в автотранспортных средствах, а именно для устранения блокировки колес при резком торможении автотранспортного средства, и может быть использовано также для устранения пробуксовки колес. Устройство содержит две параллельные инерционные системы, в каждую из которых входят инерционные тела, связанные с колесом и исполнительным органом разблокировки тормозного механизма. Во второй инерционной системе инерционные тела снабжены пневматическими демпферами. Выходы инерционных систем образуют электрический контакт цепи включения исполнительного органа тормозного механизма. Инерционные тела установлены диаметрально противоположно и кинематически связаны друг с другом с возможностью противоположного вращения на независимых валах.

При движении по неровной дороге с рытвинами и ухабами на инерционные тела и начинают действовать вертикальные инерционные нагрузки, заставляющие диаметрально противоположные инерционные тела поворачиваться одновременно в одном направлении. Но так как из-за наличия жесткой механи-

ческой связи между диаметрально противоположными телами они могут поворачиваться только в разные стороны, инерционные вертикальные нагрузки, действующие на них, гасятся передачей.

Предложенное устройство может быть использовано также для устранения пробуксовки колес при разгоне автотранспортного средства или при движении по скользкой дороге.

На рисунке 88 (патент RU №02116909) представлена схема антиблокировочной тормозной системы.

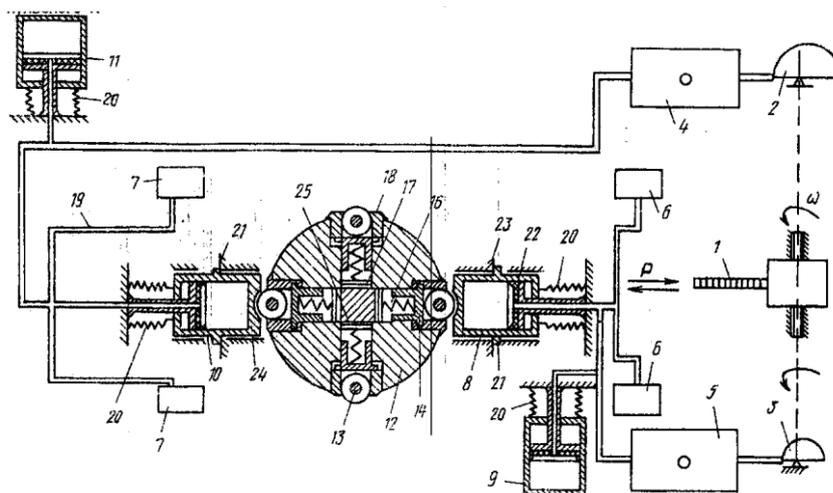


Рисунок 88 – Схема антиблокировочной тормозной системы

Изобретение может быть использовано в машиностроении, а конкретно в тормозных системах АТС. Техническим результатом изобретения является обеспечение импульсного торможения с регулированием величины тормозных сил без заноса и потери управляемости. Для этого в контуры гидропривода включены дополнительные цилиндры, выполняющие роль вторичных источников давления.

Совместная работа дополнительных цилиндров с вращающимся диском с роликами обеспечивает импульсное торможение, а реечный механизм управления со спиральными выступами различной величины на валу колеса, упоры на корпусе и выступы на колесе реечного механизма или упоры для рейки обеспечивают регулирование тормозных сил и ограничивают рост давления жидкости в контурах гидропривода и тем самым исключают блокировку колес.

4.6.3 Разработанные устройства повышения тормозной эффективности и динамичности сельскохозяйственных транспортных средств

4.6.3.1 Описание разработанного тормозного устройства автотранспортного средства

Результаты многочисленных исследований по обеспечению безопасности движения подтверждают тот факт, что среди общего количества ДТП из-за неисправностей автотранспортных средств, наибольшее количество приходится на неисправность тормозной системы. Безотказная работа тормозной системы – один из главных факторов, обеспечивающих безопасность движения. С увеличением парка автотранспортных средств, увеличением интенсивности движения повышаются требования к тормозным качествам.

Исследованию эффективности действия тормозных систем, расчету устойчивости и управляемости автотранспортных систем при торможении посвящено значительное количество работ отечественных и зарубежных ученых. Основные теоретические положения исследований изложены в трудах А.Б. Гредескула, Б.Б. Гембома, А.Я. Заикина, В.Г. Розанова, А.Ф. Мащенко, Б.А. Ройтмана, Р.В. Ротенберга, Ю.Б. Суворова, А.Н. Солнцева, Д.А. Соцкова, А.К. Фрумкина и других.

С целью совершенствования конструкции тормозных систем введены гидравлические, пневмогидравлические, пневматические и электропневматические приводы, введены отдельные контуры привода, повышается коррозионная стойкость трубопроводов приводов, улучшаются фрикционные свойства тормозных элементов, применяются автоматические регуляторы тормозных сил и антиблокировочных систем.

Перспективным направлением в обеспечении высоких показателей тормозных качеств автотранспортных средств занимает разработка эффективных и надежных конструкций тормозных устройств.

Разработчики и конструкторы тормозов зарубежных и отечественных фирм все большее предпочтение отдают разработке дисковых тормозов, обла-

дающих стабильными характеристиками в широком диапазоне температур, давлений и скоростей.

Достоинство дискового тормоза – возможность получения поверхности трения значительно большей, чем у колодочных тормозов, при одинаковых габаритных размерах. Это позволяет использовать дисковый тормоз при меньшем давлении между трущимися поверхностями. В результате повышается их износостойкость, сцепление трущихся элементов по плоской поверхности, обеспечивается высокая равномерность распределения давления, а следовательно, равномерный износ материала.

Для обеспечения безопасности движения, для снижения числа отказов тормозной системы при эксплуатации ТС, предлагается следующая конструкция дискового тормозного устройства для автотранспортных средств (патент №82173). Схема устройства представлена на рисунке 89.

Тормозное устройство состоит из корпуса 7 и блока 9 цилиндров. Блок цилиндров крепят неподвижно к поворотной цапфе передней оси. В блоке цилиндров выполнено шестнадцать отверстий, в восьми из них размещены поршни 2, в восьми других, установлены регуляторы 10 зазора. Уплотнение поршней обеспечивают резиновые и фторопластовые кольца. Своими основаниями поршни 2 упираются в прижимной диск 12. Между собой поршни соединены кольцевым каналом 4. В блок цилиндров ввернут штуцер 3 для подсоединения тормозного привода автомобиля.

Для охлаждения тормоза в корпусе и тормозном барабане имеются технологические отверстия.

Тормозной механизм работает следующим образом. При подаче давления сжатый воздух через штуцер 3 подается в кольцевой канал 4 к поршням 2, которые начинают двигаться, перемещая прижимной диск 12 в осевом направлении. При этом пакет дисков сжимается, на фрикционных поверхностях возникают силы трения и, следовательно, тормозной момент, пропорциональный давлению в приводе тормозной системы.

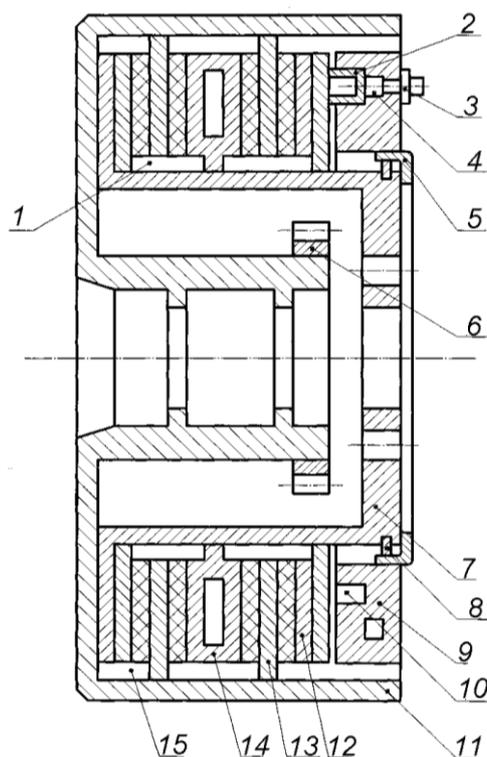


Рисунок 89 – Схема тормозного устройства:

- 1 – паз в корпусе; 2 – поршень; 3 – штуцер; 4 – кольцевой канал;
 5 – крышка; 6 – зубчатый венец; 7 – корпус; 8 – полукольцо; 9 – блок цилиндров;
 10 – регулятор зазоров; 11 – тормозной барабан; 12 – прижимной диск; 13 – подвижный диск;
 14 – неподвижный диск;
 15 – паз в тормозном барабане;

Зубчатый венец предназначен для зацепления с шестерней датчика антиблокировочной системы, разработанного для данного тормоза.

В процессе работы тормозного устройства происходит стирание материала накладок дисков. При этом увеличивается величина зазора между дисками, что влияет на быстродействие тормоза. Чтобы избежать данного нежелательного явления, в разработанном тормозном устройстве установлен регулятор зазоров, который обеспечивает оптимальный постоянный зазор между дисками (рисунок 90).

Регулятор зазоров работает следующим образом. Прижимной диск 1, перемещаясь при торможении, сжимает возвратные пружины 4. Величина максимального сжатия пружины равна величине хода зажима 3, который ограничен упором 10 и крышкой 2. При сбросе давления в цилиндрах возвратные пружины отжимают прижимной диск и толкатель 8 в исходное положение. При этом тормозные диски освобождаются и колесо растормаживается.

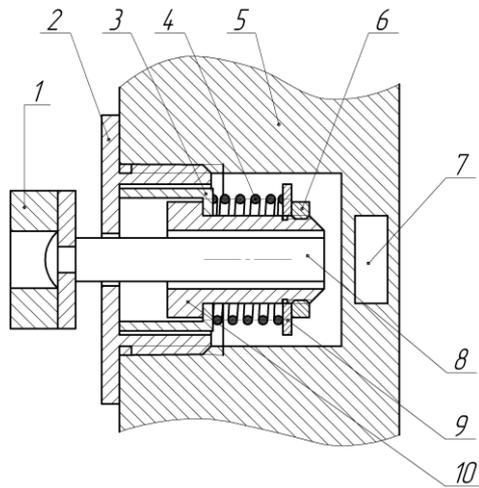


Рисунок 90 – Схема регулятора зазоров:

- 1 – прижимной диск; 2 – крышка; 3 – упор;
 4 – возвратная пружина; 5 – блок цилиндров; 6 – гайка;
 7 – кольцевой канал; 8 – толкатель; 9 – шайба; 10 – зажим

При износе трущихся поверхностей в процессе торможения прижимной диск перемещается на дополнительную величину, равную величине износа. При последующем растормаживании прижимной диск перемещается в обратном направлении только на величину сжатия пружин в процессе торможения. Так при работе тормоза автоматически выдерживается постоянство зазоров между дисками. Методика расчета тормозного механизма предполагает определение тормозного момента, развиваемого тормозом, и его соответствие тормозному моменту, развиваемому механическим транспортным средством при максимальном замедлении (рисунок 91).

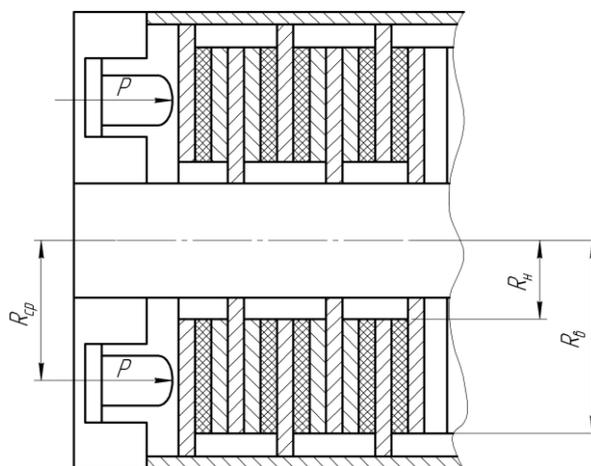


Рисунок 91 – Схема сил P и параметров тормозного устройства

Тормозной момент дискового тормозного устройства

$$M_T = z \mu R_{CP} P,$$

где z – число пар поверхности трения, $z = 4$;

μ – коэффициент трения, $\mu = 0,45$;

R_{CP} – радиус действия сил трения, эквивалентный действию всех элементарных сил трения на площади контакта: $R_{CP} = (R_H + R_B)/2$; R_H , R_B – наружный и внутренний радиус диска, м; P – осевое усилие, Н.

Для более точного определения среднего радиуса, используем формулу:

$$R_{ЭКВ} = R_{CP} \delta_\phi,$$

где δ_ϕ – коэффициент формы фрикционного элемента.

В предлагаемом тормозе можно использовать фрикционные элементы в виде кольцевого сектора, круга или овала (рисунок 92).

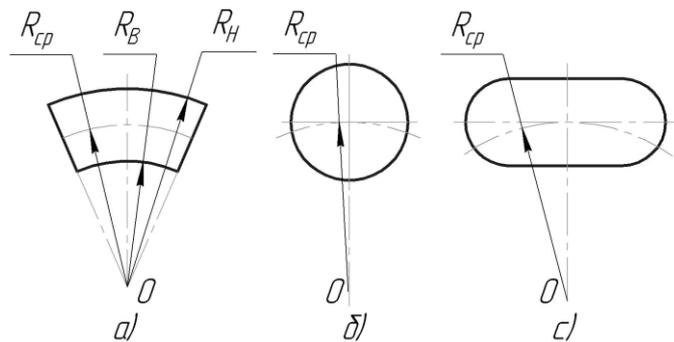


Рисунок 92 – Формы фрикционных элементов:

a – кольцевой сектор; b – круг; c – овал

Для расчетов берем фрикционный элемент в виде кольцевого сектора.

Для накладки в виде кольцевого сектора коэффициент δ_ϕ зависит от соотношения радиусов

$$a = (R_B/R_H) < 1.$$

Для расчетов примем $R_H = 0,21$ м, $R_B = 0,16$ м, $(R_H - R_B) < 0,6$.

Отсюда $a = 0,16/0,21 = 0,79$, тогда $\delta_\phi = 1,021$. Осевое усилие P в предлагаемом тормозе создается усилием восьми цилиндров. Для пневматического привода

$$P = 0,25 p \pi \sum_{i=1}^n d_{ц}^2,$$

где p – давление в пневмосистеме, $p = 0,9$ МПа;

$d_{ц}$ – диаметр цилиндра, $d_{ц} = 0,07$ м.

Отсюда

$$P = 0,25 \times 3,14 \times 0,9 \times 10^6 \times 8 \times 0,07^2 = 27689,8 \text{ Н.}$$

Тогда $R_{CP} = [(R_H + R_B)/2] \delta_\phi = [(0,21 + 0,16)/2] \times 1,021 = 0,189$ м.

Отсюда тормозной момент равен

$$M_T = z \mu RP = 4 \times 0,45 \times 0,189 \times 27689,8 = 9420,07 \text{ Нм.}$$

Тормозной момент, развиваемый автотранспортным средством при экстренном торможении,

$$M_1 = (G_z \varphi R_k)/2,$$

где G_z – масса автотранспортного средства, приходящаяся на переднюю ось при торможении:

$$G_z = G_1 + \frac{G_a \times h_0}{L_a} < \frac{J}{g}, \quad (4.35)$$

где φ – коэффициент сцепления шины с дорогой, $\varphi = 0,8$;

R_k – радиус колеса автотранспортного средства, $R_k = 0,477$ м;

G_1 – масса автотранспортного средства приходящаяся на переднюю ось,

$G_1 = 2538$ кг;

G_a – полная масса автотранспортного средства, $G_a = 7825$ кг;

h_0 – высота центра тяжести автотранспортного средства, $h_0 = 0,9$ м;

L_a – база автотранспортного средства, $L_a = 3,6$ м;

J – максимальное замедление при торможении, $J = 7,0$ м/с²;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с².

Подставив в формулу (4.1) выбранные ранее значения величин, получим

$$G_z = 2538 + 7825 \times 0,9 \times 7,0 / 3,6 \times 9,81 = 3934 \text{ кг.}$$

Отсюда

$$M_1 = (39340 \times 0,8 \times 0,477)/2 = 7506 \text{ Нм.}$$

Тормозной момент развиваемый тормозным механизмом 9420,07 Нм обеспечивает торможение транспортного средства с замедлением 7м/с^2 , при давлении в приводе тормозного механизма 0,9 МПа:

$$M_T > M_1$$

Расчет тормозного момента для фрикционных элементов круговой и овальной формы принципиального отличия не имеет.

В качестве расчетных данных использовали характеристики автомобиля КАМАЗ- 54113.

Разработанное тормозное устройство (рисунок 89) прошло диагностирование в ОАО “КАМА” на стенде технического диагностирования тормозов марки СТС10У.11.00.00.000РЭ.

Результаты диагностирования приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Результаты диагностирования тормозного устройства

Показатели	Требования ГОСТ Р 51709-2001	Полученные результаты
Удельная тормозная сила, γ_T , не менее	0,46	0,52
Относительная разность тормозных сил колес оси	20 %	12%
Усилие на органе управления, P_{II} , Н	686	610

Предложенная конструкция тормозного устройства позволяет увеличить удельную тормозную силу на 13%, снизить усилие на органах управления на 11%, что в итоге позволяет повысить надежность тормозного устройства, снизить износостойкость его элементов.

4.6.3.2 Описание разработанного тормоза грузового автомобиля

Применение дисковых тормозных устройств в конструкциях автотранспортных средств большой массы имеет свои специфические проблемы, одной из них является большая энергонагруженность тормоза. Высвобождающаяся за

короткий промежуток времени энергия накапливается в виде тепла в тормозных дисках и приводит к значительному повышению температуры. В связи с этим возникают две основные проблемы: неприемлемо короткий срок службы накладок и растрескивание фрикционной поверхности диска, приводящее к отказу всего узла. Кроме этого, при повышении температуры дисков и в результате теплопроводности, конвекции и излучения, тепло, аккумулируемое диском, передается к ступице, ободу и шинам колеса, снижая их жесткость.

Применение накладок из металлокерамического и биметаллического материалов, которые могут работать при высоких давлениях и температуре, решает первую проблему, однако решение остальных стало серьезной задачей. Поэтому специалисты, занимающиеся разработкой тормозов, большое внимание уделяют снижению термонагруженности, причем перспективным направлением становится применение жидкостного охлаждения.

Экспериментальным и теоретическим исследованиям нагрева дисковых тормозов, в частности, термо- и энергонагруженности, тепло- и энергоемкости, проблемам рассеивания тепла его отдельными частями и деталями и влияния их на эффективность работы дискового тормоза посвящены работы отечественных и зарубежных авторов Т.С. Лысых, А.В. Чичинадзе, Т.Е. Джейраншвили, Е.Б. Решетникова, С.И. Дандыма, Г.И. Клинковштейна, Ингрэм Б., Ньюкомб Т.П. и других.

Эксперименты, проведенные рядом зарубежных фирм, и отечественные исследования закрытых дисковых тормозов показывают стабильность их работы на всех режимах торможения, а также более низкую температуру на поверхности раздела накладки и диска, а следовательно, и низкий температурный градиент.

Авторами разработано тормозное устройство с пакетом фрикционных дисков, охлаждаемых жидкостью (патент №107301). Схема тормозного устройства представлена на рисунке 93.

Тормоз автомобиля работает следующим образом. При подаче рабочей жидкости под давлением через штуцер 13 в кольцевой канал к цилиндрам, поршни перемещаются, перемещая прижимной диск 10 в осевом направлении.

При этом выбирается первоначальный зазор между дисками, пакет дисков сжимается, в результате чего при вращении колеса на фрикционных поверхностях возникают силы трения и, следовательно, тормозной момент, пропорциональный давлению в приводе тормозной системы. Прижимной диск, перемещаясь при торможении, сжимает возвратные пружины регуляторов зазоров. Величина максимального сжатия пружин соответствует максимальному износу фрикционного материала

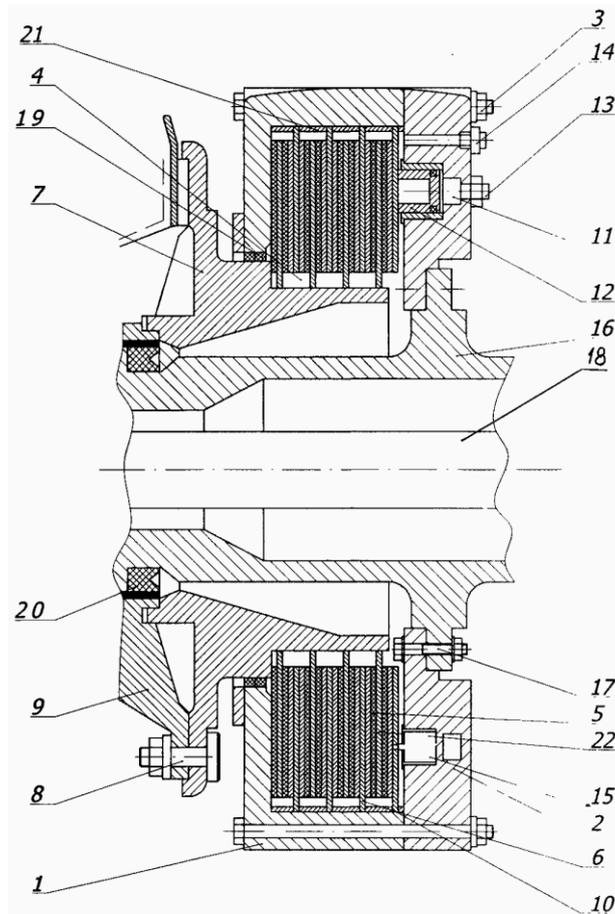


Рисунок 93 – Тормоз автомобиля:

- 1 – корпус; 2 – блок цилиндров; 3, 8, 17 – болты; 4 – паз;
 5 – подвижные диски; 6 – неподвижные диски; 7 – подвижная втулка;
 9 - ступица колеса; 10 – прижимной диск; 11 – кольцевой канал; 12 – поршень;
 13, 14 – штуцеры; 15 – регулятор зазоров; 16 – балка заднего моста;
 18 – полуось, 19, 20 – уплотнение; 21 – направляющие; 22 – накладка.

Для тормоза разработана система охлаждения тормозов, схема которой изображена на рисунке 94.

Для подвода охлаждающей жидкости на тормозе предусмотрен штуцер 13

(рисунок 93). Жидкость удерживается в полости тормоза двумя уплотнениями 19, 20, которые могут работать в условиях высоких температур. Емкость для жидкости расположена в верхней части системы для поддержания статического давления, исключая попадание воздуха в систему. Система охлаждения полностью герметизирована, поэтому тормоза защищены от загрязнения, коррозии.

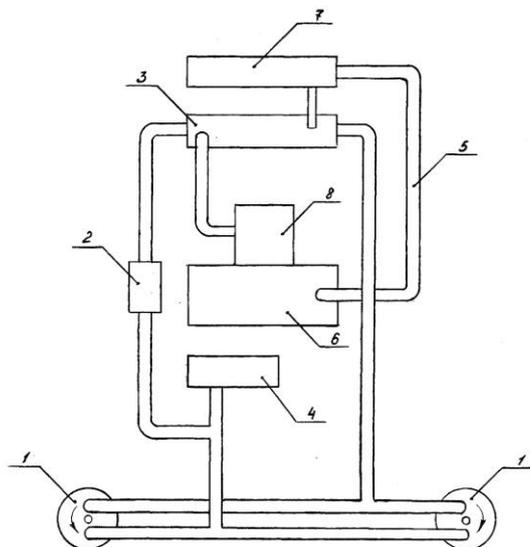


Рисунок 94 – Схема системы охлаждения тормоза:
 1 – тормоз; 2 – водяной насос; 3 – теплообменный аппарат;
 4 – масляный бак; 5 – трубопроводы; 6 – двигатель;
 7 – радиатор; 8 – водяной насос.

Расчет системы охлаждения тормозного механизма для плоскотрубных охладителей сводится к выполнению проектного и проектно-проверочного расчета, структура которых зависит от списков исходных данных. Охладитель комплектуют на базе серийно изготовленных плоскотрубных охладителей размеры которых строго фиксированы. Задают длину трубок с гофрированными пластинами, площадь поверхности трубки соприкасаемой охлаждаемым воздухом и нагреваемой жидкостью, число рядов и расположение трубок в охладителе и расход жидкости в системе охлаждения.

Исходные данные для расчетов:

- J_a – замедления при испытании типа “1”.....4,8 м/с²;
- g – ускорение свободного падения.....9,81 м/с²;
- V_n – скорость начала торможения.....16,67 м/с;

τ – время цикла.....	60 с;
V_k – скорость окончания торможения	8,34 м/с;
V_a – средняя скорость автобуса.....	12,5 м/с;
ν_f – коэффициент динамической вязкости жидкости	$0,5 \cdot 10^{-6}$ м/с;
ρ_f – плотность жидкости	998 кг/м ³ ;
C_f – теплоемкость жидкости.....	4200 Дж/кг·К;
C – теплоемкость алюминия.....	1200 Дж/кг·К;
G_f – расход жидкости в системе.....	12 л/мин;
M_f – масса жидкости системы.....	12 кг;
h_d – толщина диска.....	12 мм;
M_d – масса дисков.....	12 кг;
λ_v – теплопроводность воздуха.....	0,026 Вт/м·К;
T_o – температура окружающей среды.....	20 ⁰ С;
ν_v – коэффициент динамической вязкости воздуха.....	$15 \cdot 10^{-6}$ м/с;
λ_t – теплопроводность стенки канала.....	50 Вт/м·К;
f – площадь проходного сечения канала.....	$4,75 \cdot 10^{-6}$ м ² ;
F_k – площадь поверхности охлаждения канала.....	0,1132 м;
δ_t – толщина стенки канала.....	0,0005 м;
h_t – высота канала... ..	0,0025 м;
B_t – ширина канала.....	0,019 м;
L_t – длина канала.....	0,45 м;
t_p – расстояние между пластинами.....	0,0025 м;
S_1 – шаг между каналами по высоте охладителя.....	0,021 м;
S_2 – шаг между каналами по ширине охладителя.....	0,015 м;
h_g – высота гофра.....	0,007 м;
B_g – ширина гофра.....	0,009 м;
$d_{эк}$ – эквивалентный диаметр канала	0,00442 м;
R_3 – термическое сопротивление загрязняющих отложений..	$1,86 \cdot 10^{-4}$ (м ² ·К)/Вт.

Проектный расчет системы охлаждения тормозного устройства

При расчете системы охлаждения тормозного устройства необходимо начать с определения количества тепла, которое необходимо рассеять через охладитель в окружающую среду.

Энергия торможения, превращаемая в тепло силами трения, равна:

$$E = \frac{G \times (V_n^2 - V_k^2)}{2} \quad (4.36)$$

Масса, приходящаяся при торможении на переднюю ось, вычисляется по формуле:

$$G = G_1 + \frac{G_a \times h_g \times J_a}{L_a \times g} = 2538 + \frac{7825 \times 0,9 \times 4,8}{3,6 \times 9,81} = 3495 \text{ кг}, \quad (4.37)$$

отсюда

$$E = \frac{3495 \times (16,67^2 - 8,34^2)}{2} = 364062,45 \text{ Дж} \quad (4.38)$$

Прирост средней температуры дисков с охлаждением и жидкости системы охлаждения за время цикла торможения зависит от величины энергии, поглощаемой дисками и жидкостью, от их массы и теплоемкости.

$$\Delta T = \frac{E}{2 \times (C_f \times M_f + C \times M_d)} = \frac{364062,45}{4200 \times 21 + 1200 \times 20} = 2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.39)$$

Если начальные температуры дисков и жидкости равны между собой и равны окружающей среде, то среднелогарифмический напор равен:

$$\Delta T_{\log} = T_{cp} - T_o = 26 - 20 = 6 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.40)$$

При средней температуре 26 °С жидкости, входящей в охладитель, температуру жидкости, выходящей из охладителя, определяем с таким расчетом, чтобы суммарный прирост температуры за 20 циклов торможения не превосхо-

дил температуру кипения жидкости. Если температура жидкости, выходящей из охладителя, при первом торможении будет равняться 23°C , то есть приращение средней температуры будет равняться 3°C , то за 20 циклов температура системы не превысит температуру кипения жидкости.

Определим тепловую нагрузку охладителя.

$$Q = G_f \times C_f \times (t^I - t^{II}) = 0,2 \times 4200 \times 3 = 2520 \text{ Вт} \quad (4.41)$$

В зависимости от расхода жидкости, проходного сечения канала и числа каналов охладителя, определяем скорость течения жидкости, приняв предварительно число каналов 15.

$$W = \frac{G_f}{\rho \times f \times Z_{\phi}} = \frac{0,2}{998 \times 4,75 \cdot 10^{-6} \times 15} = 0,28 \text{ м/с} \quad (4.42)$$

Определим число Рейнольдса.

Для жидкости в каналах охладителя:

$$\text{Re} = \frac{W \times d_{\text{эк}}}{\nu_f} = \frac{0,49 \times 0,00442}{0,5 \cdot 10^{-6}} = 4331,6 \quad (4.43)$$

Для воздуха в сердцевине радиатора из плоских труб с коллективным оребрением:

$$\text{Re} = \frac{W \times h_t}{\nu_v} = \frac{0,28 \times 0,0025}{15 \cdot 10^{-6}} = 2976 \quad (4.44)$$

Определим число Нуссельта.

Для жидкости в каналах охладителя при ламинарном режиме течения:

$$\text{Nu} = 1,55 \times (\text{Re} \times \text{Pr} \times \frac{d_{\text{эк}}}{L_t})^{0,25} = 1,55 \times (2976 \times 4,31 \times \frac{0,00442}{0,45})^{0,25} = 4,9 \quad (4.45)$$

Число Прандтля принято равным $\text{Pr} = 4,31$

Для воздуха в сердцевине охладителя при коридорном расположении труб:

$$\begin{aligned}
 Nu &= 0,0512 \times \left(\frac{h_t}{t_p} \right)^{-0,54} \times \left(\frac{S_1 - B_t}{t_p} \right)^{-0,14} \times Re^{0,73} \times Pr^{0,33} \times \left(1 + 1,9 \times \frac{h_g \times B_g}{S_1} \right) = \\
 &= 0,0512 \times \left(\frac{0,0025}{0,0025} \right)^{-0,54} \times \left(\frac{0,021 - 0,019}{0,0025} \right)^{-0,14} \times 2976^{0,73} \times 0,7^{0,33} \times \left(1 + 1,9 \times \frac{0,007 \times 0,009}{0,021} \right) = 12,46 \quad (4.46)
 \end{aligned}$$

Число Прандтля принято равным $Pr = 0,7$

Коэффициенты теплоотдачи.

Для жидкости в каналах охладителя:

$$\alpha_f = Nu \times \frac{\lambda_{жк}}{d_{эк}} = 4,9 \times \frac{0,635}{0,00442} = 704 \quad (4.47)$$

Для воздуха в сердцевине охладителя:

$$\alpha_v = Nu \times \frac{\lambda_v}{B_t} = 12,46 \times \frac{0,026}{0,019} = 129,6 \quad (4.48)$$

Коэффициент теплопередачи охладителя вычисляем по формуле:

$$k = \frac{1}{\sum R} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_v} \right) + \left(\frac{\delta_t}{\lambda_t} \right) + R_3 + \left(\frac{1}{\alpha_f} \right)} = \frac{1}{\frac{1}{129,6} + 1 \cdot 10^{-5} + 1,86 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{704}} = 109,7 \quad (4.49)$$

Необходимая площадь поверхности охлаждения радиатора определяется по формуле:

$$F = \frac{Q}{k \Delta T_{\log}} = \frac{3495}{109,7 \times 6} = 5,31 \text{ м}^2 \quad (4.50)$$

Поверочный расчет.

Площадь поверхности охлаждения радиатора при числе каналов 15.

$$F^1 = F_k \times 15 = 0,1132 \times 15 = 1,698 \text{ м}^2 \quad (4.51)$$

Фактически площадь поверхности теплопередачи $F = 1,698 \text{ м}^2$, соответствующая скорости течения жидкости равной $W = 0,49 \text{ м/с}$, не обеспечивает достижения данной тепловой нагрузки 2520 Вт.

Чтобы обеспечить необходимую площадь поверхности теплопередачи,

определяем необходимое число каналов охладителя.

$$Z = \frac{F}{F_k} = \frac{5,31}{0,1132} = 50 \quad (4.52)$$

Чтобы число рядов по ширине было кратным 12, число каналов принимаем 48.

С увеличением числа каналов охладителя изменяется скорость течения жидкости в трубках охладителя.

$$W = \frac{G_f}{\rho \times f \times Z_{\phi}} = \frac{0,2}{998 \times 4,75 \cdot 10^{-5} \times 48} = 0,11 \text{ м/с} \quad (4.53)$$

Уточняем число Рейнольдса и Нуссельта

$$\text{Re} = \frac{W \times d_{\text{эк}}}{\nu_f} = \frac{0,11 \times 0,00442}{0,5 \cdot 10^{-6}} = 1034,2 \quad (4.54)$$

$$\text{Nu} = 1,55 \times (\text{Re} \times \text{Pr} \times \frac{d_{\text{эк}}}{L_t})^{0,25} = 1,55 \times (1034 \times 4,31 \times \frac{0,00442}{0,45})^{0,25} = 3,94 \quad (4.55)$$

Определим коэффициент теплоотдачи.

$$\alpha_f = \text{Nu} \times \frac{\lambda_{\text{жк}}}{d_{\text{эк}}} = 3,94 \times \frac{0,635}{0,00442} = 566 \quad (4.56)$$

Определим коэффициент теплопередачи:

$$k = \frac{1}{\left(\frac{1}{129,6} + 1 \cdot 10^{-5} + 1,86 \cdot 10^{-5} + \frac{1}{566}\right)} = 103,3 \quad (4.57)$$

Необходимая площадь поверхности теплопередачи:

$$F = \frac{Q}{k \times \Delta T_{\log}} = \frac{2520}{103,3 \times 6} = 4,06 \text{ м}^2 \quad (4.58)$$

Фактическая площадь поверхности теплопередачи:

$$F^1 = F_k \times 48 = 0,1132 \times 48 = 5,4 \text{ м}^2 \quad (4.59)$$

Фактически площадь поверхности теплопередачи $5,4 \text{ м}^2$ и скорость течения $0,06 \text{ м/с}$ обеспечивает достижение данной тепловой нагрузки 2520 Вт .

В итоге для радиатора системы охлаждения тормоза предварительно определили габаритные размеры охладителя при длине трубки $0,45 \text{ м}$ с трехрядным расположением 48 трубок, то есть $0,45 \times 0,09 \times 0,18$.

Закрытый дисковое тормозное устройство с жидкостным охлаждением позволяет уменьшить удельную нагрузку на фрикционный материал, температуру в зоне контакта, исключить пульсирующие тепловые воздействия на поверхность трения диска и отводить значительно большее количество теплоты, снижая тем самым среднеобъемные и поверхностные температуры, что в конечном итоге увеличивает как долговечность тормоза, так и улучшает его характеристики.

4.6.3.3 Описание разработанного тормоза для автотранспортных средств

Для повышения надежности тормозной системы для автотранспортных средств, автором разработана конструкция дискового тормоза, схема которого представлена рисунке 95, (патент №107834).

Особенностью конструкции является то, что для снижения энергонагруженности в тормозе предусмотрена комбинированная система охлаждения фрикционных материалов тормозных дисков. При незначительных значениях температуры диски охлаждаются набегающим потоком, при увеличении температуры до предельных значений жидкостью.

Тормоз состоит из корпуса 1 и блока цилиндров 2 выполненного из алюминиевого сплава. Блок цилиндров удерживается на корпусе с помощью двух полуколец 8, закрытых крышкой 5. Во внутренней полости корпуса расположены подвижные 13 и неподвижные 14 диски.

Подвижные диски своими шлицами устанавливаются в пазы с направляющими 11 тормозного барабана 3, неподвижные – в пазы корпуса 1. Чтобы уменьшить износ барабана, при движении стального диска по пазам,

направляющие выполнены из стали. Подвижные диски с двух сторон имеют секторы из металлокерамики склепанных попарно, неподвижные – восемь биметаллических секторов, расположенных на металлическом кольце, которые имеют возможность свободного перемещения по окружности кольца. В блоке цилиндров выполнено шестнадцать отверстий, в восьми из них размещены поршни 6, в восьми других регуляторы 7 зазора.

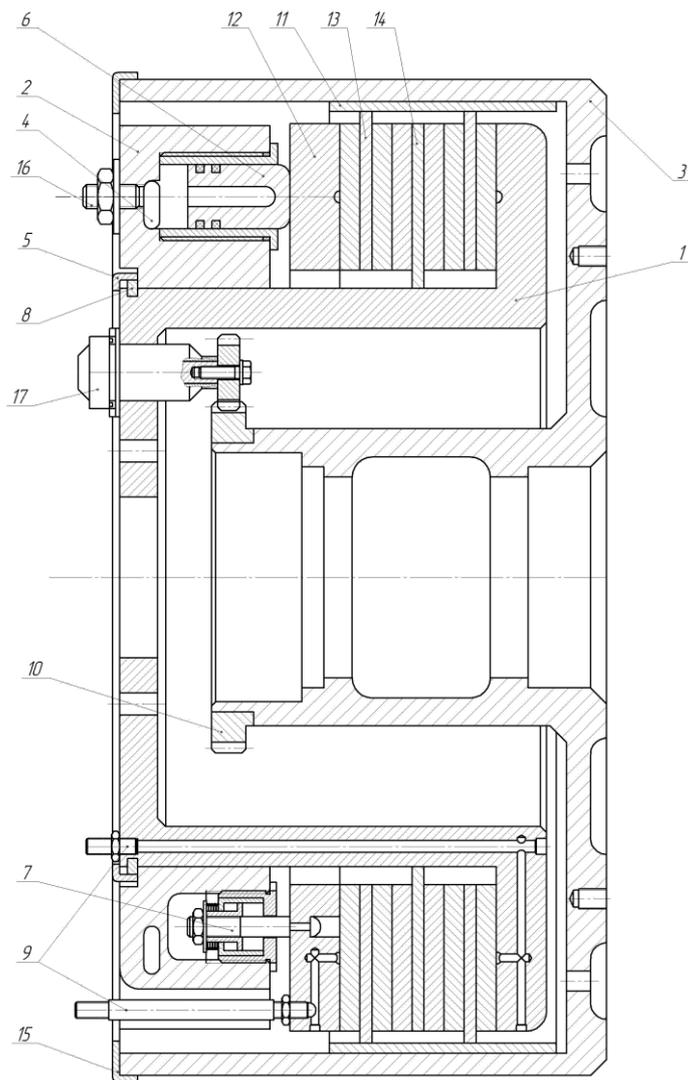


Рисунок 95 – Тормозное устройство

Уплотнение поршней обеспечивают резиновые и фторопластовые кольца. Своими основаниями поршни 6 упираются в прижимной диск 12. Между собой поршни соединены кольцевым каналом 4. В блок цилиндров

ввернут штуцер 16 для – подсоединения тормозного привода автомобиля, штуцеры 9, для подвода охлаждающей жидкости. Для более эффективного действия системы жидкостного охлаждения зазор между корпусом и барабаном закрыт крышкой 15. Зубчатый венец 10 предназначен для зацепления шестерни датчика 17 антиблокировочной системы, разработанного для данного тормоза.

Тормоз работает следующим образом. При подаче давления рабочее тело (сжатый воздух, гидравлическая жидкость) через штуцер 16 подается в кольцевой канал 4 к поршням 6, которые начинают двигаться, перемещая прижимной диск 12 в осевом направлении. При этом пакет дисков сжимается, на фрикционных поверхностях возникают силы трения и, следовательно, тормозной момент, пропорциональный давлению в приводе тормозной системы.

Для контроля температуры тормозных дисков применяется электронное устройство на основе терморезистора и компаратора, которое при превышении допустимого значения температуры автоматически включает систему охлаждения (рисунок 96).

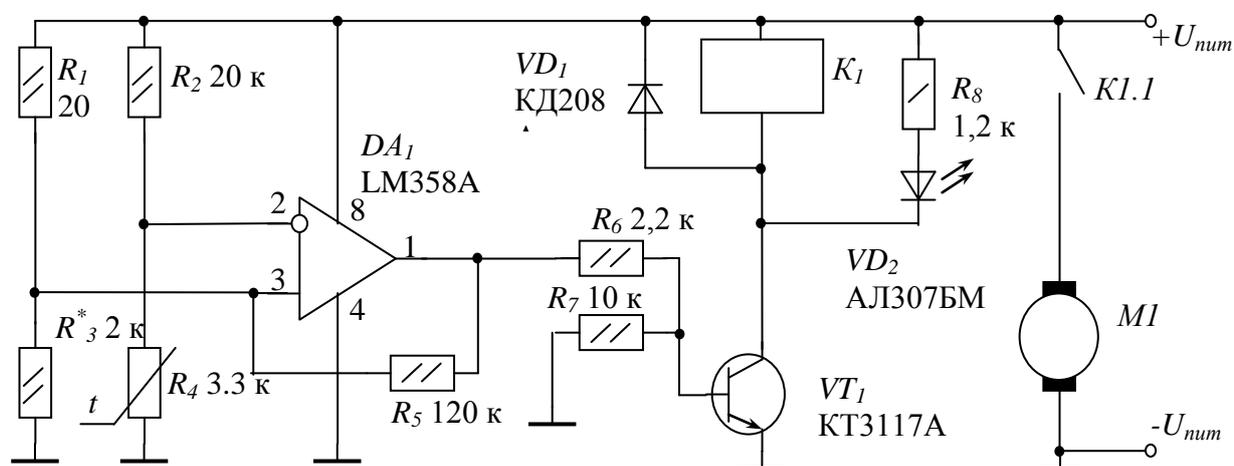


Рисунок 96 – Электронное устройство

В качестве датчика температуры используется терморезистор СТЗ-24 (R4), включённый в диагональ моста R1 – R4. Температура срабатывания предлагаемого устройства определяется сопротивлением резистора R3. Изменяя его сопротивление, можно устанавливать требуемую температуру срабатывания.

К диагоналям моста R1 – R4 подключён операционный усилитель DA1, работающий в режиме компаратора с положительной обратной связью через R5. Эта связь обеспечивает гистерезис срабатывания. Операционный усилитель выбран с малым напряжением смещения и возможностью работы от однополярного источника питания.

Выход DA1 подключён к транзисторному ключу на транзисторе VT1, который коммутирует реле K1 и сигнальный светодиод VD2.

Напряжение питания – 12 В. Для защиты транзисторного ключа от индуктивных выбросов напряжения применен защитный диод VD1.

Реле K1 коммутирует нагрузку – насос M1 для подачи охлаждающей жидкости. В схеме использовано реле РЭН18 исполнения РХ4.569.702. Для сигнализации включенного состояния применён светодиод красного цвета свечения АЛ307БМ.

Разработанная конструкция позволяет уменьшить вес тормозного устройства по сравнению с жидкостным оставаясь при этом надежным и эффективным.

4.6.4 Описание разработанной антиблокировочной системы грузового автомобиля

Разработанные тормозные устройства предусматривают применение антиблокировочной системы (АБС). Предлагается следующая АБС, принципиальная схема которой, изображена на рисунке 97 (патент №107736).

АБС имеет два контура. I – й – пневматический контур питания тормозов (стандартная тормозная система транспортного средства с пневматическим приводом); II – электрический, второй контур работает только при включении выключателя 4 (включается водителем после запуска) и выключателя 5, который включается только при наличии давления в тормозной системе. Это необходимо, чтобы не держать под напряжением электромагнитные клапаны системы.

Система работает следующим образом. При включении выключателя 5 электрическая система АБС включается в систему электрообеспечения транспортного средства. При запуске двигателя компрессор 1 начинает нагнетать сжатый воздух в пневматическую систему транспортного средства. Через фильтр 2 и редуктор 3

воздух под давлением накапливается в ресивере и дежурит у тормозного крана. При нажатии на педаль управления тормозной системой, сжатый воздух подается в тормозную систему, включается выключатель 4, при этом запитываются электрической энергией электромагнитные клапаны 9 и инерционные датчики 10 – электрический контур антиблокировочной системы готов к работе.

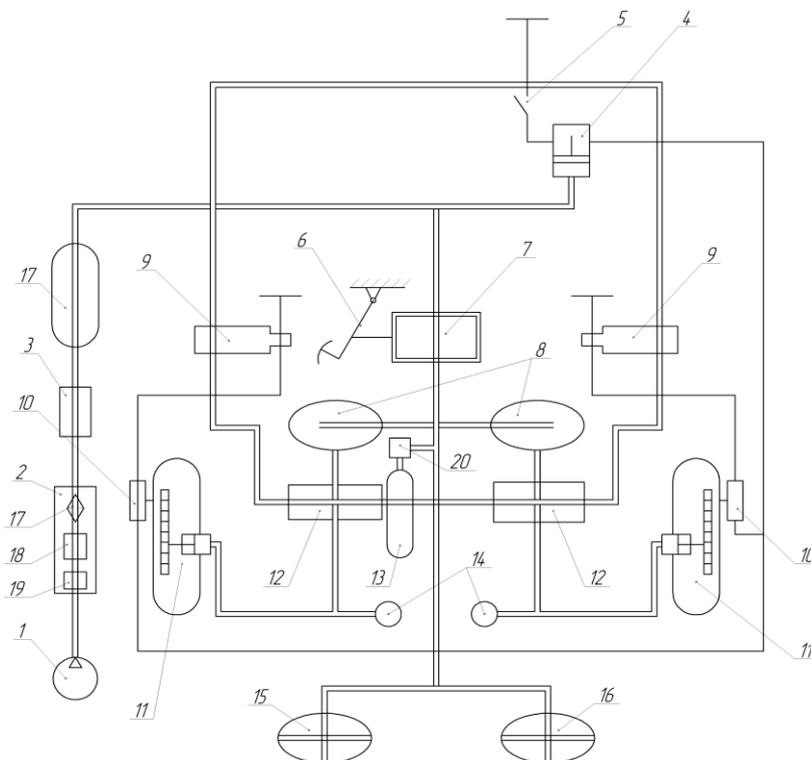


Рисунок 97 – Схема антиблокировочной системы:

- 1 – компрессор; 2 – воздушный фильтр; 3 – редуктор давления;
- 4,5 – выключателей; 6 – педаль управления тормозами; 7 – тормозной кран;
- 7, 8 – тормозные камеры передних колес; 9 – электромагнитные клапана (в соответствии с числом колес); 10 – инерционный датчик (в соответствии с числом колес); 11 – тормоз колеса; 12 – переключатели;
- 13 – пневмоаккумулятор; 14 – датчик давления в тормозной системе;
- 15,16 – тормозные камеры задних колес; 17 – ресивер; 18 – ускоритель

Воздух также через ускоритель 18 запитывает пневмоаккумулятор 13, через переключатели 12 подается к тормозам 11, колеса затормаживаются. При появлении блокировки колес (юз) на любом из колес срабатывает инерционный датчик 10 данного колеса, при этом замыкаются электрические контакты инерционного датчика 10, которые подают электрический сигнал на электромагнитный клапан 9. Электромагнитный клапан срабатывает, сжатый воздух

Коромысло 6 при этом не нажимает кнопку контакта 10, колесо растормаживается, не допуская блокировки. При дальнейшем торможении колеса, когда его угловая скорость падает, а угловое замедление достигнет заданного порогового значения, что соответствует началу юза колеса, маховик 12 начинает обгонять валик 3, увлекая за собой фасонную втулку 4. При повороте втулки относительно валика толкатель – лопатка скользит по скосам втулки в сторону крышки 16, нажимая при этом на коромысло 6. Второе плечо коромысла через винт 8 включает контакт выключателя 10, который подает сигналы на растормаживание колеса. Колесо растормаживается. Возникает угловое ускорение колеса, оно набирает угловую скорость, и возникший инерционный момент маховика 12, обратного знака, совместно с пружиной 11 возвращает детали датчика в исходное положение. Датчик готов к работе. Датчик был изготовлен и прошел испытания на работоспособность. Основные технические данные представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Основные технические данные датчика

Напряжение питания, В	24 ±10%
Угловое замедление колеса на которое реагирует датчик, рад/с ²	450 ±50
Продолжительность электрического импульса при резкой остановке валика, с	0,55

Практическое применение АБС с разработанными тормозными устройствами позволяет улучшить характеристики устойчивости и управляемости СТС при торможении. Снизить тормозной путь, в сложных погодных условиях до 20%, при этом исключить занос СТС при торможении.

4.6.5 Описание разработанной педали управления для сельскохозяйственных транспортных средств

В настоящее время для управления автотранспортным средством применяются педали, конструктивно состоящие из стержня педали и полки. Для изменения рабочей длины педали на стержне имеются “лыски”, которые также предназначены для фиксации стержня на рычаге системы управления. Открутив болт уз-

ла крепления педали, можно передвинуть стержень педали на очередную “лыску”, при этом длина стержня педали увеличится или уменьшится. Узел крепления педали находится под полом кабины в труднодоступном месте, поэтому выполняемые на ней технологические операции нередко приводят к травме водителя.

Предлагаю использовать в качестве органа управления транспортным средством педаль, изображенную на рисунке 99 (патент №2321505).

Педаль имеет герметичный вывод, состоящий из корпуса 1, закрытого гайками 2. Внутри корпуса расположены бронзовые втулки 3, резиновые уплотнения 4, войлочные кольца 5. Корпус болтами крепится к полу кабины. Герметизация стержня педали осуществляется резиновыми кольцами уплотнения 4. Для уменьшения трения внутренняя полость корпуса через отверстие заполняется смазкой ЦИАТИМ – 221. Отверстие закрыто пробкой 13.

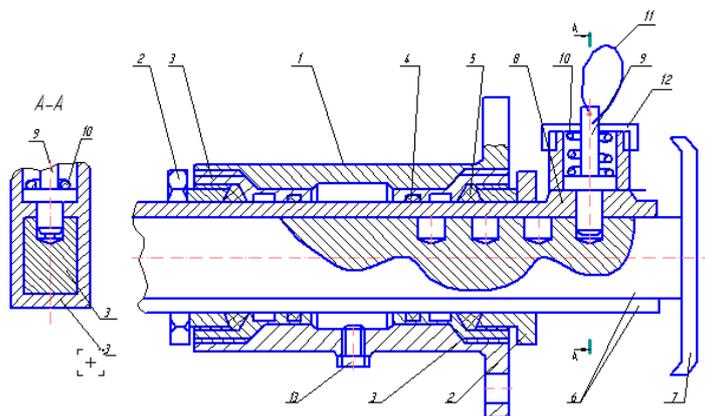


Рисунок 99 – Педаль управления автотранспортным средством:

1 – корпус; 2 – гайка; 3 – втулка; 4 – резиновые уплотнения; 5 – войлочные кольца; 6 – стержень педали; 7 – полка; 8 – стакан; 9 – фиксатор; 10 – пружина; 11 – кольцо; 12 – крышка; 13 – пробка

Непосредственно педаль имеет полку 7 и телескопический стержень педали 6 со стопорным механизмом. Стопорный механизм состоит из стакана 8, приваренного к стержню педали, фиксатора 9, пружины 10, кольца 11. Стакан закрыт крышкой 12. Телескопический стержень выполнен двухсекционным. Вторая секция имеет углубления для фиксации.

Педаль работает следующим образом. Для изменения рабочей длины стержня педали необходимо взяться рукой за кольцо 11, стопорного механизма,

преодолевая сопротивление пружины 10, вытащить фиксатор 9 из углубления, а затем передвинуть секцию телескопического стержня на необходимую величину. Все необходимые операции выполняются в кабине.

Предлагаемая разработка позволяет водителю выбрать наиболее правильную посадку в кабине, это обеспечивает наименьшую усталость и хорошую видимость дороги, что в конечном итоге способствует повышению безопасности движения.

4.6.6 Устройство для предотвращения столкновения автотранспортных средств

Устройство касается обеспечения активной безопасности автомобиля и предназначено для:

- предупреждения столкновения автомобилей, движущихся в потоке;
- предупреждения наезда сзади (при экстренном торможении автомобиля);
- предупреждения наезда, при замедлении движения автомобиля вызванного любой причиной, в том числе даже до нажатия педали тормоза водителем.

Предупреждение наезда (столкновения) автомобилей осуществляется путем включения стоп – сигналов.

Устройство содержит датчик ускорения 1, электронный усилитель 2, электронное реле 3, сигнал от которого поступает на лампочку 4 стоп – сигнала (рисунок 100).

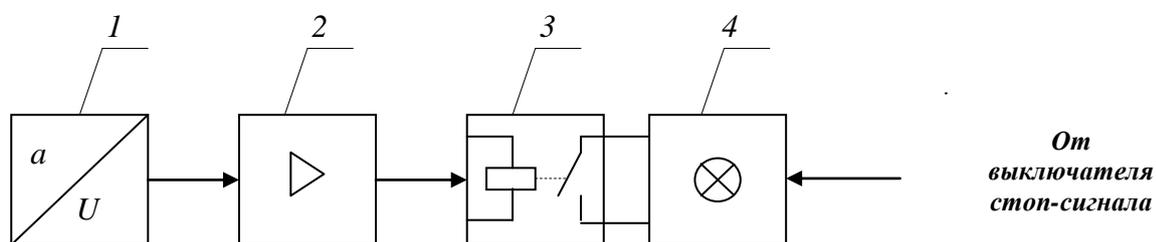


Рисунок 100 – Устройство для предотвращения столкновения автотранспортных средств

Датчик ускорения представляет собой интегральный акселерометр (рисунок 101).

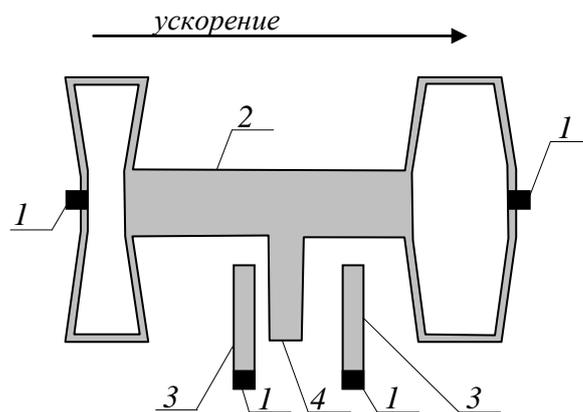


Рисунок 101 – Схема интегрального акселерометра:
 1 – анкер; 2 – инерционная масса; 3 – неподвижная пластинка конденсатора (обкладка); 4 – подвижная пластинка конденсатора

Принцип действия датчика ускорения основан на использовании смещения инерционной массы 2, приводящей к изменению ёмкости между инерционной массой и неподвижной пластиной (обкладка) 3, преобразуемой в выходное напряжение, подаваемое на электронный усилитель. После усиления, напряжение подается на реле включающее лампы стоп – сигналов.

Устройство для предотвращения столкновения автотранспортных средств, следит за торможением автомобиля и при заданном значении тормозного ускорения автоматически включает стоп – сигналы, что по условиям безопасности равнозначно уменьшению остановочного пути автомобиля на 15 – 20 м.

Анкеры 1, предназначены для крепления элементов устройства.

4.6.7 Система автоматической регистрации параметров движения автотранспортных средств

Система автоматической регистрации параметров движения (САРПД) предназначена для записи на магнитную ленту параметров и сигналов работоспособности основных систем автотранспортного средства и его оборудования, текущего времени движения и служебных параметров.

Состав системы:

1. Комплект датчиков параметров (КТП).

2. Комплект согласующих устройств (КСУ).

3. Блок управления и преобразования (БУ и П) служит для преобразования снимаемых с датчиков напряжений и частот в код. Кодирования текущего времени, запоминания и коммутации бинарных сигналов, коммутации служебных параметров, поступающих с блока служебных параметров, управления записью на магнитный накопитель, самоконтроля точности преобразования напряжения и частоты в код.

4. Магнитный накопитель (МН) служит для записи кодово – импульсной информации на магнитной ленте, воспроизведения записанной информации и вывода ее в наземное устройство обработки.

5. Блок питания (БП) служит для питания регистратора и датчиков стабилизированным напряжением постоянного тока.

6. Коммутатор датчиков (КД) служит для последовательного подключения линий связи от датчиков и модулей разовых сигналов к схемам преобразования блока управления и коммутации.

7. Блок усилителей записи и самоконтроля (БУЗ и С) служит для усиления импульсов записи информации, самоконтроля магнитного и сквозного тракта, коммутации токов и стирания информации в магнитном накопителе.

8. Блок служебных параметров (БУП) служит для кодирования и выдачи информации (даты рейса, номер пассажирского маршрута, номер рейса и др.), устанавливаемой перед дорожным движением (рейсом) с помощью переключателей на блоке. Блок обеспечивает коммутацию электрических цепей системы, включение и контроль регистрации на остановке, самоконтроль точности преобразования частоты в код, индикацию исправности регистратора, подключение к системе наземного устройства и контрольно – проверочной аппаратуры.

9. Средства включения – выключения системы.

10. Комплект кабелей.

Система автоматической регистрации параметров движения автотранспортных средств осуществляет измерение и преобразование в код напряжения

датчиков аналоговых параметров (ДАГ), а также напряжение разовых и бинарных сигналов (команд) от датчиков систем автотранспортного средства (ДСА) (рисунок 102).

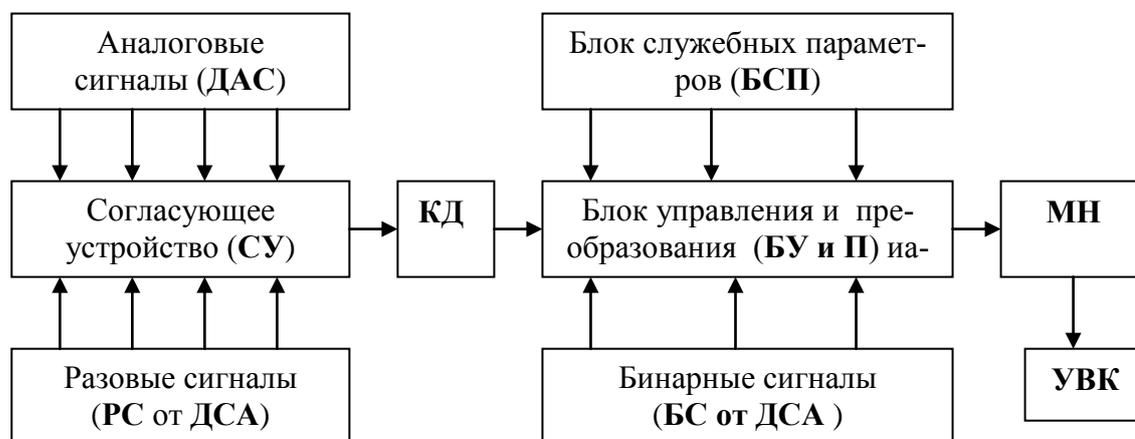


Рисунок 102 – Блок – схема системы автоматической регистрации параметров движения

Принцип действия САРПД. Измеримые напряжения аналоговых параметров и разовых сигналов через согласующие устройства (СУ) по линиям связи подводятся к коммутатору датчиков. Коммутатор датчиков (КД) последовательно подключает измеряемые напряжения к блоку управления и преобразования (БУ и П). Кроме того, к блоку (БУ и П) непосредственно от систем автотранспортного средства, подводятся напряжения разовых (бинарных) сигналов, а также условный двоично – десятичный код служебных параметров, формируемый в блоке служебных параметров (БСП).

В качестве носителя информации (НИ) применяется магнитная лента из железо – никель – хромового сплава.

Система САРПД имеет устройства встроенного контроля (УВК) работоспособности основных функциональных узлов и блоков:

Результаты контроля индицируются с помощью сигнальных ламп с номерами контролируемых блоков лампочки «СИСТЕМА»

Для контроля технического состояния системы используется контрольно-измерительная аппаратура.

4.7 Основы методологии построения системы управления безопасностью транспортных процессов

4.7.1 Нормативное прогнозирование безопасности

Уровень безопасности транспортных процессов в значительной степени определяется качеством управления системой В-ТС-Д-С и её отдельными элементами. Управлению подлежат все процессы функционирования данной системы, в первую очередь планирование, организация и выполнение дорожного движения, и их обеспечение, а при необходимости – процессы подготовки специалистов и водительского состава, разработки и испытания новых транспортных средств, а также структурные изменения самой системы.

Выработка управления и контроль правильности его реализации могут осуществляться разными путями. Одним из таких путей является путь, базирующийся на нормативном прогнозировании. Суть нормативного прогнозирования заключается в следующем:

1. Разрабатывается прогнозная модель, позволяющая оценивать вероятность благополучного завершения дорожного движения при заданных условиях выполнения и варианте управления, варианте обеспечения.

2. Проводятся систематические расчеты всего множества планируемых рейсов при различных вариантах управления и определения ожидаемого числа дорожно-транспортных происшествий.

3. Выбирается такой вариант управления, который обеспечивает минимум дорожно-транспортных происшествий. Этот вариант и принимается за норму.

Необходимым условием нормативного прогнозирования является детальное наблюдение за функционированием системы. Наблюдение необходимо, для:

- разработки прогнозной модели и идентификации её параметров;
- собственно прогнозирования, при котором необходимо знать реальное состояние системы.

Объем и потребная детальность и оперативность наблюдения требуют автоматизации всех его основных процессов.

4.7.2 Автоматизированная информационная система

Для накопления информации и возможности ее использования, как для нормативного прогнозирования, так и для задач обеспечения повседневной деятельности АТП (планирование, учет, отчетность) необходимо создание в памяти ЭВМ, так называемых баз данных и разработка программ системы управления базами данных.

База данных представляет собой упорядоченную структуру хранения информации, как в оперативной памяти машины, так и на носителях (диски, флешки и т.п.). Для обеспечения работы базы данных математическое обеспечение предусматривает наличие системы управления базой данных (СУБД). Разработка СУБД представляет собой сложную самостоятельную математическую задачу.

К базе данных автоматизированных информационных систем АТП мимо общеизвестных предъявляются следующие специфические требования:

1. База данных автоматизированная информационных систем (АИС) автотранспортного предприятия должна содержать всю информацию, необходимую для планирования и организации повседневной деятельности АТП, с учетом всех требований обеспечения безопасности движения, выполнения грузовых и пассажирских перевозок и для уточнения информационной модели системы В-ТС-Д-С.

2. Структура базы данных должна позволить как наращивать базы новыми объектами, так и вводить новые атрибуты для существующих.

3. Объем базы данных должен позволить размещать её в ЭВМ относительно невысокого класса.

4. При переходе водителя на новое место работы или передаче автотранспортных средств в другое АТП должна быть обеспечена возможность одновременной передачи всего информационного массива, относящегося к этим объектам.

5. Простота и время выборки должны быть минимальными при решении наиболее часто встречающихся задач.

6. Информация базы данных должна быть защищена как от несанкционированного обновления информации, так и от несанкционированного считывания.

4.7.3 Метод распознавания образов

Как известно, объектом теории безопасности движения является система В-ТС-Д-С и её элементы, а предметом исследования – закономерности возникновения и развития опасных ситуаций. Учитывая, что выявление всех опасных ситуаций возможно только при использовании автоматизированной обработки дорожной информации, необходима разработка методов автоматизации оценки опасности, опасной ситуации.

В математическом аспекте подход базируется на теории распознавании образов.

Задача распознавания образов есть задача определения типа объекта или процесса по качественным или количественным признакам его описывающим.

Исходные данные – множество объектов или процессов, для каждого из которых известно описание в виде набора признаков и известно, к какому из возможных классов этого множества оно принадлежит. Задача – построить по этой информации такое правило, с помощью которого можно было бы достоверно классифицировать вновь появляющийся объект. Это правило ищется путем построения разделяющей гиперплоскости в многомерном пространстве признаков (рисунок 103). Для этого используется программно-алгоритмический комплекс FOP (обобщенный портрет).

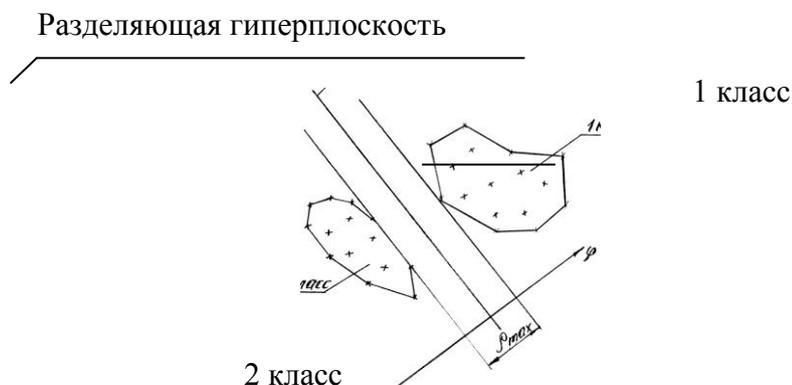


Рисунок 103 – Схема построения разделяющей гиперплоскости в многомерном пространстве признаков

Решающее правило в трехмерном пространстве представляет собой плоскость, разделяющей области разных классов. В многомерном пространстве роль решающего правила выполняет гиперплоскость.

Построение разделяющей гиперплоскости происходит следующим образом. Ищется такое направление (обобщенный портрет) в полном пространстве признаков, чтобы проекции выпуклых оболочек областей точек разных классов опасности опасной ситуации на это направление были максимально удалены друг от друга. Разделяющая гиперплоскость проводится перпендикулярно выбранному направлению, через середину отрезка, соединяющего проекции.

Предполагается, что расстояние между проекциями на направление превосходит заданную константу. Если это условие не выполнено, т.е. максимальное расстояние между проекциями оказывается меньше этой константы (или проекциями перекрываются), то из обучающей выборки исключается вектор, наиболее препятствующий успешному разделению. Поиск продолжается до тех пор, пока либо задача не будет решена, либо число исключенных векторов не превзойдет заданную долю числа векторов в обучающей выборке.

Классификация новых состояний объекта осуществляется по положению вектора их описания относительно найденной плоскости.

Контроль качества построенного решающего правила проводится по экзаменационной выборке.

Процесс обучения распознаванию можно разбить на три последовательно выполняемых этапа:

- построение признакового пространства;
- построение оптимальной разделяющей гиперплоскости;
- контроль качества построенной гиперплоскости по экзаменационной выборке.

В целом задача обучения распознаванию сводится к следующему. Различные состояния объекта предъявляются для обучения распознаванию в виде матрицы векторов. Каждая строка матрицы представляет собой p -мерный век-

тор значений признаков, являющихся обезразмеренными переменными каждого объекта. При этом очень важно, чтобы совокупность признаков в наибольшей степени характеризовала различия возможных состояний объекта. Кроме того, от размерности признакового пространства в значительной степени зависит вычислительная сложность процедур обучения распознаванию и достоверность самого распознавания.

Для сокращения размерности пространства признаков используется переход к дискретному их описанию. Весь диапазон изменения значений каждого признака разбивается специальным образом на интервалы. Разбиение осуществляется последовательно каждый раз на большее число интервалов.

При каждом варианте разбиения определяется степень информативности каждого признака. Величина информативности определяется по обучающей выборке. Физически она показывает, насколько эффективно признак при данном разбиении на интервалы способствует правильному распознаванию состояний объекта. Кроме этого, данная процедура позволяет исключать из обучения распознаванию малоинформативные признаки.

На втором этапе обучения распознаванию строится оптимальная разделяющая гиперплоскость.

Теоретические основы этого этапа состоят в следующем. Два конечных множества векторов

$$\begin{aligned}
 X &= \{x_1, \dots, x_a\} \\
 X &= \{\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_b\}
 \end{aligned}
 \tag{4.60}$$

разделимы ориентированной гиперплоскостью, если существует такой вектор φ , что выполняются неравенства:

$$\begin{aligned}
 x_i^T \varphi &\geq c, & i = 1, \dots, a, \\
 \bar{x}_j^T \varphi &\leq c, & j = 1, \dots, b,
 \end{aligned}
 \tag{4.61}$$

где c – некоторая константа.

Среда всех φ есть φ_0 , определяющий такое направление, на котором проекции множеств x и \bar{x} наиболее отстоят друг от друга.

$$\varphi_0 = \arg \max_{\varphi} \left[\min_{x_i \in X} x_i^T \varphi - \max_{x_j \in \bar{X}} x_j^T \varphi \right] \quad (4.62)$$

Этот вектор φ_0 назван оптимальным, а полученная с его помощью гиперплоскость

$$xy_0 = c_0,$$

$$c_0 = \frac{\min x_i^T \varphi_0 + \max x_i^T \varphi_0}{2}, \quad (4.63)$$

где

оптимальной разделяющей гиперплоскостью.

Основной задачей является отыскание оптимального направляющего вектора φ_0

Построение оптимального направляющего вектора φ_0 эквивалентно решению задачи отыскания максимума функционала

$$W(\alpha) = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \alpha_{ij} - \frac{1}{2} \varphi^T \varphi, \quad (4.64)$$

где

$$\varphi = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \alpha_{ij} z_{ij}$$

$$z = \{z_{ij} = x_i - \bar{x}_j\}, \quad i = 1, \dots, a, \quad j = 1, \dots, b$$

всего a, b элементов.

α_{ij} – точка траектории движения к максимуму функционала $W(\alpha)$

Отыскав максимум функционала $W(\alpha)$ считается, что оптимальная разделяющая гиперплоскость построена. Она задана вектором:

$$\varphi = \sum_{i=1}^L \alpha_i (x_i - \bar{x}_i) \quad (4.65)$$

и числом

$$R = 0,5(x_*\varphi^T + \overline{x_*}\varphi^T) \quad (4.66)$$

где x_* и $\overline{x_*}$ векторы разных классов, ближайšie к гиперплоскости;

L – начальное число выделенных пар векторов.

Контроль качества построенного решающего правила осуществляется по достоверности распознавания экзаменационной выборки. Экзаменационная выборка – это последовательность векторов, не участвовавших в построении решающего правила, но принадлежность к классам опасности опасной ситуации которых известна. Достоверность распознавания оценивается отношением числа правильно распознанных векторов к общему числу векторов экзаменационной выборки данного класса.

РАЗДЕЛ II Обеспечение безопасности операторов сельскохозяйственных транспортных средств и мобильных машин в транспортно – технологических процессах агропромышленного производства

Предисловие

Сельское хозяйство является одной из важнейших отраслей экономики Российской Федерации, в котором сконцентрированы материально – технические, трудовые и финансовые ресурсы. При этом оно регулярно входит в тройку самых травмоопасных отраслей. За период с 2000 по 2010 год включительно, в организациях сельскохозяйственного производства погибло 13886 человек. Только в 2009 году в сельском хозяйстве летальные травмы получили 875 человек, что составило 19,8% от общего числа погибших на производстве в Российской Федерации.

Анализ производственного травматизма показывает, что в условиях реорганизации сельскохозяйственного производства наблюдается тенденция увеличения доли травм, связанных с рядом конструктивных недостатков сельскохозяйственной техники, средств технического обслуживания и ремонта, в том числе сельскохозяйственной самосвальная и мобильной техники. Проблема травмоопасности сельскохозяйственной самосвальная и мобильной техники заключается в самопроизвольном опускании гидрофицированных частей мобильных машин, грузовых платформ самосвалов, прицепов и полуприцепов, в частности из-за отказов гидроприводов. Выдвинутый еще в 80-е годы тезис о необходимости перехода от техники безопасности к безопасной технике имеет прямое отношение к сельскохозяйственному производству и в настоящее время, в котором более 70% тяжелых травм так или иначе связаны с техникой.

Разработанная Правительством Российской Федерации «Программа обновления парка сельскохозяйственной техники (на период 2012 – 2014 годы)» предусматривала ускорение темпов модернизации машинно – тракторного парка отечественного АПК (на сегодняшний день, более 50% используемых на сельскохозяйственных работах тракторов и комбайнов работают за пределами сроков

службы). Объекты программы – тяговые машины и оборудование (комбайны, тракторы, тракторы в комплексе с навесным прицепным оборудованием и техникой). В процессе замены техники допускается не проводить ее физическое уничтожение и снятие с учета, ее разрешается оставить в хозяйствах для дальнейшего использования, что в итоге непосредственно связано с безопасностью.

Не решают проблему травмоопасности сельскохозяйственной самосвальной техники (в полной мере) вновь разработанные промышленностью автомобили – самосвалы марок «Ермак», КрАЗ – 6510, КрАЗ – 6530С; КамАЗ – 6520, Урал – 5557 – 31, самосвальные прицепы и полуприцепы марок ПС – 60, 2 ПТС – 4, – 5, 2ПТС – 8, ПУС – 15 и других, так как на них система подъема и опускания грузовых платформ кардинально не изменилась.

Транспортные работы в сельскохозяйственном производстве являются неотъемлемой частью технологического процесса. В последние годы наблюдается стабильный рост удельного веса самосвального подвижного состава в сельском хозяйстве. Однако, как показывает статистика, рост объема сельскохозяйственных перевозок сопровождается ростом травматизма, в том числе по причине самопроизвольного опускания грузовых платформ самосвалов и самосвальных прицепов (полуприцепов). В связи с этим снижение травмоопасности транспортной сельскохозяйственной самосвальной и мобильных техники совершенствованием конструкции и повышения надежности гидрофицированных частей остается актуальной и требует постоянных научных исследований, разработки новых эффективных методов и технических средств снижения травматизма при эксплуатации, обслуживании и ремонте данной техники.

Глава 1 Актуальность проблем обеспечения безопасности операторов транспортно - технологических процессов в сельскохозяйственном производстве

1.1 Обзор исследований в области грузовых автомобилей сельскохозяйственного назначения

В настоящее время в сферу перевозок вовлекается все большее число мелких промышленных, агропромышленных, фермерских и других предприятий с небольшим объемом перевозок грузов. Содержание погрузочно- разгрузочных механизмов на таких предприятиях экономически нецелесообразно. В этих условиях для механизации погрузочно – разгрузочных работ целесообразно применять транспортные средства, оборудованные автономным погрузочно – разгрузочным механизмом. К такому подвижному составу относятся автомобили – самосвалы, автомобили – самопогрузчики и автомобили с грузоподъемной площадкой.

Автомобили – самосвалы классифицируются по следующим признакам:

- приспособленности к дорожным условиям эксплуатации (работа во внедорожных условиях по специальным дорогам и по дорогам общей транспортной сети);
- грузоподъемности (автомобили – самосвалы грузоподъемностью более 12 т и стандартные автомобили – самосвалы грузоподъемностью до 12 т);
- эксплуатационному назначению: карьерные, универсальные, узкоспециализированные;
- форме кузова (корытообразные, трапециевидные и прямоугольные);
- направлению разгрузки (с разгрузкой назад, на боковые стороны и трехсторонней);
- конструкции привода самосвального механизма (с гидравлическим, пневматическим, механическим, электрическим, комбинированным приводами).

Форму кузова автомобилей – самосвалов определяют ряд факторов:

- физико-механические свойства перевозимых грузов, требования жесткости (прочности) кузова для особо тяжелых условий эксплуатации, стремление к

универсальности кузовов для возможности перевозки в них относительно разнообразной номенклатуры грузов и, наконец, направление разгрузки. В поперечном сечении кузова могут иметь прямоугольную и полуэллиптическую форму (рисунок 103, *а, б*), корытообразную форму а в продольном сечении (рисунок 103).

в), а также кузова ковшового (рисунок 103 *г*) и совкового производить разгрузку на три стороны, корытообразная форма кузова обычно используется при разгрузке назад, но может быть применена и для разгрузки на сторону.

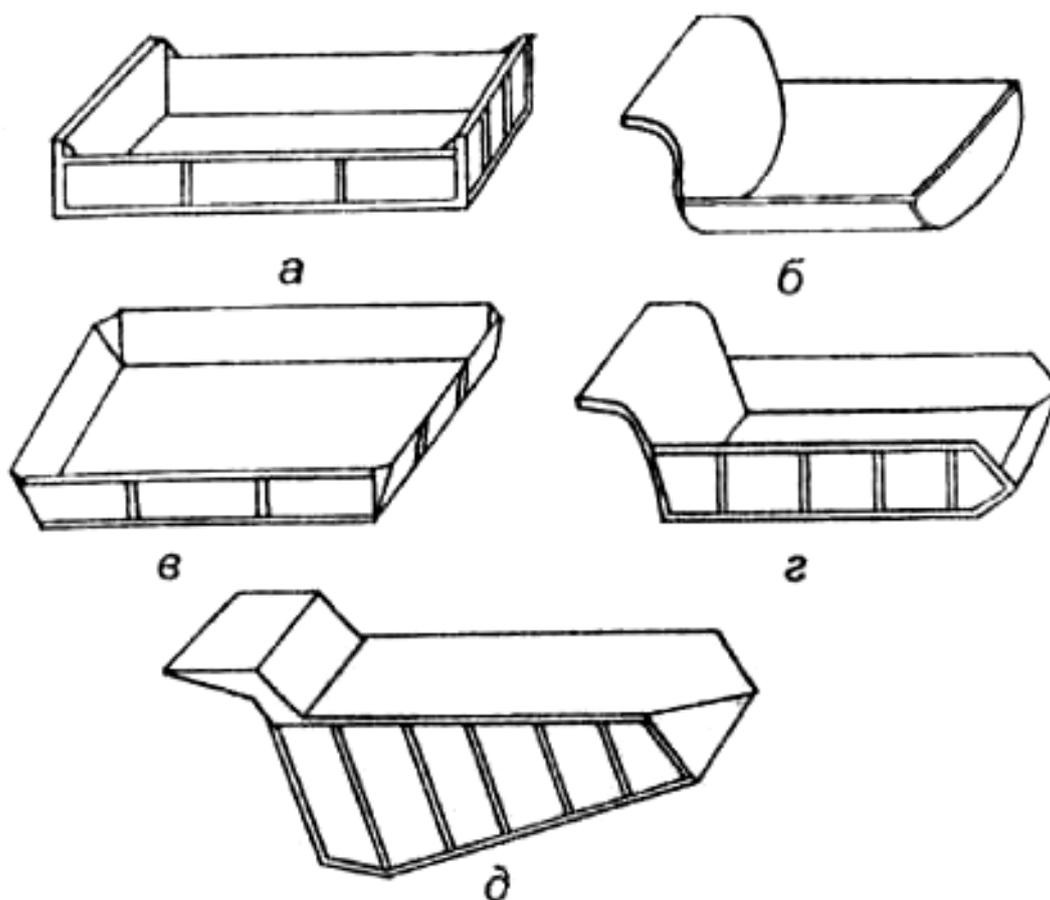


Рисунок 103 – Формы кузовов автомобилей – самосвалов:
а – прямоугольная; *б* – полуэллиптическая; *в* – корытообразная;
г – ковшового типа; *д* – совкового типа

Полуэллиптические кузова лучше сопротивляются ударным нагрузкам при погрузке, однако не могут обеспечить полноту выгрузки груза при сбрасывании на сторону.

Кузова ковшового и совкового типов применяются для самосвалов большой и особо большой грузоподъемности. Конструкция их позволяет снизить

центр тяжести груженого автомобиля и несколько сместить его в сторону кабины, что увеличивает устойчивость и равномерность распределения массы автомобиля на его оси. Автомобили – самосвалы большой и особо большой грузоподъемности не имеют заднего борта кузова. Для предотвращения потерь груза при движении задняя часть пола кузова несколько приподнята.

Кузова, устанавливаемые на автомобильных транспортных средствах, также делятся по различным типам:

- кузов с универсальной платформой (стандартный). Делится на: безбортовые платформы, предназначенные для перевозки негабаритных и тяжеловесных грузов;
- со стандартными бортами, предназначенный для перевозки различных грузов;
- с наращенными бортами, предназначенный для перевозки легковесных грузов;
- тентованный, предназначенный для перевозки грузов, подверженных воздействию атмосферных условий;
- самосвальные кузова, предназначенные для перевозки и механической выгрузкой грузов.

Автомобили – самосвалы стали одним из популярных видов техники, используемых для перевозки сельскохозяйственных грузов. Самосвалы (полуприцеп с кузовом или прицеп) чаще всего применяют для транспортировки сыпучих, навалочных и других видов грузов, которые пригодны для выгрузки посредством опрокидывания из кузова. На отечественном рынке представлено множество различных моделей самосвалов, которые выполняют разгрузочные работы с помощью механического (гидравлического) наклона кузова (рисунок 104).

Основным преимуществом самосвальных транспортных машин является сокращение времени на разгрузку. Такая эксплуатационная особенность выгодно отличает самосвалы от аналогичных грузовиков, имеющих фиксированную грузовую платформу.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 104 – Современные отечественные автомобили – самосвалы:

а) – ГАЗ – САЗ – 3512; б) – ГАЗ – САЗ - 3507 – 01;

в) – ЗИЛ – ММЗ – 4508; г) – КамАЗ – 65115

Прицепы и полуприцепы для перевозки сельскохозяйственных грузов подразделяются на: общетранспортные и специальные. В зависимости от назначения их разделяют на: универсальные и специальные, а по числу осей – на одноосные, двухосные и трехосные.

Механизированная разгрузка современных самосвалов осуществляется в результате подъема (наклона) платформы назад или на боковые стороны.

По способу подъема платформы современные самосвалы разделяют на три принципиально отличные группы:

1. Самопрокидывающиеся самосвалы. Платформа самосвалов наклоняется под действием собственного веса и веса груза. Эти самосвалы конструктивно наиболее просты.

2. Полусамосвалы – это главным образом прицепы и полуприцепы, реже

автомобили, которые разгружают, наклоняя платформу стационарным краном на месте разгрузки.

3. Самосвалы с принудительным подъемом платформы. Это самая многочисленная группа современных автомобилей и автопоездов – самосвалов.

В конструкции самосвалов предусмотрены механизмы для подъема платформы. Очевидным преимуществом самосвалов последнего типа является механизация процесса разгрузки и возможность разгрузки в любом месте независимо от наличия постороннего источника энергии.

Энергия, необходимая для подъема платформы, передается гидравлическим, пневматическим, электрическим, механическим и комбинированным приводами.

На некоторых транспортных машинах механизированная разгрузка сыпучих грузов из грузовых платформ осуществляется принципиально другими способами. Основными из таких, разгружающихся устройств, являются:

- кузов-бункер с наклонным полом; разгрузка осуществляется после открывания бокового борта путем естественного ссыпания груза;

- кузов-бункер с пневморазгрузкой сыпучего или пылевидного груза; компрессорная установка может быть на самом автомобиле или стационарная на пункте разгрузки;

- платформа с подвижным (конвейерным) полом; груз для разгрузки смещается к заднему или боковому борту;

- телескопические кузова; сталкивание груза обеспечивается сдвиганием звеньев кузова;

- платформа с подвижным щитом; от переднего борта к заднему двигается щит, сталкивающий груз; привод щита механический или гидравлический.

1.2 Обзор конструкций опрокидывающих устройств автомобилей – самосвалов

На большинстве современных автомобилей – самосвалов применяются гидравлические опрокидывающие устройства. Привод насоса таких механиз-

мов; осуществляется, как правило, от двигателя автомобиля через коробку отбора мощности. Применение гидравлических опрокидывающих устройств позволяет снизить затраты времени на подъем и опускание платформ, повысить надежность и безопасность эксплуатации, ТО и ремонта.

Гидравлические опрокидывающие устройства классифицируют по следующим основным признакам:

- числу гидроцилиндров – один или два;
- месту крепления гидроцилиндра – под платформой, перед платформой;
- с цилиндрами, расположенными с двух сторон платформы (слева и справа; спереди и сзади);
- начальному расположению гидроцилиндров — горизонтально, вертикально, наклонно;
- конструкции гидроцилиндров – простые (поршневые или плунжерные) одностороннего или двустороннего действия; телескопические одностороннего или двустороннего действия;
- системе воздействия на платформу – с качающимися цилиндрами и шарнирным креплением штока к платформе; с качающимися цилиндрами и рычажно – балансирным механизмом; с неподвижными цилиндрами и опорно-роликовой системой;
- конструкции насоса – шестеренного или аксиально – плунжерного типа;
- по взаимосвязи с другими гидравлическими системами независимые (автономные), объединенные с гидроусилителем;
- по приводу насоса – от коробки отбора мощности, установленной на картере коробки передач; от коробки отбора мощности через карданную передачу; непосредственно от ведомого вала коробки передач; от электродвигателя или от специального (автономного) двигателя внутреннего сгорания.

Принципиальная схема гидравлического опрокидывающего устройства автомобиля – самосвала ГАЗ – САЗ – 3507 – 01 представлена на рисунке 105.

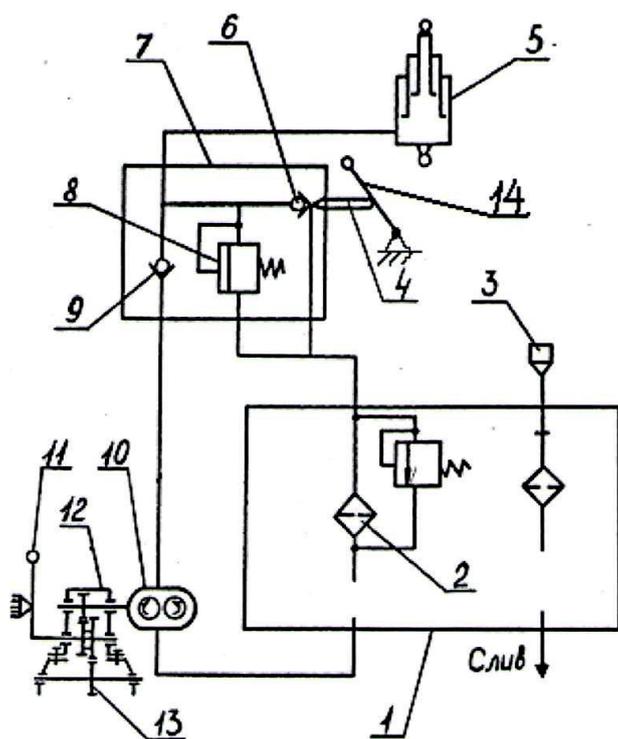


Рисунок 105 – Принципиальная схема гидравлического опрокидывающего устройства автомобиля – самосвала:

- 1 – маслобак; 2 – сливной сетчатый фильтр с предохранительным клапаном; 3 – заливная горловина маслобака; 4 – толкатель клапана опускания платформы; 5 – гидроцилиндр; 6 – клапан опускания платформы; 7 – кран управления; 8 – предохранительный клапан крана управления; 9 – обратный клапан; 10 – насос шестеренный; 11 – рычаг управления КОМ; 12 – коробка отбора мощности; 13 – шестерня заднего хода коробки передач автомобиля; 14 – рычаг управления КУ

При проектировании гидравлических опрокидывающих устройств выбирают принципиальные кинематическую и гидравлическую схемы; рассчитывают действующие усилия (кинематический расчет), мощность, потребляемую при подъеме платформы; выбирают, конструируют и рассчитывают элементы гидравлической системы; унифицируют основные узлы гидравлических опрокидывающих механизмов.

Наиболее важный вопрос – выбор расположения и крепления гидроцилиндра. В современных конструкциях получили распространение телескопические гидроцилиндры одностороннего действия, устанавливаемые под платформой, шестеренные масляные насосы, агрегатированные с коробкой отбора мощности, которую крепят болтами к привалочной поверхности люка коробки

передач. Включение в работу гидравлической системы обеспечивает кран управления. При подаче масла под давлением к гидроцилиндру звенья начинают выдвигаться и воздействуют на платформу, обеспечивая подъем одного ее края. Для ограничения угла наклона платформы и повышения надежности гидравлической системы устанавливают ограничители угла.

При расположении гидроцилиндра перед платформой существенно уменьшаются усилия, передаваемые гидроцилиндром на ее детали и детали рамы (надрамника). Кроме того, сосредоточенная нагрузка оказывается приложенной в зоне переднего борта – конструкции, имеющей большую поперечную жесткость, в то время как при расположении гидроцилиндра под платформой сосредоточенная нагрузка приложена к плоскому днищу, что вынуждает усиливать его дополнительными несущими балками. Благоприятное распределение статических нагрузок при расположении гидроцилиндра впереди позволяет снизить массу платформы без изменения ее прочности. Преимуществами такого расположения гидроцилиндра являются также: доступность для обслуживания; сокращение длины трубопроводов от насоса к гидроцилиндру; сокращение гидравлических потерь в трубопроводах. К недостатку следует отнести: большую длину звеньев гидроцилиндра, что несколько усложняет производство; возможность применения только для разгрузки назад.

На рисунке 106 показан гидроцилиндр автомобиля – самосвала ГАЗ – САЗ – 3507-01.. Для подъема платформы применяется телескопический гидроцилиндр с тремя выдвигаемыми плунжерами. Подвод масла в гидроцилиндр производится через штуцер в днище. Для уплотнения плунжеров **2, 3, 4**, корпуса **8** и днища **5** применяются круглые уплотнительные кольца 11, 12, 13, 14. Для защиты трущихся поверхностей плунжеров от попадания пыли и грязи в плунжерах установлены резиновые защитные кольца 15, 16, 17. Для ограничения перемещения плунжеров вниз, в нижней части плунжеров установлены пружинные стопорные кольца 18, 19.

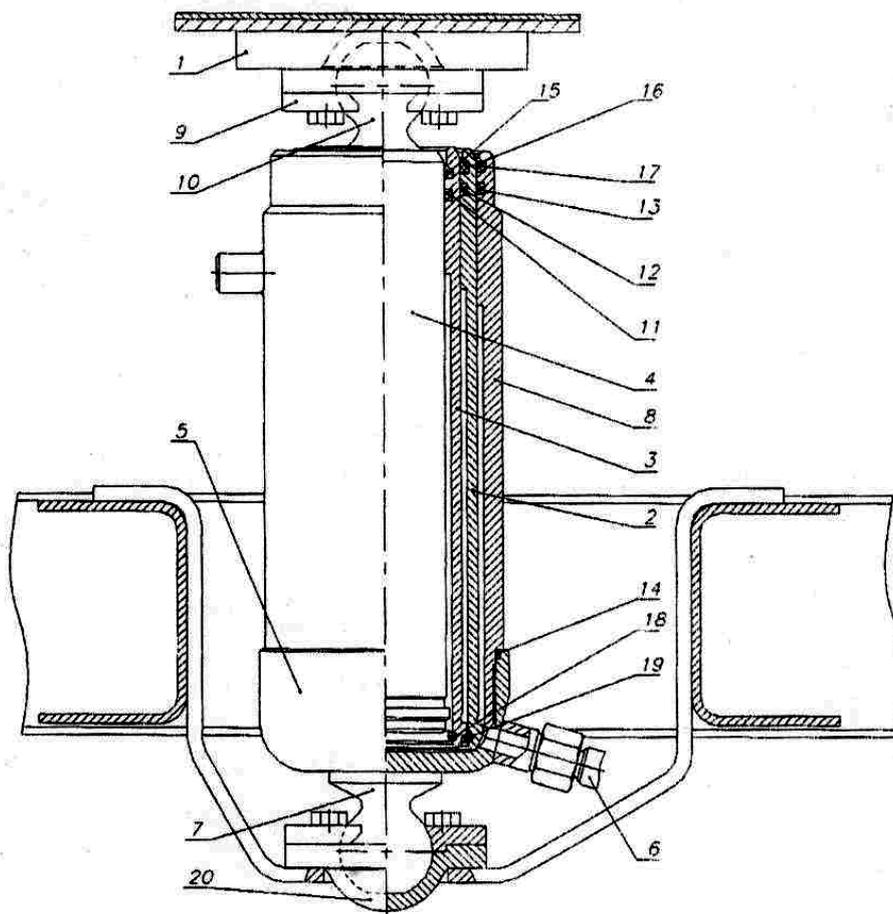


Рисунок 106 – Гидроцилиндр:

- 1 – верхняя опорная пята; 2, 3, 4 – плунжера; 5 – днище; 6 – рукав высокого давления; 7 – нижняя шаровая опора; 8 – корпус; 9 – крышка опоры; 10 – верхняя шаровая опора; 11, 12, 13, 14 – уплотнительные кольца; 15, 16, 17 – защитные кольца; 18, 19 – стопорные кольца; 20 – нижняя опорная пята

Гидроцилиндр имеет две шаровые головки, устанавливаемые в верхнюю 1 и нижнюю 20 опорные пята и закрепляемые в них с помощью крышек 9 болтами и пружинными шайбами. Верхняя и нижняя опоры смазываются – при установке в случае ремонта или замены гидроцилиндра.

С целью удержания порожней платформы в опрокинутом назад положении при проведении работ технического обслуживания на автомобиле – самосвала упор платформы (рисунок 107).

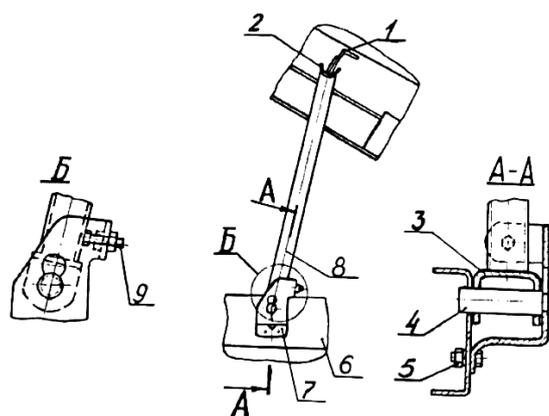


Рисунок 107 – Упор платформы автомобиля-самосвала:

- 1 – верхняя опора; 2 – скоба; 3 – вилка; 4 – ось;
 5 – дополнительная опора; 6 – лонжерон надрамника; 7 – кронштейн;
 8 – стойка; 9 – регулировочный болт.

Для установки порожней платформы на упор необходимо полностью поднять платформу назад и зафиксировать ее в этом положении, переведя рукоятку гидрораспределителя в нейтральное положение, установить рычаг коробки отбора мощности в переднее положение, выйти из кабины, установить упор с наклоном назад, чтобы стойка 8 опиралась в головку регулировочного болта 9, войти в кабину, медленно опустить платформу. При опускании верхняя опора должна опереться на скобу 2.

Преимуществом упора является повышение безопасности оператора в случае самопроизвольного опускания грузовой платформы при повреждении рукава гидропривода, а также простота изготовления.

Недостаток – недостаточная надежность устройства; выход оператора для установки упора в опасную зону.

1.3 Анализ тенденций динамики производственного травматизма в Российской Федерации

В последние годы, в отличие от начала 90 – х двадцатого века, наблюдается снижение числа пострадавших от травм на производстве.

Основные показатели травматизма в России представлены в таблицах 18.

Таблица 18 – Травматизм на производстве Российской Федерации

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Численность пострадавших при несчастных случаях с утратой трудоспособности на один день и более и со смертельным исходом: всего, тыс. на 1000 работающих	158 5,3	153 5,2	152 5,1	145 5,0	128 4,5	107 3,9	88 3,4	78 3,1	71 2,9	66 2,7	58 2,5	46 2,1	48 2,2
Численность пострадавших при несчастных случаях со смертельным исходом: всего, чел. на 1000 работающих	4296 0,142	4259 0,144	4404 0,149	4368 0,150	3920 0,138	3538 0,131	3292 0,129	3091 0,124	2900 0,118	2966 0,124	2550 0,109	1967 0,090	2004 0,094

Темпы изменения численности пострадавших от травм на производстве представлены на рисунке 108.

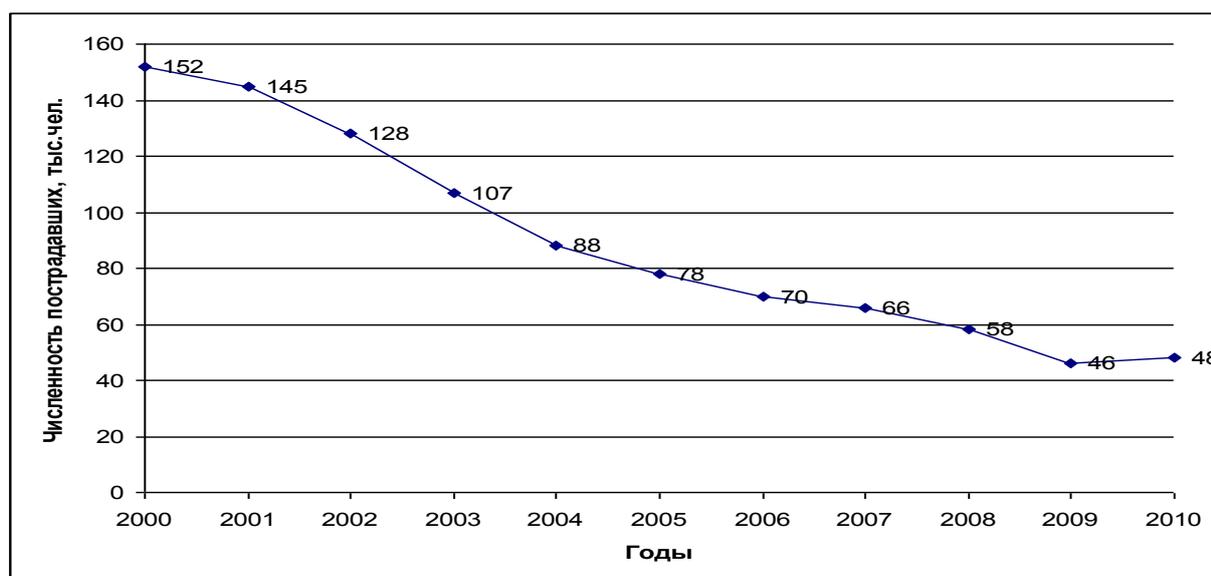


Рисунок 108 – Динамика численности пострадавших на производстве с потерей трудоспособности на один день

В последние годы, в отличие от начала 90 – х двадцатого века, наблюдается снижение числа пострадавших от травм на производстве.

Тенденция, снижения числа несчастных случаев, связана не только с мерами по предупреждению производственного травматизма, а с изменением самого объекта исследования – занятых на производстве. По прогнозу

Минэкономразвития России тенденция сокращения числа работающих на производстве, сохранится. В ближайшие 10 – 15 лет здесь будет работать 50,1 млн человек, около 7 млн из которых будет занято на работах с вредными и опасными условиями труда.

В 2010 г. впервые признано инвалидами 6874 человека, из них 4664 стали инвалидами в результате производственных травм и 2667 вследствие профессиональных болезней. Более 85% граждан, впервые признанных инвалидами, находятся в трудоспособном возрасте.

По данным Росстата в 2011 г. продолжилось увеличение удельного числа работников, занятых в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам – 29% (в 2009 г – 27.5%).

По самым скромным подсчетам в России ежегодные экономические потери, связанные со смертностью, травматизмом и профессиональной заболеваемостью работников, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда, составляют более 400 млрд руб., или 1,9% ВВП. В частности, расходы Фонда социального страхования Российской Федерации на выплату обеспечения по страхованию, то есть прямые потери в связи с несчастными случаями на производстве и профессиональными заболеваниями, за 2010 г. составили свыше 44 млрд 124 млн руб., или 0,1% от ВВП.

Наряду с экономическими потерями, связанными с неудовлетворительными условиями труда, производственным травматизмом и профессиональными заболеваниями, страна несет большие социальные издержки. За последние 20 лет, смертность возросла в 2,4 раза у мужчин и в 2,3 раза у женщин. Самый высокий темп прироста смертности (в 2 раза и более) у мужчин в возрасте от 25 до 50 лет, у женщин от 25 до 40 лет.

С учетом этого, становится очевидным, что одним из факторов, сдерживающих развитие экономики, снижающих качество трудового потенциала и производительность труда, является значительная численность рабочих мест с вредными и опасными условиями труда.

1.3.1 Анализ динамики производственного травматизма в сельскохозяйственном производстве Российской Федерации

По данным Минсельхоза России ежегодно в агропромышленном комплексе погибает до 1 тысячи работников, и около 60 тысяч человек трудоспособного возраста выбывает от участия в производстве из-за болезней. Большинство из пострадавших люди в возрасте от 30 до 45 лет. Сельскохозяйственное производство постоянно входит в тройку наиболее травмоопасных производств.

Число пострадавших по отраслям экономики РФ представлено в таблице 19

Таблица 19 – Численность пострадавших на производстве по отраслям экономики

	Всего	Обработывающие производства	Сельское хозяйство	Добыча полезных ископаемых	Строительство	Транспорт
Всего пострадавших на производстве, тыс.						
2004	87,8	32,3	19,9	5,5	7,1	6,5
2005	77,7	28,9	15,9	4,9	7,2	7,9
2006	70,7	27,1	12,9	4,2	6,6	7,4
2007	66,1	26,6	10,6	3,9	6,6	7,2
2008	58,3	23,8	7,9	3,3	6,3	6,6
2009	46,1	17,0	6,7	2,7	4,9	5,6
2010	47,7	18,7	6,1	2,8	4,6	5,9
Со смертельным исходом, тыс.						
2004	3,3	0,8	0,70	0,3	0,5	0,4
2005	3,1	0,8	0,60	0,3	0,5	0,4
2006	2,9	0,7	0,5	0,3	0,5	0,4
2007	3,0	0,7	0,5	0,4	0,6	0,4
2008	2,6	0,6	0,4	0,2	0,6	0,3
2009	2,0	0,4	0,3	0,2	0,5	0,3
2010	2,0	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3
Всего пострадавших на производстве на 1000 раб.						
2004	3,4	3,9	5,8	5,1	4,4	2,4
2005	3,1	3,6	5,3	4,7	4,4	2,2
2006	2,9	3,5	4,9	4,0	4,1	2,0
2007	2,7	3,4	4,5	3,7	3,8	2,0
2008	2,5	3,2	3,9	3,3	3,6	1,9
2009	2,1	2,5	3,5	2,8	3,1	1,7
2010	2,2	2,9	2,6	3,0	3,0	1,8
Со смертельным исходом на 1000 раб.						
2004	0,129	0,092	0,213	0,318	0,333	0,114
2005	0,124	0,096	0,198	0,279	0,312	0,112
2006	0,118	0,087	0,206	0,271	0,332	0,099
2007	0,124	0,085	0,215	0,389	0,346	0,099
2008	0,129	0,080	0,184	0,213	0,327	0,099
2009	0,090	0,065	1,173	0,191	0,284	0,076
2010	0,172	0,072	0,172	0,274	0,234	0,096

Среди главных причин производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в АПК – старение производственных фондов, износ которых достигает 70%, сокращение объемов капитального и профилактического ремонта зданий, сооружений, оборудования. Слабо внедряются новая техника и безопасные технологии. Во многих организациях в нарушение Трудового кодекса Российской Федерации не введены должности соответствующих специалистов по охране труда или продолжается их сокращение. Нет должной ответственности работодателей, руководителей участков работ и других должностных лиц за состояние условий и охраны труда, производственной и технологической дисциплины.

По данным Госсанэпиднадзора России, только 3,5% объектов сельского хозяйства отвечают санитарно-гигиеническим требованиям (против 13% в целом по народному хозяйству).

Важно отметить, что 75% профзаболеваний у работников сельского хозяйства выявляется при непосредственном их обращении к врачу. Это свидетельствует о том, что ежегодные медицинские осмотры работников, особенно механизаторов, не проводятся, а финансовые вопросы решаются за счет здоровья работников.

Обеспеченность средствами индивидуальной защиты на предприятиях АПК составляет всего 25 – 30%, что приводит к несчастным случаям со смертельным исходом.

В то же время в нашей стране не ратифицирована Конвенция МОТ № 184 о гигиене и безопасности труда в сельском хозяйстве, которая напрямую нацелена на правовую защиту миллионов сельчан.

На мероприятия по охране труда на предприятиях АПК за последнее время ежегодно расходуется более 2 млрд 500 тыс. рублей, то есть около 500 рублей на одного работающего в год, в то время как в целом по России эти затраты составляют в среднем 640 рублей на человека.

Хотя за последние пять лет на предприятиях всех отраслей экономики

Российской Федерации наблюдалось некоторое снижение производственного травматизма, по сравнению с экономически развитыми странами он еще достаточно высок. Особенную тревогу вызывает состояние условий и охраны труда в отраслях агропромышленного комплекса России.

На сельскохозяйственных предприятиях, занятых производством сельскохозяйственной продукции, среди пострадавших самую большую группу составляют водители и трактористы (ежегодно около 24% от общего количества погибших). Транспортные происшествия – основная травматическая ситуация в АПК, в результате которой погибло более 45% от общего количества погибших в 2005 г.

На протяжении последних лет на предприятиях и в организациях АПК России усугубляется неблагоприятная ситуация с охраной труда.

По уровню травматизма сельское хозяйство находится на третьем месте после угольной и лесной промышленности и более чем в два раза превышает этот показатель по народному хозяйству страны. В 2008 году по оперативным данным в агропромышленном комплексе на производстве погибли 1199 человек, или на 162 человека меньше, чем в 2007 году.

Однако уровень травматизма со смертельным исходом K_{CM} (количество погибших на 10000 работающих) в 2008 году увеличился на 5,5 процента.

Анализ материалов расследований показывает, что наиболее характерными причинами несчастных случаев со смертельным исходом в системе АПК являлись (таблица 20).

Таблица 20 – Причины несчастных случаев со смертельным исходом в АПК России

Причины несчастных случаев	Показатель, %
нарушения правил дорожного движения	20
неудовлетворительная организация проводимой работы	17
допуск к работе без инструктажа и обучения	14
эксплуатация неисправных машин и оборудования	13
алкогольное опьянение	7,5
нарушение технологии производства работ	5,6
нарушение правил пожарной безопасности	4,5
убийства	3,7
прочие	17,5

Распределение несчастных случаев по отраслям сельскохозяйственного производства представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Распределение несчастных случаев по отраслям АПК

Отрасли АПК	Показатель, %
растениеводство	22
животноводство	20
транспортные работы	18
ремонт и техобслуживание	16
строительство	6
лесозаготовки	4
пищевая промышленность	3
жилищно-коммунальное хозяйство	2
мясная и молочная промышленность	1
снабжение	0,7
мелиорация	0,6
химизация	0,4
фермерские хозяйства	0,2
прочие	5,6

Мобильная и транспортная техника является основным источником травмирования, прежде всего это колесные и гусеничные тракторы, грузовые и легковые автомобили, самоходные комбайны.

К числу наиболее часто повторяющихся причин гибели механизаторов относятся опрокидывание тракторов, заводка двигателя при включенной коробке перемены передач, отсутствие ограждений карданных передач, самопроизвольное опускание грузовых платформ. Основные причины которых являются: технические причины – 32,4% (недостатки конструкции, несоответствие техники требованиям безопасности труда, нарушения требований эксплуатации техники); организационные – 54,9 % (неудовлетворительная организация труда, недостатки обучения, нарушение трудовой дисциплины), другие причины.

1.3.2 Анализ производственного травматизма в АПК при обслуживании гидрофицированных частей сельскохозяйственных транспортных средств и мобильных машин

При техническом обслуживании и устранении отказов гидрофицированных составных частей и механизмов сельскохозяйственных машин за период с 1998 – 2011 гг. (при травматической ситуации – придавливание опускающимися платформами и другими гидрофицированными механизмами) произошло 314 несчастных случаев со смертельным исходом, в результате которых пострадали трактористы, водители, слесари – ремонтники и другие (рисунок 109).

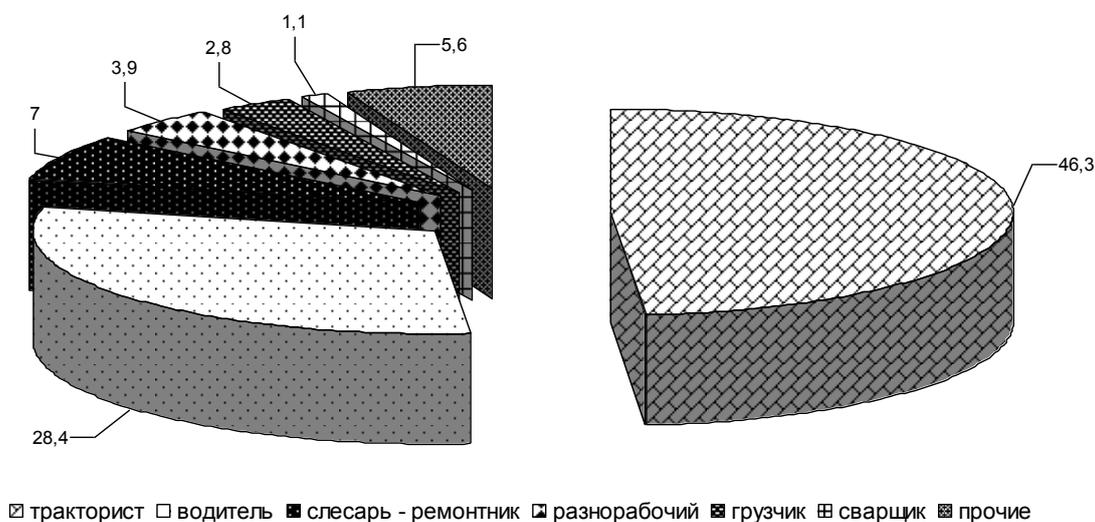


Рисунок 109 – Распределение пострадавших по профессиям, %

Распределение пострадавших по годам представлено на рисунке 110.

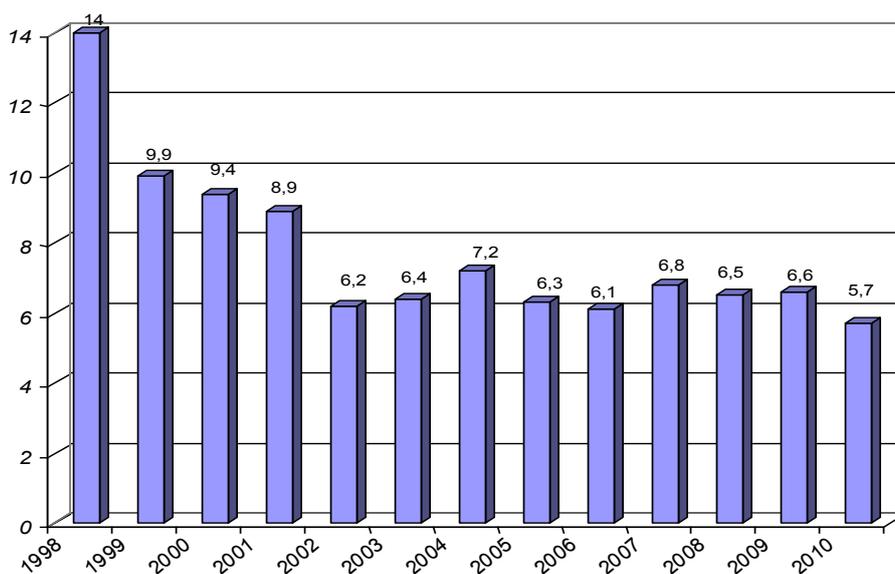


Рисунок 110 – Распределение несчастных случаев по годам, %

Анализ данных рисунка показывает, самым травмоопасным стал 1998 год, (14%), последние годы с 2003 по 2010 показатели травматизма примерно одинаковы в пределах от 5,6 до 7,2%.

Распределение пострадавших по месяцам представлено на рисунке 111. Из анализа данных рисунка 1.4 видно, что самыми травмоопасными стали декабрь, январь, февраль, март, это месяцы ремонта и подготовки техники к весенним полевым работам.

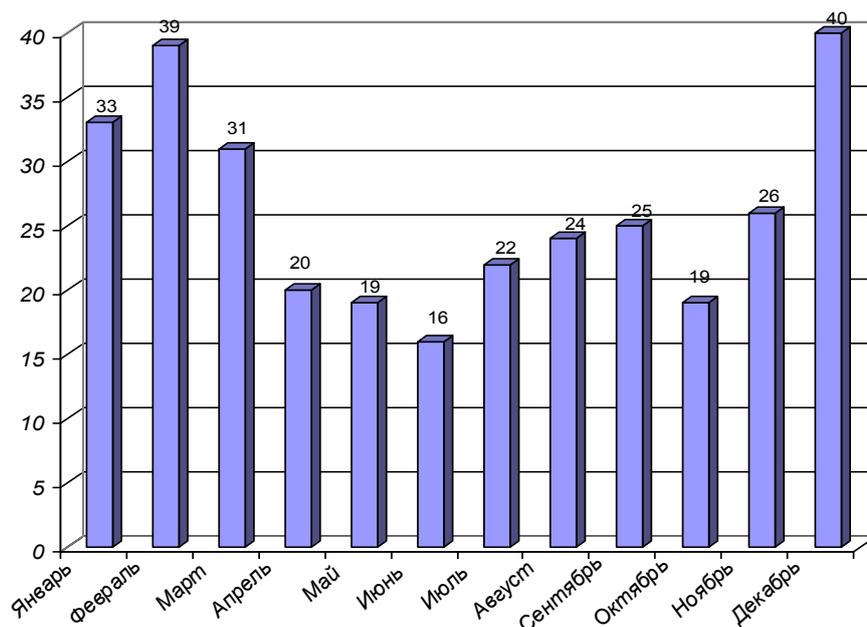


Рисунок 111 – Распределение несчастных случаев по месяцам

В АПК России наибольший удельный вес (58% всех погибших) занимали тракторы с самосвальными прицепами в том числе 48 % – колесные и 10 % – гусеничные тракторы); автомобили с самосвальными кузовами – 23,2%, автомобили бортовые – 5% и зерноуборочные комбайны – 2,5% и другие.

Анализ травматизма связанный с агрегируемыми машинами показал, что наибольший удельный вес занимали случаи: возникшие при эксплуатации тракторов и самосвалов с прицепами – 46%; связанные с придавливаниями опускающимися платформами прицепов (в основном, типа 2ПТС – 4 и 1ПТС – 9), а также без агрегируемых машин – 38,9% погрузчиков общего назначения – 6,0%; пресс – подборщиков (ПРП, ГШЛ – 1,6) – 2,1%; плугов, культиваторов – 1,4%.

Основной группой причин гибели на производстве в АПК России явились нарушение требований безопасности работниками (опасные действия пострадавшего) – 39,2% погибших.

В состав этой группы причин входят, прежде всего, оперирование под платформами, жатками и другими частями машин находящимися в поднятом положении (30,7% погибших), применение неисправных или не использование защитных приспособлений – 3,2%, оперирование с узлами машин при работающим двигателе 10% и другие (таблица 22).

Таблица 22 – Перечень опасных действий погибших

Опасные действия погибшего	Всего
Оперирование под самосвальными грузовыми платформами, жатками и другими гидрофицированными частями машин, находящимися в поднятом положении	86
Применение неисправных или не использование предохранительных защитных приспособлений	9
Устранение неисправностей или проведение технологических операций с узлами машин при работающем двигателе, наличия давления в гидроприводе	13
Прочие опасные действия погибшего	12
ВСЕГО	120

Значительное количество несчастных случаев происходило также в условиях неудовлетворительной организации труда – 33,6% всех погибших. В группе причин, связанных с неудовлетворительной организацией труда в России, в первую очередь выделяются случаи, возникающие в условиях неудовлетворительного контроля со стороны руководителей и специалистов за соблюдением работниками мер безопасности и трудовой дисциплины (13,1%), а также в следствии неудовлетворительной организации обучения и проведение инструктирования безопасным приемам труда (15,7%) (таблица 23).

Сравнительно высокий травматизм – 27,2 % (76 н.сл.) приходится на группу причин, связанных с технической неисправностью и конструктивными недостатками машин, механизмов и оборудования представлено в таблице 24 и

рисунке 112 и которых видно, наибольшее количество травм связано, неисправностью гидропривода.

Таблица 23 – Нарушение организации труда

Нарушение организации труда	Всего
Отсутствие контроля руководителя за безопасным выполнением производственного процесса при эксплуатации и ремонте самосвальных и мобильных машин	33
Отсутствие контроля руководством сельскохозяйственных предприятий за соблюдением трудовой дисциплины	5
Допуск к работе лиц, не имеющих соответствующей подготовки по охране труда	37
Допуск к работе лиц, не имеющих соответствующей профессиональной подготовки	8
Прочие нарушения организации и безопасности труда	12
ВСЕГО	95

Таблица 24 – Перечень технических неисправностей

Неисправности	Всего
Неисправность гидропривода	45
Выход из гнезда нижней шаровой опоры гидроцилиндра подъема и опускания грузовой самосвальной платформы	9
Выход из гнезда верхней шаровой опоры	7
Обрыв заднего опорного кронштейна	2
Неисправность кузова	2
Другие неисправности	11
ВСЕГО	76

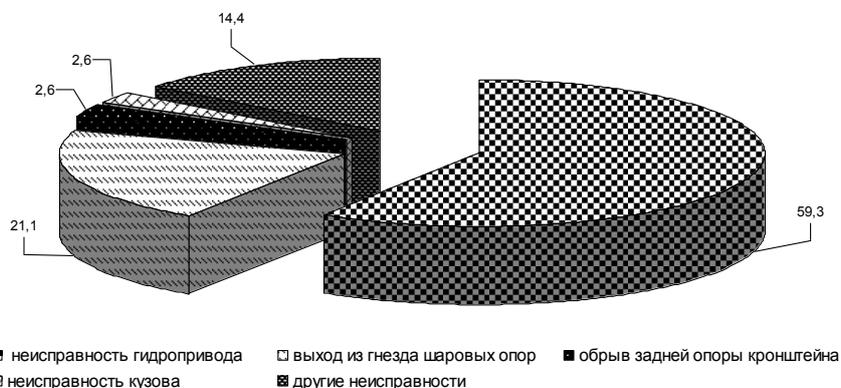


Рисунок 112 – Перечень неисправностей приведших к летальному исходу пострадавших, %

Среди пострадавших больший процент составляют работники, проработавшие на предприятии от 5 до 20 лет (рисунок 113).

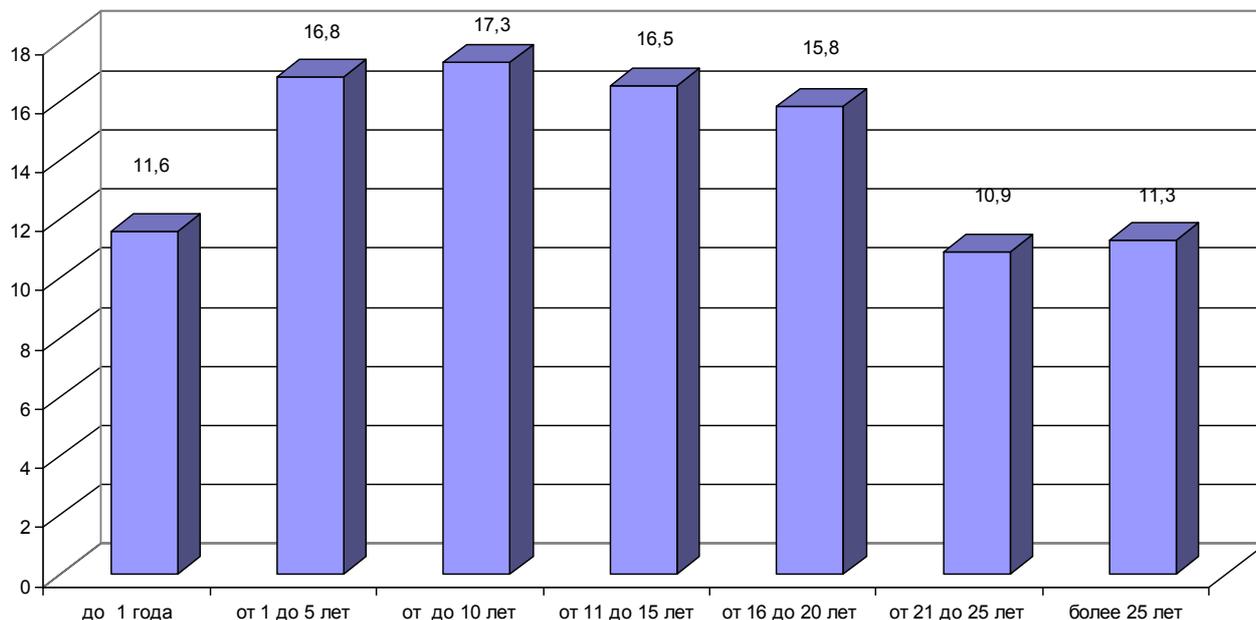


Рисунок 113 – Распределение пострадавших по стажу работы, %

Распределение пострадавших по возрасту представлено на рисунке 114, из которого видно, что наибольшее количество травм получали работники в возрасте от 41 до 55 лет.

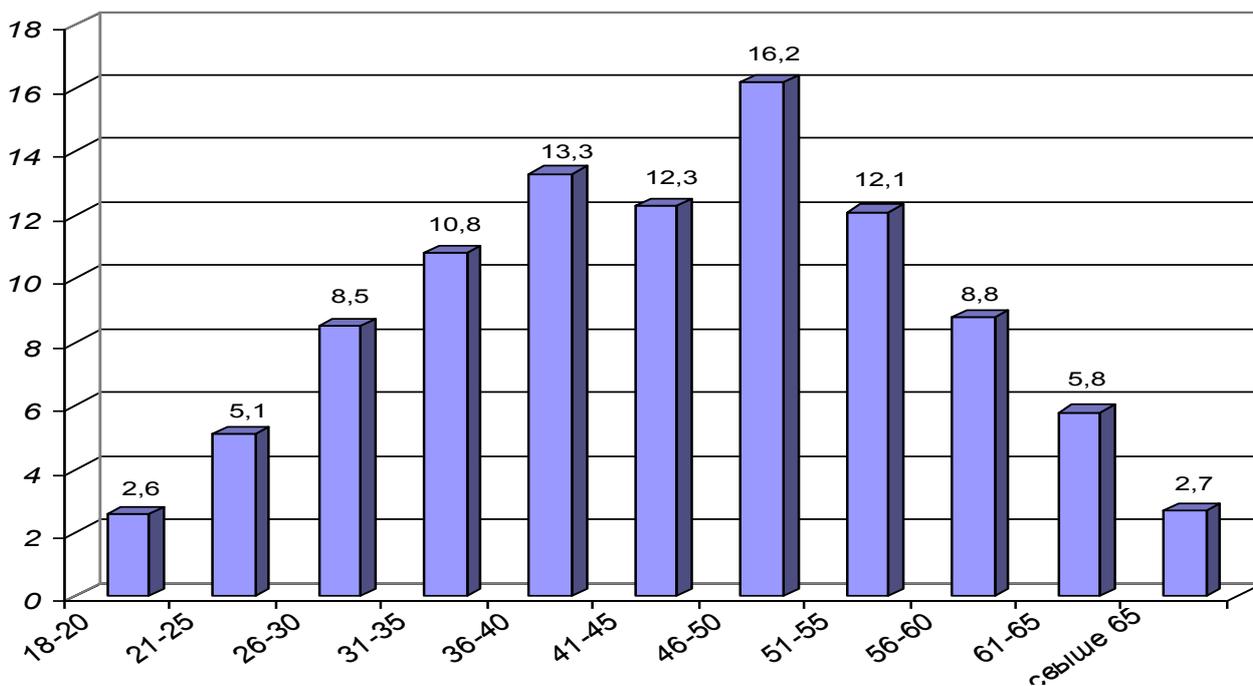


Рисунок 114 – Распределение пострадавших по возрасту

1.4 Анализ опасных ситуаций, возникающих при работе на транспортной сельскохозяйственной самосвальной технике

При функционировании человеко-машинных систем, в условиях сельскохозяйственного производства, в некоторых случаях по разным причинам возникает обстановка в которой на человека-оператора могут воздействовать опасные производственные факторы. Такую обстановку считаем предтравматической ситуацией. Определяющей предпосылкой предтравматической ситуации является нахождение оператора (другого работника) в опасной зоне – пространстве, в котором возможно воздействие на работающего опасного производственного фактора. Опасным фактором в исследуемой ситуации является самосвальная грузовая платформа, которая представляет опасность ввиду своей значительной массы в случае превышения нормальной скорости опускания последней.

Исследования показывают, что опасной является любая зона, находящаяся под поднятой грузовой платформой.

В качестве примера рассмотрим опасную зону, создаваемую грузовой платформой автомобиля-самосвала ГАЗ-САЗ-3597-01 (рисунок 115).

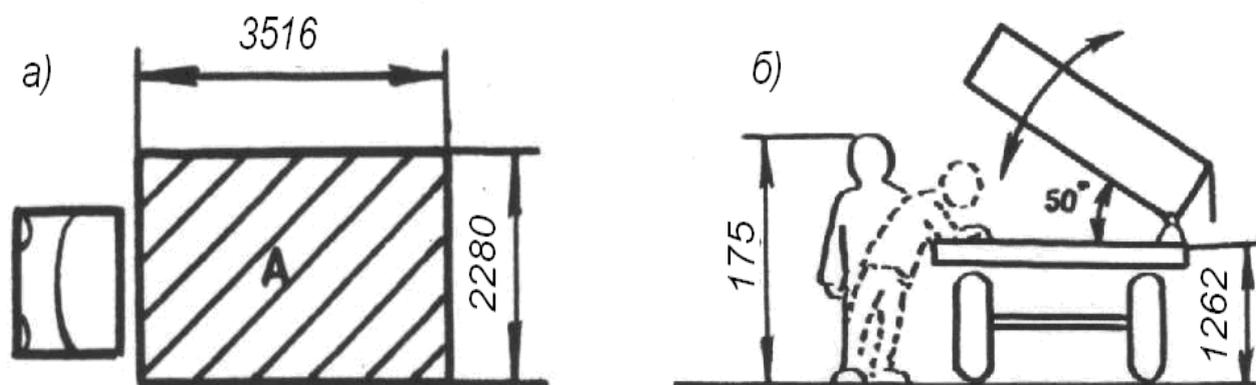


Рисунок 115 – Схема для определения опасной зоны грузовой платформы автомобиля – самосвала: а) вид сверху, б) вид сзади.

Очевидно зона А на рисунке 115,а является опасной, так как травмирование находящегося под ней человека в случае аварийного опускания грузовой платформы осуществляется со 100% вероятностью. Такое утверждение обуславливается тем, что скорость аварийного опускания грузовой платформы составляет менее 1,5 секунд, тогда как скорость реакции человека составляет от 1

до 2 секунды, человек за этот промежуток времени не успевает покинуть опасную зону, В зависимости от положения тела в момент травмирования (стоя, согнутое положение) пострадавший получает травму головы, плеч или спины.

В случае нахождения оператора в зоне, расположенной между рамой и осью транспортного средства, травмирование имеет летальный исход, так как велика вероятность "зажатия" человека между нижней поверхностью кузова и рамой, поперечными балками или кронштейном нижней опоры гидроцилиндра.

Однако опасная зона не ограничивается контуром грузовой платформы. Рассмотрим случай (рисунок 115,б), когда ступени человека, находятся за пределами грузовой платформы, но существует вероятность, что тело человека находится не в вертикальном положении, а согнуто в пояснице, тогда голова и верхняя часть туловища человека попадает в зону А. Таким образом опасная зона расширяется, образуется дополнительная опасная зона В (рисунок 116).

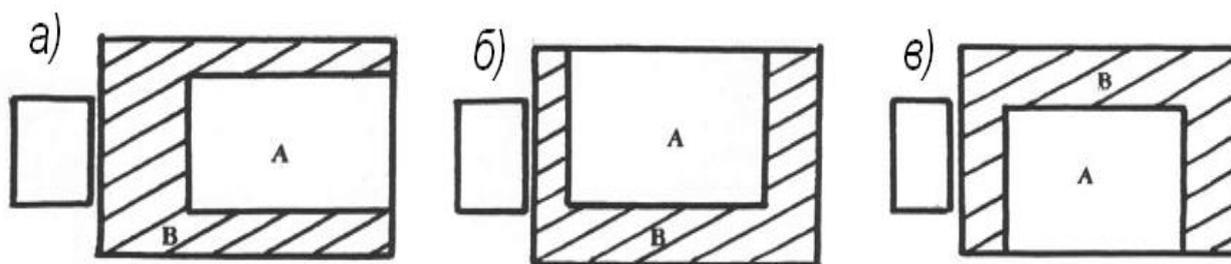


Рисунок 116 – Схема дополнительной опасной зоны В грузовой платформы автомобиля-самосвала с опрокидыванием кузова:
а) назад, б) вправо, в) влево.

Дополнительная опасная зона В не образуется вдоль той стороны кузова, где расположена ось опрокидывания кузова.

Экспериментальным путем установлено, что в зависимости от роста человека ширина дополнительной опасной зоны В составляет от 0,70 до 0,90 м.

Для обеспечения технологического процесса оператор вынужден находиться в опасной зоне, так как работы по обслуживанию и ремонту гидравлического опрокидывающего устройства могут осуществляться только при нахождении оператора в упомянутой зоне.

1.5 Анализ технических средств, предотвращающих самопроизвольное опускание грузовой самосвальной платформы и гидрофицированных частей

1.5.1 Классификация технических средств, обеспечивающих предотвращение самопроизвольного опускания грузовых самосвальных платформ

Выполненный анализ литературных и патентных источников, содержащих описание современных технических методов и средств, предотвращающих самопроизвольное опускание грузовых самосвальных платформ, позволяет, исходя из основных требований к техническим средствам обеспечивающим безопасность труда операторов работающих на самосвальной технике, классифицировать эти средства (рисунок 117).



Рисунок 117 – Классификация технических средств безопасности грузовых самосвальных платформ

1.5.1.1 Анализ механических средств предотвращения самопроизвольного опускания грузовых платформ

К основным механическим средствам, предотвращающим самопроизвольного опускания грузовых платформ самосвальной техники, относятся сред-

ства, обеспечивающие безопасность работы оператора с помощью различных опорных стержней, стоек, платформ, фиксирующих узлов и других предохранительных упорных элементов.

На рисунке 118 представлен упор платформы.

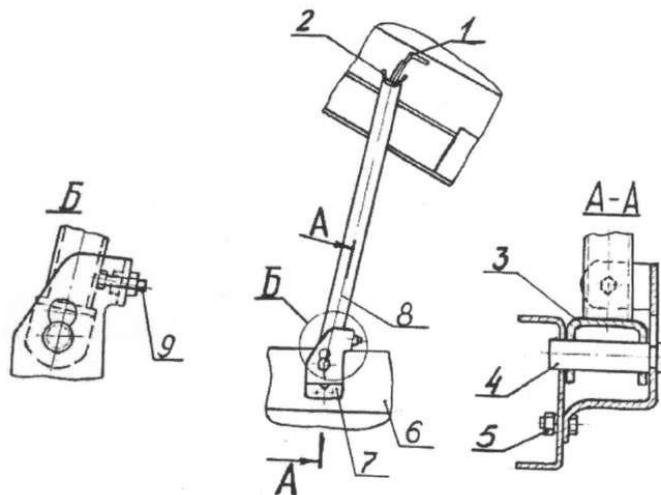


Рисунок 118 – Упор платформы автомобиля-самосвала:

- 1 – верхняя опора; 2 – скоба; 3 – вилка; 4 – ось;
5 – дополнительная опора; 6 – лонжерон надрамника; 7 – кронштейн;
8 – стойка; 9 – регулировочный болт.

Для установки порожней платформы на упор необходимо полностью поднять платформу назад и зафиксировать ее в этом положении, переведя рукоятку гидрораспределителя в нейтральное положение, установить рычаг коробки отбора мощности в переднее положение, выйти из кабины, установить упор с наклоном назад, чтобы стойка 8 опиралась в головку регулировочного болта 9, войти в кабину, медленно опустить платформу. При опускании верхняя опора должна опереться на скобу 2.

Преимуществом является повышение безопасности оператора в случае самопроизвольного опускания грузовой платформы в случае повреждения рукава гидропривода, а также простота изготовления.

Недостаток – недостаточная надежность устройства; выход оператора для установки упора в опасную зону.

Упоры платформ, применяемые и на других автомобилях и прицепах-

самосвалах, не имеют принципиальных конструктивных отличий, от описанного выше.

К механическим средствам предотвращения самопроизвольного опускания грузовых платформ также относятся устройства, разработанные:

– Ветцел Вилхелм (автоматический узел для фиксации стопорных опор опрокидывающихся кузовов транспортных средств а.с. №939310);

– Вишняковым Ю.А., Шнайдером А.И., Смирновым В.С., Фирсовым Н.В. (опорное устройство кузова самосвала а.с. №537866);

– Курач В.В., Барановским А.И., Сметаевым С.Д., Нестеренко А.М., Нестеровским В.Г., Кунец В.И. (опорное устройство кузова самосвального транспортного средства а.с. №1558730);

– Белагой Я.Б., Пилипенко А.Д., Волковым В.В. (предохранительный упор для опрокидывающей платформы транспортного средства а.с. № 542667);

– Глушенко А.Д., Славинским Е.В., Белагой Я.Б., Грищенковым Г.И. (предохранительный упор для опрокидывающейся платформы транспортного средства а.с. №893624);

– Канашка Д.И., Шкрабаком В.С., Шкрабаком В.В. (предохранительный механизм опрокидывающего устройства грузовой платформы самосвала а.с. №1614974);

– Глущенко А.Д., Сливинским Е.В., Тульчинским Н.Н. самосвальное транспортное средство №1167060);

– Мелик – Саркисянц А.С., Омельченко А.С., Степановым Л.А. (предохранительный механизм опрокидывающего устройства кузова самосвала а.с. №1311962);

– Арутюняном А.Р., Шаманиным А.В. (универсальный гидроцилиндр. . патент на изобретение RU (11) 2319867.

Заслуживает внимания опрокидывающий механизм самосвала, разработанный Горевым Б.И., Шпаком Л.С., Алябьевым А.А. и др. (патент на изобретение RU (11)2017634.

В опрокидывающем механизме самосвала, содержащем шарнирно установленный на раме самосвала телескопический гидроцилиндр одностороннего действия с несколькими выдвижными плунжерами, на каждом из которых выполнена кольцевая канавка, в которой расположены два цилиндрических направляющих вкладыша, имеющих возможность взаимодействия торцами со стопорными кольцевыми элементами, ограничивающими осевое перемещение плунжера, на концах обоих направляющих вкладышей последнего плунжера, имеющего наименьший диаметр, выполнены граненые выступы, имеющие форму тупого, т. е. усеченного клина, при этом расстояние между соседними гранеными выступами упомянутых вкладышей при сопряжении между собой граненых выступов противоположных концов этих вкладышей меньше расстояния между концами вкладышей остальных плунжеров при симметричном их расположении относительно оси гидроцилиндра. При таком техническом решении направляющие вкладыши последнего плунжера играют роль поршня, создающего избыточное давление рабочей жидкости у уплотнительного элемента этого плунжера в случае резкого превышения его скорости перемещения при

рывке платформы в конце разгрузки самосвала. Благодаря этому исключается засасывание воздуха внутрь гидроцилиндра и образование в нем эмульсии, имеющей способность выходить из гидроцилиндра наружу через уплотнительные элементы (рисунок 119).

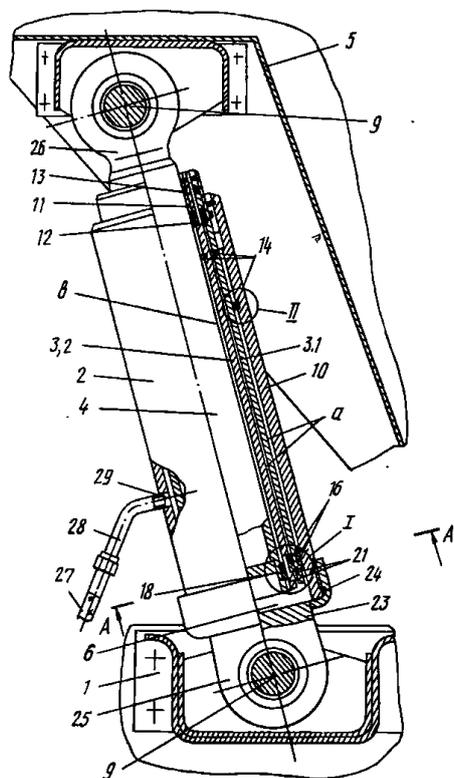


Рисунок 119 – Гидроцилиндр опрокидывающего механизма

Причем выполнение концов направляющих вкладышей последнего плунжера в виде тупого клина предотвращает наплыв металла на концах этих вкладышей при их взаимодействии со стопорными кольцевыми элементами, ограничивающими осевое перемещение плунжера, и тем самым гарантируется неизменность величины зазора между концами направляющих вкладышей последнего плунжера, что обеспечивает стабильность характеристики потока при перетекании рабочей жидкости в процессе обычного хода гидроцилиндра.

1.5.1.2 Анализ электрических средств предотвращения самопроизвольного опускания грузовых платформ

Шкрабак В.С., Шкрабак В.В., Канашка Д.И., Клясменя И.Я. разработали блокировочное устройство гидравлического подъемника кузова самосвала (рисунок 120, а.с. SU 1567421 А1).

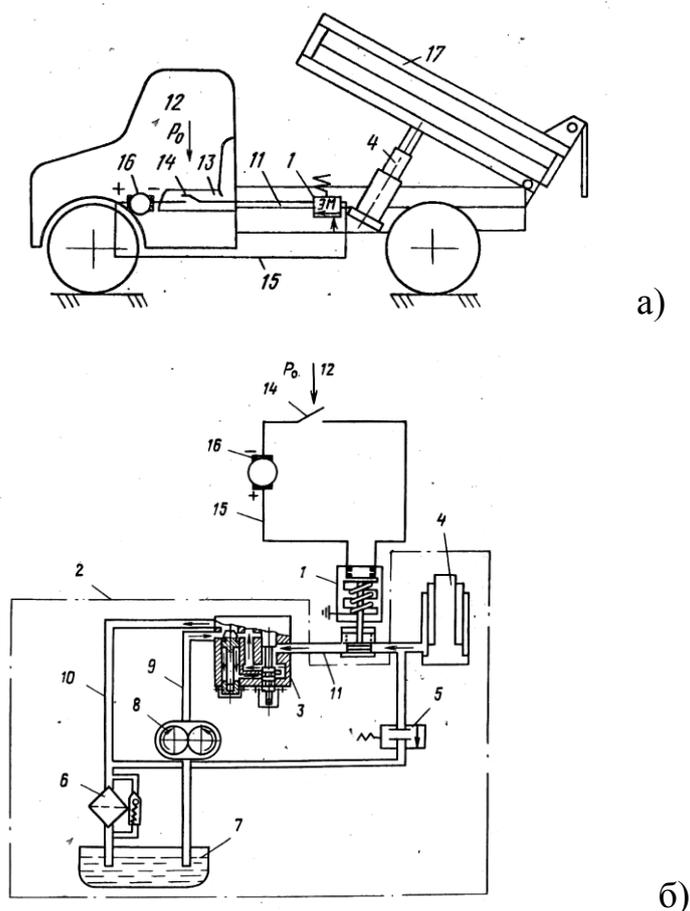


Рисунок 120 – Принципиальная схема устройства гидравлического подъемника кузова самосвала, исключая травматические ситуации:
 а – размещение схемы на автомобиле; б – схема включения устройства в гидросистему

К преимуществам данного устройства следует отнести его способность повысить безопасность операторов в случае самопроизвольного опускания кузова самосвала или тракторного прицепа, вызванного, к примеру, утечкой масла.

Безопасность обеспечивается тем, что устройство дополнительно снабжено электромагнитным клапаном, установленным в гидрوليнии между гидрораспределителем и гидроцилиндром и включенным в дополнительную цепь электропитания источника тока автомобиля последовательно с замыкающим контактом, размещенным в сидении оператора.

Другим важнейшим преимуществом работы узла, является то, что оператор обязательно должен находиться в кабине и своей массой замыкать контакты. Таким образом, автоматически исключается его нахождение в опасной зоне при операциях подъема и опускании платформы.

1.5.1.3 Анализ электромеханических средств предотвращения самопроизвольного опускания грузовых платформ

Шкрабак В.С., Шкрабак В.В., Канашка Д.И., Махин В.П. разработали устройство для блокирования самосвальной платформы транспортного средства (рисунок 121, а.с. SU 1586935 А1).

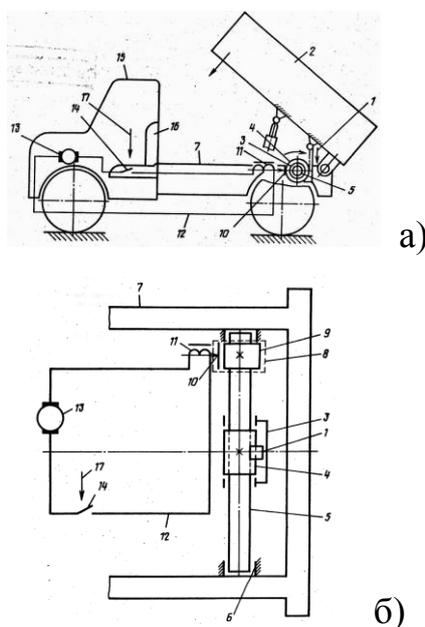


Рисунок 121 – Устройство для блокирования самосвальной платформы транспортного средства: а – компоновка схемы на машине; б – принципиальная схема устройства

К электромеханическим средствам предотвращения самопроизвольного опускания грузовых платформ также относятся устройства разработанные Шкрабак В.С., Шкрабак В.В., Канашка Д.И., Клясменя И.Я. разработали устройство для торможения самопроизвольного опрокидывания кузова самосвала (а.с. SU 1689148 А1).

1.5.1.4 Анализ гидравлических средств предотвращения самопроизвольного опускания грузовых платформ

Одним из гидравлических средств предотвращения самопроизвольного опускания грузовых платформ является устройство для автоматического регулирования скорости опускания платформы самосвала разработанное Добринцом В.К., Китайчиком И.А., Черняком Г.П. (рисунок 122, а.с. SU 1216047 А).

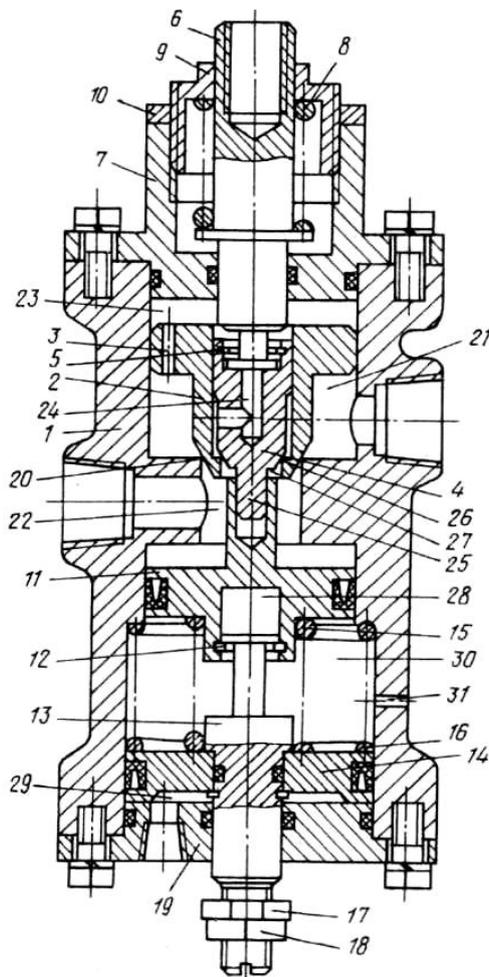


Рисунок 122 – Продольный разрез устройства для автоматического регулирования скорости опускания платформы самосвала

К преимуществам следует отнести автоматический принцип работы устройства независимо от выполняемых действий оператора, тем самым исключает нахождение оператора в опасной зоне (под платформой).

Недостатком устройства является невозможность фиксации платформы при механических неисправностях гидравлического подъемника.

Другим устройством для ограничения скорости опускания кузова самосвала (а.с. SU 1049291 А) является устройство, приведенное на рисунке 123.

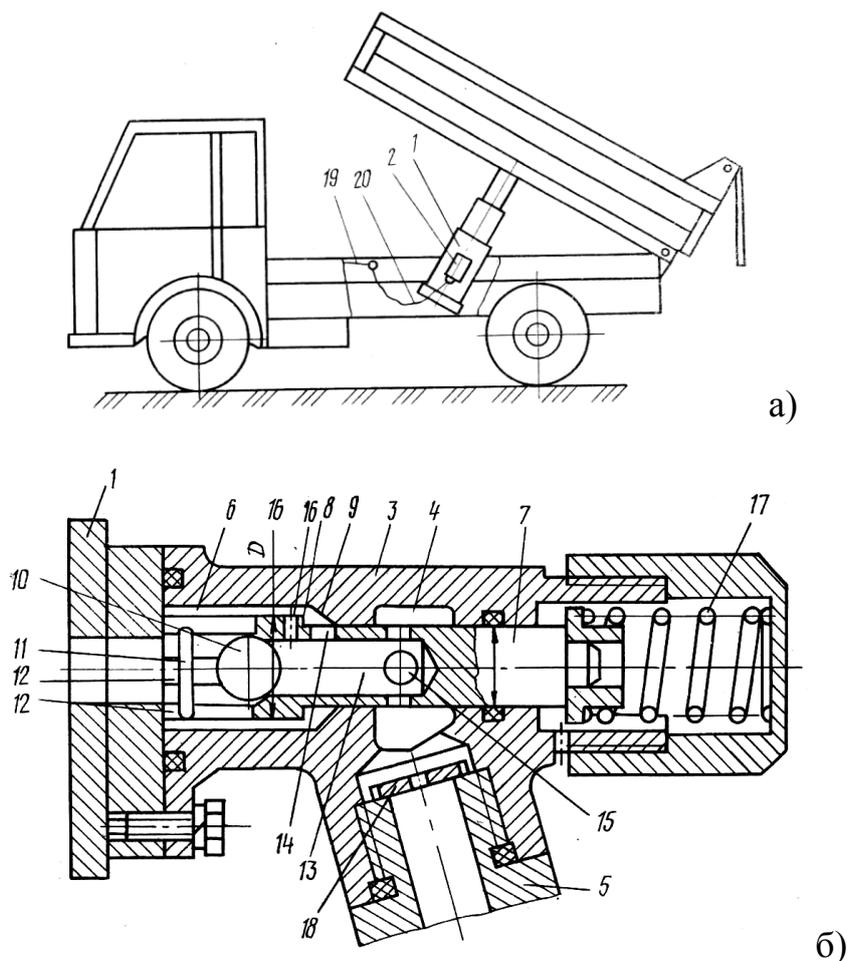


Рисунок 123 – Автомобиль-самосвал с гидравлическим опрокидывающим механизмом, снабженным предлагаемым устройством

В случае аварийного разрыва шланга 20 (рисунок 123,а) или другого нарушения герметичности гидросистемы устройство обеспечивает безопасность за счет дросселирования потока рабочей жидкости, обеспечивается плавное опускание платформы, а, следовательно, и выполнение требований техники безопасности.

Наряду с улучшением условий обслуживания и техники безопасности предлагаемое устройство обеспечивает снижение динамических нагрузок в узлах опрокидывающего механизма, повышает надежность работы и долговечность.

Недостатком гидроподъемника грузовой самосвальной платформы, приведенного на рисунке 123, несмотря на их малые затраты изготовления и простоту монтажа, относится то, что он не способен обеспечить безопасность оператора от придавливания грузовыми платформами при смещении яблочка гидроцилиндра и отрыва кронштейна крепления штока гидроцилиндра к грузовой платформе (на такие отказы приходится 20% удельного веса всех отказов опрокидывающих гидравлических устройств).

Исправить недостатки позволят гидроприводы, разработанные:

– Макеевым А.Ю., Филатовым В.И., Афанасьевым А.И. и другими. Гидропривод опрокидывающего механизма транспортного средства. Патент на изобретение RU (11)2049690;

– Высоцким М.С., Ксеновичем И.П., Флером Д.Е. Гидропривод транспортной машины – самосвала. Патент на изобретение RU (11)209734;

– Макеевым А.Ю., Филатовым В.И., Крыжановским Н.К. и другими. Гидропривод опрокидывающего механизма транспортного средства с электрической системой управления трансмиссией. Патент на изобретение SU (11)1829271.

1.5.1.5 Перспективные средства предотвращения самопроизвольного опускания грузовых платформ

Перспективное направление, по мнению многих ученых, – применение средств предотвращения самопроизвольного опускания платформ в самом гидроцилиндре.

В частности, Д.Н. Мачурин и В.В. Осташенков предлагают применять в качестве гидроцилиндра многоступенчатый телескопический гидроцилиндр (рисунок 124).

Многоступенчатый телескопический гидроцилиндр работает следующим

образом. Жидкость через канал 11 подается под поршни 10 и поршень 12, так как шток 1 свободен, то он начинает выдвигаться. В конце хода упорный элемент 13 штока 1 совпадает с шариками 4 механического замка и освобождает упорный элемент на внутренней поверхности 5 цилиндра 8. При этом цилиндр 8 одной ступени отсоединяется от цилиндра 8 соседней ступени и начинает выдвигаться.

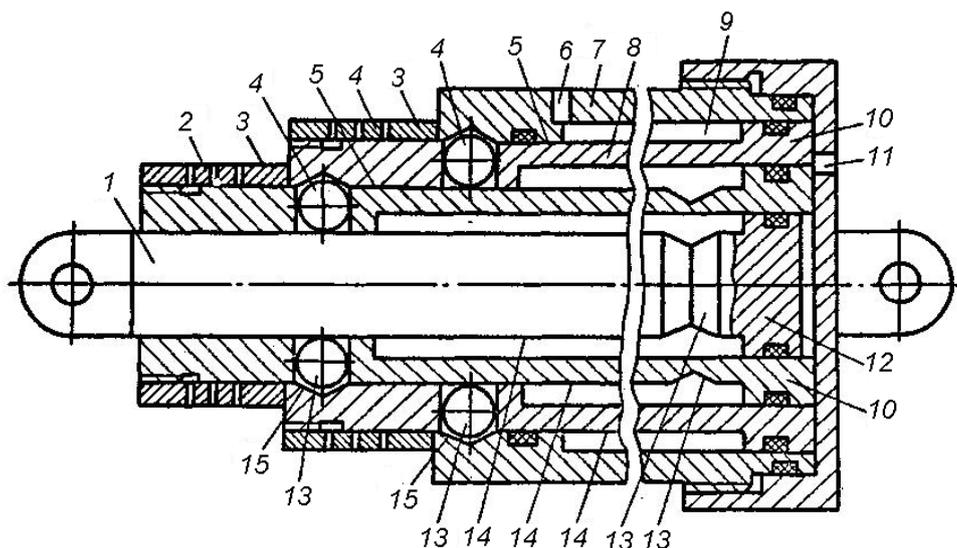


Рисунок 124 – Схема многоступенчатого телескопического гидроцилиндра:

- 1 – шток последней ступени; 2 – пружина; 3 – запорные элементы;
- 4 – шарики; 5 – внутренняя поверхность цилиндра; 6, 11 – каналы для подвода жидкости; 7 – корпус; 8 – цилиндры; 9 – полость; 10 – поршни;
- 12 – поршень; 13 – упорные элементы; 14 – наружные поверхности цилиндров;
- 15 – радиальные отверстия;

В это время запорный элемент 3 под действием пружины 2 перемещается в осевом направлении и запирает шариками в упорном элементе штока, препятствуя его втягиванию под действием нагрузки в цилиндр.

В конце хода цилиндра шариками также совпадут с упорным элементом на наружной поверхности 14 цилиндра и освобождается следующий цилиндр 8. При этом запорный элемент 3 механического замка замыкает соседний цилиндр 8, препятствуя таким образом втягиванию цилиндров 8.

При обратном ходе (складывании) гидроцилиндра рабочая жидкость подается в полость 9 через канал 6, при этом цилиндр 8 втягивается в корпус 7, запорный элемент 3 перемещается и освобождает шариками 4. Затем процесс повторяется в обратном направлении.

1.6 Анализ средств предотвращения самопроизвольного опускания гидрофицированных частей мобильных машин

На рисунке 125 представлено регулировочно – запорное устройство для гидрофицированных частей сельскохозяйственной мобильной техники, который разработал И.Т. Агапов.

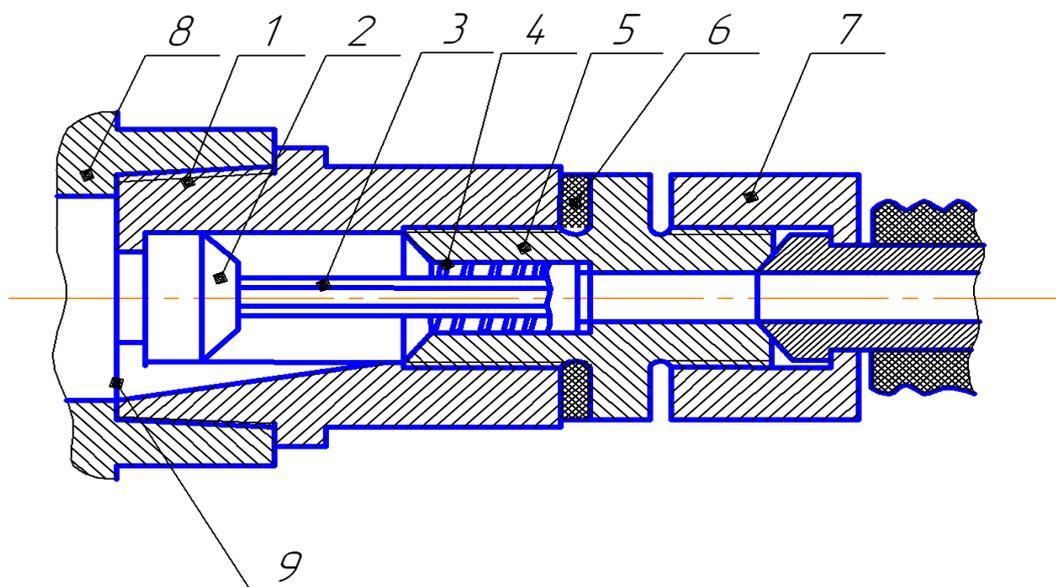


Рисунок 125 – Регулировочно – запорное устройство

Устройство состоит из корпуса 1, в котором расположен регулировочно-запорный клапан 2, на хвостовике 3 которого установлена пружина 4. На штуцер 5 устанавливается прокладка 6 для увеличения герметичности. Штуцер 5 до отказа вворачивается в корпус 1. Корпус 1 с размещенными в нём указанными деталями вворачивается в резьбовое отверстие гидроцилиндра 8 а на штуцер 5 наворачивается гайка 7 шланга высокого давления. Канавка переменного сечения 9.

Устройство работает следующим образом.

При подъеме грузовой платформы рабочая жидкость подводится от масляного насоса через распределитель, шланг высокого давления, штуцер 5 и корпус 1 к гидроцилиндру 8. При этом регулировочно-запорный клапан 2 отжат пружиной 4 в крайнее левое положение и рабочая жидкость протекает через максимальное сечение проходного отверстия канавки 9. Этим обеспечивается требуемая скорость подъема грузовой платформы и гидросистема работает по обычной схеме. Регулировочно-запорное устройство при подъеме грузовой

платформы не оказывает практически никакого влияния на работу гидросистемы мобильной машины.

При опускании грузовой платформы рабочая жидкость истекает из гидроцилиндра 8 через корпус 1, штуцер 5 и шланг высокого давления в гидробак мобильной машины. Под действием давления рабочей жидкости регулировочно-запорный клапан 2, перемещаясь вправо и сжимая пружину 4, уменьшает сечение проходного отверстия канавки 5 (до тех пор, пока не уравновесятся действующие силы), что приводит к снижению пропускной способности истекающей жидкости и, следовательно, к постоянной плавной замедленной скорости опускания груза.

В случае обрыва или повреждения шланга высокого давления давление рабочей жидкости в нем и штуцере 5 уменьшается, регулировочно-запорный клапан 2 под действием давления рабочей жидкости из гидроцилиндра, сжимая пружину 4 и перемещаясь дальше вправо, закрывает основной канал, так как конусная поверхность клапана 2 взаимодействует конусной поверхностью штуцера 5, что обеспечивает стопорение рабочего цилиндра, опускающего или поднимающего грузовую платформу, и опасная ситуация предотвращается. При этом хвостовик 3 регулировочно-запорного клапана будет выступать из штуцера 5 в отверстие наконечника шланга высокого давления.

При необходимости опустить грузовую платформу полностью, в случае разрыва или повреждения шланга высокого давления, водитель отворачивает накидную гайку 7 и вручную воздействует на выступающий хвостовик 3 регулировочно-запорного клапана 2. Рабочая жидкость при этом вытекает из гидроцилиндра и грузовая платформа постепенно опускается на свое место.

1.7 Обзор методов математического моделирования эксплуатационных параметров гидроцилиндра гидропривода опрокидывающего устройства

Как показал обзор конструкций, наибольшее применение в гидроприводе грузоподъемных механизмов получили гидроцилиндры одностороннего и двухстороннего действия.

В гидроцилиндре одностороннего действия рабочий ход поршня совершается под действием давления жидкости, а возврат, если требуемое усилие невелико, под действием пружины или внешних сил. В гидроцилиндрах двустороннего действия прямой и обратный ходы поршня осуществляются под действием давления жидкости. Такие гидроцилиндры могут быть с односторонним или с двухсторонним штоком. Если необходимо обеспечить ход, превышающий длину корпуса, то применяют телескопические гидроцилиндры, т.е. цилиндры с несколькими штоками.

Основными техническими показателями гидроцилиндров являются: расход, давление, мощность, КПД, усилие на выходном звене и скорость его движения, а также диаметры поршня и штока.

$$Q = \frac{v_{\partial} F_{\partial}}{\eta_{\partial.o.}} \quad (1.1)$$

где v_{∂} – линейная скорость штока;

F_{∂} – рабочая площадь поршня.

Для гидроцилиндра двустороннего действия при прямом ходе рабочая площадь поршня $F_{\partial.n.} = \frac{\pi D^2}{4}$, а при обратном ходе $F_{\partial.n.} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$.

Усилие на штоке при прямом ходе:

$$P_{\partial.n.} = \frac{\pi}{4} [p_1 D^2 - p_2 (D^2 - d^2)] \eta_{\partial.z.} \pi_{\partial.m.} \quad (1.2)$$

при обратном ходе:

$$P_{\partial.n.} = \frac{\pi}{4} [(D^2 - d^2) p_1 - D^2 p_2] \eta_{\partial.z.} \pi_{\partial.m.} \quad (1.3)$$

Динамические процессы, протекающие в силовом гидроцилиндре в работе описаны уравнением неразрывности потока рабочей жидкости:

$$\frac{dx}{dt} S_i + Q_{VT} + Q_{CK} = Q_H \quad (1.4)$$

и уравнения движения поршня

$$n \frac{d^2 x}{dt^2} + F_{TP} \left(\frac{dx}{dt}, t \right) \operatorname{sign} \frac{dx}{dt} + F(t) = p_1 S_1 - p_2 S_2 \quad (1.5)$$

где x – текущая координата поршня;

S_1 и S_2 – площади поршня в нагнетательной и сливной полостях гидроцилиндра;

Q_{UT} и $Q_{СЖ}$ – потери расхода на утечки и на сжатие рабочей жидкости;

Q_H – массовый расход жидкости, поступающей в нагнетательную полость гидроцилиндра в единицу времени;

m – масса движущихся частей гидропривода

$F_{TP} \left(\frac{dx}{dt}, t \right) \operatorname{sign} \frac{dx}{dt}$ – нелинейная характеристика сил трения;

$F(t)$ – внешние силы, приложенные к поршню;

p_1 и p_2 – давление рабочей жидкости в нагнетательной и сливной полостях гидроцилиндра.

Полагая поток утечек рабочей жидкости через эквивалентный зазор ламинарным, потери на утечки предлагается определять по формуле: $Q_{UT} = C_v d_{II}^3 \frac{\Delta p}{\mu}$, а силы трения отдельно для поршневого и штокового уплотнительных узлов гидропривода, поскольку представление их работы в виде одной модели может привести к значительным ошибкам: сила трения поршневого уплотнения является функцией перепада давлений на поршне, а сила трения штокового уплотнения является функцией давления жидкости в полости цилиндра.

Авторы работы приводят следующие выводы:

1. Полученные формулы для расчета силы трения поршневого и штокового уплотнений гидроцилиндров подтверждаются результатами экспериментов.

2. Рациональные условия эксплуатации силовых гидроцилиндров обнаруживаются при величине давления рабочей жидкости и ее перепаде свыше 10 МПа и скорости перемещения поршня не менее 17 мм/с. При этих условиях си-

ловой гидроцилиндр гидропривода обладает наибольшим ресурсом.

3. В качестве рабочей жидкости силовых гидроцилиндров гидроприводов различных машин можно рекомендовать масла АМГ – 10, МГЕ – 10А.

В работе для построения математической модели теплового расчета система гидропривода разбита на отдельные узлы, тепловое состояние которого описано уравнением.

$$\frac{dt}{d\tau} = \left[C_{ж} T_i \sum_i^n G_i + C_{ж} T_{(i+1)} \sum_i^{n+1} G_{i+1} - K_i F_i (T_i - T_0) + N \right] \frac{1}{M_i C_m} \quad (1.6)$$

где $C_{ж}$, $C_{л}$ – теплоемкость рабочей жидкости и материала узла подсистемы;
 G_i , G_{i+1} – массовый поток рабочей жидкости, входящей i выходящей $(i+1)$ из расчетного узла;

K_i , F_i – коэффициенты теплопередачи и поверхность теплопередачи;

N – тепло, выделяемое в рассматриваемом узле;

T_0 – температура окружающей среды;

M_i – масса расчетного узла, включая массу рабочей жидкости.

В работе произведен анализ математических моделей гидропривода, форсированного по давлению.

В работе разработана обобщенная математическая модель беззолотникового гидроударного устройства. Математическая модель представлена системой уравнений, включающей уравнения движения подвижных частей в виде основного уравнения динамики, уравнений расходов, учитывающих условие неразрывности потока рабочей жидкости; уравнения связи между параметрами потока и описывает фазы работы устройства: фазу ввода подвижных частей, фазу торможения и открытия упругого элемента, фазу разгона подвижных частей.

В работе рассматривается вопрос решений математических моделей гидропривода, представляющих системы нелинейных дифференциальных и алгебраических уравнений. Решение таких уравнений можно получить только с помощью численных методов на ЭВМ. В работе математическая модель гидро-

привода с тормозным устройством и с предохранительным клапаном с учетом сжимаемости рабочей жидкости сведена в систему уравнений Коши.

$$\frac{dV}{dt} = V;$$

$$\frac{dV}{dt} = V \frac{1}{m} [p_1 S_1 - p_2 S_2 - F_1 - F_2];$$

$$\frac{dP_1}{dt} = \frac{E_{1Ж}}{(W_{1,0} - S_1 y)} (Q_1 - S_1 V);$$

$$\frac{dP_1}{dt} = \frac{E_{1Ж}}{(W_{1,0} - S_2 y)} (Q_1 - S_1 V);$$

$$\frac{dP_2}{dt} = \frac{E_{2Ж}}{(W_{2,0} - S_2 y)} (S_2 V - Q_1);$$

$$\frac{dQ}{dt} = C_1 (P_B + P_H + \rho g h_1 - \Delta P_1 - \Delta P_{1P} - P_{1K})$$

$$\frac{dQ_{CП}}{dt} = C_2 (P_{2K} + \rho g h_2 - \Delta P_2 - \Delta P_B)$$

$$\frac{dP_{1K}}{dt} = \frac{E_{1Ж}}{W_1} (Q + Q_K - Q_1)$$

$$\frac{dP_{2K}}{dt} = \frac{E_{2Ж}}{W_1} (Q + Q_K - Q_1)$$

где $m, S_1, S_2, C_1, C_2, \rho, g, h_1, h_2, W_{1,0}, W_{2,0}, W_1, W_2, E_{1Ж}, E_{2Ж}$,

$F_f = F_f(V, P_1, P_2); F_H = F_H(t, V); P_H = P_H(Q); \Delta P_1 = \Delta P_1(Q);$

$\Delta P_{1P} = \Delta P_{1P}(Q); \Delta P_2 = \Delta P_2(Q); \Delta P_{2P} = \Delta P_{2P}(Q);$

$$\Delta P_{2P} = \Delta P_{2P}(Q_{CЛ}, t); \Delta P_{BX} = \Delta P_{BX}(Q_1); \Delta P_{ВЫХ} = \Delta P_{ВЫХ}(Q_2, y)$$

$\Delta P_T = \Delta P_T(Q_2, y)$ – константы и функции, полученные из математического описания элементов гидропривода;

$y=y(t); V=V(t); P_1=P_1(t); P_2=P_2(t); P_{1.K}=P_{1.K}(t);); Q=Q(t); Q_{CЛ}=Q_{CЛ}(t)$ – искомые функции.

В работе для проведения динамического анализа схем гидропривода вся исходная информация представляется в виде двух составных частей: информация о структуре схемы гидропривода и информация, содержащая физические константы и конструктивные параметров элементов. составляется исходная таблица данных, где отдельной строкой описывается каждый элемент схемы в формальном виде

При этом

$$Q_{VT} = C_V d_{II}^3 \frac{\Delta p}{\mu}$$

где V_0 – начальный объем жидкости в напорной магистрали, отнесенный к температуре $\theta_0 = 20^\circ\text{C}$;

Δp – средняя сжимаемость или относительная деформация жидкости на единицу времени изменения давления p .

Глава 2 Исследования причин травматизма операторов сельскохозяйственных транспортных средств и мобильных машин

2.1 Обоснование кинематических и силовых зависимостей гидравлического опрокидывающего устройства автомобиля – самосвала

При проектировании гидравлического опрокидывающего устройства необходимо обеспечить определенный угол наклона платформы при минимальной массе конструкции. Основным агрегатом опрокидывающего устройства является силовой гидроцилиндр, масса которого составляет значительную часть массы всего опрокидывающего устройства. Можно предположить, что металлоемкость гидроцилиндра будет тем меньше, чем меньше развиваемое им усилие. Казалось бы, при подъеме платформы с грузом заданной массы для уменьшения усилия гидроцилиндра его рациональнее располагать дальше от поворотного шарнира, т. е. у переднего борта платформы. Однако в этом случае для обеспечения заданного угла наклона платформы необходимо увеличивать ход гидроцилиндра, т. е. общую длину цилиндров, а значит повышать его металлоемкость. Однозначно определить оптимальное место размещения гидроподъемника без проведения всестороннего анализа не представляется возможным. В настоящее время при проектировании в основном учитываются конструктивно-технологические и функциональные факторы.

Для самосвалов с разгрузкой на две и три стороны единственно возможным является расположение гидроцилиндра под платформой. Для самосвалов, имеющих разгрузку только назад, гидроцилиндры располагают как под платформой, так и перед ее передним бортом. Выбор того или иного варианта обусловлен компоновочными ограничениями и существующими на конкретном производстве конструкторскими и технологическими традициями. При решении вопроса о рациональном размещении гидроцилиндра помимо приведенных факторов учитывают влияние места его расположения на прочность платформы и элементов надрамника или рамы, а также на устойчивость всего самосвала при разгрузке.

Вне зависимости от того, где расположен гидроцилиндр (у переднего борта или под платформой), необходимо правильно ориентировать его как звено подъемного механизма, обеспечивающего заданный угол наклона платформы. Если гидроцилиндр спроектирован специально для данного самосвала, то варианты его конструкций и расположения могут быть различны. Однако чаще всего используют существующий гидроцилиндр, корректируя ход его звеньев. При этом возможности размещения гидроцилиндра ограничены. Кроме того, их сужают компоновочные ограничения (пространство между платформой и агрегатами шасси). В этих условиях нужно стремиться к тому, чтобы усилие, развиваемое гидроцилиндром, было минимальным в начале подъема или, что важнее, в момент действия максимального давления в цилиндре (это, как правило, момент выдвигания последнего звена). Обычно эти вопросы, с учетом компоновочных ограничений, решаются на основании анализа различных конструктивных вариантов.

В настоящее время выбор оптимальных геометрических характеристик опрокидывающего устройства при минимальном пиковом усилии гидроцилиндра можно осуществить с использованием ПЭВМ [1].

Кинематика опрокидывающих устройств автомобилей-самосвалов достаточно проста (рисунок 126).

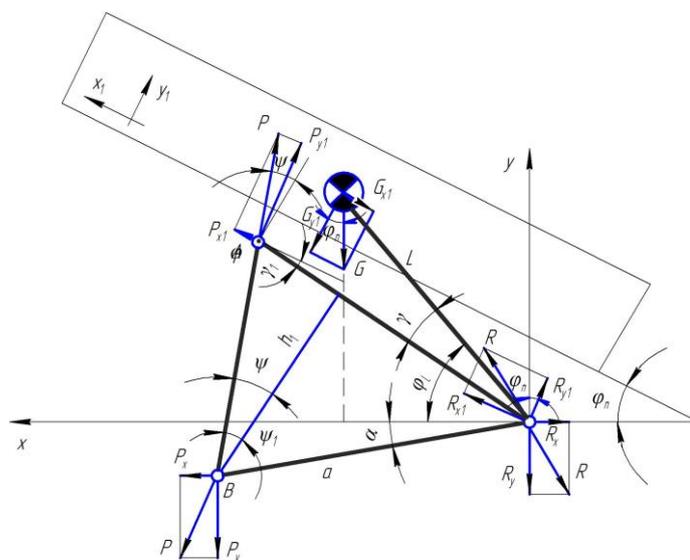


Рисунок 126 – Схема для определения кинематических и силовых зависимостей опрокидывающего устройства

Проектирование механизма, который может обеспечить заданный угол наклона платформы, развивая при этом минимальное пиковое усилие гидроцилиндра, относится к числу задач на «минимакс».

Для проектирования опрокидывающего устройства должны быть заданы значения G , L , φ_{\min} , φ_{\max} , S_{\min} , S_{\max} (рисунок 127).

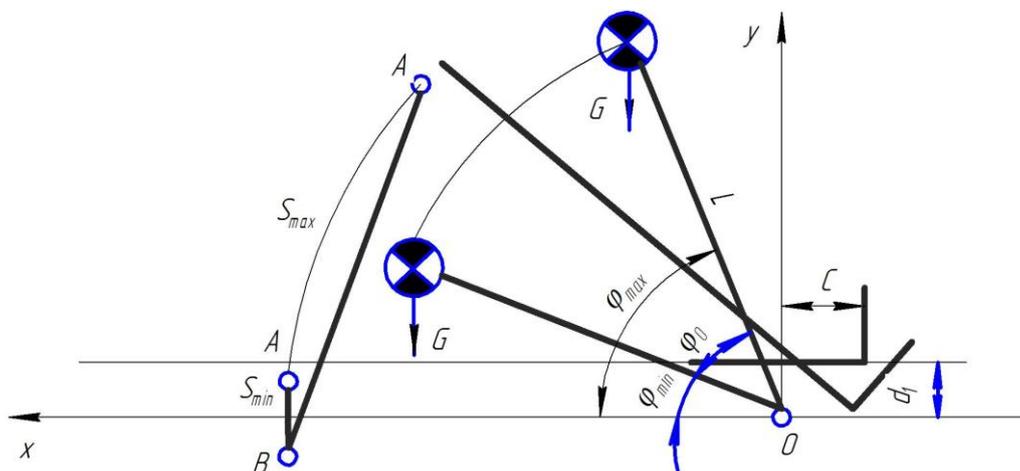


Рисунок 127 – Кинематическая схема предельных положений подъемного механизма

Положение центра тяжести платформы определяется компоновкой. Для определения длины стрелы L подъема груза нужно задаться положением O поворотного шарнира. Как правило, стремятся уменьшить задний свес платформы с целью уменьшения растягивающих; динамических нагрузок, действующих на гидроцилиндр в конце разгрузки. Размер d_1 определяется положением поворотного шарнира в надрамнике. При изменении размеров c и d_1 варьируется длина стрелы L подъема груза и угол φ_{\min} , определяющий положение стрелы при опущенной платформе. Угол φ_{\max} определяет положение стрелы подъема груза при максимальном угле подъема платформы:

$$\varphi_{\max} = \varphi_{\min} + \varphi_0$$

φ_0 – заданный угол подъема платформы.

Значения S_{\min} и S_{\max} определяются конструкцией используемого гидроцилиндра.

Усилие гидроцилиндра P зависит от угла φ_1 (рисунок 128). Из условия

равновесия платформы ($\Sigma M = 0$) получим

$$Pbcos\psi = GLcos\varphi_L$$

или

$$P = \frac{LGcos\varphi_L}{bcos\psi} \quad (2.1)$$

где $\psi = \frac{h_1}{S}$; $h_1 = asin(\varphi_L + \alpha - \gamma)$.

Приняв $\alpha - \gamma = \beta$ получим $cos\psi = asin(\varphi_L + \beta)/S$. Тогда выражение (2.1) примет вид

$$P = \frac{LSGcos\varphi_L}{[ab sin(\varphi_L + \beta)]} \quad (2.2)$$

где a , b и β – проектные параметры опрокидывающего устройства (рис. 2.1).

Значение S в выражении (2.1) по теореме косинусов может быть также определено через эти параметры:

$$S^2 = K_2 - K_1 cos(\varphi_L + \beta) \quad (2.3)$$

где $K_1 = 2ab$, $K_2 = a^2 + b^2$

Исходные данные накладывают ограничения на равенство (2.3):

$$\begin{aligned} S_{\min}^2 &= K_2 - K_1 cos(\varphi_{\min} + \beta) \\ S_{\min}^2 &= K_2 - K_1 cos(\varphi_{\max} + \beta) \end{aligned} \quad (2.4)$$

Для исключения двух проектных параметров из трех a и b представим в виде

$$a = \frac{K_1}{2b}; \quad b = \sqrt{0.5(K_2 + \sqrt{K_2^2 - K_1^2})} \quad (2.5)$$

Из равенств ограничений (2.4)

$$K_1 = \frac{S_{\max}^2 - S_{\min}^2}{[\cos(\varphi_{\min} + \beta) - \cos(\varphi_{\max} + \beta)]} \quad (2.6)$$

$$K_2 = K_1 \cos(\beta + \varphi_{\max}) + S_{\max}^2$$

Таким образом, функция P из равенства (2.2) с учетом формул (2.3), (2.5) и (2.6), выражается через один проектный параметр β .

Минимальное значение P_{\max} в интервале от φ_{\min} до φ_{\max} можно найти одним из методов одномерного поиска. Следует отметить, что важно ограничить множество возможных значений так, чтобы функция P в процессе вычислений не обращалась в бесконечность; каждый раз, когда $\sin(\beta + \varphi_L) = 0$.

Во избежание этого необходимо выполнение неравенства $0 < \beta + \varphi_L < \pi$, где $\varphi_{\min} < \varphi_L < \varphi_{\max}$. Отсюда следует, что параметр β должен быть заключен в интервале

$$-\varphi_{\max} < \beta < \pi - \varphi_{\min}$$

В качестве выходной информации приводятся значения проектных параметров a , b и β , а также значения P в интервале изменения φ . Используя значения проектных параметров, можно однозначно определить положение гидроцилиндра. Верхний шарнир лежит на окружности радиусом b , а нижний – на окружности радиусом a (рисунок 128).

Задавшись, например, положением верхнего шарнира (размером e), легко определить положение нижнего шарнира. Часто может оказаться так, что оптимальное положение гидроцилиндра не удовлетворяет компоновочным ограничениям. Учесть этот фактор можно варьированием значениями L и φ_{\min} , изме-

няя размеры c и d_1 (рисунок 127). Если все-таки не удастся найти оптимальное положение гидроцилиндра из-за жестких компоновочных ограничений, то необходимо стремиться к тому, чтобы положение его было как можно ближе к оптимальному.

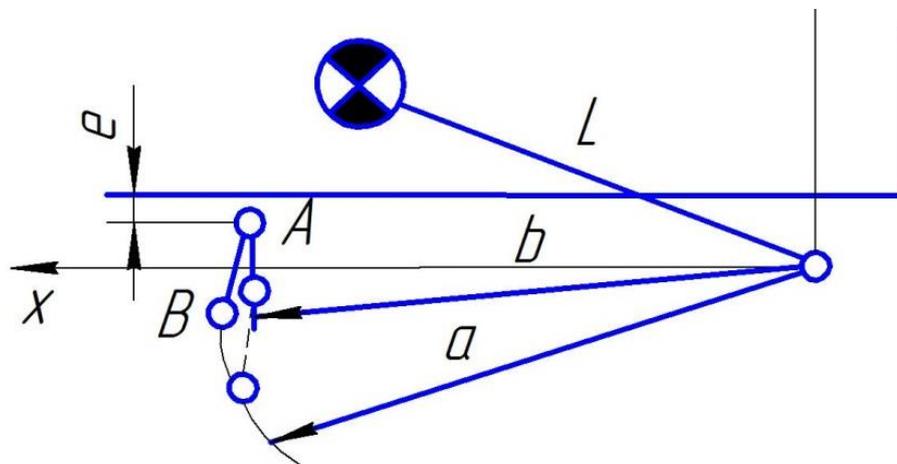


Рисунок 128 – Схема возможных положений гидроцилиндра

При заданном положении гидроцилиндра формулы (2.2) и (2.3) используют для определения его усилия, развиваемого при наклоне платформы.

2.2 Обоснование конструктивных и эксплуатационных параметров силового гидроцилиндра опрокидывающего устройства

2.2.1 Выбор компоновки гидроцилиндра грузовой самосвальной платформы

Основными исходными данными для проектирования гидроцилиндра являются:

- график суммарного момента (M) внешней нагрузки;
- время подъема и опускания грузовой стрелы ($t_{\text{раб}}$);
- допустимые значения угловых скоростей (ε) (перегрузок) и скорости ($\omega_{\text{дон}}$)

Начальная длина гидроцилиндра в сложенном положении и рабочий ход зависят от конструктивной схемы машины и величины действующих внешних нагрузок и определяются обычно графоаналитическим методом (рисунок 2.4).

Нагрузка N на цилиндр определяется по формуле

$$N = \frac{M}{nh} \quad (2.7)$$

где M – момент действия груза, стрелы и ветровой нагрузки;

n – число гидроцилиндров, $n = 1$ или 2 ;

h – плечо гидроцилиндра относительно оси вращения грузовой стрелы.

Из ΔOAB имеем

$$h = \frac{\overline{OA} \times \overline{OB} \sin \beta}{\overline{AB}}, \quad (2.8)$$

где

$$\beta = \arccos \frac{\overline{OA}^2 + \overline{OB}^2 - \overline{AB}^2}{2 \times \overline{OA}^2 \times \overline{OB}^2}.$$

Для существующих конструкций телескопических гидроцилиндров средние значения начальной длины составляют $l_{раб} = (1,6 \div 3,0)$ м.

Для выявления параметров, определяющих компоновку гидроцилиндра, рассмотрим схему подъема груза, показанную на рисунке 129.

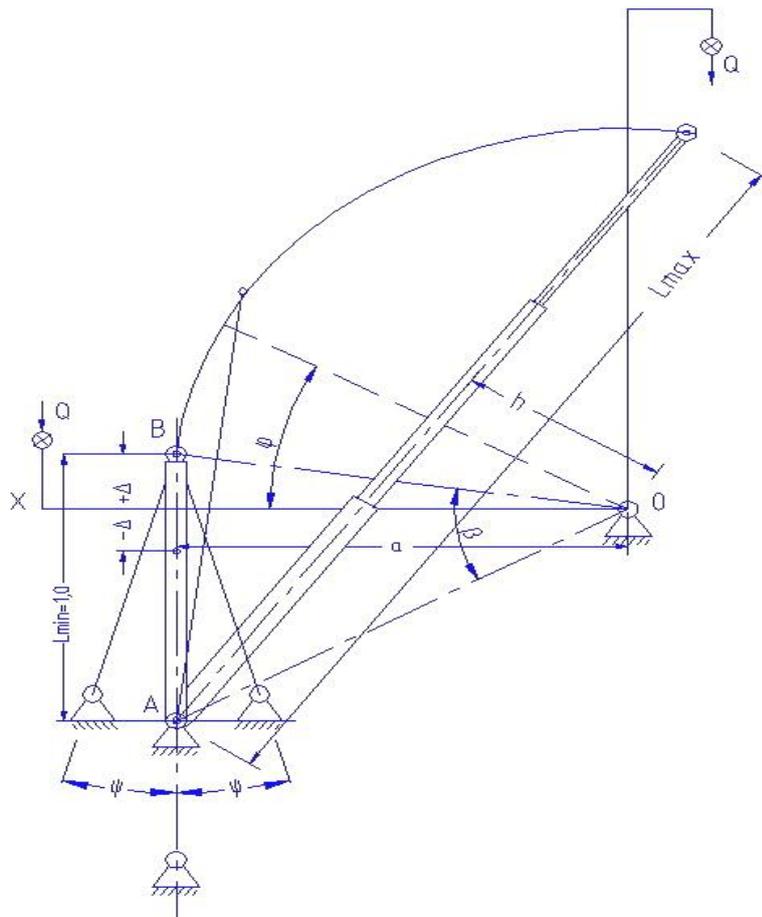


Рисунок 129 – Схема гидроцилиндра

Для удобства примем, что в исходном положении ось грузовой платформы совпадает с горизонтальной осью Ox .

В точке B гидроцилиндр закреплен на грузовой платформе, а точка A – на раме грузоподъемной машины. Из схемы видно, что при выборе компоновки гидроцилиндра можно варьировать такими параметрами, как a , характеризующим удаление гидроцилиндра от оси вращения стрелы; Δ , определяющим размещение точки B относительно оси ox , и углом ψ наклона гидроцилиндра.

При выборе точек A и B крепления гидроцилиндра на грузовой платформе и раме машины исходят из следующих общих предпосылок.

Для того чтобы при заданной внешней нагрузке Q сжимающее усилие на гидроцилиндр в начале рабочего хода было наименьшим, в исходном положении гидроцилиндр должен устанавливаться перпендикулярно к линии OB , соединяющей ось вращения платформы с верхней точкой крепления гидроцилиндра.

Наименьшее растягивающее усилие в конце рабочего хода будет в том случае, если в исходном положении угол ABO тупой, а также при смещении точки B крепления гидроцилиндра вниз по оси платформы

Некоторому уменьшению рабочего хода способствует установка гидроцилиндра в исходном положении под острым углом ABO , а также смещение точки B вверх от оси платформы.

Для количественной оценки влияния различных параметров на изменение габаритов гидроцилиндра поставленная задача решена в общем виде для относительно большого диапазона исходных параметров.

Для решения поставленных задач введем обозначения:

l_{min} и l_{max} – минимальная и максимальная длины гидроцилиндров соответственно;

a – расстояние от оси вращения платформы (точки O) до перпендикуляра, опущенного из точки B на ось платформы;

Δ – расстояние от верхней точки B крепления гидроцилиндра до оси платформы;

Ψ – угол между осью гидроцилиндра и перпендикуляром к оси платформы;

φ – угол наклона платформы к горизонтальной оси Ox ;

M_{P_i} – грузовой момент при $\varphi = 0^\circ$; для расчетов примем $M_c = \text{const} = 1$

единице момента;

M_c – грузовой момент при $\varphi = 90^\circ$ в единицах момента;

N_c – максимальное сжимающее усилие на гидроцилиндр при $\varphi = 0^\circ$ от действия грузового момента M_c ;

$N_{P_1}, N_{P_2}, N_{P_3}, N_{P_4}, N_{P_5}, N_{P_6}$ – максимальное растягивающее усилие на гидроцилиндр при $\varphi = 90^\circ$ от действия грузового момента $[M_{P_i}]$ равного 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 и 1,2 (единиц момента) соответственно;

h_1, h_2, h_3, h_4 – расстояние от оси вращения стрелы до продольной оси гидроцилиндра (плечо действия нагрузок N_c и N_{P_i} .) при угле φ равном 0; 30; 60 и 90° соответственно. Очевидно, что

$$N = \frac{M_c}{h_1}; \quad N = \frac{M_{P_i}}{h_4} \quad (2.9)$$

Из этих формул следует, что при заданных внешних грузовых моментах максимальные сжимающие и растягивающие усилия на гидроцилиндр определяются величиной плеч h_1 и h_4 которые, в свою очередь, зависят от компоновки гидроцилиндра на машине, т. е. от выбора параметров a, Δ, Ψ .

Многообразие конструкций и широкий диапазон машин, на которых устанавливаются гидроприводы, привели к разработке большого количества существующих типов гидроцилиндров.

Гидравлическим цилиндром называется объемный гидродвигатель с возвратно-поступательным движением выходного звена. Гидроцилиндры широко применяются в качестве исполнительных механизмов различных машин. По конструкции и принципу действия гидроцилиндры очень разнообразны и классифицируются в соответствии с ГОСТ 17752-81. В данной работе, эта классификация будет использована лишь частично.

Основными параметрами, характеризующими силовые возможности гидроцилиндров, являются: диаметр поршня, диаметр штока и номинальное давление.

По принципу действия гидроцилиндры делятся на две группы:

- цилиндры одностороннего действия, у которых движение выходного звена под действием рабочей жидкости возможно только в одном направлении;
- цилиндры двустороннего действия, у которых движение выходного звена под действием рабочей жидкости возможно в обоих направлениях.

В зависимости от конструктивного исполнения рабочего органа цилиндры классифицируются на следующие группы:

1. Поршневые цилиндры, рабочие камеры которых образованы рабочими поверхностями корпуса цилиндра и поршня. Они могут быть с односторонним или двусторонним штоком. Первые в противоположных направлениях имеют разные по величине выходные параметры (усилие и скорость), а вторые – одинаковые в обоих направлениях.

2. Плунжерные цилиндры, их рабочие камеры образованы поверхностями корпуса цилиндра и плунжера. Плунжер представляет собой удлиненный, с выходом из корпуса, цилиндр, выполняющий функцию одностороннего штока. Эти гидроцилиндры технологически проще, поскольку не требуют обработки внутренней поверхности корпуса цилиндра.

3. Телескопические цилиндры, у которых имеется несколько концентрично расположенных поршней, перемещающихся один относительно другого. Ход выходного звена (поршня) равен сумме ходов всех поршней и обычно больше длины корпуса цилиндра.

В этих цилиндрах внутренняя полость штока большого цилиндра является цилиндром для поршня меньшего диаметра. Последовательность движения поршней определяется нагрузкой на них. Первым будет выдвигаться менее нагруженный поршень.

На рабочий орган гидроцилиндра одностороннего действия жидкость может оказывать давление только с одной стороны, как, например, в схемах на

рисунке 130, *а, з*.

Здесь движение поршня вправо обеспечивается за счет давления жидкости, подводимой в левую полость гидроцилиндра. Обратное перемещение в гидроцилиндрах одностороннего действия обеспечивается другим способом. Наиболее часто это достигается за счет пружины (рисунок 130, *а*) или веса груза при вертикальном движении поршня (рисунок 130, *д*). Перемещение рабочего органа гидроцилиндра двухстороннего действия в обоих направлениях обеспечивается за счет рабочей жидкости (рисунок 130, *б, в*). В таких гидроцилиндрах жидкость может подводиться как в левую полость (тогда поршень движется вправо), так и в правую для обеспечения движения влево.

Гидроцилиндры подразделяются также по конструкции рабочего органа. Наибольшее распространение получили цилиндры с рабочим органом в виде поршня или плунжера. Причем поршневые гидроцилиндры могут быть выполнены с односторонним (рисунок 130, *а, б*) или двухсторонним штоком (рисунок 130, *в*). Плунжерные гидроцилиндры (рисунок 130, *з*) могут быть только одностороннего действия, с односторонним штоком. По характеру хода выходного звена гидроцилиндры делятся на одноступенчатые и телескопические (многоступенчатые). Одноступенчатые гидроцилиндры рассмотрены ранее (рисунок 130, *а, б, в, з*). Телескопические гидроцилиндры представляют собой несколько вставленных друг в друга поршней. В качестве примера на рисунок 130, *д* приведена схема двухступенчатого телескопического гидроцилиндра одностороннего действия. В таком гидроцилиндре поршни выдвигаются последовательно друг за другом. Телескопические гидроцилиндры применяются для получения больших перемещений.

Полный КПД гидроцилиндров определяется в первую очередь величиной механического КПД, который для большинства конструкций составляет η_m равен от 0,85 до 0,95. Гидравлические потери в цилиндрах практически отсутствуют и гидравлический КПД равен единице ($\eta_r = 1$). Объемные потери в рассматриваемых устройствах могут иметь место в зазоре между поршнем и ци-

линдром. Однако при уплотнении этого места резиновыми кольцами или манжетами они очень малы. Тогда объемный КПД также можно считать равным единице ($\eta_0 = 1$).

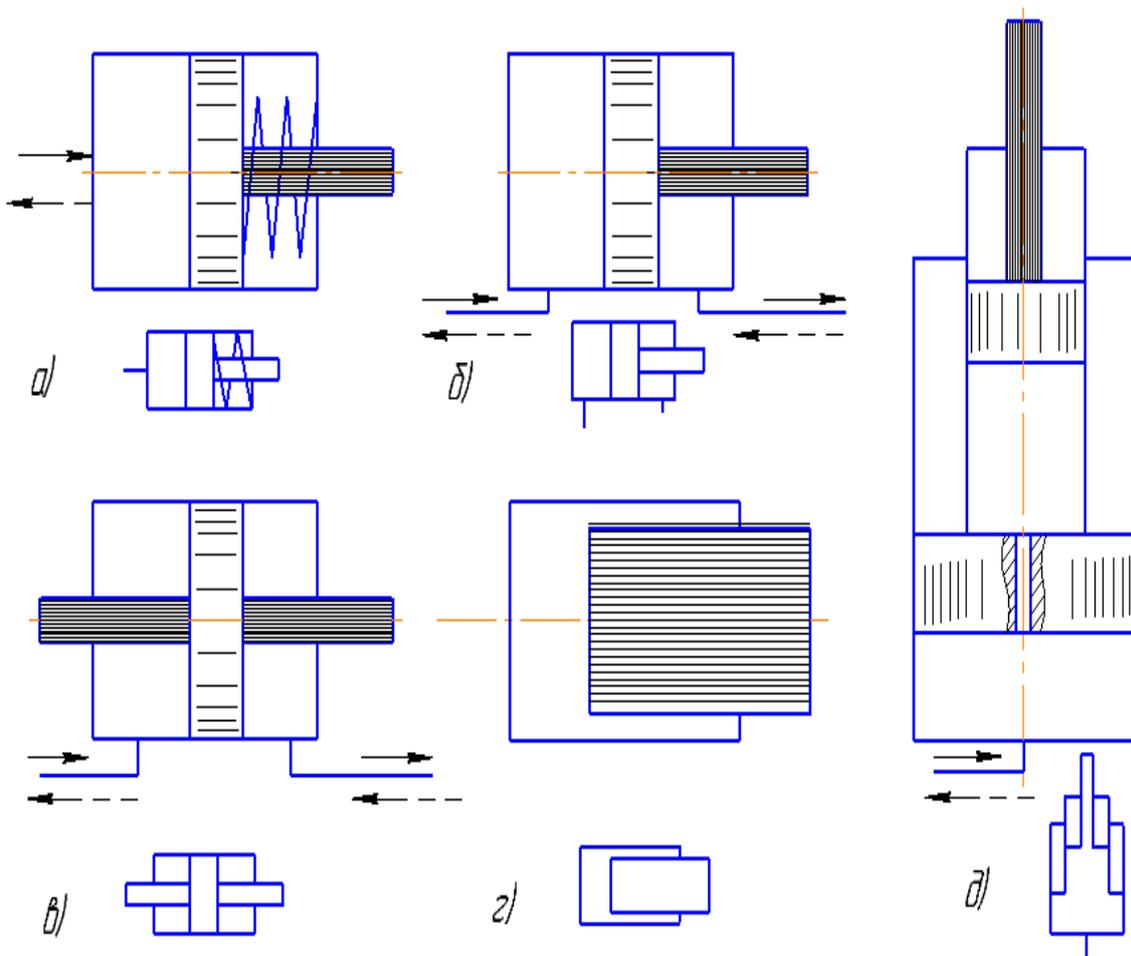


Рисунок 130 – Разновидности гидроцилиндров:

- a)* поршневой одностороннего действия; *б)* поршневой двухстороннего действия; *в)* поршневой действия с двухсторонним штоком; *г)* плунжерный; *д)* телескопический одностороннего действия

При расчете гидроцилиндров используются две основные формулы. Первая из них связывает силу F на штоке (рисунок 131) и перепад давлений на гидроцилиндре $p = p_1 - p_2$. С некоторым упрощением она выглядит следующим образом:

$$F = p \cdot S \cdot \eta_m ,$$

где S – активная площадь, на которую действует подводимое (высокое) давление.

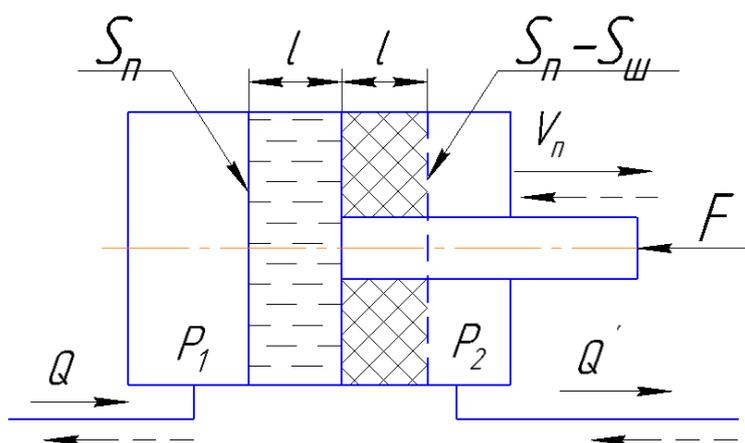


Рисунок 131 – Расчетная схема

При движении жидкости по сплошным стрелкам на расчетной схеме этой площадью является площадь поршня ($S = S_n$), а при обратном движении (движение по штриховым стрелкам на схеме) – площадь поршня за вычетом площади штока ($S = S_n - S_{ш}$),

Вторая формула связывает расход и скорость поршня

$$Q = V_n \cdot S_n \cdot \eta_o$$

или

$$Q = V_n \cdot (S_n - S_{ш}) \cdot \eta_o$$

Формула записана в двух вариантах. Это вызвано тем, что расходы до гидроцилиндра и после него различны. Для пояснения этого представим, что (рисунок 133) переместился из начального положения вправо на расстояние l (равное толщине поршня). В таком случае в левую полость гидроцилиндра поступил объем жидкости, равный объему поршня ($W = S_n \cdot l$), а из правой полости вытеснился меньший объем $W' = (S_n - S_{ш}) \cdot l$ (W' на рисунке 133 заштрихован). Из соотношения объемов W и W' следует, что расходы до и после гидроцилиндра связаны зависимостью

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{S_n}{S_n - S_{ш}}$$

Для обозначения гидроцилиндров на гидравлических схемах используются их предельно упрощенные конструктивные изображения (без лишних линий и штриховок). В качестве примера на рисунок 2.4 под конструктивными схемами цилиндров приведены их условные изображения.

Очень большое применение гидроцилиндры с несколькими последовательно выдвигающимися цилиндрами получили в автомобилях – самосвалах, самосвальных прицепах и полуприцепах.

В практике чаще всего применяются гидроцилиндры одно-, двух-, трех- и пятиступенчатые. При выборе числа цилиндров необходимо учитывать, что их увеличение связано с усложнением конструкции гидроцилиндра и возрастанием его стоимости. Кроме того, с увеличением числа цилиндров повышается неравномерность скорости движения. Поэтому, если позволяет конструкция и габариты агрегата, целесообразно за счет увеличения начальной длины l_0 обеспечить возможность применения гидроцилиндра не более чем трех- или четырехступенчатого.

Выбор рабочих ходов отдельных секций цилиндра рассмотрен на примере расчета гидроцилиндра схематически показанного на рисунке 132.

Введем обозначения: l_1, l_2, l_3 – рабочие хода 1, 2 и 3 – го цилиндра соответственно.

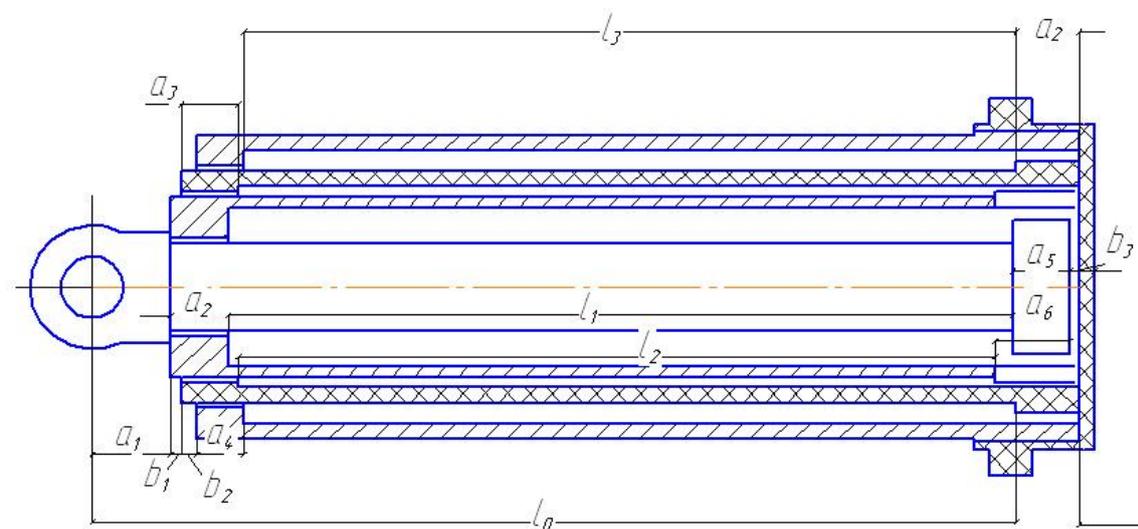


Рисунок 132 – Схема многоступенчатого гидроцилиндра

При принятых обозначениях

$$l_1 = l_0 + x - a_1 - a_2 - a_5 - \delta_3$$

$$l_2 = l_0 + x - a_1 - \delta_1 - a_3 - a_6 - \delta_3$$

$$l_3 = l_0 + x - a_1 - \delta_1 - \delta_2 - a_4 - a_7$$

$$l_1 = l_1 + l_2 + l_3 \quad (2.10)$$

В этих уравнениях все параметры, кроме l_1, l_2, l_3 и x выбираются на основании опыта проектирования гидроцилиндров. Введем обозначения:

$$\begin{aligned} A_1 &= l_0 - a_1 - a_2 - a_5 - \delta_3 \\ A_2 &= l_0 - a_1 - \delta_1 - a_3 - a_6 - \delta_3 \\ A_3 &= l_0 - a_1 - \delta_1 - \delta_2 - a_4 - a_7 \end{aligned} \quad (2.11)$$

С учетом этих обозначений уравнения (2.10) примут вид

$$\begin{aligned} l_1 &= x + A_1 \\ l_2 &= x + A_2 \\ l_3 &= x + A_3 \\ l_{раб} &= 3x + A_1 + A_2 + A_3 \end{aligned} \quad (2.12)$$

Решив систему уравнений (2.11), получим

$$x = \frac{l_{раб} - A_1 - A_2 - A_3}{3}; \quad (2.13)$$

$$l_1 = \frac{l_{раб} + 2A_1 - A_2 - A_3}{3};$$

$$l_2 = \frac{l_{раб} - A_1 + 2A_2 - A_3}{3}; \quad (2.14)$$

$$l_3 = \frac{l_{раб} - A_1 - A_2 + 2A_3}{3}.$$

По справочным данным и уравнению (2.14) определяются продольные размеры всех основных элементов гидроцилиндра. Для обеспечения запаса рабочего хода величину x выбирают несколько больше расчетного значения.

Поперечные размеры гидроцилиндра определяются рабочей площадью цилиндров, толщиной стенок и высотой опорных буртов.

Примем следующие обозначения:

d_i – диаметр i -го цилиндра без камеры противодействия;

d_n и d' – наружный и внутренний диаметры камеры противодействия в гидроцилиндре с наружной камерой;

d^p и d^c – наружный диаметр камеры противодействия (поршня), определенный из условия восприятия растягивающей и сжимающей нагрузок, в гидроцилиндре с внутренней камерой;

$d_{ш}$ – диаметр штока;

N_i – нагрузка на гидроцилиндр в начале выдвижения i – го цилиндра;

N_p – растягивающая нагрузка;

p_{max} – давление в гидросистеме; $p_{max} = 15 \dots 25$ МПа;

p_1 – давление в камере прямого давления при движении внутреннего цилиндра;

p' – давление в камере противодействия.

1. Телескопический гидроцилиндр прямого действия

Характер изменения нагрузки, действующей на гидроцилиндр, представлен на рисунке 133 кривой 1.

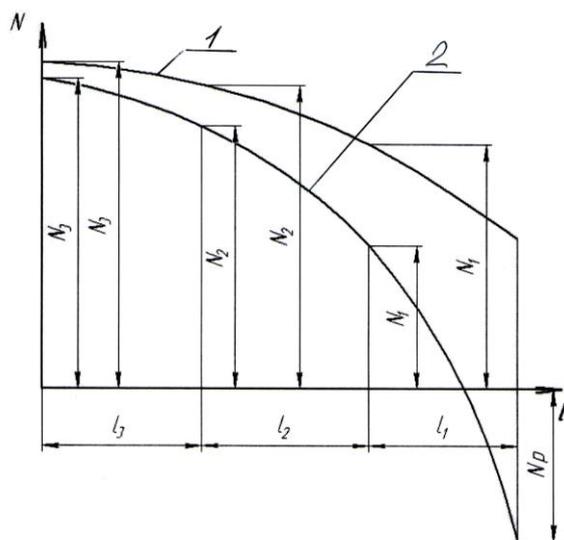


Рисунок 133 – График зависимости внешней нагрузки от рабочего хода

Очередность выдвижения цилиндров: 3 – 2 – 1. Наружные диаметры цилиндров определим из формул

$$d_1 = \sqrt{\frac{4N_1}{\pi p_{max}}}; d_2 = \sqrt{\frac{4N_2}{\pi p_{max}}}; d_3 = \sqrt{\frac{4N_3}{\pi p_{max}}}; \quad (2.15)$$

Величина p_{max} определяется характеристиками насоса и гидроаппаратуры.

Наиболее распространенными гидравлическими системами являются системы с максимальным давлением от 15 до 25 МПа.

При определении диаметров по приведенным формулам может оказаться, что толщина стенок получается неконструктивной, от 7 до 9 мм; тогда, сохра-

няя неизменным диаметр внутреннего цилиндра d_1 наружные диаметры 2 и 3 – го цилиндров следует установить исходя из допустимой толщины стенок и высоты опорных буртов. Толщина стенки внутреннего цилиндра выбирается с достаточным запасом для обеспечения устойчивости его при сжатии.

Высота δ опорных буртов выбирается, равной от 5 до 6 мм.

Для расчета рабочих давлений и скоростей движения цилиндров необходимо

Примем следующие обозначения:

p_i – прямое давление при движении i – го цилиндра;

p_n – прямое давление при движении наружного цилиндра;

p'_i – противодействие при движении i – го цилиндра;

F – рабочая площадь камеры прямого давления;

F_i – рабочая площадь камеры прямого давления при движении i – го цилиндра;

F_n – рабочая площадь камеры прямого давления при движении наружного цилиндра;

v и v' – скорость движения цилиндра при прямом и обратном ходе соответственно;

Q и Q' – расход жидкости в линии прямого давления и противодействия соответственно.

1. Одноступенчатые гидроцилиндры прямого действия

Рабочее давление p при действии внешней нагрузки N определяется по формуле

$$p = \frac{N}{F} \quad (2.16)$$

Скорость движения поршня v при установившемся движении

$$v = \frac{Q}{F} \quad (2.17)$$

2.3 Исследование причин аварийного опускания (падения) грузовой самосвальной платформы

Ежегодно в результате отказов, возникающих в системе гидропривода сельскохозяйственных транспортных средств, получают травмы, с летальным исходом, до 30 операторов. Анализ материалов расследования причин несчастных случаев сельскохозяйственных транспортных средств, позволяет сделать вывод о том, что несчастные случаи происходили не только по вине операторов, обслуживающего персонала, нарушающего требования безопасности эксплуатации сельскохозяйственных машин, но также из-за конструктивных недостатков узлов и механизмов гидропривода опрокидывающего устройства грузовых самосвальных платформ и рабочих органов сельскохозяйственных машин.

При эксплуатации автомобилей – самосвалов предохранительные стойки грузовой платформы в результате пластической деформации, находясь под постоянным действием платформы в поднятом нерабочем положении, прогибаются. В результате чего значительно снижается сопротивление материала стойки изгибу, при этом повышается опасность самопроизвольного опускания (падения) платформы в случае ее деформации, при этом не обеспечивается фиксация предохранительной стойки в рабочем положении. При опускании платформы ее кронштейн не всегда садится в скобу стойки, как это указано в руководстве по эксплуатации автомобилей – самосвалов. Осуществить фиксацию практически невозможно из-за осевого люфта стойки. Этот недостаток не позволяет произвести установку платформы на предохранительную стойку из кабины сельскохозяйственной транспортной машины без посторонней помощи. В период эксплуатации это приводит к опасным ситуациям. При установке платформы на предохранительную стойку и разгерметизации гидропривода резко возрастает нагрузка на стойку, наблюдались случаи, когда упор стойки из-за некачественной сварки обрывался, стойка деформировалась и вырывалась из гнезда упора.

На автомобилях – самосвалах, самосвальных прицепах и полуприцепах всех марок используется гидроцилиндр одностороннего действия, обеспечива-

ющий быстрый подъем грузовых платформ. Опускание платформ осуществляется под действием веса порожней платформы. В гидроприводе таких машин предусмотрен замедлительный клапан, призванный обеспечить замедленное опускание грузовых платформ, однако, он часто не выполняет своего назначения. Так, при случайном повреждении или разрыве рукава высокого давления, время опускания, а точнее падения, платформы составляет всего от 1 до 2 секунд. За такой промежуток времени, эксплуатирующий персонал физически не успевает покинуть опасную зону (под платформой).

Исследование характеристик соединительного узла, при котором возникает аварийное состояние – рассоединение головки гидроцилиндра с платформой (схема крепления гидроцилиндра к платформе представлена на рисунке 134) показало, что рассоединение узлов может произойти при нарушении точности размеров такого соединения.

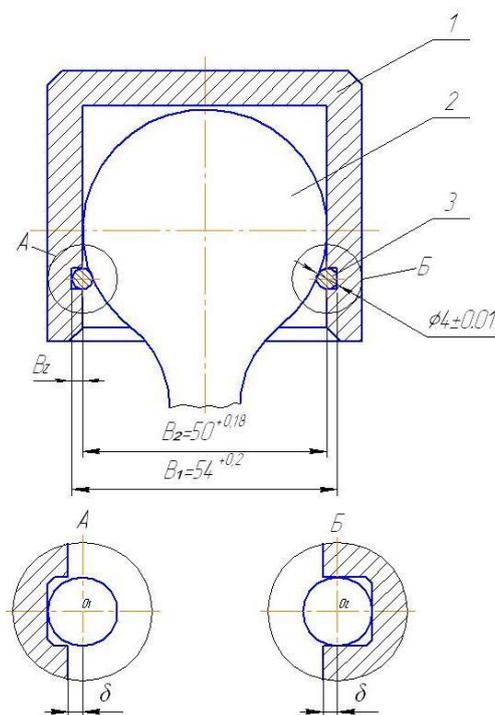


Рисунок 134 – Схема крепления гидроцилиндра к платформе или раме прицепа:

А – положение центра кольца при V_{Zmin} ; Б – положение центра кольца при V_{Zmax} ; 1 – стакан, 2 – шаровая головка гидроцилиндра; 3 – стопорное кольцо.

Проведем анализ полей допусков узлов на максимум и минимум, представленных в рабочей документации.

Так, номинальная величина глубины канавки в стакане под кольцо, B_Z составляет:

$$B_Z = \frac{B_1 - B_2}{2} = \frac{54 - 50}{2} = 2 \text{ мм}$$

Величина допуска размера B_Z при расчете на *max* и *min* равна:

$$\delta B_Z = \sum_{i=1}^n \delta B_i = 0,18 + 0,2 = 0,38 \text{ мм}$$

Нижнее и верхнее отклонения находим по выражению:

$$B_Z^B = \frac{0,38}{2} = 0,19 \text{ мм}$$

$$B_Z^H = -\frac{0,38}{2} = -0,19 \text{ мм}$$

Наибольшая и наименьшая величины

$$B_{Z\max} = 2 + 0,19 = 2,19 \text{ мм},$$

$$B_{Z\min} = 2 - 0,19 = 1,81 \text{ мм}$$

Допуск на зазор при среднем коэффициенте рассеивания размеров, равном $K_{CP} = 1,5$, составляет:

$$B_Z = K_{CP} \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta B_i^2} = 1,5 \sqrt{0,2^2 + 0,18^2} = 0,4 \text{ мм}$$

$$B_Z^B = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ мм} \quad B_Z^H = -\frac{0,4}{2} = -0,2 \text{ мм}$$

Согласно расчетам, глубина канавки может принимать размеры от $B_{Z\max} = 2,2$ мм до $B_{Z\min} = 1,8$ мм, диаметр проволоки пружинного стопорного кольца: $d_{\max} = 4,01$ и мм $d_{\min} = 3,99$ мм.

Таким образом, в пределах допустимых полей допусков на практике имеют место соединения, в которых глубина канавки выполняется по нижнему полю допуска, а диаметр проволоки пружинного кольца – по верхнему. При

этом центр кольца (рисунок 136,А) располагается вне канавки, что при действии на него динамических сил со стороны шаровой опоры должно приводить к возникновению составляющих сил, выталкивающих кольцо из канавки.

Рассмотрим силы, действующие на кольцо (рисунок 135).

Для определения реакции R_A и R_B составим уравнение проекции сил на оси X и Y из условия равновесия:

$$\sum F_Y = 0; -F_{ИН}^m - P_{УПР} \cos \alpha + R_B \cos \alpha - F_{ТР}^B \sin \alpha + R_A \cos \alpha - F_{ТР}^A \sin \gamma = 0$$

$$\sum F_X = 0; F_{ИН}^c - F_{ТР}^{O_1} + R_B \sin \alpha + F_{ТР}^B \cos \alpha - R_A \sin \gamma - F_{ТР}^A \cos \gamma - P_{УПР} \sin \alpha = 0$$

Принимая во внимание, что:

$$F_{ТР}^A = R_A \operatorname{tg} \varphi; \operatorname{tg} \varphi = 0,15; F_{ТР}^A = 0,15R_A; F_{ТР}^{O_1} = 0,15R_{B_y}$$

$$P_{УПР} = 6,7 \text{ кгс}; \quad P_{УПР} = 0,17F_{ИН}^B$$

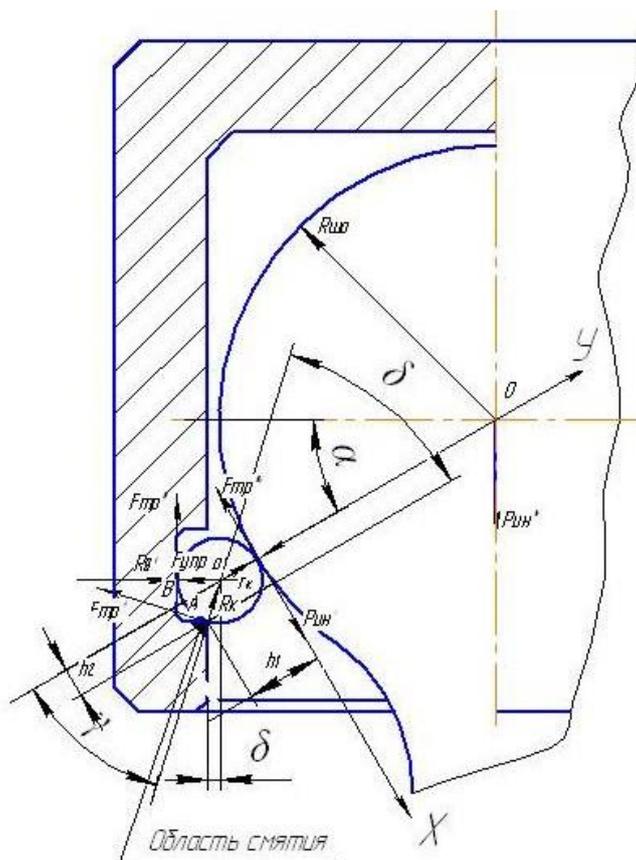


Рисунок 135 – Схема сил, действующих на стопорное кольцо при возникновении осевой силы

Решая систему уравнений, получим:

$$R_A = 0,9397 F_{ИН}^B, \quad R_B = 0,0775 F_{ИН}^B.$$

Составим уравнение моментов сил относительно точки А, соответствующее равновесному положению кольца в канавке:

$$M_A = -F_{ИН}^B \cos \alpha h_1 + F_{ИН}^B \sin \alpha \times 0,15h_1 + F_{ИН}^B \sin \alpha \times h_2 + \\ + 0,017 F_{ИН}^B \times 2k - 0,0775 F_{ИН}^B \times 2k = 0$$

Силы, имеющие положительный знак, удерживают кольцо в канавке, отрицательные – выталкивают. Разделим все члены уравнения на $F_{ИН}^B$ и подставим значение плеч:

$$h_1 = r_K + r_K \cos \gamma = r_K (1 + \cos \gamma) \\ h_2 = r_K \sin \gamma$$

$$\sin \alpha \times 0,15r_K (1 + \cos \gamma) + \sin \alpha \times r_K \sin \gamma = \cos \alpha r_K (1 + \cos \gamma) + 0,0605r_K$$

Разделим на r_K и, учитывая, что $\gamma = \Theta - \alpha$. заменим $\cos \gamma$ на $\cos(\Theta - \alpha)$, получим уравнение:

$$0,15 \sin \alpha + 0,15 \sin \alpha \times \cos(\Theta - \alpha) + \sin \alpha \times \sin(\Theta - \alpha) = \\ = \cos \alpha + \cos \alpha \times \cos(\Theta - \alpha) + 0,0605$$

Учитывая, что

$$\cos \Theta = \frac{\delta}{r_K}; \quad \sin \Theta = \frac{\sqrt{r_K^2 - \delta^2}}{r_K}; \quad \cos \alpha = \frac{R_{Ш.О.} - \delta}{R_{Ш.О.} + r_K}; \quad \sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}.$$

Подставляем эти значения в уравнение. Решаем уравнение относительно δ . При расчетах примем допущение, что $R_{Ш.О.} = 25 \text{ мм} = \text{const}$; $r_{K\text{max}} = 2,005 \text{ мм}$; $r_{K\text{min}} = 1,995 \text{ мм}$.

В результате расчетов получены данные: $\delta = - 1,9955924 \text{ мм}$; $\Theta = 3,0446830 \text{ рад}$; $r_K = 2,0050000 \text{ мм}$.

Как видно из расчетов, устойчивое положение кольца в канавке не зави-

сит от величины $F_{ИН}^B$ и наблюдается только при условии его полного утопления в канавке, т.е. глубина канавки равна диаметру проволоки кольца. Однако, при этом запирающие (удерживающие) свойства кольца сводятся к нулю. При значениях (δ), близких к (r_K), имеющих место в конструкции, хотя и происходит рост запирающих свойств кольца, однако, даже сколь угодно малые величины инерционных сил пытаются вытолкнуть его из канавки.

Вместе с тем, согласно чертежам, величина (δ) составляет 0,205 мм, и для того, чтобы произошло рассоединение шаровой головки гидроцилиндра и стакана, необходимо совершить работу либо по изменению геометрии кольца, либо деформированию заштрихованной области стакана (рисунок 2.10).

Кольцо должно подвергаться термической обработке, следовательно, можно предположить, что рассоединение может происходить из-за смятия заштрихованной области стакана, которая воспринимает динамические нагрузки со стороны более прочного кольца.

Энергия (A), необходимая для изменения формы (смятия) заштрихованной области, определяется по формуле:

$$A = A_{уд}V ,$$

где $A_{уд}$ – энергия, необходимая для деформации единичного объема материала;

V – объем деформируемого материала, m^3 .

$$A_{уд} = \frac{[\sigma_{СЖ}]_{ПР} E}{2} = \frac{[\sigma_{СЖ}]_{ПР}^2}{2}$$

где $[\sigma_{СЖ}]_{ПР}$ – предельное минимальное напряжение, при котором происходит пластическая деформация;

E – модуль упругости.

Принимаем, что

$$E = 0,22 \times 10^6 , \text{ МПа}$$

$$[\sigma_{СЖ}]_{ПР} = 15,5 \times 10^2 , \text{ МПа},$$

$$V = 0,28 \text{ м}^3,$$

$$A_{уд} = 54,54 \text{ МПа.}$$

$$\text{Тогда, } A = 54,54 \times 0,28 = 15,27 \text{ МПа.}$$

При каждом возникновении инерционной силы, она совершает работу (A) в исследуемом узле, прямо пропорциональную величине этой силы ($F_{ИН}^B$) и величине относительного перемещения элементов в узлах (Δh).

В нашем случае Δh равна высоте треугольника заштрихованной на рисунке 2.10 поверхности ($\Delta h = 0,015 \text{ м}$).

Определим максимальную силу $F_{ИН}^B$, при которой произойдет смятие заштрихованной поверхности стакана и мгновенное аварийное рассоединение узла:

$$F_{ИН}^B = \frac{A}{\Delta h} = \frac{15,27}{0,15} = 101,82 \text{ , Н}$$

Отметим, что рассоединение узла может происходить (что вероятнее всего на практике и происходит) и при значительно меньших, но неоднократно повторяющихся, за время эксплуатации величинах осевых нагрузок, т.е.

$$F_{ИН}^B = \frac{A}{\sum_{i=1}^n \Delta h_i}$$

где Δh_i – величина "i – го" перемещения сопрягаемых элементов, м;

n – число перемещений, шт.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что крепежные элементы силового узла, выполненные в виде пружинного кольца круглого сечения и канавки, не способны выполнять запирающих функций при условии воздействия на них осевых нагрузок, кольцо под воздействием осевых нагрузок гидроцилиндра в процессе эксплуатации постепенно разрушает (сминает) нижнюю кромку кольцевой канавки стакана, что и является причиной аварийного рассоединения узла.

Автор видит, что одним из решений данной проблемы замена шаровой опоры цилиндра, на ушковый узел.

Для расчета ушковых узлов крепления гидроцилиндра необходимо прежде всего найти напряжение в узле (рисунок 136).

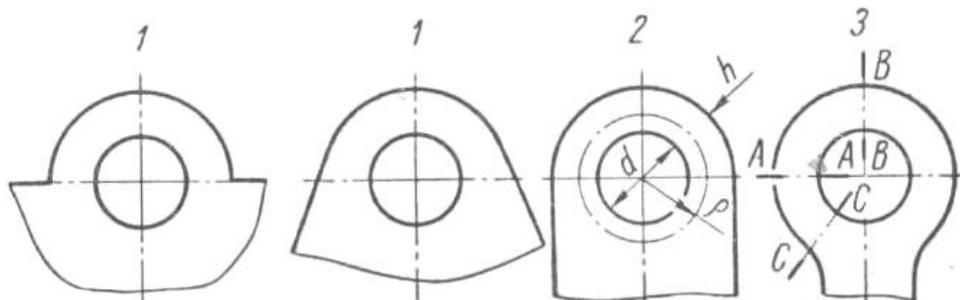


Рисунок 136 – Типы проушин (к расчету проушин)

Напряжение в ушковом узле определяется по формуле Ляме:

$$\sigma = q \frac{r^2 + r_1^2}{r^2 - r_1^2} \quad (2.18)$$

где $q = \frac{N}{d_H b}$ – удельное давление в проушине;

N – наибольшая растягивающая нагрузка на проушину;

d_H – наружный диаметр проушины;

b – толщина проушины;

r и r_1 – наружный и внутренний радиусы проушины соответственно.

Формула Ляме при расчете проушин дает правильные результаты, если определяются напряжения в беззазорном соединении. При наличии зазора между валом шарнира и внутренней поверхностью втулки в сечении проушины возникает изгибающий момент.

В ряде организаций расчет проушин ведется с учетом изгибающего момента.

Рассмотрим расчетные формулы, а также вспомогательные графики для нескольких типов проушин, наиболее часто встречающихся в существующих конструкциях гидроцилиндров.

Исходными данными для расчета проушины являются тип, ширина, толщина, диаметр проушины и действующая нагрузка.

Ниже приведены формулы для определения напряжений в различных типах проушин (рисунок 136).

Тип 1 (рисунок 136).

Сечение А – А

$$\sigma_{BH} = N \left(\frac{1}{2F} - \frac{k_2}{F} + c_1 \rho \frac{k_2}{W} \right)$$

$$\sigma_{HAP} = N \left(\frac{1}{2F} - \frac{k_2}{F} - c_2 \rho \frac{k_2}{W} \right)$$

$$\tau = N \frac{k_1}{F}$$

Сечение В – В

$$\sigma_{BH} = N \left(\frac{k_1 + 0,32}{F} - \frac{k_2 + k_1 - 0,18}{F} + c_1 \rho \frac{k_2 + k_1 - 0,18}{W} \right)$$

$$\sigma_{HAP} = N \left(\frac{k_1 + 0,32}{F} - \frac{k_2 + k_1 - 0,18}{F} - c_2 \rho \frac{k_2 + k_1 - 0,18}{W} \right)$$

Тип 2 (рисунок 136).

Сечение А – А

$$\sigma_{BH} = N \left(\frac{1}{2F} - \frac{k_2 + 0,58k_1 - 0,08}{F} + c_1 \rho \frac{k_2 + 0,58k_1 - 0,08}{W} \right)$$

$$\sigma_{HAP} = N \left(\frac{1}{2F} - \frac{k_2 + 0,58k_1 - 0,08}{F} - c_2 \rho \frac{k_2 + 0,58k_1 - 0,08}{W} \right)$$

Сечение В – В

$$\sigma_{BH} = N \left(\frac{1,15k_1 + 0,03}{F} - \frac{k_2 + 1,73k_1 - 0,55}{F} + c_1 \rho \frac{k_2 + 1,73k_1 - 0,55}{W} \right)$$

$$\sigma_{BH} = N \left(\frac{1,15k_1 + 0,03}{F} - \frac{k_2 + 1,73k_1 - 0,55}{F} + c_2 \rho \frac{k_2 + 1,73k_1 - 0,55}{W} \right)$$

Тип 3 (рисунок 136).

Сечение А – А

$$\sigma_{BH} = N \left(\frac{1}{2F} - \frac{k_2 + 1,72k_1 - 0,5}{F} + c_1 \rho \frac{k_2 + 1,72k_1 - 0,5}{W} \right)$$

$$\sigma_{HAP} = N \left(\frac{1}{2F} - \frac{k_2 + 1,72k_1 - 0,5}{F} - c_2 \rho \frac{k_2 + 1,72k_1 - 0,5}{W} \right)$$

Сечение В – В

$$\sigma_{BH} = N \left(\frac{2k_1 - 0,54}{F} - \frac{k_2 + 3,72k_1 - 1,54}{F} + c_1 \rho \frac{k_2 + 3,72k_1 - 1,54}{W} \right)$$

$$\sigma_{HAP} = N \left(\frac{2k_1 - 0,54}{F} - \frac{k_2 + 3,72k_1 - 0,55}{F} - c_2 \rho \frac{k_2 + 3,72k_1 - 1,54}{W} \right)$$

Сечение С – С

$$\sigma_{BH} = N \left(\frac{1 - 1,72k_1}{F} - \frac{k_2}{F} + c_1 \rho \frac{k_2}{W} \right)$$

$$\sigma_{HAP} = N \left(\frac{1 - 1,72k_1}{F} - \frac{k_2}{F} + c_2 \rho \frac{k_2}{W} \right)$$

$$\tau = N \frac{k_1}{F}$$

В приведенных формулах:

D – внутренний диаметр проушины, м;

h – ширина проушины, м;

δ – толщина проушины, м;

ρ – средний радиус кривизны проушины, м;

F – площадь сечения проушины, м²;

W – момент сопротивления сечения проушины, м²;

e – расстояние от центра тяжести до нейтральной линии, м;

k_1, k_2 – коэффициент нагрузок;

c_1, c_2 – коэффициент формы поперечного сечения проушины;

N – наибольшая растягивающая нагрузка на проушину, Н;

$\sigma_{ВН}$ – нормальное напряжение в сечении проушины на его внутренней стороне, Па.

$\sigma_{НАР}$ – нормальное напряжение в сечении проушины на его внешней стороне, Па;

τ – касательное (скалывающее) напряжение в проушине, Па.

На рисунке 137 приведены графики определения вспомогательных коэффициентов.

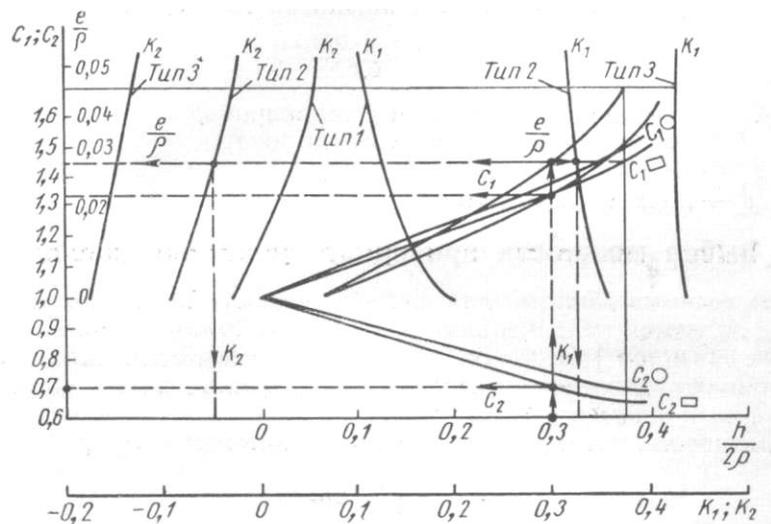


Рисунок 137 – Графики для определения вспомогательных коэффициентов при расчете проушин

При определении нормальных и касательных (скалывающих) напряжений в проушине с прямоугольным сечением, зная отношение $\frac{h}{2\rho}$, определяются c_1 и $c_2 \frac{e}{\rho}$ (для прямоугольного сечения), а также k_1 и k_2 для выбранного типа проушины. В этом случае

$$F = \delta h \quad ; \quad W = \frac{\delta h^2}{6} \quad .$$

При определении нормальных и касательных напряжений в проушине с

круглым сечением, по тем же графикам, зная отношение $\frac{h}{2\rho}$, определяются $\frac{e}{\rho}$, c_1 и c_2 (для круглого сечения), а также k_1 и k_2 для выбранного типа проушины,

$$\text{В этом случае } F = \frac{\pi h^2}{4}; \quad W = 0,1h^3 \quad \rho = \frac{d+h}{2}$$

Напряжение изгиба в цилиндрической цапфе

$$\sigma_{и} = \frac{Nl}{0,4d^2} \quad (2.19)$$

Удельное давление во втулке

$$q = \frac{N}{2dl_1} \quad (2.20)$$

Удельное давление в шаровой цапфе

$$q = \frac{6N}{2d_1^2} \quad (2.21)$$

В формулах 2.19, 2.20, 2.21

N – наибольшая нагрузка на цапфу, Н;

d – диаметр цилиндрической цапфы, м;

d_1 – диаметр упора шаровой цапфы, м;

l – длина цилиндрической цапфы, м;

l_1 – длина втулки, м.

Напряжения изгиба в осях шарниров гидроцилиндра

$$\sigma_{и} = \frac{N(l - 0,5l_1)}{0,4d^2} \quad (2.22)$$

где N – наибольшая нагрузка на ось шарнира, Н;

l – расстояние между реакциями опор, м;

l_1 – длина втулки проушины, м;

d – диаметр оси шарнира, м.

2.4 Теоретическое обоснование эксплуатационных параметров устройства регулирования скорости подъема - опускания грузовой самосвальной платформы

В нашей стране и за рубежом для торможения рабочего цилиндра, опускающего груз, разработаны и используются дроссельные устройства и замедлительные клапаны.

Дроссельные устройства или дроссели, которые представляют собой регулируемые и нерегулируемые местные сопротивления. У первых площадь проходного сечения можно изменять в процессе работы, изменяя тем самым расход рабочего тела.

В зависимости от формы проходного сечения и регулирующего элемента дроссели делятся на игольчатые, щелевые, канавочные, пластинчатые (рисунок 138).

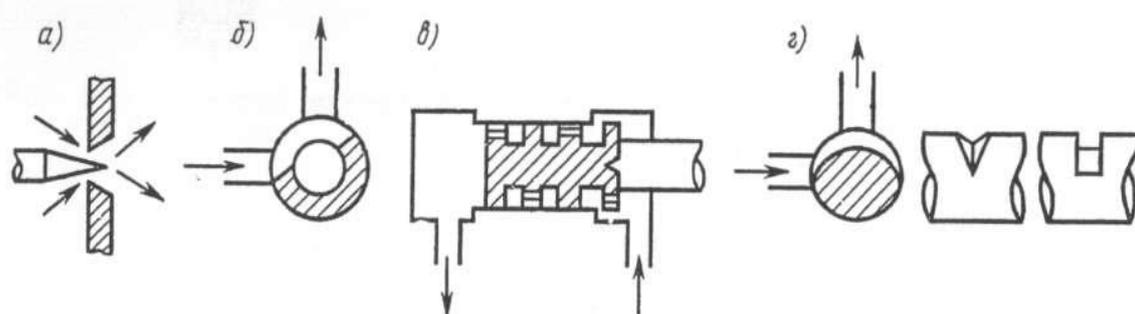


Рисунок 138 – Схемы дросселей; *а* – игольчатый; *б* – щелевой; *в* – пластинчатый; *г* – канавочный

Наиболее характерной особенностью дросселя является форма проходного сечения и соотношение между его площадью и периметром смачивания. Чем больше отверстие и чем меньше его периметр смачивания, тем меньше сказывается облитерация и вязкость жидкости на расходе, тем стабильнее работает дроссель. Изменение площади проходного сечения у игольчатых дросселей достигается за счет осевого перемещения иглы. Их недостаток – склонность к облитерации вследствие значительного периметра кольцевой щели.

У щелевых дросселей площадь проходного сечения изменяется при повороте полый пробки, в которой выполнена щель. Так как толщина стенки пробки

мала, то пропускная способность дросселя практически не зависит от вязкости жидкости. Не возникает здесь и облитерации.

Пластинчатый дроссель состоит из набора шайб с отверстиями. Расход меняется с изменением числа шайб, находящихся на пути потока жидкости. На характеристику такого дросселя мало влияют облитерация и вязкость жидкости, но он хуже работает при загрязненном рабочем теле.

У канавочных дросселей изменение площади проходного сечения достигается поворотом пробки, на боковой поверхности которой сделаны эксцентричные каналы треугольной или прямоугольной формы. Эти дроссели склонны к облитерации, и при малых расходах на их пропускную способность влияет вязкость жидкости.

В ряде случаев для управления расходом рабочего тела применяются гидроклапаны (рисунок 139).

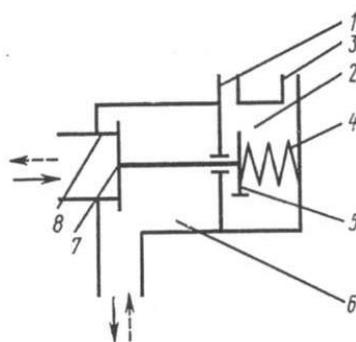


Рисунок 139 – Схема гидроклапана:

1 – линия подвода управляющего давления; 2 – управляющая полость;
3 – линия дренажа; 4 – пружина; 5 – поршень; 6 – жидкостная полость;
7 – тарель клапана; 8 – седло:

—▶ — направление движения жидкости в клапане прямого действия
- - -▶ — направление движения жидкости в клапане обратного действия

В таком клапане тарель перемещается под действием высокого управляющего давления жидкости, что позволяет уменьшить габариты и массу клапана.

В машиностроении постоянно возникает необходимость в использовании гидравлических цилиндров одностороннего действия, обеспечивающих быстрый подъем рабочих органов платформ (органов) и постоянное независимое от внешней нагрузки время опускания.

На отечественных грузовых платформах для предотвращения поломок, при переводе их из транспортного положения в рабочее сопровождающегося сильными ударами машин о поверхность, применяются замедлительные клапаны (рисунок 140).

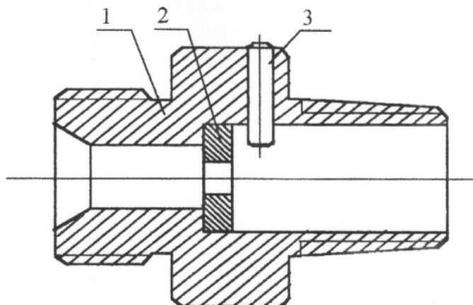


Рисунок 140 – Замедлительный клапан

Замедлительный клапан состоит из корпуса 1, шайбы с калиброванным отверстием 2 и трех штифтов 3, ограничивающих перемещение шайбы. Диаметр калиброванного отверстия шайбы для различных гидравлических цилиндров выбирают разные в зависимости от грузоподъемности. Замедлительный клапан одним концом ввертывают в отверстие гидравлического цилиндра, на другой конец подсоединяют шланг от гидросистемы трактора или машины. Данный клапан позволяет быстрый подъем грузовых платформ и более замедленное ее опускание.

В настоящее время в гидроподъемниках машин, предназначенных для подъема грузовых платформ, масло поступает через калиброванное отверстие штуцера 1, позволяет опускаться платформе замедленно (рисунок 141).

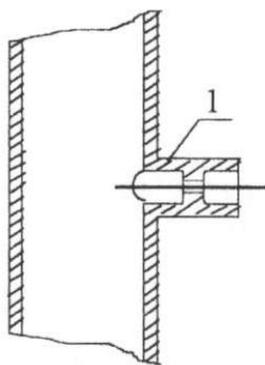


Рисунок 141 – Гидроцилиндр: 1 – штуцер с калиброванным отверстием

Транспортные средства с грузовыми самосвальными платформами оборудованы предохранительными стойками, чтобы обеспечить безопасность работающих при эксплуатации грузовых платформ. Однако, как показывает практика и анализ травматизма, обслуживающий персонал редко пользуется предохранительной стойкой при работе под поднятой платформой. Отмечены также случаи, когда при случайном обрыве рукава высокого давления, устранении отказов в гидравлической системе (затягивании штуцера шланга, подводящего гидравлическую жидкость к гидроцилиндру, чтобы устранить течь и т.д.) может происходить резкое опускание платформы. Оператор, находящийся под ней, не успевает покинуть опасную зону, травмируется (в большинстве случаев с летальным исходом). Таким образом, задача обеспечения безопасности оператора к определению оптимального времени опускания платформы.

Рассмотрим время опускания платформы и параметры, от которых оно зависит:

$$t = \frac{V}{Q}$$

где t – время опускания платформы, с;

V – объем полости гидравлического цилиндра заполняемой маслом, м³;

Q – расход жидкости через калиброванное отверстие в штуцере, м³/с.

Согласно теоретическим расчетам расход жидкости определяется:

$$Q = \frac{l\pi R}{\eta 8l} \Delta p$$

где η – вязкость масла, кг/м с;

R – радиус калиброванного (дроссельного) отверстия, м;

l – длина калиброванного (дроссельного) отверстия, м, в нашем случае из-за малой величины можно пренебречь;

Δp – перепад давления в калибровочном отверстии, кг/м².

В предварительных расчетах можно пользоваться равенством

$$p = p_1 = \frac{(1,1 \dots 1,5)P}{0,785 D^2}$$

где P – внешнее усилие на штоке цилиндра, кг;

D – диаметр поршня, м.

При случайном обрыве шланга давление за калиброванным отверстием будет равно нулю $p_2 = 0$, тогда,

$$\Delta p = p_1 - p_2 = p_1$$

Однако, такие клапаны и калибровочные отверстия, не обеспечивают постоянное время опускания грузоподъемных платформ при различной внешней нагрузке. Так как при максимальной нагрузке и случайном обрыве шланга (по выше изложенным формулам для грузовой платформы) время опускания платформы составляет около 6 секунд, а при минимальной – 20 секунд. Это приводит как к повреждению подъемных средств, и как уже отмечалось, к смертельному травмированию людей, по каким-либо причинам оказавшихся в зоне движения платформы.

Для того, чтобы увеличить время опускания грузовой платформы, надо соответственно уменьшить площадь калиброванного отверстия в штуцере или шайбе. Однако, уменьшение сечения отверстия приводит к негативным последствиям: увеличивается времени подъема платформы (что экономически не выгодно), большая часть мощности машины расходуется на нагрев масла при перепуске через калибровочное отверстие, что крайне не желательно.

Задача обеспечения безопасности операторов при падении грузовой платформы сводится к определению оптимального безопасного времени опускания (падения) платформы при разрыве рукава высокого давления. Такого времени, при котором, люди находящиеся под ней, смогли покинуть опасную зону. Требуемое условие может обеспечить устройство регулирования скорости подъема (опускания) грузовой платформы

Параметры дроссельных каналов регулятора должны выбираться из сле-

дующих соображений. Под воздействием перепада давления Δp плунжер (пакет дроссельных шайб) преодолевая сопротивление пружины, перемещается на величину Δl от своего первоначального положения. Участки дроссельных каналов, находящиеся на расстоянии Δl от начала образуют дроссельный элемент, причем площадь дросселирования определяется суммой минимальных сечений каналов на данном участке.

Зависимость площади сечения дроссельных каналов от Δl (расстояние от начального положения пакета дроссельных шайб) находится путем решения системы уравнений (2.20, 2.21, 2.22).

$$\Delta p = \frac{T}{S} \quad , \quad (2.23)$$

$$Q = \frac{1}{h} \times \frac{\pi R^4}{8L} \Delta p \quad , \quad (2.24)$$

$$\Delta p = (\Delta l + l_1) \times \frac{C}{S_{пл}} \quad (2.25)$$

где: Δp – перепад давлений на входе и выходе устройства, Н/м² (т.к. давление на выходе много меньше давления на входе, то принимается, что $\Delta p = p_{вх}$;

S – площадь поршня гидравлического цилиндра, м²;

T – рабочая нагрузка на цилиндр, Н;

Q – объемный расход масла через устройство, м³/с;

$S_{пл}$ – площадь плунжера устройства м²;

l – начальное сжатие пружины;

C – коэффициент жесткости, Н/м;

R – радиус дроссельного канала, м;

L – длина дроссельного канала принята нами равной длине плунжера, м;

η – коэффициент вязкости гидравлической жидкости, выбирается равным $11,3 \cdot 10^2$ кг/м с.

Обозначая максимальную и минимальную нагрузку на цилиндр T_{\max} и T_{\min} соответственно найдем коэффициент жесткости пружины C и зависимость R от Δl :

$$\begin{aligned}\frac{1}{S}T_{\max} &= (\Delta l + l_1) \frac{C}{S_{III}} \\ \frac{1}{S}T_{\min} &= l_1 \frac{C}{S_{III}}\end{aligned}\quad (2.26)$$

$$\begin{aligned}\frac{C}{S_{III}} &= \frac{T_{\max}}{S(\Delta l_{\max} + l_1)} = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{S\Delta l_{\max}} \\ l_1 &= \frac{T_{\max}}{T_{\max} - T_{\min}} \Delta l\end{aligned}\quad (2.27)$$

$$\Delta p = p_{BX} = (\Delta l + \Delta l_{\max} \frac{T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}}) \frac{T_{\max} - T_{\min}}{S\Delta l_{\max}} = \Delta l \frac{T_{\max} - T_{\min}}{S\Delta l} + \frac{T_{\min}}{S}\quad (2.28)$$

$$R = \sqrt{\frac{SQL\eta}{\pi\Delta p}} = \sqrt{\frac{8QL\eta}{\pi(\Delta l \frac{T_{\max} - T_{\min}}{S\Delta l_{\max}} + \frac{T_{\min}}{S})}}\quad (2.29)$$

$$Q = \frac{XS}{l}\quad (2.30)$$

Подставляя полученные данные в формулу, связывающую R с Δl получаем:

$$R = \sqrt{\frac{SQL\eta}{\pi\Delta p}} = \sqrt{\frac{8QL\eta}{\pi(\Delta l \frac{T_{\max} - T_{\min}}{S\Delta l_{\max}} + \frac{T_{\min}}{S})}}\quad (2.31)$$

Жесткость пружины:

$$C = S_{III} \frac{T_{\max} - T_{\min}}{\Delta l_{\max}}\quad (2.32)$$

$$l_1 = \frac{T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}} \Delta l_{\max}\quad (2.33)$$

Глава 3 Результаты исследований безопасности операторов сельскохозяйственных транспортных средств и мобильных машин

3.1 Разработка имитационной математической модели рабочего процесса исполнительного гидроцилиндра двустороннего действия с механизмом фиксации

В настоящее время актуальна проблема расчета основных проектных параметров грузоподъемного механизма сельскохозяйственных транспортных машин на основе исполнительного гидроцилиндра. Автором разработана имитационная математическая модель динамики рабочего процесса телескопического трехсекционного гидроцилиндра двустороннего действия с механизмом фиксации – механическим шариковым замком (рисунок 142).

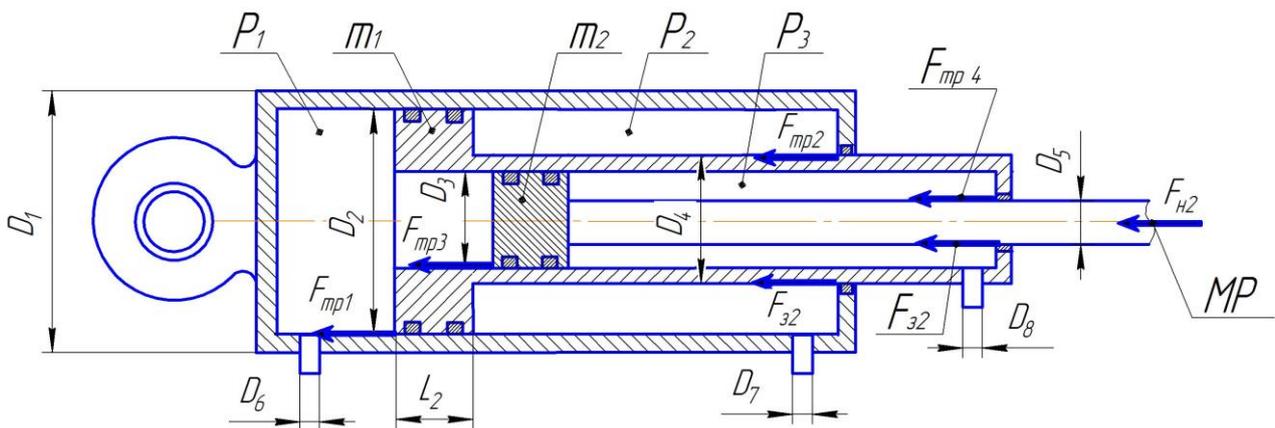


Рисунок 142 – Расчетная схема имитационной математической модели

Уравнение равновесия сил действующих при работе подвижных элементов исполнительного гидроцилиндра:

$$F_{дв} - F_{ин} - F_{ж} - F_{тр} - F_3 - F_{ГС} = \pm F_n \quad (1.1)$$

где: $F_{дв}$ – движущая сила, Н; $F_{ин}$ – сила инерции подвижных масс, Н;

$F_{ж}$ – сила гидравлических сопротивлений течению жидкости, Н;

$F_{тр}$ – сила трения в направляющих скольжения и уплотнениях, Н;

F_3 – сила затраченная на открытие механического замка первой и второй секций, Н; $F_{ГС}$ = сила гидравлических сопротивлений от дросселиро-

вания рабочей жидкости, H ; F_H – сила от нагрузки, приложенной к креплению подвижного элемента исполнительного гидроцилиндра, H .

Рассмотрим систему уравнений цикла работы исполнительного гидроцилиндра, схема которого представлена на рисунке 3.1.

Полный цикл работы гидроцилиндра складывается из четырех основных этапов:

1 – й этап – прямой ход, выдвижение первой секции:

$$F_{ДВ1} - F_{ИН1} - F_{ТР1} - F_{ТР2} - F_{Ж2} - F_{ГС2} - F_3 - F_{H2} = 0 \quad (3.2)$$

2 – й этап прямой ход, выдвижение второй секции:

$$F_{ДВ2} - F_{ИН2} - F_{ТР3} - F_{ТР4} - F_{Ж3} - F_{ГС3} - F_3 = 0 \quad (3.3)$$

3 – й этап обратный ход, втягивание второй секции:

$$F_{ДВ2} - F_{ИН2} - F_{ТР3} - F_{ТР4} - F_{Ж1} - F_{ГС1} - F_3 = 0 \quad (3.4)$$

4 – й этап обратный ход, втягивание первой секции:

$$F_{ДВ1} - F_{ИН1} - F_{ТР1} - F_{ТР2} - F_{Ж1} - F_{ГС1} - F_3 + F_{H2} = 0 \quad (3.5)$$

Движущая сила возникает вследствие подачи рабочей жидкости в соответствующую полость гидроцилиндра и определяется произведением давления P_i в данной полости на площадь поперечного сечения S_i подвижных элементов, соприкасающихся с рабочей жидкостью:

$$F_{ДВ} = P_i \cdot S_i \quad (3.6)$$

Сила инерции подвижных частей равна произведению массы m_i на ускорение a_i этих частей:

$$F_{ИН} = m_i a_i \quad (3.7)$$

Сила инерции рабочей жидкости вычисляется с учетом переменной массы жидкости при изменении координаты перемещения x_i и плотности рабочей жидкости $\rho_{ж}$

$$F_{ж} = \rho_{ж} \cdot S_i \cdot x_i \cdot a_i \quad (3.8)$$

Сила трения $F_{тpi}$ в i – том уплотнительном узле, приведенная к штоку гидроцилиндра:

$$F_{тpi} = \pi(D_i l_i n_i f_i / \Delta P_i) \quad (3.9)$$

где D_i – уплотняемый диаметр; l_i – ширина контакта уплотнителя;

n_i – количество уплотнителей в штоковом уплотнении;

f_i – коэффициент трения в уплотнении; ΔP_i – перепад давления на уплотнителе.

Сила гидравлических сопротивлений от дросселирования рабочей жидкости $F_{ГC}$ при вытекании ее из противоположных полостей гидроцилиндра вычисляем по формуле:

$$F_{ГC1,2} = S_{1,2} P_{C1,2} \quad (3.10)$$

где $F_{1,2}$ – площадь проходного сечения полостей, определяемая для поршневой полости как: $S_1 = \frac{\pi D^2}{4}$, а для штоковой $S_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$;

$P_{C1,2}$ суммарные потери давления в магистралях, примыкающих к соответствующим полостям гидроцилиндра.

При сливе масла по этим магистралям потери давления определяются размерами магистралей и скоростью течения рабочей жидкости в них:

$$P_{C1,2} = \sum_{i=1}^n k_i V_{жи}^2 \quad (3.11)$$

где k – коэффициент потерь давления на i – ом участке сливной магистрали;

$V_{жи}$ – скорость течения рабочей жидкости на i – ом участке сливной магистрали. Для трубопровода:

$$k_i = \lambda \rho_{ж} \frac{l}{d 2g} \quad (3.12)$$

где l и D – длина и внутренний диаметр трубопровода, м;

$\rho_{ж}$ – плотность рабочей жидкости;

G – ускорение свободного падения;

λ – коэффициент трения жидкости о стенки трубопровода, зависящий от режима течения жидкости.

При ламинарном режиме течения $\lambda = 75/Re$, при турбулентном $\lambda = 0,3164 Re^{-0,25}$, Здесь $Re = \frac{V_{ж} d}{\nu}$ – критерий Рейнольдса, определяющий режим течения жидкости;

ν – коэффициент кинематической вязкости. При $Re \leq 2200 \div 2300$ – режим течения ламинарный, при $Re > 2200 \div 2300$ – режим течения турбулентный.

Для расчета потерь давления на гидравлических сопротивлениях (ответвления трубопровода, дроссели, распределители и т.д.) применяют формулу:

$$K_i = \zeta \frac{\rho_{ж}}{2} \quad (1.13)$$

где: ζ – безразмерный коэффициент местного сопротивления, определяемый экспериментально.

Усилия для открытия замка будем определять по формуле

$$F_3 = \frac{\pi}{4} (D_{PC1,2}^2 - d_{Ш1,2}^2) c_{1,2} \quad (3.14)$$

где $D_{PC1,2}$ – диаметр распорного цилиндра замка первой и второй секций, м;

$d_{Ш1,2}$ – диаметры штоков первой и второй секций, м;

$c_{1,2}$ – жесткость пружины распорного цилиндра, Н/м.

Нагружающие усилия F_{Hi} приложенные в местах крепления грузовой платформы опрокидывающего механизма, зависит от конструкции механизма и являются функциями массы и положения в пространстве, приведенного к координате

перемещения соответствующей секции исполнительного гидроцилиндра:

$$F_{Hi} = f(m_i x_i) \quad (3.15)$$

Приведенная имитационная математическая модель может быть положена в основу математического обеспечения САПР, которая позволит уже на этапе проектирования определять работоспособность и нагрузочный режим исполнительных гидроцилиндров опрокидывающих механизмов, позволит повысить инвариантность и качество принимаемых проектных решений.

3.1.1 Разработка алгоритма и программного обеспечения имитационной математической модели «HYDRAULIC CYLINDER»

Рассматриваемая методика имитационной математической модели стала основой построения алгоритма программной реализации «HYDRAULIC CYLINDER», которая составлена для исполнительного трехсекционного телескопического гидроцилиндра двустороннего действия с механизмом фиксации – механическим шариковым замком.

Блок – схема алгоритма представлена на рисунке 143.

Имитация работы исполнительного гидроцилиндра осуществляется в составе гидравлической системы, дополнительно включающей в себя гидронасос, регулируемый по давлению, гидрораспределитель и масляный бак. В начале осуществляется Ввод конструктивных параметров гидросистемы $X_{01}, X_{02}, X_{K1}, X_{K2}, D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7, m_1, m_2, L_1, L_2$. Ввод параметров рабочей жидкости материалов конструкции гидросистемы $\varepsilon, E, R, f, \zeta, \mu_0, P_m, t_m$. Ввод эксплуатационных параметров гидропривода $t_0, V_0, S_1 = f(G_1, X_1), S_2 = f(G_2, X_2)$. Ввод параметров интегрирования и задание допустимых погрешностей $h, \Delta X,$

ΔP . Задание последовательности рабочих операций исполнительного гидроцилиндра $n = 1, 2, 3, 4$. На первом шаге вычислений величина давления в насосной полости гидроцилиндра задается равной значению атмосферного давления и определяется соответствующий этому значению расход насоса и объем рабочей жидкости, подаваемой в насосную полость исполнительного цилиндра.

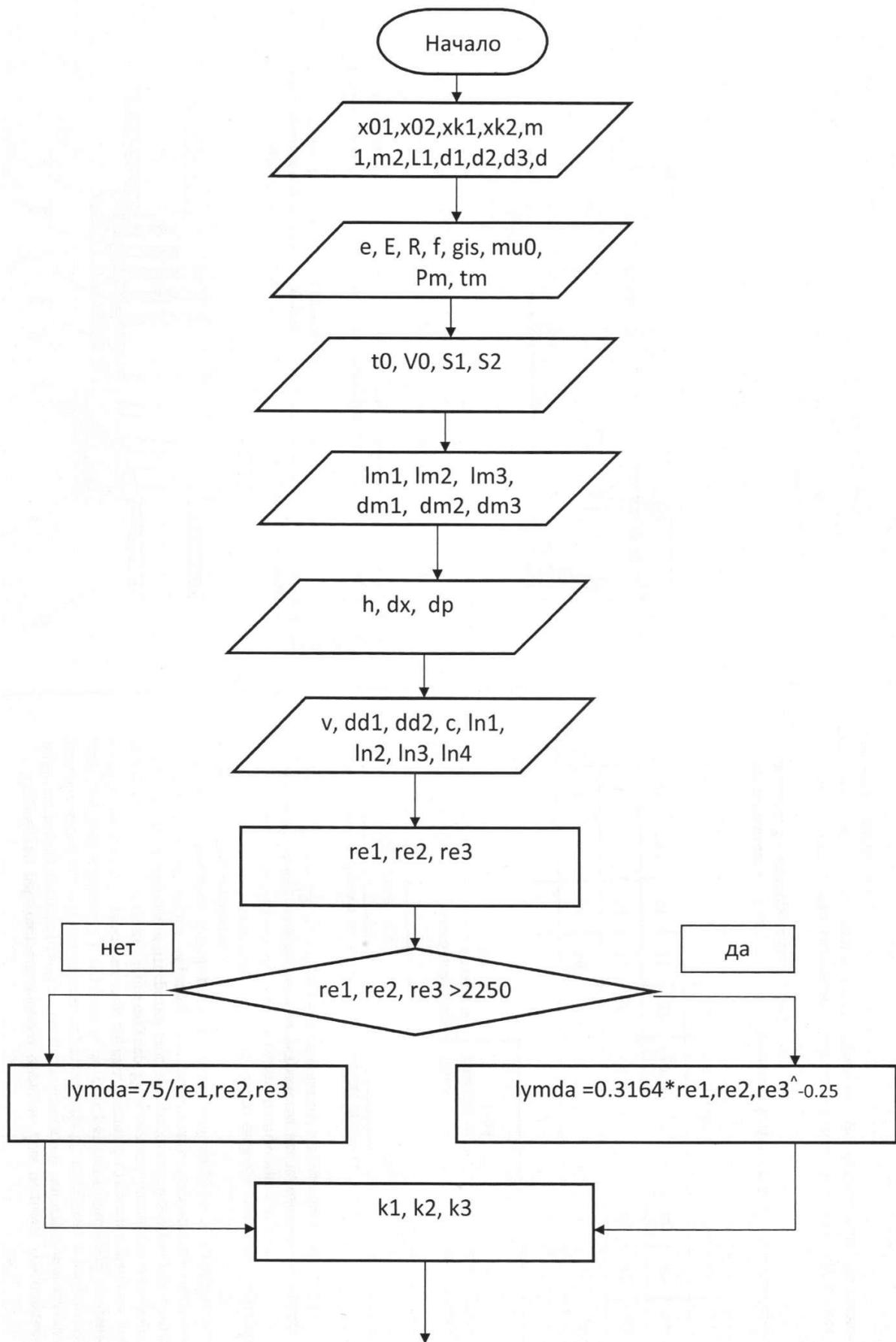


Рисунок 143 – Алгоритм программы «HYDRAULIC CYLINDER»

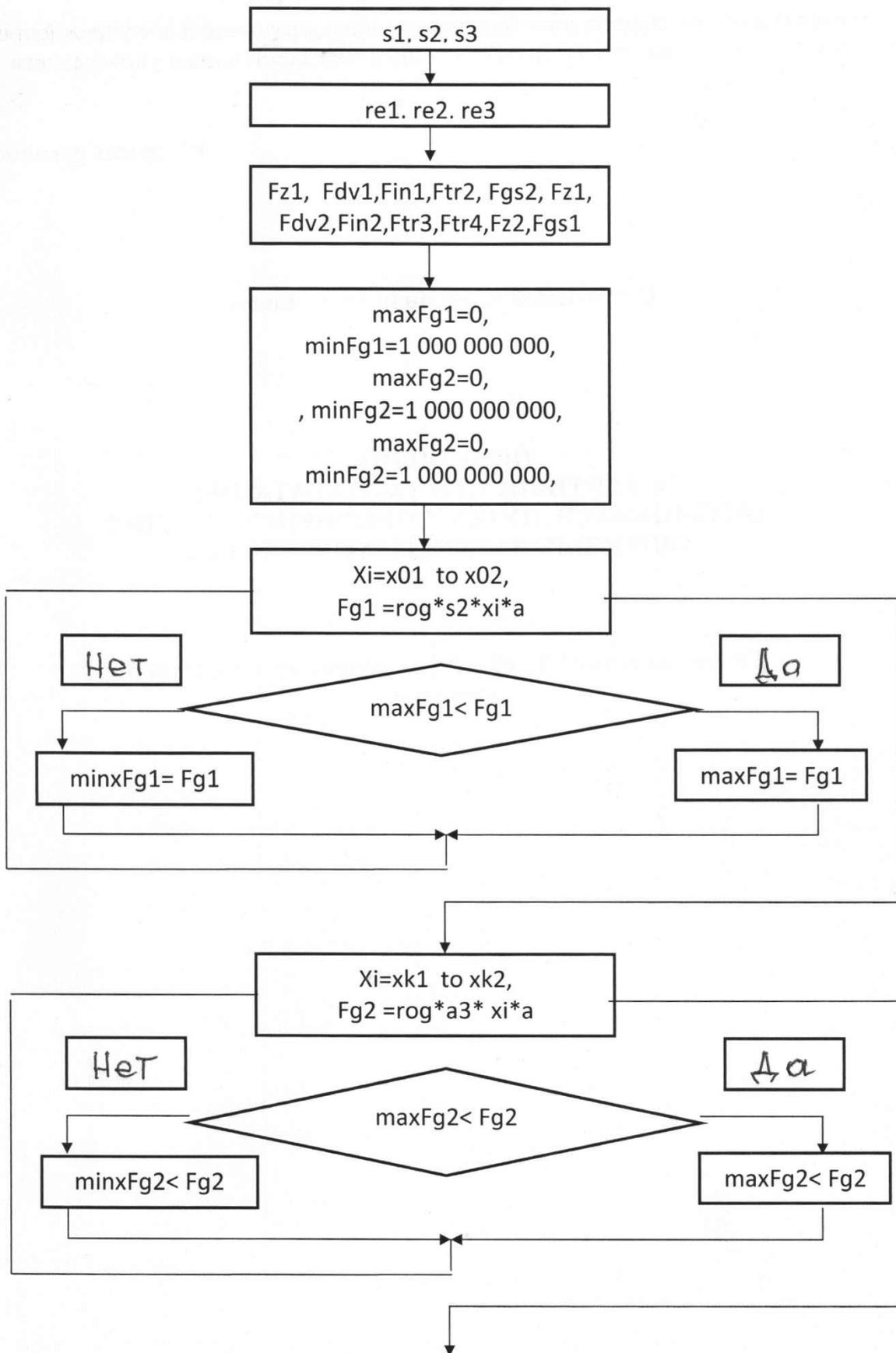


Рисунок 143 – Алгоритм программы «HYDRAULIC CYLINDER»
(продолжение)

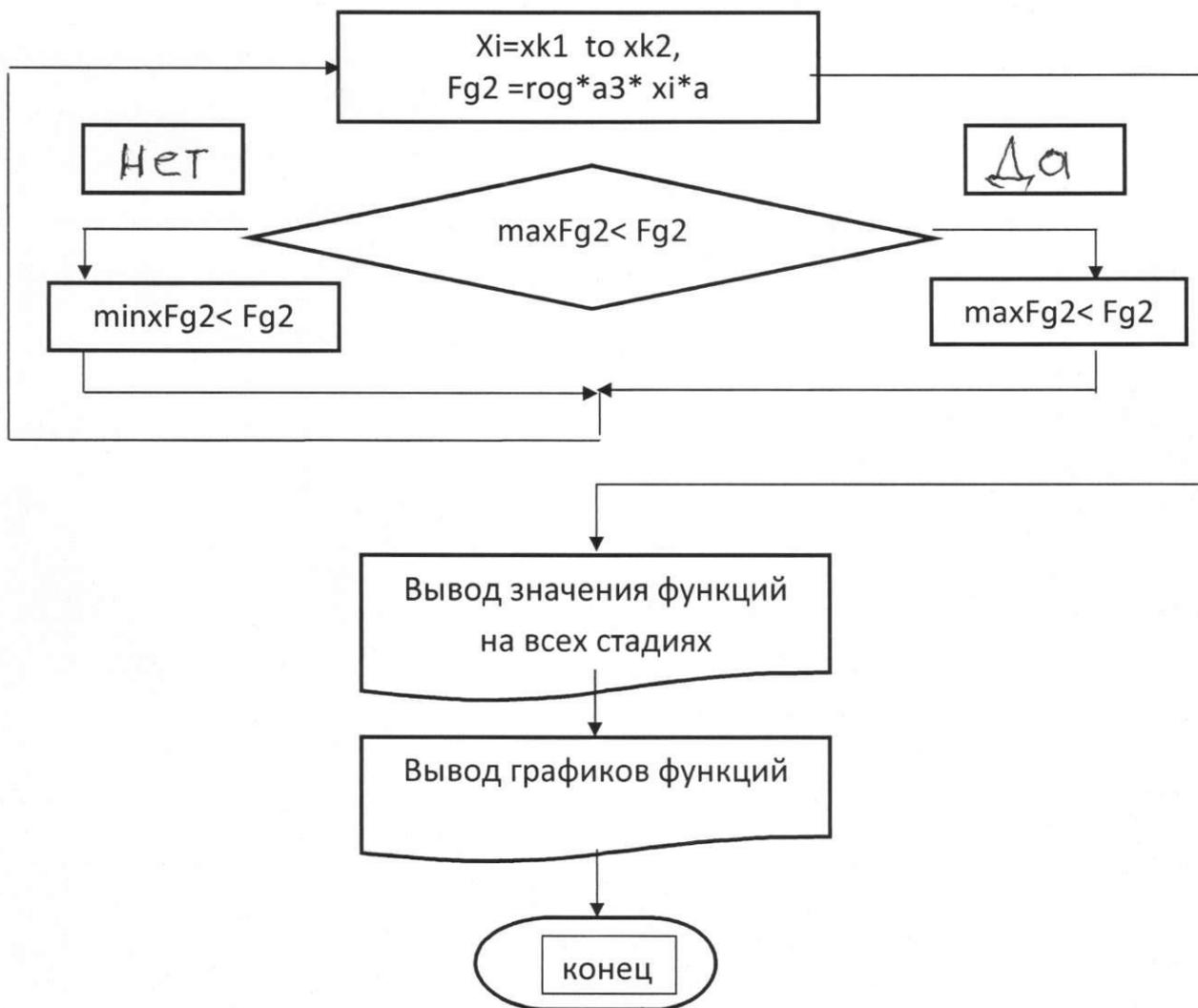


Рисунок 143 – Алгоритм программы «HYDRAULIC CYLINDER»
(продолжение)

Вычисляя функции нагрузочного режима и силы сопротивления перемещению, скорость и ускорение рабочего звена с учетом всех возможных сопротивлений, сжатия рабочей жидкости, учета шероховатости уплотняемых поверхностей, сил трения, сил сопротивления от вытекания рабочей жидкости из противоположной сливной полости, сил инерции подвижных частей гидравлических механизмов и рабочей жидкости и коэффициентов местных сопротивлений течению рабочей жидкости, зависящих от конкретной разводки гидросистемы, сил на открытие механизма фиксации первой и второй секции.

Далее на данном временном интервале из уравнения силового баланса вычисляем значения давления рабочей жидкости, получившееся после первой итерации и сравниваем его с предыдущим значением и, используя метод дихо-

томии для определения давления на второй итерации, вычисляем новое значение давления, соответствующее ему значения расхода из диаграммы мощности и выполняем вторую и последующие итерации до сходимости алгоритма по заданной погрешности определения давления.

После этого идет приращение временного интервала и цикл расчетов повторяется до достижения конца перемещения подвижной секции или задаваемого значения временного интервала. Затем происходит переключение гидрораспределителя по заданной циклограмме и процесс счета повторяется.

При достижении конца циклограммы положений гидрораспределителя процесс счета заканчивается, и на печать выводятся значения всех искомых величин, по которым оценивается имитируемая конструкция и режимы ее эксплуатации на этапе проектирования.

В настоящее время для расчета гидропривода с целью выбора оптимальных параметров агрегатов не хватает обобщенных зависимостей в форме удобной для расчета на ПЭВМ. К обобщенным относятся зависимости конструктивных параметров агрегатов гидропривода, физических свойств рабочей жидкости, материалов гидропривода, свойств окружающей среды от определяющих конструктивных и технологических параметров рассчитываемого гидропривода.

Вывод обобщенных зависимостей производится для элементов гидропривода: трубопровод, распределитель, гидроцилиндр, фильтр, насос наиболее распространенных моделей и типоразмеров. В качестве обобщенного конструктивного параметра элементов гидропривода принимаем условный диаметр (D_V). Вывод необходимых конструктивных параметров производится путем аппроксимаций графических зависимостей искомых параметров от условного диаметра, построенных по имеющимся табличным значениям (рисунок 144, 145, 146).

1. Зависимость наружного диаметра D_H (м) от диаметра поршня D_{II} (рисунок 144).

$$D_H = 1,14D_{II} + 0,0084$$

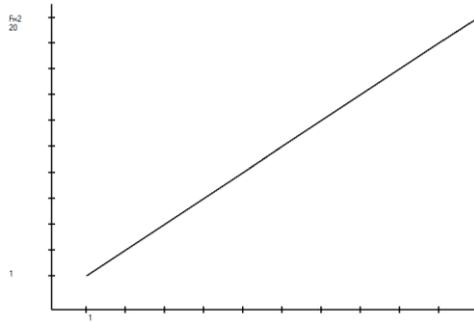


Рисунок 144 – График зависимости длины гидроцилиндра от наружного диаметра

2. Зависимость длины гидроцилиндра L_y (м) от диаметра поршня $D_{П}$ и хода h (м) (рисунок 145)

$$L_y = 1,781D_{П} - 0,0084h$$

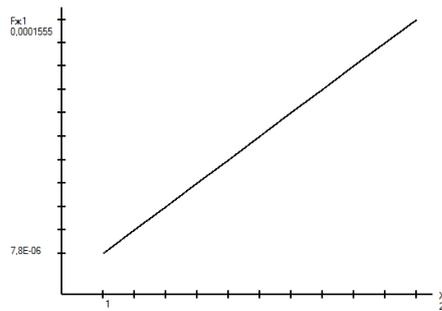


Рисунок 145 – График зависимости длины гидроцилиндра от диаметра поршня при ходе штока 1 м

3. Зависимость массы гидроцилиндра $G_{Ц}$ (кг) от диаметра поршня $D_{П}$ (м) и хода штока h (м) (рисунок 146).

$$G_{Ц} = 1,781D_{П}^{2,5} + 1400hD_{П}^{1,5}$$

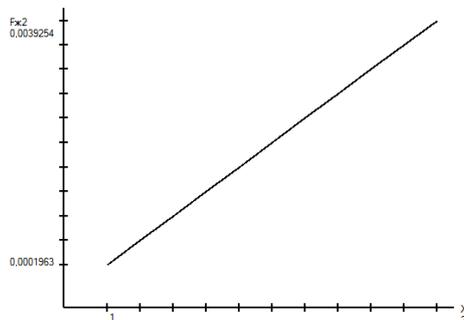


Рисунок 146 – График зависимости массы средней части гидроцилиндра G_{cp} от диаметра поршня штока $h=0$

3.2 Современный уровень надежности гидроприводов сельскохозяйственных гидрофицированных машин

Надежность гидроприводов в основном от режима эксплуатации и от того, насколько качественно и правильно организованы техническое обслуживание и ремонт.

Для гидроприводов сельскохозяйственных гидрофицированных машин режимы эксплуатации принято делить на: лёгкий, средний, тяжелый и весьма тяжелый. Основными показателями режимов эксплуатации гидроприводов являются:

1. Коэффициент использования номинального давления

$$K_p = \frac{P_{ЭКВ}}{P_{НОМ}} \quad (3.16)$$

где

$$P_{ЭКВ} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n P_i^3 \times \frac{\tau_i}{\tau_{ОБ}}}$$

$P_{НОМ}$ – номинальное давление в системе;

P_i – давление в гидросистеме за i -й период работы;

τ_i – время, в течение которого система работает под давлением P_i ;

$\tau_{ОБ}$ – общее время работы гидросистемы.

2. Коэффициент продолжительности работы под нагрузкой в течение смены

$$K_{СМ} = \frac{\tau_H}{\tau_{СМ}} \quad (3.17)$$

где $\tau_{СМ}$ – полное время работы за смену, ч;

τ_H – время работы под нагрузкой в течение смены, ч.

3. Коэффициент использования гидропривода в году

$$K_{ГОД} = \frac{\tau_P}{\tau_{ГОД}} \quad (3.18)$$

где τ_p – время работы в течение года, смен;

$\tau_{ГОД}$ – календарное время работы, смен.

4. Число включений в час – ЧВ.

Кроме того, по аналогии с электроприводом применяют также такие показатели, как:

1) коэффициент колебаний давления

$$K_{\Delta P} = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{CP}} \quad (3.19)$$

2) коэффициент использования мощности привода

$$K_N = \frac{N_{\Phi}}{N_T} \quad (3.20)$$

где N_{Φ} – фактическая мощность, передаваемая гидроприводом, Вт;

N_T – теоретическая мощность, развиваемая гидроприводом, Вт.

Значения коэффициентов приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Значения коэффициентов эксплуатации гидроприводов

Режим эксплуатации	Показатели					
	K_p	K_{CM}	$K_{ГОД}$	ЧВ	$K_{\Delta P}$	K_N
Легкий	до 0.4	до 0.3	до 0.5	до 100	до 0.2	до 0.5
Средний	от 0.4	от 0.3	от 0.5	от 100	от 0.2	от 0.5
	до 0.7	до 0.5	до 0.7	до 200	до 0.4	до 0.7
Тяжелый	от 0.7	от 0.5	от 0.7	от 200	от 0.4	от 0.7
	до 0.9	до 0.8	до 0.9	до 400	до 0.8	до 0.9
Весьма тяжелый	свыше 0.9	свыше 0.8	свыше 0.9	свыше 400	свыше 0.8	свыше 0.9

Как показали исследования ряда авторов, режимы эксплуатации сельскохозяйственных транспортных машин, в основном относятся к средним и тяжелым.

К системам гидропривода сельскохозяйственных гидрофицированных машин предъявляется также ряд технологических требований, обусловленных

спецификой действия грузовых самосвальных платформ и рабочих органов:

– возможность регулирования скорости выходных звеньев основного гидронасоса в пределах установочной мощности;

– защита гидронасосов от перегрузок, от просадки выходных звеньев под действием встречных нагрузок при включении гидроцилиндров рабочего оборудования;

– ограничение скорости выходных звеньев при работе под действием попутных нагрузок

– удобство управления.

Выполнение указанных требований обеспечивается правильным выбором гидронасосов и конструкцией исполнительных механизмов. Обеспечение необходимых скоростей выходных звеньев и производительности машин достигается выбором соответствующей мощности первичного двигателя с учетом возможностей системы гидроприводов по рациональной передаче мощности.

Для наиболее полного использования мощности с минимальными потерями, система гидропривода должна соответствовать следующим критериям:

$k_0 = k_{Nt} \eta_{\text{Ц}} (1 - k_D)$ – обобщенный критерий рациональности использования мощности привода;

$\eta_0 = \eta_{\text{Ц}} (1 - k_D)$ – обобщенный КПД гидропривода,

где k_{Nt} – коэффициент использования по времени мощности силовой насосной установки за время рабочего цикла;

$\eta_{\text{Ц}}$ – КПД гидропривода в рабочем цикле;

k_B – доля мощности двигателя, затрачиваемая на привод вспомогательных устройств.

Развитие гидравлических систем сельскохозяйственных транспортных средств, в ходе модернизации и разработки новых моделей характеризуется увеличением общего количества элементов и числа связей между ними, с одной стороны, и переходом на гидравлическое оборудование высокого давления – с другой стороны. Вместе с тем, гидроприводы становятся более чувствительны-

ми к загрязнению рабочей жидкости продуктами износа и пылью, к воздействию природно – климатических факторов, вибрации и т.п. Это, в свою очередь, требует совершенствования методов и средств эксплуатации, разработки дополнительных организационно-технических мероприятий по обеспечению надежности гидроприводов.

В соответствии с ГОСТ надежность гидропривода есть свойство выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Проблемам обеспечения надежности гидроприводов машин посвящено много работ советских и российских ученых: Башты М.Т., Гринчара Н.Г., Ереско А.С., Ереско С.П., Ешуткина Д.М., Лепешкина А.В., Михайлова А.А., Мелик – Гайказова В.И., Наземцева А.С., Осипова П.Е., Рыбальченко Д.Е., Раздолина М.В. Самусенко М.Ф., Фалалеева В.П., Шейнака А.А., Ушакова Л.С. и других.

В разработках по обеспечению надежности гидроприводов гидрофицированных машин в настоящее время выделяются два основных направления:

1. Развитие математических исследований теории надежности, математического моделирования машин и механизмов.
2. Исследования и разработки по повышению надежности и безопасности гидроприводов при проектировании и изготовлении.

Практический опыт организаций, эксплуатирующих гидрофицированные машины, показывает, что они практически не могут влиять на такие факторы, как резервирование, выбор элементов с повышенной надежностью, оптимизация схем и конструкций, стандартизация, облегчение режимов, климатические условия, недостатки конструкции. В то же время влияние на остальные факторы со стороны эксплуатационников может быть весьма сильным и эффективным (рисунок 149).

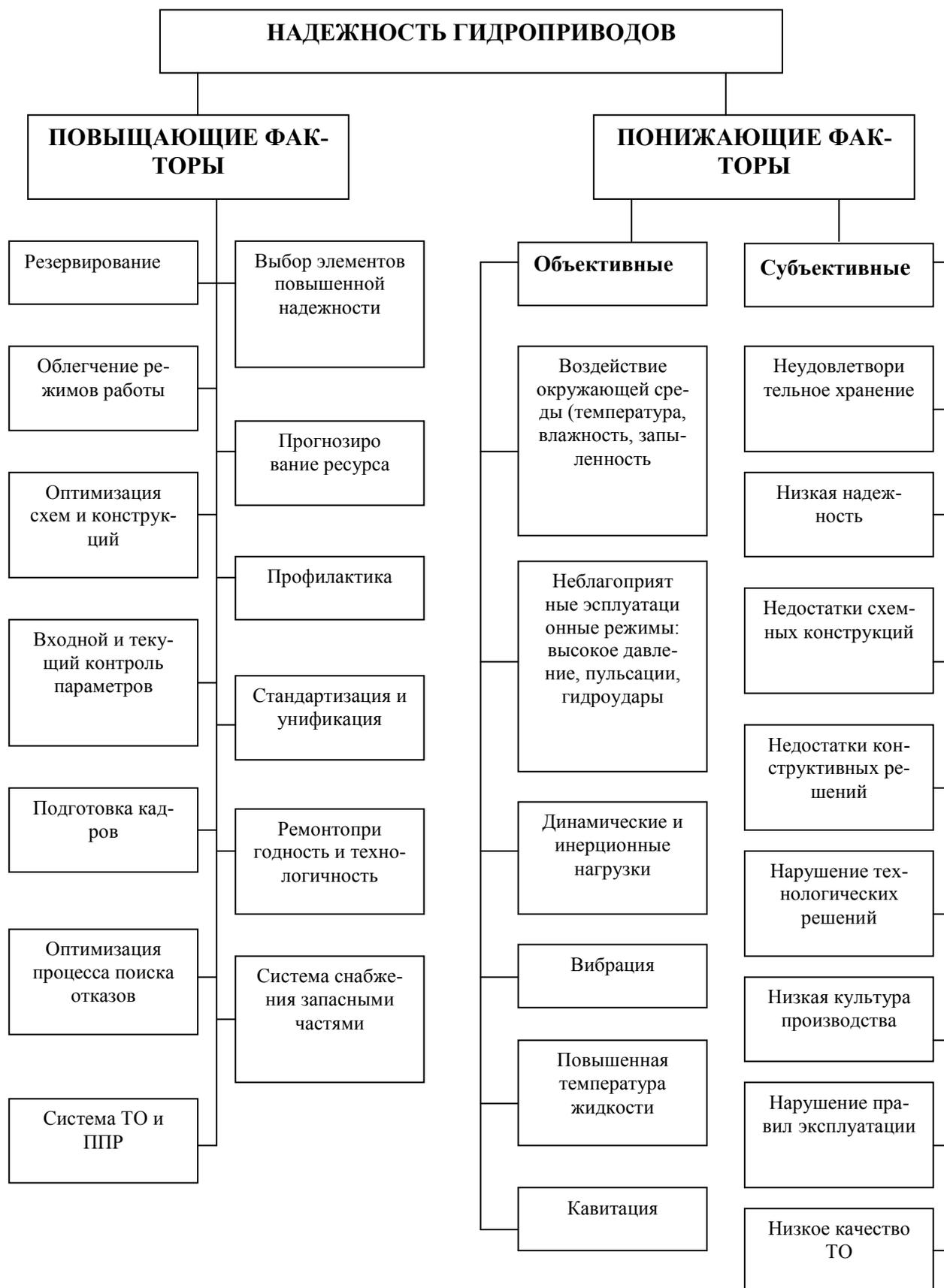


Рисунок 147 – Факторы, влияющие на надежность гидроприводов гидрофицированных сельскохозяйственных машин

Сбор статистической информации по надежности гидроприводов дает возможность определить значения наработки на отказ для основных типов элементов гидропривода (таблица 26).

Таблица 26 – Нарботка на отказ элементов привода

Гидроаппараты	Нарботка на отказ транспортных машин, Т. $\frac{T_{min} \cdot T_{max}}{T_{mid}}$
Гидроцилиндры	$\frac{6000 \dots 10000}{5300}$
Дроссели и регуляторы потока	$\frac{2800 \dots 5800}{4300}$
Шланги РВД	$\frac{300 \dots 5000}{2650}$

Рассматривая данные таблицы 26, необходимо иметь в виду, что гидроприводы этих машин работают в тяжелых и средних режимах, согласно исследованиям. Кроме того, условия эксплуатации могут быть охарактеризованы как неблагоприятные, особенно по климатическим показателям и запыленности.

Все отказы, возникающие в гидроприводах, принято разделять на внезапные и постепенные или износные отказы. Иногда одни и те же виды отказов могут быть как внезапными, так и постепенными, в зависимости от физического механизма возникновения отказа данного вида. Например, вырыв шланга из заделки, течь по штоку гидроцилиндра может быть вызвана как случайным попаданием крупной механической частицы в зону уплотнения (внезапный отказ), так и его износом или старением (постепенный отказ).

Распределение отказов по системам и аппаратам представлено на рисунках 148 и 149.

Общая классификация отказов гидроприводов гидрофицированных машин приведена на рисунке 150.

В результате анализа отказов гидроприводов разных типов в эксплуатации выявлено, что свыше 90% всех отказов составляют частичные и лишь око-

ло 10% – полные отказы. Около 60% отказов гидроприводов являются параметрическими, 40% – функциональными.

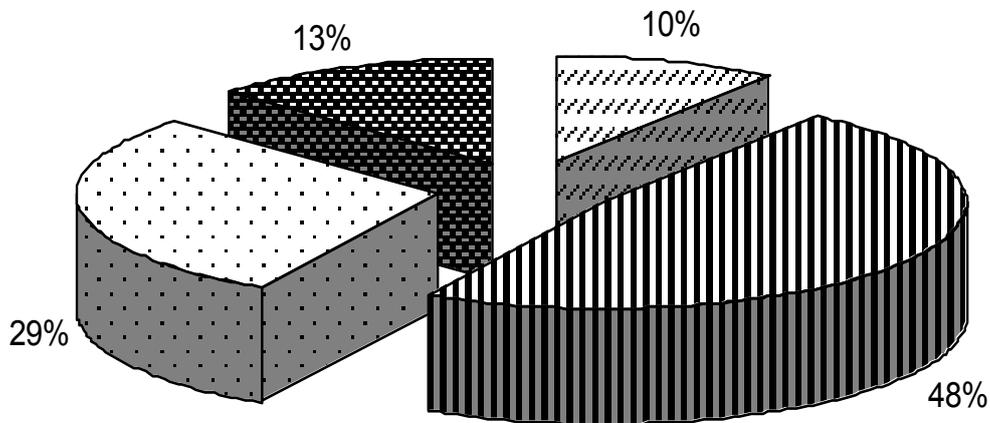


Рисунок 148 – Распределение отказов в системах гидрофицированных машин: гидропривод – 48%; электропривод – 29%; элементы механических передач – 13% двигатель – 10% и другие

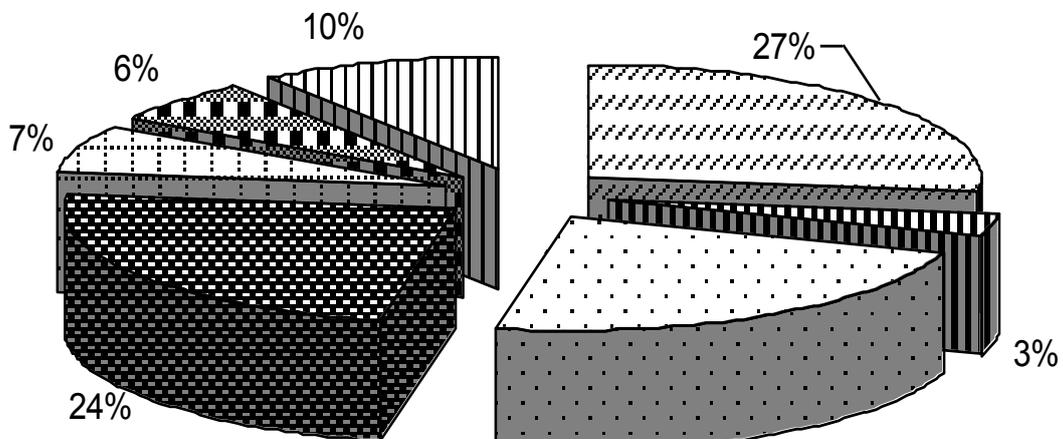


Рисунок 149 – Распределение отказов в гидроприводе: гидравлические рукава – 27%; уплотнения – 24%; уплотнения гидроцилиндра – 10%; управляющая аппаратура – 7%; насосы – 6%; быстросъемные соединения – 3%; другие причины – 3%

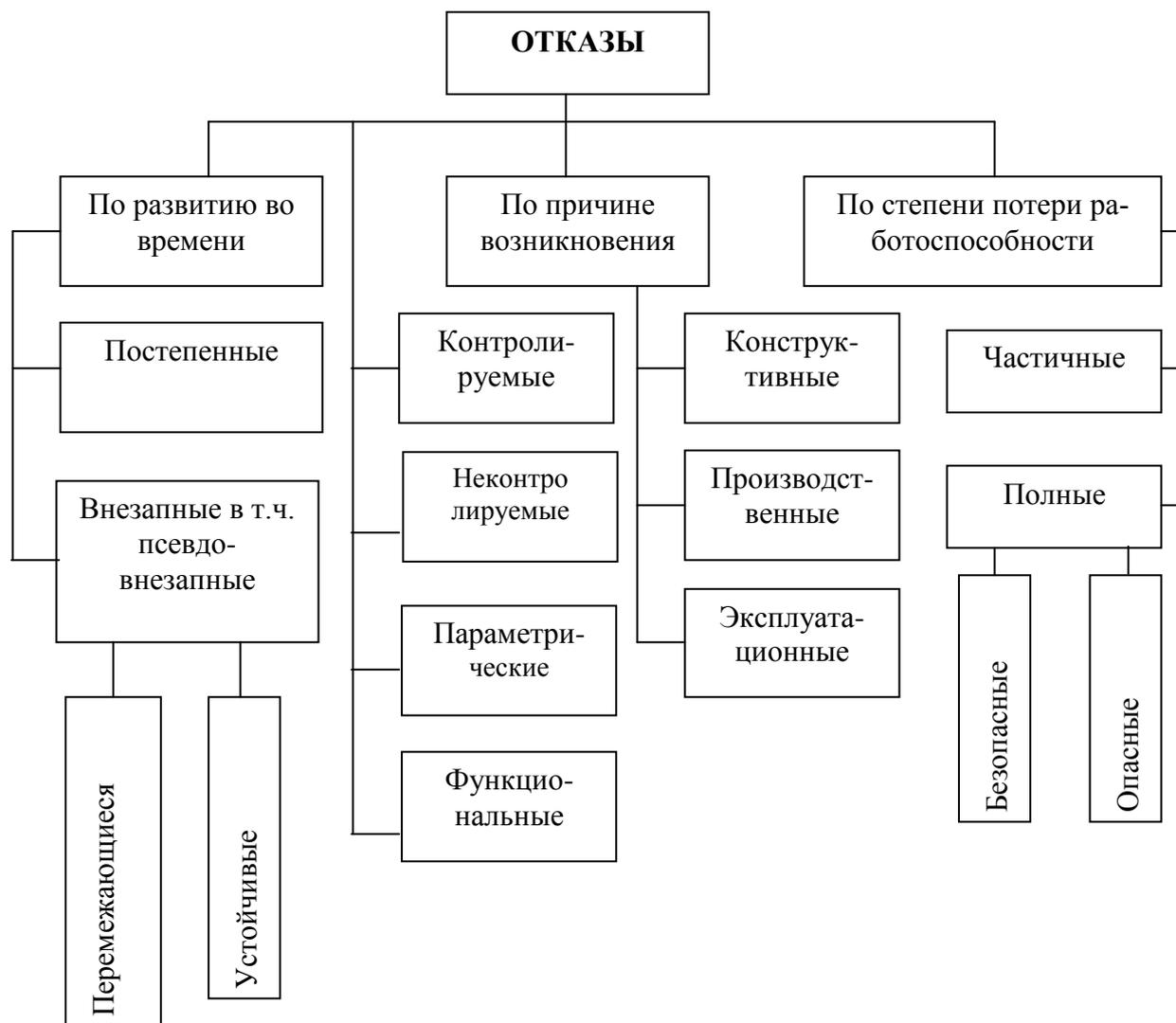


Рисунок 150 – Классификация отказов гидроприводов гидрофицированных сельскохозяйственных машин

3.3 Разработка конструкций блокировочных и предохранительных систем сельскохозяйственных транспортных средств и мобильных машин

3.3.1 Описание разработанного телескопического гидроцилиндра двустороннего действия с механизмом фиксации

Предлагаем использовать в гидравлическом опрокидывающем устройстве сельскохозяйственных транспортных средств телескопический трехсекционный гидроцилиндр с механизмом фиксации – механическим шариковым замком, который позволяет фиксировать платформу, в понятом положении, при нарушении герметичности гидропривода (рисунок 151. Патент №144653).

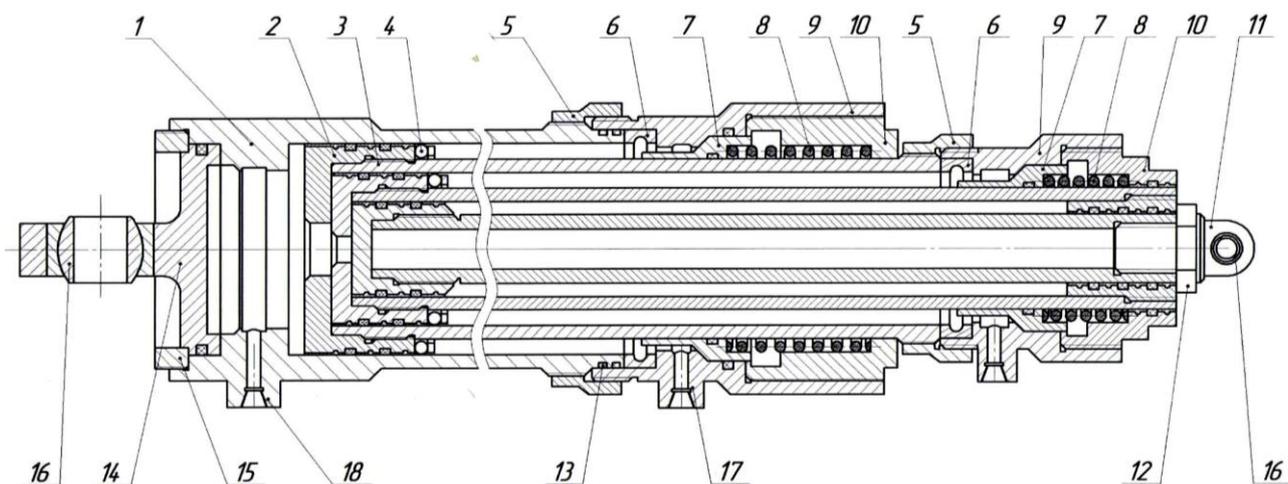


Рисунок 151 – Схема силового гидроцилиндра

Силовой гидроцилиндр является гидроцилиндром двустороннего действия, в котором выпуск и уборка штоков осуществляется за счет гидропривода гидрофицированной машины и состоит из корпуса 1, штока 2 выполненного из телескопических секций, на одном из концов секции крепится поршень 3. По окружности поршня со стороны секции штока выполнено восемь сквозных отверстий, образующие сепараторы с гнездами для шариков, от выпадения из гнезд внутрь полости поршня шарики удерживаются внешней поверхностью секции штока, от выпадения наружу из поршня шарики удерживаются внутренней поверхностью цилиндрического корпуса или внутренней поверхностью секций штока (для шариков последующих секций. рисунок 152).

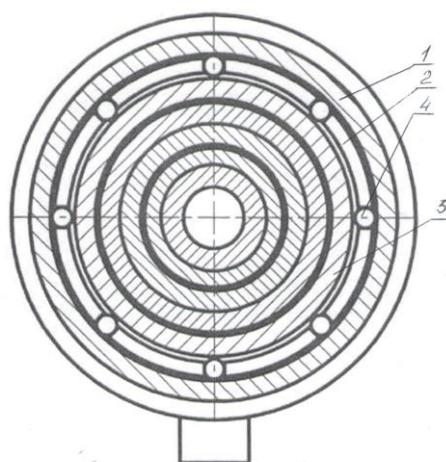


Рисунок 152 – Схема сепаратора:

1 – корпус; 2 – поршень; 3 – шток; 4 - шарики

Шарики 4 имеют некоторую степень свободы для перемещения в гнездах. В конструкции гидроцилиндра также имеются соединительные гайки 5, кольца замка 6, распорные цилиндры 7, пружины 8, запорные цилиндры 9, направляющие секции штока цилиндров 10, ушковые узлы 11, 14, сферические шарниры 16. В сборе сепаратор, распорный и запорный цилиндры составляют механизм фиксации. Для обеспечения соосности, при монтаже, относительно узлов крепления рамы и самосвальнoй платформы, ушковый узел 11 от проворачивания фиксирует контргайка 12, ушковый узел 14 надежно прижат к кольцевому выступу корпуса цилиндра резьбовой гайкой 15. Для герметичности соединений используются уплотнительные резиновые кольца 13.

Силовой гидравлический цилиндр работает следующим образом. Для выдвижения штоков рабочая жидкость через штуцер 18 подается в подпоршневые полости, в которых начинает возрастать давление, при этом начинают выдвигаться секции штока поршня. При выдвигении поршня шарики 4 подходят и упираются в круговой конусный уступ торца распорного цилиндра 7. Возникает горизонтальная составляющая от силы прижатия шариков к конусной части распорного цилиндра, под воздействием которой распорный цилиндр, сжимая пружину 8, сдвигается в сторону полости цилиндра, соединенной со сливом, при этом шарики установятся напротив сферической выточки кольца замка 6 и под действием вертикальной составляющей усилия прижатия их к конусной части распорного цилиндра, они будут выдвинуты из гнезд сепаратора в кольцевую выточку кольца замка 6, а распорный цилиндр 7 под действием усилия пружины 8 проскользнет под шариками, механический шариковый замок закроется (рисунок 153).

Для открытия замка рабочая жидкость поступает в полость (стороны штока) через штуцер 17. В изолированной камере, между поршнем и распорным кольцом, возникает нарастающее давление, которое не может сдвинуть поршень, закрытый на шариковый замок, а сжимая пружину, сдвигает распорный цилиндр вправо.

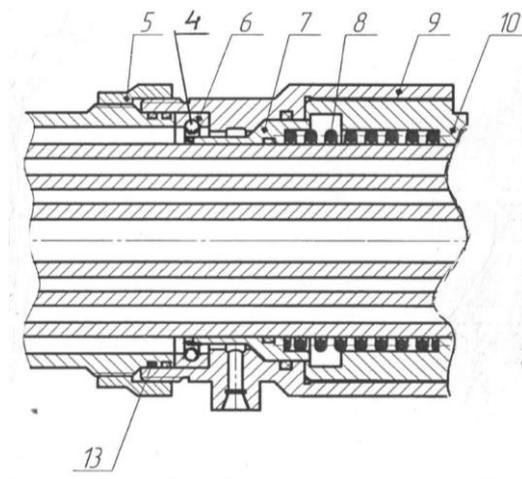


Рисунок 153 – Схема шарикового замка в закрытом положении

Как только шарики замка не будут удерживаться в сферической выточке кольца замка распорным цилиндром, шарики сдвигаются внутрь сепаратора и откроют шариковый замок, после чего поршень начнет убираться в корпус цилиндра.

При помощи болтов, через сферические шарниры, силовой цилиндр ушковыми узлами, крепится к кронштейнам крепления на строительных машинах.

Модель силового цилиндра с механическим шариковым замком представлена на рисунке 154.



Рисунок 154 – Модель силового гидроцилиндра в разборном виде

Для проверки работоспособности шарикового замка изготовили макет самосвальной платформы с экспериментальным цилиндром, исследования которой показали надежную работу шарикового замка (рисунок 155).

Для исследования работоспособности шарикового замка была изготовлена модель самосвальной платформы, на которой была смоделирована аварийная ситуация (обрыв шланга). Для определения вероятности безотказной рабо-

ты (P) было смоделировано 1000 аварийных ситуаций (N). Шариковый замок дал сбой (n) лишь в двух из них. Сбой был связан с невозможностью в лабораторных условиях выдержать точность изготовления деталей замка. Следует заметить, что при промышленном изготовлении его надежность можно существенно повысить.



Рисунок 155 – Макет самосвальной платформы

В экспериментальном варианте, вероятность безотказной работы замка

$$P(t) = n/N = 998/1000 = 0,998$$

где n – число безотказной работы механического шарикового замка;
N – число смоделированных аварийных ситуаций.

3.3.2 Описание разработанного устройства регулирования скорости подъема - опускания грузовой самосвальной платформы

Устройство регулирования скорости подъема – опускания грузовой самосвальной платформы состоит из корпуса 1, в котором размещены дроссельные шайбы 2, кольца 3, втулка 4, пружина 5 (рисунок 156. Патент №143687).

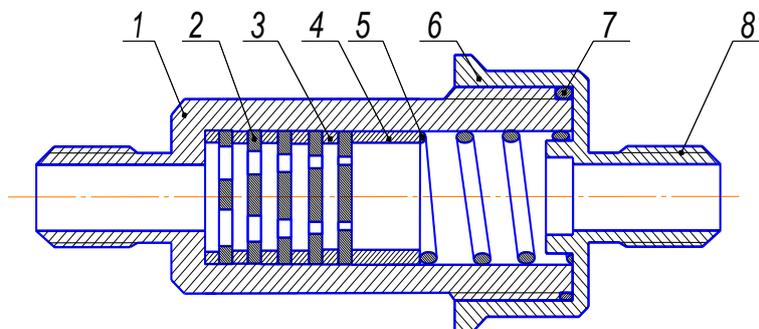


Рисунок 156 – Устройство регулирования скорости подъема – опускания грузовой самосвальной платформы

Корпус закрывается крышкой 6 со штуцером 8, уплотнения 7. Корпус 1 вворачивается в резьбовое отверстие гидроцилиндра (на рисунке не показан), а на штуцер 8 наворачивается гайка рукава высокого давления от масляного насоса транспортного средства (на рисунке не показана). Дроссельные шайбы, кольца и втулка удерживаются от проворачивания шлицом. Для герметичности соединений используются фторопластовые и резиновые кольца 7.

Устройство работает следующим образом. При подъеме грузовой самосвальной платформы с помощью гидроцилиндра, рабочая жидкость от масляного насоса транспортного средства, через штуцер 9 и устройство регулирования скорости подъема – опускания грузовой самосвальной платформы подводится к цилиндру через штуцер корпуса 1. Все дроссельные шайбы 2, кольца 3 и втулка 4, под действием пружины 5 находятся в крайнем левом положении, рабочее тело истекает через максимальное сечение дроссельных шайб. Этим обеспечивается требуемая скорость подъема платформы.

При опускании платформы без дополнительного груза, на входе в устройство создается повышенное давление, в то время как на выходе давление близко к атмосферному (в результате соединения со сливным бачком. На рисунке 3.6 сливной бачок не показан). Под воздействием повышенного давления рабочей среды на входе в корпус 1 дроссельные шайбы 2 перемещаются в сторону выхода 6, преодолевая сопротивление пружины 5, при этом величина перемещения пропорциональна избыточному давлению на входе. Так как в продольном направлении площадь дроссельных шайб переменного сечения, то суммарная площадь истечения рабочей жидкости уменьшается. Изменение площади сечения отверстий по длине корпуса выбирается таким образом, чтобы обеспечить постоянство скорости опускания платформы при различной нагрузке в пределах расчетной грузоподъемности.

Проведем расчет параметров устройства регулирования для гидравлического грузоподъемного механизма грузовой платформы (см. глава 2) Введем обозначения:

$T_{max} = 5 \cdot 10^4$, Н – масса подвижной части грузовой платформы и груза;

$T_{min} = 10^4$, Н – масса подвижной части грузовой платформы без груза;

$S = 113 \cdot 10^{-4}$, м² – площадь поршня гидравлического цилиндра.

Объемный расход масла Q найдем из тех соображений, что в среднем приемлемое по соображениям безопасности время опускания самосвальной платформы (t) соответствует $t = 30$ сек, рабочий ход гидравлического цилиндра составляет $X = 0,93$ м:

$$Q = \frac{XS}{t} = \frac{0,93 \times 113 \cdot 10^{-4}}{30} = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.21)$$

Принимаем: $\Delta l = 0,01$ м; $L = 5 \cdot 10^{-3}$ м

Подставляя полученные данные в формулу, связывающую R с Δl получаем:

$$R = \sqrt{\frac{SQL\eta}{\pi\Delta p}} = \sqrt{\frac{8QL\eta}{\pi(\Delta l \frac{T_{max}-T_{min}}{S\Delta l_{max}} + \frac{T_{min}}{S})}}$$

$$R = \sqrt{\frac{8 \times 3,5 \cdot 10^{-4} \times 5 \cdot 10^{-3} \times 11,3 \cdot 10^2}{3,14 \left(\frac{(5-1)10^4}{113 \cdot 10^{-4} 10^{-2}} + \frac{10^4}{113 \cdot 10^{-4}} \right) \Delta l}} = \frac{2,75 \cdot 10^{-2}}{\sqrt[4]{399\Delta l + l}} \quad (3.22)$$

Находим, что при $\Delta l_{min} = 0$ мм, $R_{max} = 2,75 \cdot 10^{-3}$ м, а при $\Delta l_{max} = 10 \cdot 10^{-3}$ м, $R_{min} = 1,9 \cdot 10^{-3}$ м.

Площадь дроссельного пакета S_{Π} выбираем из условия:

$$S_{\Pi} > (8 \dots 10) \pi R_{max}^2 = (8 \dots 10) \cdot 23,7 = (189,6 \dots 237,0) \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (3.23)$$

$$R_{\Pi} = (4,38 \dots 4,9) \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Принимаем радиус дроссельного пакета равным $5 \cdot 10^{-3}$ м.

Жесткость пружины:

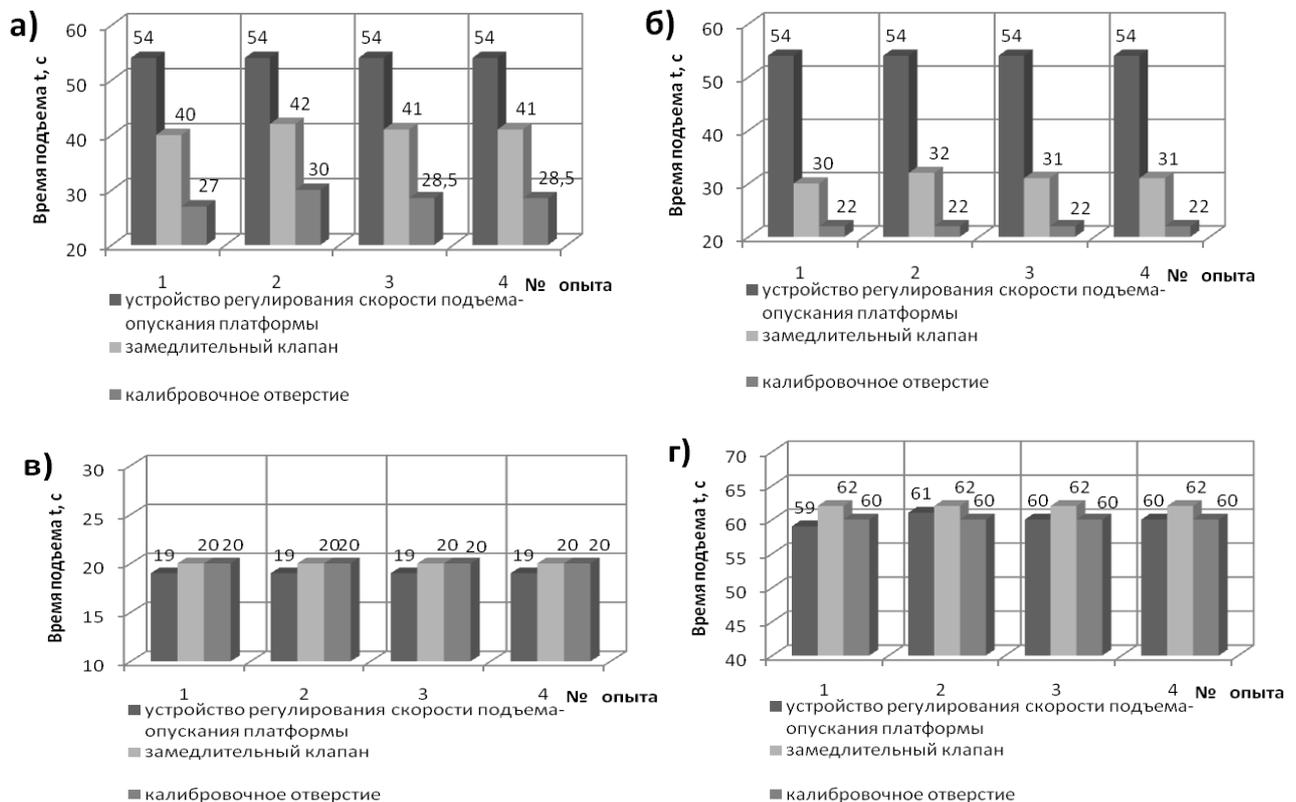
$$C = S_{\Pi} \frac{T_{max} - T_{min}}{S\Delta l} = 0,785 \frac{4000}{1 \times 113} = 27,78 \quad (3.24)$$

$$l_1 = \frac{T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}} \Delta l_{\max} = 0,25 \quad (3.25)$$

При выполнении дроссельных каналов по выражениям ((2.27, 2.28, 2.29 Раздел 2, глава 2.) при условии $Q = f(\Delta p) = const = 350 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$ обеспечивает постоянное, независящее от нагрузки на рабочий цилиндр время опускания платформы, которое сохраняется и при разрыве шланга высокого давления гидравлической системы.

Характеристика регулирования расхода жидкости определяется зависимостью изменения сечения дроссельных каналов по их длине и, в каждом конкретном случае выбирается, исходя из конкретных условий поставленной задачи.

Характеристики разработанного устройства регулирования скорости подъема (опускания) грузовой самосвальной платформы исследовались на прицепе 2-ПТС-4. В качестве базовых (сравнительных) образцов одновременно исследовались замедлительный клапан и штуцер с калиброванным отверстием, применяемые в настоящее время на самосвальных платформах. Результаты исследований приведены на рисунке 157.



а, б) подъем, опускание грузовой платформы с грузом (1164 кг);

в, г) подъем, опускание грузовой платформы с грузом (2664 кг);

Рисунок 157 – Результаты испытания предохранительных устройств

Как видно из рисунка 157, установка устройства регулирования скорости подъема (опускания) грузовой самосвальной платформы на гидроцилиндр подъема платформы прицепа позволила обеспечить, в отличие от сравниваемых устройств, постоянное время опускания платформы. Вместе с тем, устройство не изменяет установленного технологически увязанного времени подъема ($t_{\text{АВТ}} = t_{\text{ЗАМ. КЛ.}} = t_{\text{КАЛИБР. ОТВ.}} = 19 \text{ с}$ или 60 с). Это связано с тем, что в эксперименте высота опускания (подъема) платформы была выбрана равной $H_{\text{Ф}} = 1,325 \text{ м}$, вместо $H_{\text{Р}} = 0,95 \text{ м}$, С учетом этого скорректированное расчетное время составило $t_{\text{Р}} = 56,36 \text{ с}$ и $t_{\text{Ф}} = 54,2 \text{ с}$. Расхождение скорректированного и расчетного $t_{\text{Р}} = 56,36 \text{ с}$ и $t_{\text{Ф}} = 54,2$ и времени опускания платформы не превышало $4,19\%$. Результаты эксперимента подтвердили принципиальную возможность обеспечить постоянную скорость опускания (падения) гидрофицированных составных частей машин независимо от величины нагрузки.

3.3.3 Описание разработанного регулировочно – запорного клапана

Задача обеспечения безопасности операторов при падении гидрофицированных частей машины сводится к определению оптимального безопасного времени их опускания (падения) при разрыве силового гидравлического шланга. Такого времени, при котором люди, находящиеся под ними, смогли бы покинуть опасную зону без ущерба здоровья. Требуемое условие может обеспечить регулировочно – запорный клапан (рисунок 158, Патент №150952).

Устройство работает следующим образом. При подъеме грузоподъемной платформы (гидрофицированной части) машины, рабочее тело через штуцер 11 поступает в полость между тарелкой 5 клапана 4 и втулкой 6. За счет разности площадей клапан, сжимая пружину 7 перемещается вправо, открывая доступ рабочего давления в полость цилиндра через штуцер 13, платформа начнет подъем. Изменение площади сечения каждой дроссельной шайбы выбрано таким образом, чтобы обеспечить постоянство скорости

подъема и опускания платформы при различной нагрузке в пределах расчетной грузоподъемности.

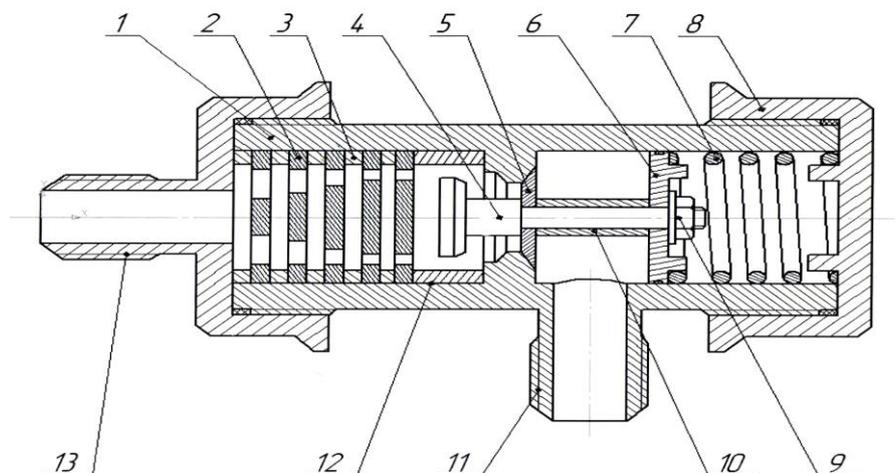


Рисунок 158 – Схема регулировочно – запорного клапана:

1 – корпус; 2 – дроссельная шайба; 3 – кольцо; 4 – клапан с плунжером; 5 – тарелка клапана; 6 – втулка; 7 – пружина; 8 – крышка 9 – гайка с шайбой; 10 – втулка; 11 – штуцер; 12 – втулка; 13 – крышка со штуцером

При опускании грузовой платформы рабочая жидкость истекает из гидроцилиндра через штуцер 13 корпуса 1, штуцер 11 и шланг высокого давления в гидробак мобильной машины. Под действием давления рабочей жидкости регулировочно-запорный клапан 4, перемещаясь вправо и сжимая пружину 7, уменьшает сечение проходного сечения между перегородкой корпуса и тарелкой 5 клапана 4 (до тех пор, пока уравниваются действующие силы и, следовательно, к постоянной плавной замедленной скорости опускания самосвальной платформы).

В случае обрыва или повреждения шланга высокого давления давление рабочей жидкости в нем и штуцере 11 уменьшается, регулировочно-запорный клапан 4 под действием давления рабочей жидкости из гидроцилиндра, сжимая пружину 7 и перемещаясь дальше вправо, заперт основной канал, так как конусная поверхность клапана 4 взаимодействует с конусной поверхностью перегородки корпуса 1, что обеспечивает стопорение рабочего цилиндра, опускающего или поднимающего грузовую платформу. Опасная ситуация предотвращается.

Подключение запорно-регулирующего устройства гидросистему автомобиля-самосвала представлено на рисунке 159.

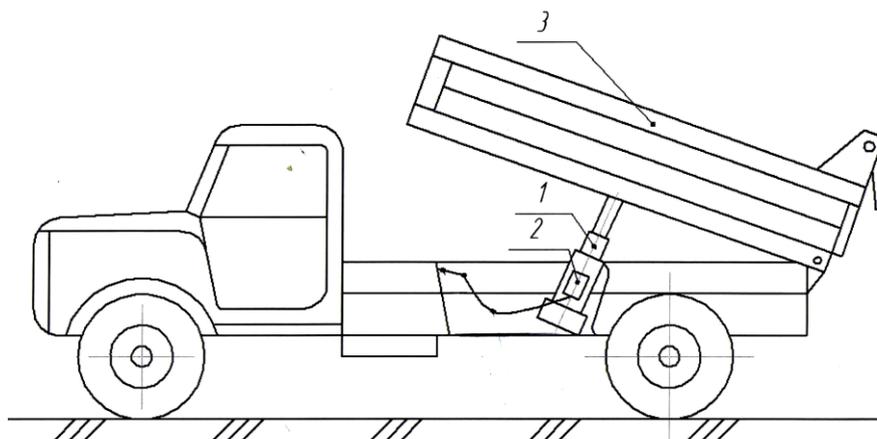


Рисунок 159 – Схема подключения запорно-регулирующего устройства в гидросистему: 1 – гидроцилиндр; 2 – регулировочно – запорное устройство; 3 – самосвальная платформа

3.3.4 Описание разработанного гидравлического опрокидывающего устройства

Гидравлическое опрокидывающее устройство автомобиля – самосвала состоит из маслобака 1, сливного сетчатого фильтра с предохранительным клапаном 2, заливной горловины 3, толкателя клапана опускания платформы 4, телескопического трехсекционного гидроцилиндра 5, клапана опускания платформы 6, крана управления 7, предохранительного клапана крана управления 8, обратного клапана 9, насоса шестеренчатого 10, рычага управления коробкой отбора мощности 11, коробки отбора мощности 12, с шестерней заднего хода коробки передач автомобиля 13, рычага управления коробки автомобиля - самосвала 14, гидроцилиндр двустороннего действия 15, согласующий клапан 16 (обеспечивает последовательность подачи гидравлической жидкости в гидроцилиндры 5 и 15), самосвальной платформы 17, предохранительного упора состоящего из двух секций 18, 19 соединенных между собой шарниром 20 (рисунок 160, Патент №150068).

На рисунке 160 позицией 17 обозначена самосвальная платформа.

Предохранительный упор основанием секции 19 крепится к грузовой

платформе 17, основанием секции 18 к раме автомобиля – самосвала 23. Секция 18 имеет проушину 21 и наплыв 22 (рисунок 161).

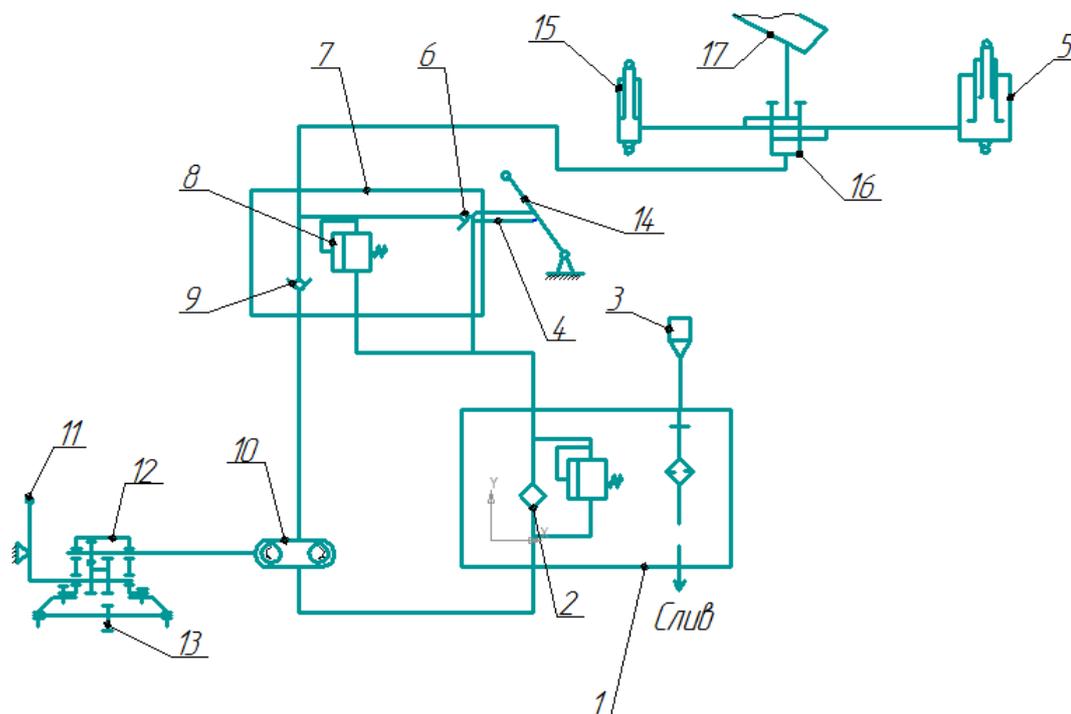


Рисунок 160 – Принципиальная схема гидравлического опрокидывающего устройства:

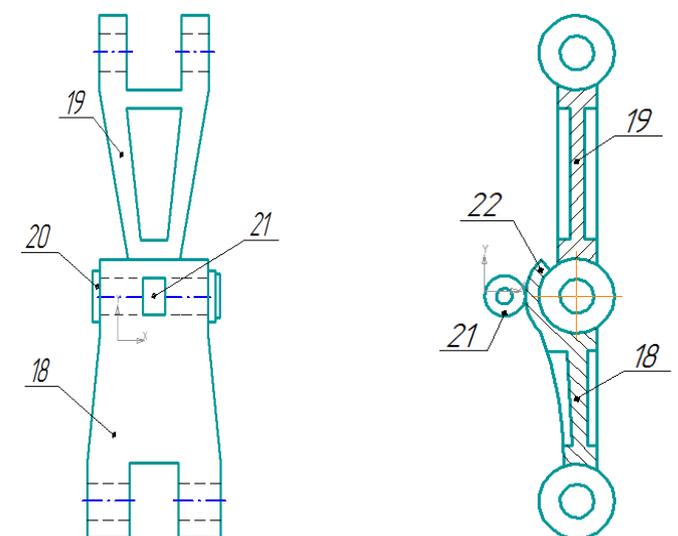


Рисунок 161 – Предохранительный упор грузовой самосвальной платформы

В убранном положении грузовой самосвальной платформы, предохранительный упор находится в сложенном положении. Для подъема платформы

включается масляный насос и гидравлическая жидкость из масляного бака начнет поступать по всасывающей магистрали в масляный насос, а оттуда под давлением, через первый открытый канал согласующего клапана 16 в телескопический трехсекционный гидроцилиндр 5. При подъеме платформы, на расчетный угол, первый открытый канал согласующего клапана 16 закрывается, перепуская гидравлическая жидкость по второму каналу, в гидроцилиндр 15. Шток гидроцилиндра 15 выдвигается, через проушину 21 воздействуя на шарнир предохранительного упора 20, сдвигая его вправо. При этом верхняя секция 19 остановится на наплыве 22 нижней секции 18, не давая платформе самопроизвольно опуститься самосвальной платформе в случае разгерметизации системы подъема (опускания).

Для опускания грузовой самосвальной платформы, гидравлическая жидкость, через второй канал согласующего клапана подается в гидроцилиндр 15, который начинает убираться, сдвигая шарнир предохранительного упора влево, при достижении расчетного угла закрывается второй открытый канал согласующего устройства 16, открывается первый канал, позволяющий гидравлической жидкости, из телескопического трехсекционного гидроцилиндра 5 поступать в гидравлический бак. Секции гидроцилиндра начинают убираться, секции предохранительного упора складываются, самосвальная платформа садится на раму автомобиля – самосвала.

Схема предохранительного упора грузовой самосвальной платформы в положении страховочного устройства показано на рисунке 162.

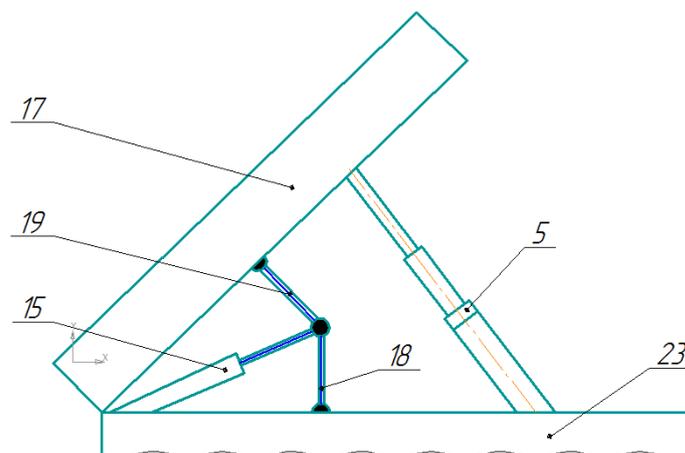


Рисунок 162 – Схема фиксации платформы автомобиля – самосвала
в поднятом положении:

3.4 Методы и средства снижения шума в кабине сельскохозяйственного транспортного средства

3.4.1 Воздействие транспортного шума

Под шумом понимают любого рода звуки, мешающие восприятию полезного сигнала, нарушающие тишину и оказывающие вредное влияние на организм человека, а точнее – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности. Источниками звуков и шумов являются колеблющиеся твердые, жидкие и газообразные тела.

Численные значения уровней непостоянного шума определяются шумомерами.

Действие шума на организм человека может проявляться по следующим трем основным направлениям:

- воздействовать на орган слуха;
- воздействовать на функции отдельных органов и систем (сердечно-сосудистую, пищеварительную, эндокринную, мышечную, вестибулярный аппарат;
- воздействовать на организм в целом (в частности на высшую нервную деятельность и вегетативные системы).

В условиях сильного городского шума происходит постоянное напряжение слухового анализатора. Это вызывает увеличение порога слышимости (10 дБ для большинства людей с нормальным слухом) на 10 - 25 дБ.

Шум в больших городах сокращает продолжительность жизни человека. Чрезмерный шум может стать причиной нервного истощения, психической угнетенности, вегетативного невроза, язвенной болезни, расстройства эндокринной и сердечно-сосудистой системы. Шум мешает людям работать и отдыхать, снижает производительность труда.

Отсутствие нормального отдыха после трудового дня приводит к тому,

что естественно развивающееся в процессе работы утомление не исчезает, а постепенно переходит в хроническое переутомление, которое способствует развитию ряда заболеваний, таких, как расстройство центральной нервной системы, гипертоническая болезнь.

Раздражающее действие шума неодинаково и зависит от его физических характеристик. В связи с этим шумы подразделяют:

– по спектральному составу – на неслышимые инфразвуковые (от 2 до 20 Гц), на низкочастотные – (от 20 до 300 Гц), на средне – частотные – (от 300 до 800 Гц), на высокочастотные - (от 800 Гц и выше);

– по уровням интенсивности – до 40 дБ (порог чувствительности), от 40 до 90 дБ и от 90 до 130 дБ (порог болевого ощущения).

Шум нарушает связь, снижает разборчивость речи, затрудняет восприятие полезных сигналов, что помимо психических раздражений приведут к несчастным случаям, мешает полноценному отдыху, расстраивает сон. Под действием шума в сочетании с другими неблагоприятными факторами (напряженный характер трудовой деятельности, нервно-эмоциональная нагрузка) обнаруживаются резкие сдвиги биоэлектрической активности коры головного мозга, нарушается механизм регуляции биосинтеза ферментов в крови, развивается язвенная болезнь.

Шум обычно приводит к снижению производительности труда. На производствах, где можно оценить это влияние, установлено, что производительность труда снижается на 30% при повышении уровня шума с 70 до 100 дБ, а процент брака увеличивается в течение рабочей смены, и тем интенсивнее, чем выше уровень шума.

Нормируется внутренний (в кабине или салоне) и внешний шум транспортного средства. Нормируемыми характеристиками шума являются уровни звукового давления в октавных полосах с частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц и уровни звука.

В таблице 27 приведены допустимые уровни шума на рабочем месте водителя.

Уровни инфразвука ограничиваются в октавных полосах 2, 4, 6, 8, 16 Гц величиной 105 дБ при общем уровне не более 110 дБ.

Таблица 27 – Допустимые уровни шума

Среднегеометрические частоты октавных частот, гЦ								Уровни звука дБА 85
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Уровни звукового давления								
99	92	86	83	80	78	76	74	

Нормированные значения уровней шума имеют силу закона и отражены в Государственных и отраслевых стандартах, санитарных нормах (СН) и строительных нормах и правилах (СН и П).

Исследованиями были установлены основные закономерности формирования внутреннего и внешнего шума автомобиля, определены значимость его источников и влияние различных конструктивных и эксплуатационных факторов на характер изменений общего уровня шума и его спектра.

Внешний шум автомобилей (легковые, грузовые и автобусы) достигает величин порядка 79 – 92 дБА, а внутренний – 68 – 83 дБА. Основные энергетические составляющие шума лежат в средне – и высокочастотной областях спектра.

Уровни шума СТС и интенсивность их составляющих изменяются в широких пределах и определяются:

- габаритными размерами транспортного средства;
- типом силовой установки, ее мощностью и частотой вращения коленчатого вала;
- режимом работы двигателя и скоростью движения автомобиля;
- состоянием и типом дорожного покрытия;
- конструкцией силовой передачи и ходовой части (подвеска и применяемый тип шин);
- работой вспомогательного оборудования (система отопления и вентиляции кузова, звуковой сигнал, стеклоочистители);

- взаимодействием встречного потока воздуха с автомобилем;
- общим пробегом автомобиля с начала эксплуатации;
- мастерством вождения.

Значительная часть акустической энергии излучается панелями кузова в результате их колебаний, возбуждаемых вибрацией узлов и агрегатов ТС. В этом случае панели кузова являются своеобразными преобразователями энергии механических колебаний в энергии звуковых волн. Такой шум называют структурным. Колебания панелей могут являться одним из основных источников инфразвука.

В результате экспериментального изучения реальной шумовой нагрузки на население города (его сочетанного действия в производственных и бытовых условиях) отмечено преобладающее раздражающее действие шума автомобильного транспорта. Это предопределило, в частности, разработку и внедрение мероприятий по снижению шума ТС и транспортных потоков.

Помимо перечисленных выше источников шума ТС, на уровень шума транспортного потока оказывает влияние целый ряд специфических факторов:

1. Категория улиц и дорог.
2. Характеристики транспортных потоков:
 - интенсивность дорожного движения, которая достигла на магистралях крупных городов 800-1000 авт/ч на одну полосу движения, а на трассах скоростного движения свыше 1000 авт/ч;
 - неравномерность дорожного движения, оцениваемая величиной суммарных ускорений и замедлений на участках дорог;
3. Структура транспортных потоков (состав и однородность транспортного движения).
4. Конструктивные особенности дорог (степень ровности, наличие уклонов, эстакад, тоннелей и т.д.).
5. Техническое состояние дорог;
6. Различное время суток.

Указанные факторы и их сочетания могут изменить интенсивность шума транспортных потоков на 4 – 10 дБ.

ГОСТ Р 52231 – 2004 устанавливает следующие требования к уровню внешнего шума:

- M_1, N_1 – 96 дБ;
- M_2, N_2 – 98 дБ;
- M_3, N_3 – 100 дБ,

Измерения производятся возле выхлопной трубы на удалении 0,7 м.

Борьба с шумом ТС и шумом транспортных потоков осуществляется по трем направлениям:

- научно-техническому;
- градостроительному;
- административно-организационному.

Научно-техническое направление включает в себя:

- определение наиболее интенсивных источников шума;
- поиск причин и закономерностей возникновения шума в источниках;
- определение способов и средств снижения шума источника;
- создание конструкций узлов и агрегатов, обладающих минимальными уровнями шума и вибраций;
- разработку новых конструкционных материалов, обладающих высокими диссипативными свойствами;
- изучение передачи путей шума на рабочие места и в окружающее пространство;
- разработку материалов и средств виброизоляции, вибропоглощения, звукоизоляции и звукопоглощения;
- разработку индивидуальных средств защиты от шума и вибраций.

3.4.2 Расчет воздушного шума в кабине трактора

Источниками шума в кабине трактора является корпус ДВС, расположенный в двигательном отсеке, выхлоп и всасывание ДВС, расположенные снаружи над

капотом, гусеницы (для гусеничных транспортных средств)

Основные пути проникновения шума в кабину: из двигательного отсека через перегородку, излучение через капот наружу, а потом через ограждения кабины (кроме пола и перегородки) от выхлопа и всасывания через элементы ограждения, а также от движителя через пол и ограждения кабины.

Расчет шума выполняется по октановому спектру в уровнях звукового давления, дБ; при этом пересчет полученного октанового спектра в уровни звука выполняется с учетом фильтра коррекции А шумомера ВШВ – 003.

Основные допущения принятые при расчетах:

- звуковое поле в кабине принято квазидиффузным;
- источники звука некогерентны;
- при рассмотрении суммарного звукового поля от вклада источников используется принцип энергетического суммирования.

Частотная граница этих допущений по отношению к кабинам рассматриваемых машин принята:

$$f_{ГР} = \frac{200}{\sqrt[3]{V}}, \quad (4.26)$$

где V – объем кабины, м^3 .

Количество шума (дБ), проникающего от двигателя, заключенного в капот, в кабину через перегородку:

$$L_{ПЕР} = L_{\text{ш}}^{\text{КАП}} + 10 \lg \left(\frac{\chi_{\text{КАП}}}{S_{\text{КАП.ОБЦ}}} + \frac{4\psi}{B_{\text{КАП}}} \right) + 10 \lg \frac{S_{\text{ПЕР}}}{\sum_{i=1}^n S_{\text{КАП}_i}} - \overline{3И}_{\text{ПЕР}} - 10 \lg A_{\text{КАБ}} + 6, \quad (4.27)$$

где $L_{\text{ш}}^{\text{КАП}}$ – акустическая мощность под капотом;

$\chi_{\text{КАП}}$ – коэффициент, учитывающий влияние ближнего звукового поля под капотом;

$S_{\text{КАП.ОБЦ}}$ – общая площадь внутренних ограждений капота м^2 ;

$B_{\text{КАП}}$ – акустическая постоянная капота, м^2 .

$$B_{КАП} = \frac{A_{КАП}}{1 - \alpha_{КАП}} \quad (4.29)$$

где $A_{КАП}$ – эквивалентная площадь звукопоглощения капота, м².

$$A_{КАП} = \alpha_{КАП} \times S_{КАП.ОБЩ} , \quad (4.30)$$

где $\alpha_{КАП}$ – средний коэффициент звукопоглощения под капотом;

$S_{ПЕР}$ – площадь перегородки, м².

$S_{КАП_i}$ – площадь i – й панели ($i = 1, \dots, n$), через которую звук проникает в открытое пространство, м²;

$\overline{ЗИ}_{ПЕР}$ – приведенная звукоизоляция перегородки, дБ;

$A_{КАБ}$ – эквивалентная площадь, звукопоглощения в кабине, м².

$$A_{КАБ} = \alpha_{КАБ} \times S_{КАБ} , \quad (4.31)$$

где $\alpha_{КАБ}$ – средний коэффициент звукопоглощения в кабине;

$S_{КАБ}$ – суммарная площадь элементов ограждения кабины (остекление, пол, потолок и т.д.), м².

Ориентировочные значения необходимых для расчетов коэффициентов звукопоглощения под капотом и в кабине, полученные экспериментальным путем, приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Значения средних коэффициентов звукопоглощения

Обозначения	Значение коэффициентов звукопоглощения в октановых полосах частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\alpha_{КАБ}$	0,09	0,15	0,18	0,25	0,25	0,25	0,25	0,28
$\alpha_{КАП}$	0,08	0,12	0,16	0,20	0,26	0,3	0,3	0,35

Значения $L_w^{КАП}$, $\overline{ЗИ}_{ПЕР}$ получают экспериментально или специальными расчетами.

Количество шума выпуска (дБ) в кабину:

$$L_{ВЫП} = L_{W_{ВЫП}} + 20 \lg \frac{R_{ВЫП}}{r} - 10 \lg \frac{\sum_{i=1}^m S_{КАБ_i}}{\sum_{i=1}^m S_{КАБ_i} \times 10^{-0,1(ЗИ_{КАБ_i} + t_{ДИФР_i})}} + \quad (4.32)$$

$$+ 10 \lg \frac{\sum_{i=1}^m S_{КАБ_i}}{A_{КАБ}} + ПН_{ВЫП} - x + 6$$

где $L_{W_{ВЫП}}$ – акустическая мощность выпуска (по результатам экспериментов или расчетов), дБ;

$R_{ВЫП}$ – расстояние от среза выпускной трубы до ближайшей панели кабины, м

r – расстояние, на котором измеряется шум выпуска, м;

$S_{КАБ_i}$ – площадь i -го элемента ($i = 1, \dots, m$) ограждения, через шум выпуска проникает в кабину, м².

$ЗИ_{КАБ}$ – звукоизоляция i -го элемента кабины, дБ;

$t_{ДИФР_i}$ – добавка к звукоизоляции i -го элемента ограждения кабины в зависимости от расположения панелей к выпуску, дБ; $t_{ДИФР_i} = 0$ – для панели, расположенной напротив выпускной трубы; $t_{ДИФР_i} = 5$ – для потолка и боковых панелей; $t_{ДИФР_i} = 8$ – для задней панели по отношению к выпуску (рисунок 4.12);

$ПН_{ВЫП}$ – показатель направленности выпуска, дБ;

x – числовая добавка, которая при $\Omega = \pi$ – 5 дБ, при $\Omega = 2\pi$ – 8 дБ, $\Omega = 4\pi$ – 11 дБ (Ω – пространственный угол излучения источников, при излучении в открытое пространство он составляет – 4π , в полупространство – 2π , в двухгранный угол – π) (рисунок 163).

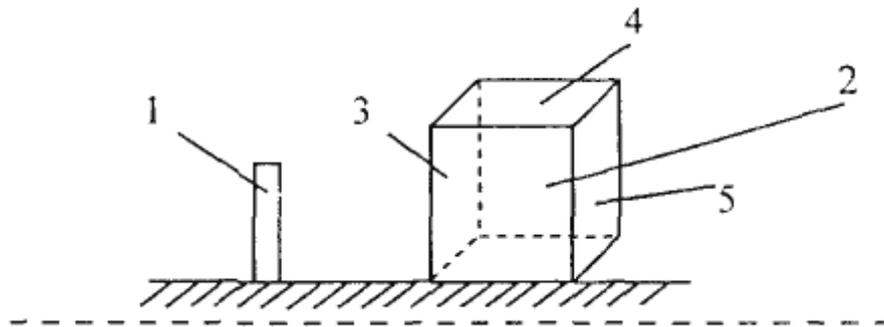


Рисунок 163 – Схема расположения выпуска и элементов ограждения в кабине: 1 – выпуск; 2 – кабина; 3 – передняя панель; 4 – потолок;

5 – задняя панель.

Количество шума от двигателя, проникающего через пол:

$$L_{\text{ДВИЖ.ПОЛ}} = L_{W_{\text{ДВИЖ}}} - 10 \lg \frac{R_{\text{ДВИЖ.ПОЛ}}}{r} - \overline{\text{ЗИ}}_{\text{ПОЛ}} + 10 \lg \frac{S_{\text{ПОЛ}}}{A_{\text{КАБ}}} + 1, \quad (4.33)$$

где $L_{W_{\text{ДВИЖ}}}$ – звуковая мощность, излучаемая двигателем, дБ;

$R_{\text{ДВИЖ.ПОЛ}}$ – усредненное расстояние от двигателя до пола, м;

$\overline{\text{ЗИ}}_{\text{ПОЛ}}$ м – приведенная звукоизоляция пола, дБ;

r – расстояние, на котором измеряется шум двигателя, м ($r = 1$ м);

$S_{\text{ПОЛ}}$ – площадь пола, м².

Аналогичным образом определяется вклад шума других источников шума: всасывания ($L_{\text{ВСАС}}$), шум, проникающий из проема в дизельном отсеке путем отражения от поверхности и далее через пол ($L_{\text{ПР}}$), от двигателя через стены кабины ($L_{\text{ДВИЖ.СТ}}$), шум от двигателя, проникающий через ограждения капота наружу, а затем через элементы ограждения кабины $L_{\text{КАП}}$. Суммарный расчет спектра воздушного шума в кабине определяется:

$$L_{\text{СУМ}} = 10 \lg (10^{0,1L_{\text{ВСАС}}} + 10^{0,1L_{\text{ПР}}} + 10^{0,1L_{\text{КАП}}} + 10^{0,1L_{\text{ПЕР}}} + 10^{0,1L_{\text{ДВИЖ.ПОЛ}}} + 10^{0,1L_{\text{ДВИЖ.СТ}}} + 10^{0,1L_{\text{ВЫП}}}) \quad (4.34)$$

Результаты расчета сведем в таблицу 29 и покажем на рисунке 166.

Таблица 29 – Данные расчета внутреннего шума трактора

Источники излучения и каналы проникновения	Уровни звукового давления, дБ, в октановых полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_{\text{ВЫП}}$	77	78	65	47	47	48	46	32	64
$L_{\text{ВСАС}}$	65	65	56	45	42	48	41	35	53
$L_{\text{ПЕР}}$	62	68	65	61	65	57	49	44	68
$L_{\text{ПР}}$	59	66	64	62	59	62	50	43	65
$L_{\text{КАП}}$	67	69	58	48	56	56	51	37	62
$L_{\text{ДВИЖ.СТ}}$	64	58	59	48	48	54	46	32	57
$L_{\text{ДВИЖ.ПОЛ}}$	56	57	65	59	54	56	47	31	63
$L_{\text{СУМ}}^{\text{КАБ}}$	78	79	71	65	67	64	57	46	72

Сведения о разделении вклада источников позволяют научно – обоснованную шумозащиту. Выполненные расчеты (рисунок 164) позволяют сделать вывод о том, что для снижения шума необходимо снизить шум, проникающий 1 – м, 2 – м путями (увеличить звукоизоляцию перегородки и закрыть проем) и 3 – м путем (увеличить эффективность глушителя шума выпуска ДВС).

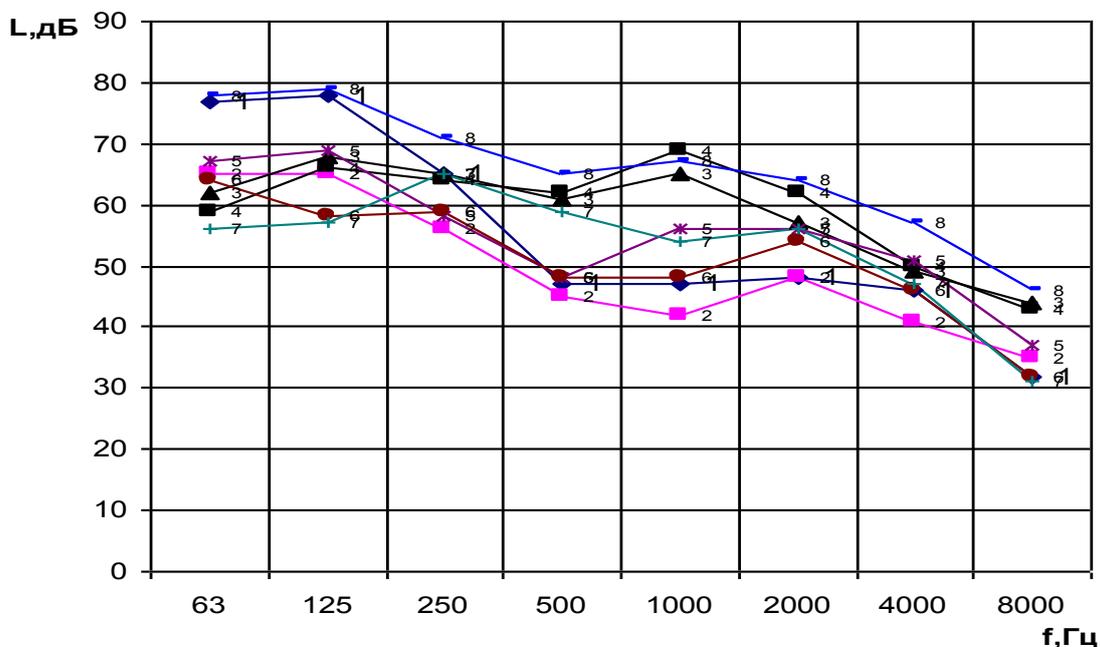


Рисунок 164 – Вклад каналов шума, проникающего в кабину:

- 1 – шум выпуска; 2 – шум всасывания; 3 – шум двигательного отсека проникающего через перегородку; 4 – шум двигательного отсека через проем;
- 5 – шум двигательного отсека через капот; 6 – шум двигателя через стенки кабины; 7 – шум двигателя через пол; 8 – суммарное звуковое поле кабины

Для снижения шума на рабочем месте водителя – оператора применяют **активные** и **пассивные** способы. **Активные** – когда происходит уменьшение излучаемой акустической энергии, а **пассивные** – когда эта энергия поглощается на пути от источника к органам слуха.

Активные способы снижения шума: повышение точности изготовления деталей и узлов; снижение неравномерности работы механизмов, вызывающих вибрацию; разработка малошумных сборочных единиц и механизмов.

Кабина – это тоже источник шума из-за генерируемых в ней колебаний первичными источниками. Поэтому уровень шума на рабочем месте тракториста зависит от ее конструкции. Исследования показали, что рационально спроекти-

рованная кабина может обеспечить снижение уровня шума на рабочем месте на 30 дБ. Вклад каналов шума трактора ДТ – 75М представлена на рисунке 165.

С целью снижения уровня шума на рабочем месте тракториста в кабине не следует размещать или крепить к ее стенкам механизмы, которые могли бы служить первичным источником колебаний.

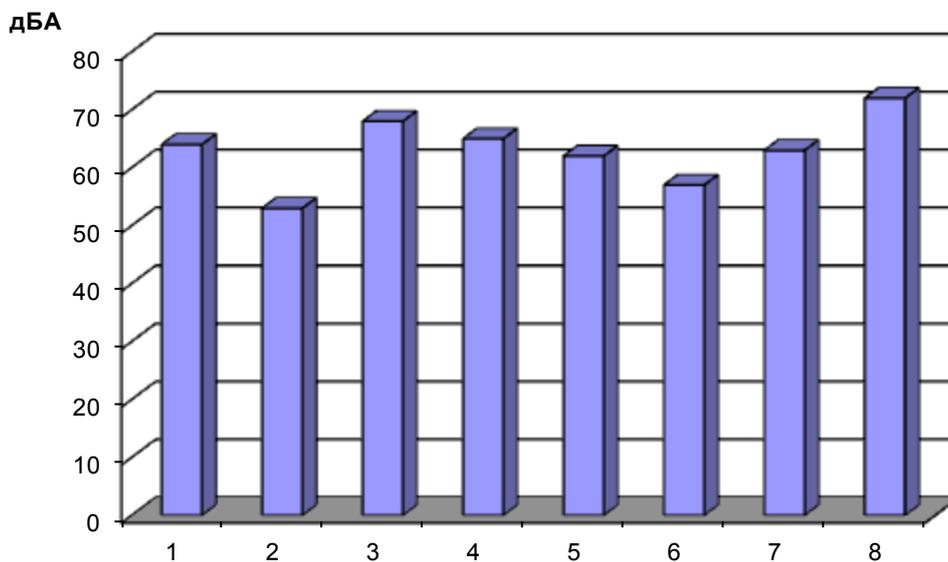


Рисунок 165 – Вклад каналов шума трактора ДТ – 75М:

- 1 – от выпуска; 2 – от всасывания; 3 – шум двигательного отсека проникающего через перегородку; 4 – из двигательного отсека через проем; 5 – из двигательного отсека через капот; 6 – от движителя через стенки кабины; 7 – от движителя через пол; 8 – суммарное звуковое поле

Пассивные способы снижения шума. Возникающий в разных механизмах трактора шум передается в кабину акустическим путем, т. е. через открытые окна, люки, щели и т. д., а также через вибрирующие детали. Способы снижения этого шума называют пассивными, к ним относятся:

1. *Вибродемпфирование.* В связи с волновой природой звука снижение энергии колебаний деталей кабины является одним из эффективных способов борьбы с шумом. Физическая суть демпфирования – это ослабление вторичных колебаний путем преобразования энергии колебаний в теплоту. Для снижения шума таким способом используют вязко-упругие материалы, содержащие в своей структуре макромолекулы, обладающие коэффициентом

внутреннего трения, который обеспечивает эффективное поглощение вибраций. Низкие механические свойства таких материалов не позволяют использовать их в качестве конструкционных. Поэтому вязкоупругие материалы наклеивают на стенки и панели, изготовленные из стали или других материалов, обладающих высокой несущей способностью. Слой вибродемпфирующего материала наносят на одну сторону или между двумя поверхностями, а также между стальным листом и упрочняющим внешним слоем.

2. *Звукоизоляция* ослабляет передачу шума в воздушной среде. Это препятствие между источником звука и пространством, куда проникновение звука нежелательно. Таким препятствием может быть стекло, экран, переборка и т. д. На тракторах рекомендуют использовать тонкую листовую сталь с многослойным противозумным покрытием. Обычная стальная стенка, покрытая противозумным материалом, может приобретать звукопоглощающие свойства двойной стенки и более.

3. *Звукопоглощение* ослабляет отражение звуковых волн от поверхности вследствие частичного поглощения ею акустической энергии в среде звукопоглощающего материала. Энергия механических колебаний и звуковых волн, превращается в энергию внутреннего трения звукопоглощающего материала, которым покрыта звукоотражающая поверхность.

С целью звукопоглощения применяют пористые прокладки, закрепляемые на металлических поверхностях кабины, пористые прокладки с перфорированным защитным слоем, вибропоглощающие пластики или мембранные резонаторы, объемные резонаторы. Звукопоглощающими свойствами обладают обивка кабины, сиденье, коврики.

Перечень звукоизолирующих, вибродемпфирующих, звукопоглощающих и облицовочных материалов для сельскохозяйственных машин регламентированы руководящими техническими материалами, которые наряду с этим устанавливают:

- порядок проектирования звукоизолирующих и звукопоглощающих кон-

струкций; номенклатуру рекомендуемых отечественных материалов и их основные технические характеристики;

– перечень звукоизолирующих и звукопоглощающих конструкций и места их установки;

3.4.3 Разработка системы герметизации кабины сельскохозяйственного транспортного средства

Состояние здоровья и работоспособность водителя ТС во многом зависит от микроклимата, уровня загазованности, запыленности, шума, вибрации и других вредных факторов, присутствующих на рабочем месте. Снизить уровни и концентрации вредных производственных факторов можно различными методами, в том числе и инженерными. В частности, хорошо герметизированная кабина транспортного средства не позволяет проникать ВПФ во внутрь кабины через различные технологические отверстия и акустические окна (неплотности).

Исследования проведенные М.М. Юрковым, В.Н. Луканиным свидетельствуют о том, что в тракторной кабине неплотности имеют свои отличия. Все неплотности в полу кабины, стенках и других элементах выполняющих функцию перегородки можно разделить, в соответствии с их назначением на три группы: рычажные, коммутационные и технологические.

Первая группа – неплотности, которые необходимы для ввода рычагов и других элементов, при помощи которых тракторист управляет машиной из кабины. Неплотности этой группы являются трудногерметизируемыми, так как в проемах находятся подвижные части элементов.

Третья группа – неплотности, которые образуются из-за некачественной подгонки сопрягаемых деталей; применением деталей из некачественного материала (деформирующегося, разрушающегося, отклеивающегося), сюда же относятся технологические неплотности – отверстия для слива краски, монтажные и другие. Особую сложность представляет герметизация дверного проема и подвижных элементов систем управления транспортным средством.

В отечественном и зарубежном автотракторостроении широко применяют установку уплотнителей на клею. На рисунке 316 показаны варианты установки губчатых резиновых уплотнителей дверных проемов: путем отштамповки углублений в элементах каркаса кабины или кузова (рисунок 168, а, I) или наклеивания на дверь по периметру (рисунок 166, а, II). Дверь кабины, сжимающая профиль, фиксируется специальным устройством в закрытом положении.

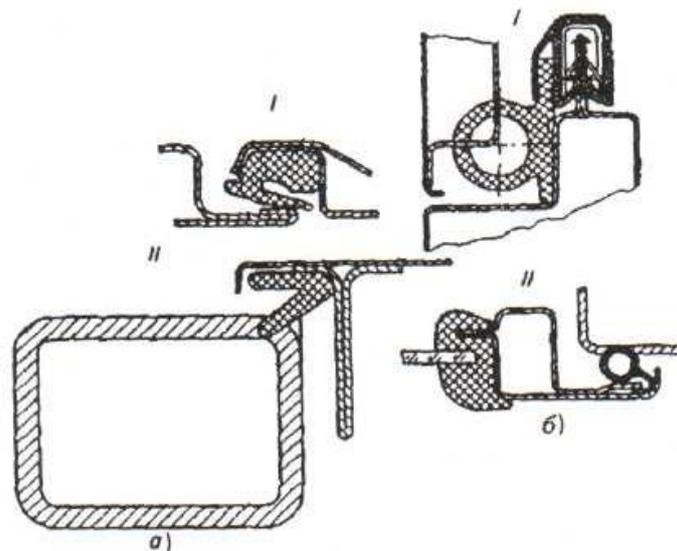


Рисунок 166 – Варианты установки уплотнителей

Поскольку губчатый профиль находится в сжатом состоянии, появление зазора в дверном проеме при вибрации закрытой двери и стенки кабины исключается. Для уплотнения дверного проема применяют также трубчатые губчатые резиновые профили. Их крепят механически двумя способами: зажимают между двумя пластинами двери (рисунок 168, б, I) или прижимают к элементу металлоконструкции кабины через промежуточный зажим (рисунок 168, б, II).

Для сдвижной двери М. М. Юрков предлагает систему герметизации, схема которой показана на рисунке 167.

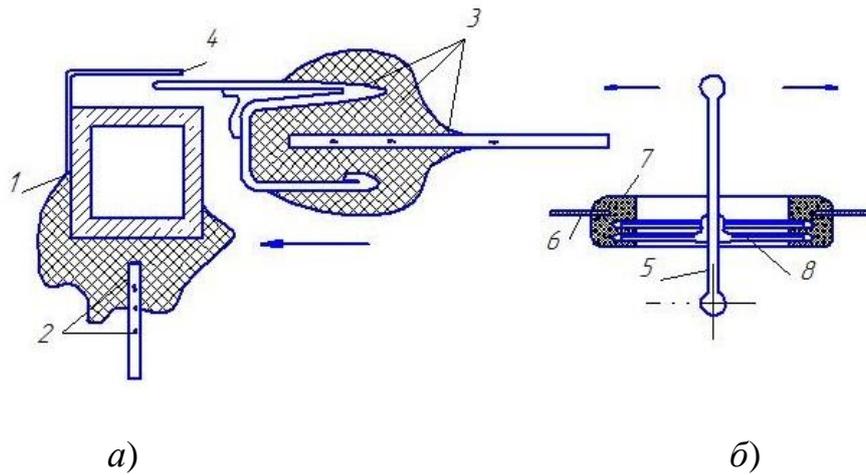


Рисунок 167 – Схема герметизирующих уплотнений сдвижной двери кабины (а) и ввода рычагов управления (б):

- 1 – каркас кабины; 2 – лобовое стекло; 3 – рамка сдвижной двери со стеклом в монтажном профиле; 4 – лабиринтное уплотнение; 5 – рычаг; 6 – пол; 7 и 8 – части пластикового уплотнения

Автор предлагает вместо резиновых уплотнителей дверей и люков кабины транспортных средств систему герметизации, функциональная схема которой показана на рисунке 168.

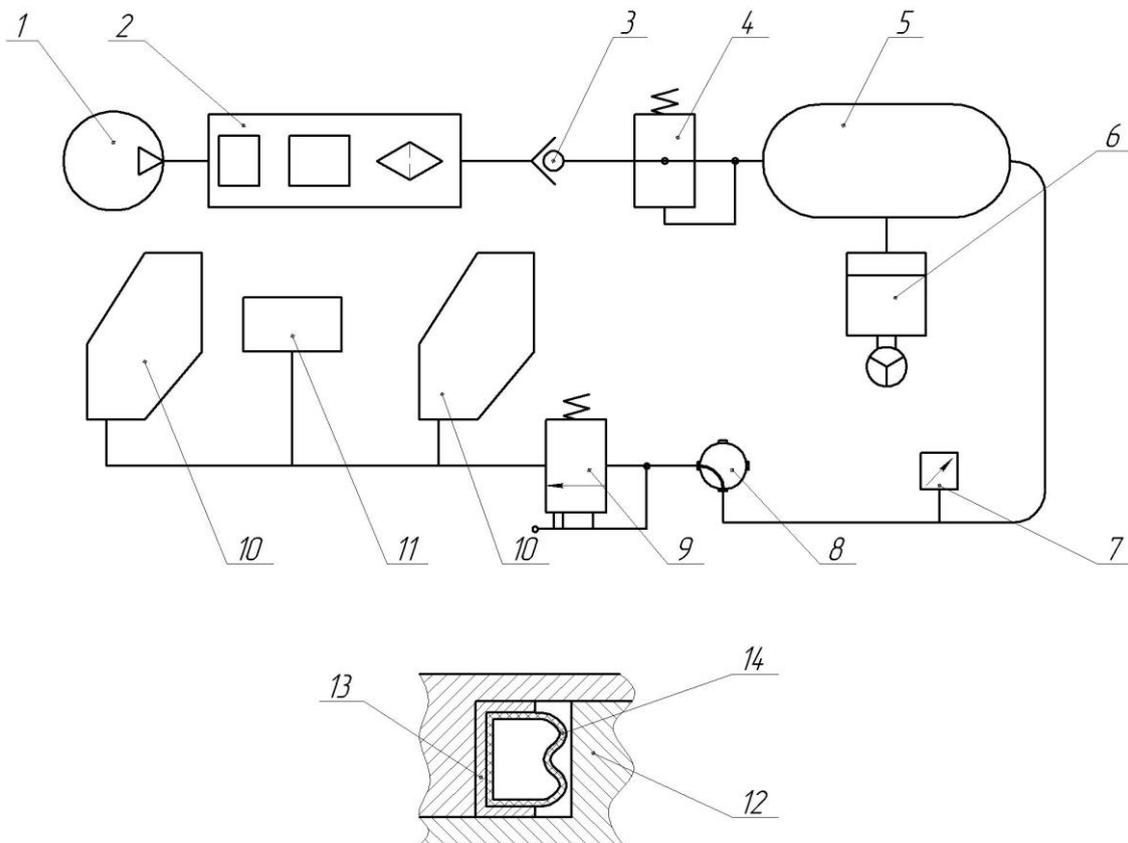


Рисунок 168 – Функциональная схема системы герметизации дверей и люков кабины трактора:

1 – компрессор; 2 – блок подготовки воздуха; 3 – обратный клапан;
4 – редуктор; 5 – воздушный баллон; 6 - кран слива конденсата; 7 – манометр;
8 – кран управления системой герметизации; 9 – предохранительный клапан;
10, 11 – шланги герметизации; 12 – дверь; 13 – желоб.

Часть агрегатов системы имеется и непосредственно используется в пневматической системе тракторов, в частности марки МТЗ, за исключением: крана управления, предохранительного клапана, шлангов герметизации и манометра.

Система работает следующим образом. При запуске двигателя трактора воздух от компрессора 1 через блок подготовки воздуха 2, обратный клапан 3 и редуктор 4 поступает в воздушный баллон 5, а затем к крану управления системой герметизации 8. При закрытых дверях кабины 12 и включении крана управления 8 воздух поступает в шланги 10, 11, которые, изменяясь в объеме, обеспечивают герметизацию дверей и люков кабины. При отключении компрессора давление воздуха в системе удерживается обратным клапаном 3. В случае превышения давления воздуха в шлангах, срабатывает предохранительный клапан 9, стравливая воздух из системы герметизации. При выключении системы воздух из шлангов стравливается через кран управления. Контроль давления воздуха в системе осуществляется манометром 7.

Согласно исследованиям В.Н. Луканина, при наличии сквозного отверстия диаметром 2,5 мм, звукоизоляция кузова снижается на 10...15 дБ. Как было отмечено выше, большое количество отверстий и проемов, особенно в кабинах тракторов, обусловлено вводом педалей и рычагов управления. Для решения этой проблемы, предлагаю герметичный вывод педали, изображенный на рисунке 169.

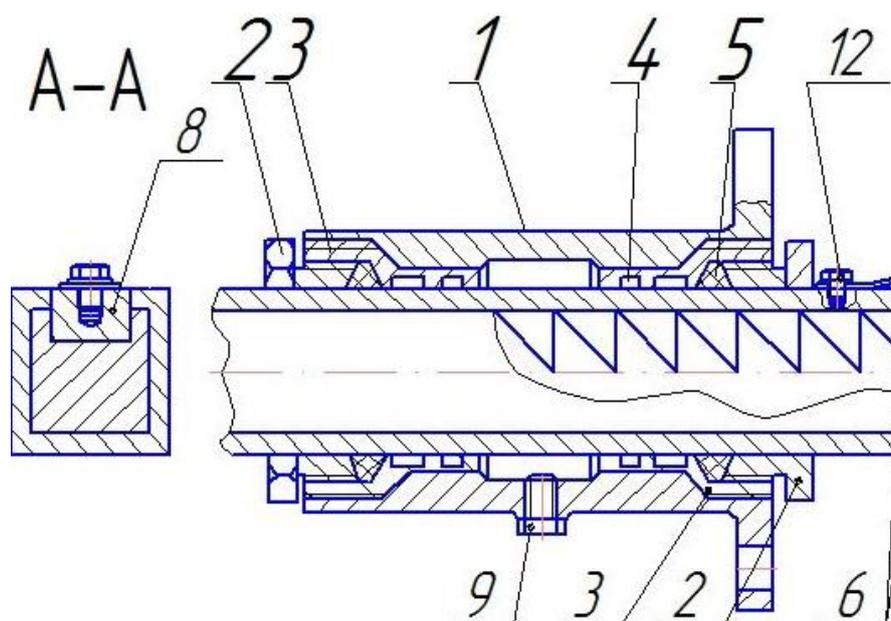


Рисунок 171 – Гермовывод педали:

1 – корпус; 2 – гайки; 3 – бронзовые втулки; 4 – резиновые уплотнения;
5 – войлочные кольца;

Корпус болтами крепится к полу кабины.

Для уменьшения трения внутренняя полость корпуса, через отверстие заполняется смазкой ЦИАТИМ – 221. Отверстие закрыто пробкой 9.

Раздел III Транспортные процессы и окружающая среда

Глава 1 Экологическая безопасность транспортно – технологических процессов

1.1 Влияние автотранспортных средств на окружающую среду

В процессе эксплуатации автотранспортных средств ДТП наносится крупный материальный ущерб экономике страны, уничтожаются и повреждаются грузы, транспортные средства, сооружения, гибнут люди. Особенно велики последствия ДТП при перевозке активно-химических, отравляющих, взрывчатых и огнеопасных веществ, пассажирских перевозках. Однако это не является единственным негативным воздействием на окружающую среду. В результате постоянного их роста АТС (1,3 млн. год) увеличивается объем выбросов вредных веществ в атмосферу, геосферу гидросферу, причем в мегаполисах эти выбросы составляют до 80% и более.

Зависимость количества выбросов от численности населения представлена в таблице 30.

Таблица 30 – Зависимость количества выбросов от численности населения

Число жителей в городах, млн.	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
% выбросов вредных веществ	30	50	60	65	69	74

Медиками установлена зависимость между ростом числа автомобилей и различными заболеваниями населения (рисунок 172) на окружающую среду

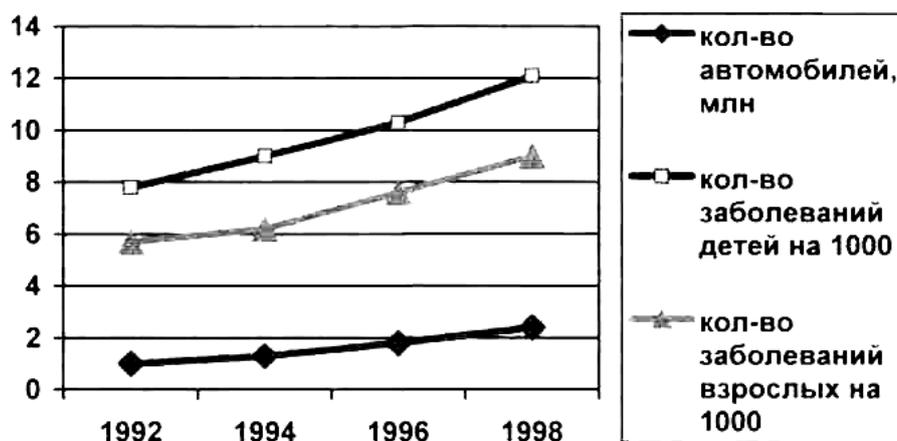


Рисунок 172 – Изменение количества автомобилей и заболеваний

1.1.1 Влияние отработавших газов автотранспортных средств

К основным источникам токсических веществ, при эксплуатации автомобильного транспорта относят:

- отработавшие газы (ОГ), выбрасываемые двигателем;
- картерные газы (КГ) – смесь части ОГ, проникшей через неплотности поршневых колец в картер двигателя, с парами смазочного масла;
- топливные испарения (ТИ), поступающие в окружающую среду из системы питания двигателя.

В результате в воздух кабины (рабочая зона водителя), пассажирского салона и окружающую среду, в которой функционирует автомобиль, поступают многие токсические компоненты.

Распределение основных компонентов вредных выбросов по источникам показывает, что определяющим источником являются отработавшие газы (таб-

лица 31).

Таблица 31 – Распределение основных компонентов вредных выбросов по источникам

Тип двигателя	Распределение основных компонентов вредных выбросов по источникам, %								
	отработавшие газы			картерные газы			топливные испарения		
	CO	CH	NO	CO	CH	NO	CO	CH	NO
Карбюраторный	95	55	98	5	5	2	0	40	0
Дизельный	98	90	98	2	2	2	0	8	0

Оценка токсичности ОГ осуществляется методами:

- непосредственного измерения;
- анализа за ездовой испытательный цикл;
- частичного отбора проб за цикл с разбавлением их инертным газом;
- анализа разбавленных воздухом проб;
- анализа индивидуальных проб газа.

Наиболее широко в настоящее время используется метод непосредственных измерений и метод анализа ОГ за ездовой испытательный цикл.

Ездовой испытательный цикл имитирует реальные условия движения автомобилей в крупных городах (автомобили с полной массой от 400 до 3500 кг) и автобусов (с числом мест для сидения до 12), оснащенных карбюраторными двигателями, и включает в себя последовательность различных фаз движения: холостой ход, ускорение, постоянную скорость и замедление. Испытания проводятся на стенде с беговыми барабанами и маховыми массами. Время цикла испытаний и отдельных его фаз регламентируется. В России такие испытания проводятся в соответствии с Правилами № 15 Европейской экономической комиссии ООН.

По воздействию на организм человека компоненты выхлопных газов подразделяются на:

- токсичные – окись углерода, окислы азота, окислы серы, углеводороды, альдегиды, свинцовые соединения;
- канцерогенные – бенз(а)пирен;

- удушающего действия – углекислый газ;
- раздражающего действия – акролеин, формальдегид, окислы серы, углеводороды;
- надоедающие – альдегиды, углеводороды, сажа, смолы, минеральные аэрозоли, частицы и пары топлива и масел.

Влияние перечисленных компонентов ОГ на организм человека зависит от их концентрации в атмосфере и продолжительности воздействия.

Оксид углерода – газ без цвета и вкуса. Плотность 0,97. Горюч. С воздухом может образовывать взрывчатую смесь. В воде практически не растворяется. При вдыхании проникает в кровь и образует комплексное соединение с гемоглобином - карбоксигемоглобин. Оксид углерода реагирует с гемоглобином в 210 раз быстрее, чем кислород, что приводит к развитию гипоксии (кислородная недостаточность) признаками которой являются нарушения в центральной нервной системе, поражения тканей дыхательной системы, снижение остроты зрения и т.д. Увеличенные среднесуточные концентрации СО способствуют возрастанию смертности лиц с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Содержание СО в воздухе в зависимости от степени концентрации вызывает:

- хроническое отравление при длительном вдыхании ($C = 0,01\%$ об.);
- слабое отравление через 1 час ($C = 0,05\%$ об.);
- потерю сознания через несколько вдохов ($C = 1\%$ об.).

Оксиды азота – смесь различных окислов: Наибольшую опасность представляет NO_2 и его компонент N_2O_4 . Плотность $\text{NO}_2 = 1,58$. Воздействие окислов азота на человека приводит к нарушению функций легких, к изменениям слизистой оболочки бронхов. При низких концентрациях окислов азота в воздухе эти изменения могут наступать спустя длительное время. Изменяется также состав крови. Воздействию окислов азота в большей степени подвержены дети и люди, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Сернистый ангидрид – бесцветный газ с резким запахом. Плотность —

2,264. Хорошо растворяется в воде, образуя сернистую кислоту. Длительное воздействие даже относительно низких концентраций сернистого ангидрида увеличивает смертность от сердечно-сосудистых заболеваний, способствует возникновению бронхитов, астмы и других респираторных заболеваний.

Акролеин – бесцветная жидкость с запахом горелых жиров. Плотность 1,9. Хорошо испаряется, летуч. Легко растворяется в воде. Температура кипения 52,4°C. Оказывает беспокоящее воздействие на человека при концентрациях свыше 0,0005%об. При повышении концентрации до 0,002%об. возникают необратимые изменения в организме, а при концентрациях свыше 0,014% об возможен летальный исход через 10 минут.

Углеводороды – обширная группа соединений типа C_xH_x . В ОГ двигателей обнаруживается более 100 их разновидностей. Обладают неприятным запахом. Продукты фотохимических реакций углеводородов с окислами азота образуют смог.

Бенз(а)пирен – полициклический ароматический углеводород. Молекулярный вес 252,3. При нормальных атмосферных условиях – кристаллический продукт, плохо растворимый в воде. Температура плавления 179° С. Попадая в организм человека, ПАУ постепенно накапливаются до критических концентраций и стимулируют образование злокачественных опухолей.

Сажа – твердый фильтрат ОГ, состоящий в основном из частиц углерода. Непосредственной опасности для человека не представляет. Влияние сажи проявляется в появлении неприятного ощущения загрязненности воздуха. Сажа является адсорбентом канцерогенных веществ и способствует усилению влияния других токсических компонентов, например, сернистого ангидрида.

Соединения свинца – появляются в ОГ в случаях применения тетраэтилсвинца (ТЭС) - антидетонационной присадки к бензинам.

В первую очередь воздействию токсических составляющих ОГ подвергается водитель автомобиля. Анализ состава проб воздуха в кабинах и салонах транспортных средств выполненных учеными МАДИ (ГТУ) показал, что:

– концентрация окиси углерода (особенно в кабинах грузовых автомобилей) может превышать в отдельных случаях предельно допустимые нормы;

– на концентрацию СО оказывает влияние степень изношенности автомобиля и состояние уплотняющих кабину элементов, тип применяемого двигателя и его регулировка, условия движения (в городе или за городом, скорость движения и т.д.);

– окислы азота, обнаруженные в пробах, находятся в пределах допустимых концентраций;

– содержание акролеина в кабинах большегрузных автомобилей может достигать 5,6 мг/м³;

– концентрация двуокиси углерода не превышает допустимых норм.

Вопросы организации контроля состава отработавших газов, вообще, выходят сейчас на первый план. В настоящее время периодичность контроля государственными органами совпадает с периодичностью государственного технического осмотра. Такая ситуация могла бы быть оправдана, если бы большинство владельцев осуществляли обслуживание автомобилей на станциях технического обслуживания. Но в России доля работ выполняемых самими владельцами или «умельцами-знакомыми» очень высока, а это значит, что после воздействия на системы, влияющие на состав отработавших газов, обязательный контроль не проводится. В такой ситуации выбросы вредных соединений значительно увеличиваются (рисунок 173).

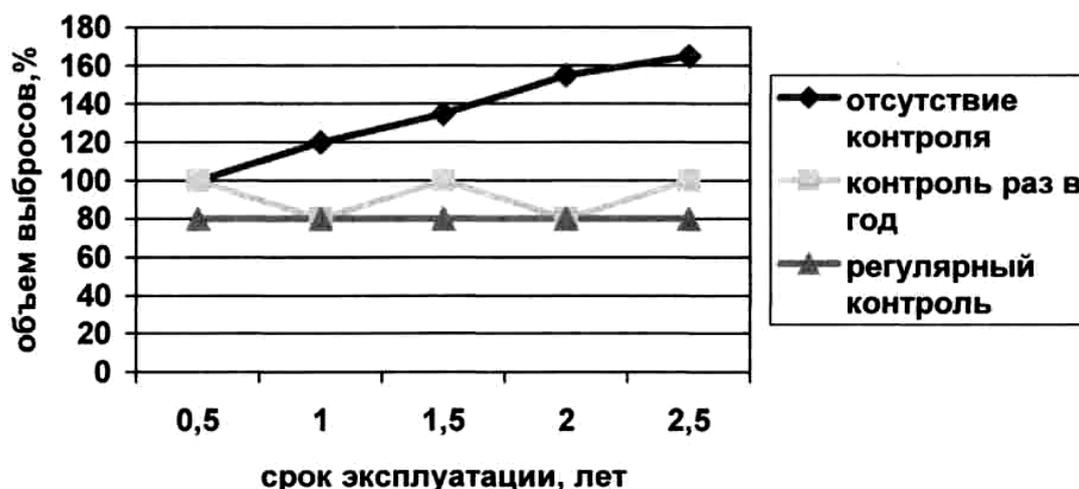


Рисунок 173 – Зависимость объемов выбросов от периодичности контроля состава отработавших газов

Учитывая сложившуюся ситуацию, а также опыт других стран, представляется целесообразным периодичность контроля состава отработавших газов сделать меньше, чем периодичность проверки систем, влияющих на безопасность дорожного движения.

Постоянное корректирование норм вредных выбросов автомобилей в сторону ужесточения, вынуждает руководителей транспортных предприятий заниматься поисками путей снижения токсичности. Поэтому представляется целесообразной экономическая оценка различных направлений. Экономическую оценку ущерба предлагается определять по следующим зависимостям

$$Y = 2,4kf \sum_{i=1}^N A_i G_i L_{\Gamma} ,$$

где Y – оценка годового ущерба;

k – коэффициент относительной опасности загрязнения;

f – коэффициент учитывающий рассеяние;

N – общее число токсичных компонентов;

G_i – удельный выброс токсичных веществ;

L_{Γ} – годовой пробег.

Расчет ущерба по выше приведенной зависимости позволит сопоставить различные варианты и выбрать наиболее приоритетный из них.

1.2 Воздействие транспортного шума и вибраций

Под шумом понимают любого рода звуки, мешающие восприятию полезного сигнала, нарушающие тишину и оказывающие вредное влияние на организм человека, а точнее – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности. Источниками звуков и шумов являются колеблющиеся твердые, жидкие и газообразные тела. Зная характеристику источника звука, можно определить параметры звукового поля. В свою очередь, характеристики источника

звука могут быть определены через измеренные параметры звукового поля.

Вибрации машин и механизмов возникают под действием периодических или случайных возмущающих сил. Периодические вибрации возникают в случае, когда механический объект содержит вращающиеся или возвратно-поступательно движущиеся части. В двигателе внутреннего сгорания - это кривошипно-шатунный и газораспределительный механизмы, топливоподающая аппаратура и т.д. Вибрации двигателя возбуждают колебания всего автомобиля, конструкция которого содержит и другие возбудители периодических колебаний, например, элементы трансмиссии.

При движении по неровностям дороги возникают колебания автомобиля, не имеющие явной повторяемости. Такие вибрации носят название случайных. Источник звука характеризуется звуковой мощностью, спектром звуковой мощности и коэффициентом направленности, а звуковое поле в любой его точке - звуковым давлением, скоростью звука и колебательной скоростью частиц среды. Распространение звуковой волны сопровождается переносом энергии. К энергетическим показателям звукового поля относят интенсивность звука и плотность звуковой энергии. За основные единицы измерения перечисленных характеристик источника звука звукового поля: звуковая мощность; коэффициент направленности, характеризующий неравномерность излучения звука по направлениям; звуковое давление; скорость звука; колебательная скорость частиц среды; интенсивность звука; плотность звуковой энергии.

Численные значения уровней непостоянного шума определяются шумомерами.

Действие шума на организм человека может проявляться по следующим трем основным направлениям:

- воздействовать на орган слуха;
- воздействовать на функции отдельных органов и систем (сердечно-сосудистую, пищеварительную, эндокринную, мышечную, вестибулярный аппарат;
- воздействовать на организм в целом (в частности на высшую нервную

деятельность и вегетативные системы).

Раздражающее действие шума неодинаково и зависит от его физических характеристик. В связи с этим шумы подразделяют:

– по спектральному составу – на неслышимые инфразвуковые (от 2 до 20 Гц), на низкочастотные – (от 20 до 300 Гц), на средне – частотные – (от 300 до 800 Гц), на высокочастотные - (от 800 Гц и выше);

– по уровням интенсивности – до 40 дБ (порог чувствительности), от 40 до 90 дБ и от 90 до 130 дБ (порог болевого ощущения).

Шум нарушает связь, снижает разборчивость речи, затрудняет восприятие полезных сигналов, что помимо психических раздражений приведет к несчастным случаям, мешает полноценному отдыху, расстраивает сон. Под действием шума в сочетании с другими неблагоприятными факторами (напряженный характер трудовой деятельности, вибрации, нервно-эмоциональная нагрузка) обнаруживаются резкие сдвиги биоэлектрической активности коры головного мозга, нарушается механизм регуляции биосинтеза ферментов в крови, развивается язвенная болезнь.

Вибрации подразделяются:

– по способу воздействия – на общую, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, и на локальную, воздействующую на отдельные участки тела;

– по направлению воздействия – в случае общей вибрации по осям X, Y, Z (где Z – вертикальная ось, а X и Y – горизонтальные оси), а в случае локальной – по оси X_p, совпадающей с осью мест обхвата рулевого колеса.

В свою очередь общая вибрация подразделяется на:

- транспортную, возникающую при движении транспортного средства;
- транспортно -техническую, возникающую при работе транспортных погрузочно-разгрузочных и дорожных машин и механизмов;
- технологическую, возникающую при работе стационарных машин, или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

Общая вертикальная вибрация вызывает многочисленные функциональные изменения в организме человека и характеризуется:

- состоянием основных нервных процессов в центральной нервной системе (возбуждения и торможения);
- реакцией со стороны сердечно-сосудистой системы (изменение сердечной деятельности);
- общим состоянием - утомлением, появлением болей и других симптомов (зуда, тошноты, ощущением тряски внутренних органов и т.д.).

При длительном воздействии вибрации может возникнуть вибрационная болезнь, характеризующаяся тяжелыми и необратимыми явлениями в центральной нервной и сердечно-сосудистой системах, в опорно-двигательном аппарате.

Локальные вибрации опасны для развития вибрационной болезни, сопровождающейся спазмом кровеносных сосудов конечностей.

Вибрации и шум обычно приводят к снижению производительности труда. На производствах, где можно оценить это влияние, установлено, что производительность труда снижается на 30% при повышении уровня шума с 70 до 100 дБ, а процент брака увеличивается в течение рабочей смены, и тем интенсивнее, чем выше уровень шума.

Нормируется внутренний (в кабине или салоне) и внешний шум автомобиля. Нормирование вибраций осуществляется только для рабочего места водителя или пассажира. Нормируемыми характеристиками шума являются уровни звукового давления в октавных полосах с частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц и уровни звука. В таблице 27 приведены допустимые уровни шума на рабочем месте водителя.

Таблица 32 – Допустимые уровни шума

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							Уровни звука дБА
63	125	250	500	1000	2000	4000	
Уровни звукового давления							

99	92	86	83	80	78	76	74	85
----	----	----	----	----	----	----	----	----

Уровни инфразвука ограничиваются в октавных полосах 2, 4, 6, 8, 16 Гц величиной 105 дБ при общем уровне не более 110 дБ

Нормированные значения уровней шума и вибраций имеют | силу закона и отражены в Государственных и отраслевых стандартах, санитарных нормах (СН) и строительных нормах и правилах (СН и П).

Исследованиями были установлены основные закономерности формирования внутреннего и внешнего шума автомобиля, определены значимость его источников и влияние различных конструктивных и эксплуатационных факторов на характер изменений общего уровня шума и его спектра.

Внешний шум автомобилей (легковые, грузовые и автобусы) достигает величин порядка 79 – 2 дБА, а внутренний – 68 – 83 дБА Основные энергетические составляющие шума лежат в средне- и высокочастотной областях спектра.

Аппаратурные изменения локальных вибраций (на рулевом колесе) и вертикальных (сиденье водителя) показали, что локальные вибрации существенно ниже допускаемых (уровни виброскорости 45 – 74 дБ), а уровни общей вертикальной вибрации превышают предельно допустимые.

Уровни шума и вибраций автотракторной техники и интенсивность их составляющих изменяются в широких пределах и определяются:

- габаритными размерами транспортного средства; ; - типом силовой установки, ее мощностью и частотой вращения коленчатого вала;
- режимом работы двигателя и скоростью движения автомобиля;
- состоянием и типом дорожного покрытия;
- конструкцией силовой передачи и ходовой части (подвеска и применяемый тип шин);
- работой вспомогательного оборудования (система отопления и вентиляции кузова, звуковой сигнал, стеклоочистители);
- взаимодействием встречного потока воздуха с автомобилем;
- общим пробегом автомобиля с начала эксплуатации;

– мастерством вождения.

Значительная часть акустической энергии излучается панелями кузова в результате их колебаний, возбуждаемых вибрацией узлов и агрегатов автомобиля. В этом случае панели кузова являются своеобразными преобразователями энергии механических колебаний в энергии звуковых волн. Такой шум называют структурным. Колебания панелей могут являться одним из основных источников инфразвука.

В результате экспериментального изучения реальной шумовой нагрузки на население города (его сочетанного действия в производственных и бытовых условиях) отмечено превалирующее раздражающее действие шума автомобильного транспорта. Это предопределило, в частности, разработку и внедрение мероприятий по снижению шума автомобилей и транспортных потоков.

Помимо перечисленных выше источников шума автомобиля, на уровень шума транспортного потока оказывает влияние целый ряд специфических факторов:

1. Категория улиц и дорог.

2. Характеристики транспортных потоков:

– интенсивность дорожного движения, которая достигла на магистралях крупных городов 800-1000 авт/ч на одну полосу движения, а на трассах скоростного движения свыше 1000 авт/ч;

– неравномерность дорожного движения, оцениваемая величиной суммарных ускорений и замедлений на участках дорог;

3. Структура транспортных потоков (состав и однородность транспортного движения).

4. Конструктивные особенности дорог (степень ровности, наличие уклонов, эстакад, тоннелей и т.д.).

5. Техническое состояние дорог;

6. Различное время суток.

Указанные факторы и их сочетания могут изменить интенсивность шума

транспортных потоков на 4 – 10 дБ.

Двигатель внутреннего сгорания является основным источником вибраций и внутреннего, и внешнего шума автомобиля. Уровни шума двигателя на номинальном режиме работы достаточно высоки и составляют 95 – 118 дБ. Изменение частоты вращения коленчатого вала от минимально устойчивых до максимальных приводит к увеличению шума на 10 – 20 дБ. Увеличение нагрузки влечет рост уровней интенсивности звука у карбюраторных двигателей на 5 – 8 дБ, у дизелей – на 2 – 3 дБ. Спектр шума двигателей относят к виду смешанных, то есть в нем имеются как тональные составляющие, так и сплошная область, занимающая все частоты спектра, что свидетельствует о большом числе источников шума формирующее звуковое поле двигателя. Основные из них:

- процесс сгорания;
- соударения в элементах кривошипно-шатунного механизма и механизма газораспределения;
- процесс впуска свежего заряда и выпуска отработавших газов;
- процесс подачи топлива;
- система охлаждения двигателя;
- нагнетатели, компрессоры, электрические генераторы и другое вспомогательное оборудование;
- колебания двигателя на подвеске под действием опрокидывающего момента от газовых сил и неуравновешенных сил инерции и их моментов.

Характер колебаний ДЦБ определяется как различием их конструктивных схем и режимов работы, так и параметрами упругих элементов подвески. Возбудителями колебаний двигателя на режимах холостого хода являются: при минимально устойчивых частотах вращения коленчатого вала – основная гармоника опрокидывающего момента, а с повышением частоты вращения – величина остаточного дисбаланса и неуравновешенные силы инерции и их моменты. В результате через подвеску двигателя на кузов автомобиля передается

вибрация, которая является источником структурного шума в диапазоне частот от 10 до 400 Гц. При движении автомобиля по неровностям дороги двигатель совершает колебания с частотой 5 – 20 Гц, что способствует увеличению инфразвуковой энергии в салоне автомобиля.

Своеобразный вклад в энергию звукового поля автомобиля вносят система впуска и выпуска, система охлаждения и работа нагнетателей, компрессоров, электрических генераторов. Система впуска излучает акустическую энергию в диапазоне частот от 50 до 800 Гц с уровнем отдельных составляющих 108 – 110 дБ и является значительным источником внутреннего шума. Значимость его уменьшается при установке высокоэффективных воздухоочистителей-глушителей или выносе заборных устройств из подкапотного пространства. В случае применения турбонаддува система впуска оказывает определяющее влияние на внутренний и внешний шум автомобиля. При этом аэродинамический шум самого нагнетателя (до 135 дБ) может значительно превышать шум других агрегатов двигателя.

Характер вибраций и шума трансмиссии автомобиля определяется ее конструктивными особенностями, частотой вращения и нагрузкой валов и зубчатых зацеплений, наличием и параметрами изгибных и крутильных колебаний, величинами остаточных дисбалансов. Вибрация трансмиссии, передаваясь на конструкцию автомобиля, может усиливать структурный шум, излучаемый кузовом, особенно на частотах 50 – 100 Гц. Уровни шума трансмиссии (без учета влияния качения колес) оцениваются в 75-80 дБ. Основные энергетические составляющие шума и вибраций располагаются в диапазоне частот 400 – 5000 Гц. Рациональными методами уменьшения шума и вибраций трансмиссии автомобиля являются:

- выбор оптимальных параметров колебательной системы (коробка перемены передач – карданная передача – ведущий мост – полуоси), исключающих возникновение резонансов во всем диапазоне нагрузочных и скоростных режимов;
- применение самонастраивающихся демпферов колебаний, резиновых и нейлоновых вставок в трубу карданной передачи и

нанесение на ее стенки различных покрытий с высокими диссипативными свойствами;

– выбор оптимальных конструкций и регулировок зубчатых зацеплений и вариантов крепления картеров коробки перемены передач и ведущего моста к кузову или шасси автомобиля.

При выполнении указанных мероприятий трансмиссия не оказывает существенного влияния на общую вибрационную нагрузку кузова, а шум, возникающий при ее работе, значительно ниже уровня шума других источников.

Качение шин является источником, как внешнего, так и внутреннего шума автомобиля, и значимость его увеличивается при скоростях движения выше 70 км/ч. Основными факторами, оказывающими влияние на акустическое излучение шин при движении автомобиля являются: конструктивные параметры шин, их материал и рисунок протектора; скорость движения; нагрузка на шину; состояние протектора (новый, изношенный или восстановленный); давление воздуха в шине; состояние и профиль дорожного полотна.

Внешний шум, излучаемый шинами свободно движущегося автомобиля по асфальтированному шоссе, оценивается величинами 62 – 80 дБА при изменении скорости от 50 до 110 км/ч. Основные составляющие спектра находятся в диапазоне частот 100 – 1500 Гц.

ГОСТ Р 52231 – 2004 устанавливает следующие требования к уровню внешнего шума:

- M_1, N_1 – 96 дБ;
- M_2, N_2 – 98 дБ;
- M_3, N_3 – 100 дБ,

Измерения производятся возле выхлопной трубы на удалении 0,7 м.

Большое влияние на уровень внутреннего шума легкового автомобиля оказывает статический дисбаланс колес и давление воздуха в шинах. Отмечено существенное влияние парных взаимодействий на внутренний шум автомобиля: скорости движения и давления воздуха в шинах; скорости движения и ров-

ности дорожного покрытия.

Борьба с шумом и вибрацией автомобилей и шумом транспортных потоков осуществляется по трем направлениям:

- научно-техническому;
- градостроительному;
- административно-организационному.

Научно-техническое направление включает в себя:

- определение наиболее интенсивных источников шума и вибраций;
- поиск причин и закономерностей возникновения шума и вибраций в источниках;
- определение способов и средств снижения шума и вибраций источника;
- создание конструкций узлов и агрегатов, обладающих минимальными уровнями шума и вибраций;
- разработку новых конструкционных материалов, обладающих высокими диссипативными свойствами;
- изучение передачи путей шума и вибраций на рабочие места и в окружающее пространство;
- разработку материалов и средств виброизоляции, вибропоглощения, звукоизоляции и звукопоглощения;
- разработку индивидуальных средств защиты от шума и вибраций.

1.3 Мировые тенденции контроля показателей вредных выбросов

Действующие в настоящее время Правила ЕЭК ООН устанавливают требования к показателям выбросов вредных веществ (ВВ) автотранспортными средствами. Информация об изменениях этих требований регулярно публикуется в отчётах работы сессий Всемирного форума по согласованию правил в области транспортных средств (WP.29) и является основополагающей для российских автотранспортников, поскольку Госстандарт принял постановление от 26 мая 1999 г. № 184 о применении Правил ЕЭК ООН по безопасности авто-

транспорта для производителей АТС на территории РФ.

При анализе существующих экологических характеристик автомобильного транспорта эксплуатируемого на территории РФ, и перспектив их изменения на ближайшие и более отдаленные периоды времени следует принимать во внимание:

– общие мировые тенденции изменения экологических показателей автотранспорта прежде всего, – европейские, которым на протяжении последних четырех десятилетий следует с определенным отставанием, но неукоснительно, Россия – как участник Женевского Соглашения 1958 г. о сертификации АТС;

– складывающиеся в РФ объективные условия для коренного реформирования технологической базы в сферах производства и эксплуатации автотранспорта, а также в топливно-энергетическом комплексе страны;

– факторы повышения общего благосостояния населения и финансового положения предприятий, эксплуатирующих автомобильный транспорт, резко удорожаемый по мере внедрения на нем прогрессивных природоохранных технологий.

1.3.1 Обзор современных подходов к регулированию выбросов вредных веществ автотранспортом в странах ЕЭС и России

Правила № 49-04 ЕЭК ООН распространяются на АТС категорий М₁ полной массой более 3,5 т, М₂, М₃, N₁, N₂, N₃ с дизелями и газовыми двигателями. Правила с поправкой серии 03 устанавливают требования Евро-3 (2000 г.), Евро – 4 (2005 г.) и Евро –5 (2008 г.). Поправка 04, введенная с 31 января 2003 г., не предусматривает каких-либо новых нормативных требований, по сравнению с предыдущей 03 серией поправок. Этой поправкой в основном уточнена редакция ряда положений, введено значительное количество технических дополнений по процедурам испытаний. Принципиально новым является введение требований и процедур в отношении дизелей, работающих на этиловом спирте (этаноле).

Правила № 49-03 (04) уже в первом варианте утверждения (Евро –3), существенно отличаются от предыдущей версии (49 – 02В, Евро – 2)

как в отношении процедур испытаний, так и «жесткости» норм на выбросы ВВ. Ужесточение требований 2000 года (Евро – 3) по отношению к Евро – 2 составляет 30...40 %, требований 2005 года (Евро – 4) по отношению к Евро – 2 – 60...70 %. Процедура испытаний включает 3 различных цикла: ESC и ETC, предназначенных для определения газообразных и аэрозольных выбросов (частицы) ВВ, и ELR – для определения дымности (оптической плотности) отработавших газов.

Существует следующий порядок применения испытательных циклов:

– для испытания «обычных» дизелей, включая двигатели с электронным управлением топливopодачей, системой рециркуляции ОГ, окислительными нейтрализаторами, применяются циклы ESC и ELR;

– для испытаний двигателей, оснащенных такими средствами уменьшения выбросов, как, например, восстановительные нейтрализаторы NO_x и уловители частиц, применяются все указанные циклы – ESC, ELR, ETC;

– газовые двигатели испытываются только по циклу ETC.

Предельные значения содержания ВВ в ОГ по Правилам № 49-04 приведены в таблицах 34 и 35.

Таблица 34 – Предельные величины содержания ВВ в ОГ при выполнении ESC и ELR циклов

	Оксид углерода (СО), г/кВт·ч	Углеводороды (НС), г/кВт·ч	Оксиды азота (NO _x), г/кВт·ч	Частицы (РТ), г/кВт·ч	Дымность, М ⁻¹
А (2000)	2,1	0,66	5,0	0,10;0,13(1)	0,8
В1 (2005)	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
В2 (2008)	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5
С (EEV) ⁽²⁾	1,5	0,25	2,0	0,02	0,15

Примечания: 1 – для двигателей с рабочим объемом менее 0,75 дм³ на цилиндр и номинальной частотой вращения 3000 мин⁻¹;

2 – так называемые «форсированные» требования, которые принимаются в соответствующих государствах на добровольных началах.

Таблица 35 – Предельные величины содержания ВВ в ОГ при выполнении ETC цикла⁽¹⁾

	Оксид углерода (CO), г/кВт-ч	Неметановые углеводороды (NMHC), г/кВт-ч	Метан (CH ₄) ⁽²⁾ , г/кВтч	Оксиды азота (NO _x), г/кВт-ч	Частицы(3) (PT), г/кВтч
A(2000)	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16; 0,21 ⁽⁴⁾
B 1(2005)	4,0	0,55	1,1	3,5	0,03
B2(2008)	4.0	0,55	1,1	2.0	0,03
C(EEV)	3,0	0.40	0,65	2.2	0.02

Примечания: 1 – нормативные требования этапа А в отношении газовых двигателей будут, возможно, пересмотрены;

2 – только для двигателей, работающих на природном газе;

3 – не применяется по отношению к двигателям, работающих на газе, на этапах А, В1 и В2;

4 – для двигателей с рабочим объемом менее 0,75 дм³ на цилиндр и номинальной частотой вращения 3000 мин⁻¹.

Описание процедур испытаний можно найти в работе (Ложкин В.Н., Шкрабак В.С. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом// Справочно-методическое и учебное пособие: в трех частях. – СПб.: НПК, «Атмосфера» при ГТО им А.И. Войкова, 2003. – 297 с.

Практически завершена работа по созданию «всемирных» испытательных циклов, которые составят основу унифицированной всемирной процедуры испытаний грузовых автомобилей в рамках так называемого Глобального соглашения 1998 г. Разработаны два испытательных цикла: WHTC (переменные режимы) и WHSC (стационарные режимы). Заключительный отчет рабочей группы по обоснованию глобального испытательного теста был предоставлен в августе 2003 года. В рамках специальной рабочей группы (Off - cycle) проводятся исследования по совершенствованию контроля так называемых «внецикловых» выбросов.

Специальной рабочей группой (WWH – OBD) разрабатываются требования в отношении бортовой диагностики для грузовых автомобилей и двигателей.

Правила № 83 – 05 распространяются на автомобили категорий М₁ и N₁ с бензиновыми, газовыми двигателями и дизелями. Эти правила, введенные в действие с 30 октября 2001 г., содержат требования Евро – 3 и Евро – 4. Предельно допустимые значения выбросов, устанавливаемые Правилами № 83 –05

Правила № 83-05 от предыдущей 04 серии отличаются следующими принципиальными поправками:

- упразднена фаза прогрева двигателя 40 с, в течение которой отбор проб не производится;

- введен новый вид испытаний (тип 6) по определению выбросов ВВ (оксида углерода и углеводородов) при низкой температуре (-7 °С). В этом случае выполняется только первая часть цикла («городская»). Предельные значения выбросов при этом испытании: СО – 15 г/км; СН – 1,8 г/км;

- изменена процедура испытаний типа 4 (топливные испарения). Как и прежде, испытание состоит из двух частей: «горячая» фаза (hot soak) и «суточные» испарения (diurnal test). По сравнению с Правилами 83 предыдущих версий, изменилась процедура испытаний при определении суточных испарений. Теперь по заданному алгоритму осуществляется подогрев всей испытательной камеры, а не бака автомобиля, как раньше. Длительность второй фазы испытаний составляет 24 часа (раньше – 1 час). Предельное значение выбросов по двум фазам, как и раньше – 2 г/исп;

- введено принципиально новое требование о контроле показателей токсичности АТС в реальной эксплуатации. Детально регламентированы процедуры проверок, распределение функций, ответственность и порядок взаимодействия производителя и органов контроля за соблюдением соответствия установленным при сертификации требованиям на протяжении 80 тыс. км;

- введено требование об обязательном наличии в составе транспортного средства системы бортовой диагностики.

Бортовая диагностика должна идентифицировать ухудшение экологических показателей АТС сверх установленных пределов и неисправности элементов конструкции, влияющих на экологические показатели, таким образом, чтобы ни при каких обстоятельствах на протяжении пробега 80 тыс. км. не были превышены предельные значения выбросов (для бортовой диагностики). При этом непосредственно должны контролироваться:

- снижение эффективности нейтрализатора по углеводородам;
 - пропуски сгорания в двигателе (с искровым зажиганием);
 - ухудшение параметров кислородного датчика;
- неисправности других элементов, нарушение работы которых может привести к увеличению выбросов ВВ сверх значений, приведенных в табл. 3;
- система продувки адсорбера.

С 21 февраля 2002 г. введено дополнение 2 к поправкам серии 05, оговаривающее требования к устройствам для ограничения выбросов (например, каталитический нейтрализатор, сажевый фильтр), конструкция которых предусматривает периодическую регенерацию.

В рабочей группе по загрязнению воздуха и экономии энергии (GRPE) подготовлен проект дополнения 3 к Правилам № 83-05, регламентирующий требования и процедуры испытаний гибридных автомобилей (TRANS/WP.29/GRPE/2003/5).

1.3.2 Требования к газобаллонным автомобилям и газобаллонному оборудованию

Правила № 67-01 ЕЭК ООН регламентируют требования к конструкции как отдельных элементов оборудования для работы на сжиженном нефтяном газе (СНГ), так и транспортных средств, в части установки такого оборудования и применяются для целей сертификации новых элементов газобаллонного оборудования (ГБО) и новых транспортных средств. В России действуют Правила 67–01, а соответствующий этим Правилам ГОСТ Р 41.67 находится в стадии подготовки.

Правила №110 ЕЭК ООН регламентируют требование к конструкции отдельных элементов ГБО для работы на сжатом природном газе, а также транспортных средств, в части установки такого оборудования. Применяются для целей сертификации новых элементов ГБО и новых транспортных средств. Россия применяет Правила ООН. В стадии подготовки находится ГОСТ Р 41.110.

Документ TRANS/WP/29/2000/42 регламентирует требования в части

установки ГБО для сжатого природного и сжиженного нефтяного газа на транспортные средства, находящиеся в эксплуатации. Этот документ получил одобрение на 129 сессии WP.29 и 23 заседании АСІ в марте 2003 года, что фактически перевело его в ранг Правил ЕЭК ООН.

Правила № 96-01 ЕЭК ООН регламентируют требования к транспортным средствам категории Т (сельскохозяйственные и лесные тракторы), а также к промышленной, строительной и сельскохозяйственной технике на колёсном или гусеничном ходу, к подъёмникам, автокранам, дорожно-ремонтной технике и т.д.

Поправка 01 введена с 2001 года. Требования Правил 96-01 по уровню жесткости близки к требованиям Правил 49-03А (Евро-3).

В России в настоящее время действуют Правила № 96-0 ЕЭК ООН. Россия, как известно, в части внедрения стандартов, предъявляемых к выбросам ВВ, по уровню требований отстает от западноевропейских стран примерно на 10 лет. Эти требования регламентируются государственными природоохранными стандартами 41 серии

В отношении АТС категорий М₁ с полной массой более 3,5т, М₂, М₃, N₁, N₂, N₃ с дизелями и газовыми двигателями применяются требования Правил № 49 – 02В - ГОСТ Р 41.49 (Евро –2). В отношении этих же категорий АТС с бензиновыми двигателями действуют требования (с 01.01.2003) ГОСТ Р 51832 - 2001 (таблица 36). В отношении АТС категорий М, и N] применяются требования Правил 83-03 (ГОСТ Р 41.83), соответствующие уровню Евро – 2 для пассажирских автомобилей (М₁) и Евро –1 для грузовых (N₁).

Таблица 36 – Предельные величины содержания ВВ (ГОСТ Р 51832)

Дата введения требований	Предельно-допустимые выбросы, г/кВтч			Цикл
	оксид углерода СО	углеводороды СН	окислы азота NO _x	
01.01.2003	11,2	2,4	14,4	13-ти режимный
01.01.2005	4,0	1,1	7,0	13-ти режимный
01.01.2008	5,45	2,38	5,0	ЕТС

Требования к АТС категорий М₁ и N₁, действующие в Российской Феде-

рации приведены в таблице 37.

Таблица 37 – Предельные величины содержания ВВ (ГОСТ Р 41.83)

Категория	Контрольная масса (Rm), кг	Предельные величины				
		оксид углерода (CO), г/км		общая масса углеводородов и оксидов азота (HC + NOx), г/км		Частицы, г/км
		искр.	диз.	искр.	диз.	
M ⁽¹⁾	Все	2,2	1,0	0,5	0,7	0,08
N ⁽²⁾	Rm < 1250	2,72	2,72	0,97	0,97	0,14
	1250 < Rm < 1700	5,17	5,17	1,4	1,4	0,19
	1700 < Rm	6,9	6,9	1,7	1,7	0,25

Примечания: 1 – за исключением: транспортных средств, предназначенных для перевозки более 6 пассажиров, включая водителя; транспортных средств, максимальная масса которых превышает 2500 кг; 2 – включая АТС средства категории М, которые указаны в сноске 1. «Факторы аварийности, подходы, и методы снижения влияния этих факторов»

В соответствии с Концепцией развития автомобильной промышленности, принятой Правительством Российской Федерации, график перевода (100 % выпускаемых АТС) на уровень требований ЕЭС прогнозируется следующим: Евро – 2 – 2004 год; Евро – 3, 4 – 2008 год; применение норм в графике Европы – с 2010 года.

Начата разработка Правил ЕЭК ООН, регламентирующих использование водорода в автотранспортных средствах. Для этих целей образована информационная группа (Hydrogen/Fuel Cell - Vehicles), которой поставлена задача подготовить проекты Правил ЕЭК ООН с последующим их преобразованием в глобальные технические предписания (GTR), касающиеся использования водорода как в автомобилях с двигателями внутреннего сгорания, так и в автомобилях, работающих на топливных элементах. На 45 сессии GRPE в январе 2003 года рабочей группой был представлен проект Правил в отношении использования сжиженного водорода в качестве моторного топлива (информационный документ №3). В стадии подготовки находился также аналогичный документ в отношении сжатого водорода.

1.4 Мероприятия по предотвращению и уменьшению вредного

воздействия автотранспортных средств

К таким мероприятиям можно отнести:

- разработку таких конструкций автомобилей, которые меньше загрязняли бы атмосферный воздух токсичными компонентами отработавших газов и создавали бы шум более низкого уровня (гибридные силовые установки, альтернативные топлива);
- совершенствование методов ремонта, обслуживания и эксплуатации автомобилей с целью снижения концентрации токсичных компонентов в отработавших газах и уровня шума, производимого автомобилями;
- соблюдение при проектировании и строительстве автомобильных дорог таких требований, как вписывание дороги в ландшафт, инженерное обустройство дорог;
- рациональное сочетание элементов плана и продольного профиля, обеспечивающее постоянство скорости движения автомобиля; защита поверхностных и грунтовых вод от загрязнения; борьба с водной и ветровой эрозией; предотвращение оползней и обвалов; сохранение животного и растительного мира;
- сокращение площадей, отводимых под строительство; защита зданий и сооружений вблизи дороги от вибраций, возникающих при движении автомобилей;
- борьба с транспортным шумом и загрязнением воздуха; применение методов и технологии строительства, приносящих наименьший ущерб окружающей среде;
- использование средств и методов организации и регулирования движения, обеспечивающих оптимальные режимы движения и характеристики транспортных потоков, сокращение остановок у светофоров, числа переключения передач и времени работы двигателей на неустановившихся режимах.

1.4.1 Применение альтернативных топлив на автотранспортных средствах

Применительно к автотранспорту известны следующие виды альтернативных топлив: сжиженный нефтяной газ; диметиловый эфир (ДМЭ); синтети-

ческий бензин; биодизельное топливо (например – рапсовый метиловый эфир, RME); аквазин; водородное топливо.

Сжиженный нефтяной газ (СНГ) обладает всеми качествами полноценного топлива для двигателей внутреннего сгорания. Во всем мире газ признан как дешевое, экологически чистое топливо, по многим свойствам превосходящее бензин. Немаловажно, что использование СНГ не требует изменения конструкции автомобиля, оставляя возможность использования, как бензина, так и горючего газа в качестве топлива. Сжиженный нефтяной газ обладает некоторыми физико-химическими свойствами, которые необходимо учитывать для достижения максимального экономического и эксплуатационного эффекта.

Нефтяной газ представляет собой смесь пропана, бутана и незначительного количества (около 1%) непредельных углеводородов. Фактически на автомобильные газонаполнительные станции поступают две марки газа, регламентируемые соответствующими ГОСТами: зимняя (85 – 95% пропана) и летняя (45-55% пропана). Такое сочетание учитывает свойства СНГ в зависимости от окружающей температуры и позволяет круглый год эксплуатировать автомобиль на газе.

Основные преимущества нефтяного газа перед бензином заключаются в следующем:

- октановое число нефтяного газа – 103 – 105, что практически исключает детонацию деталей двигателя.
- газ не содержит вредных примесей (свинец, сера), которые на химическом уровне разрушают детали камеры сгорания.
- газ легко смешивается с воздухом и равномерней наполняет цилиндры однородной смесью, поэтому двигатель работает ровнее и тише.
- газ поступает в двигатель в паровой фазе, поэтому он не смывает масляную пленку со стенок цилиндров и не разбавляет масло в картере.
- газ сгорает немного медленнее, чем бензин, что снижает нагрузки на поршневую группу и коленчатый вал, двигатель работает «мягче». Однако это вы-

зывает ухудшение динамики разгона (на 2-5% в зависимости от степени сжатия).

Содержание вредных веществ в отработавших газах снижается в несколько раз. Если сравнивать различные виды альтернативных топлив, то в результате объективных стендовых испытаний показано, что автомобиль, работающий на пропане, выбрасывает в атмосферу на 25–30% меньше вредных веществ, чем работающий на бензине. А если машина ездит на метане, то в этом случае показатель достигает 50–60%.

В сумме все эти факторы дают значительную экономию средств на топливе, продлевают срок службы двигателя на 30–40%, масла и свечей – в два раза, и как следствие значительно снижают не только эксплуатационные, но и ремонтные затраты.

К недостаткам СНГ как топлива для автомобилей следует отнести: снижение мощности двигателя до 7%; затруднения с пуском холодного двигателя; незначительное увеличение расхода потребляемого газа в литрах по сравнению с бензином; увеличение металлоемкости автомобиля на 30–40 кг.

Группой сотрудников ИНХС РАН (Института нефтехимического синтеза Российской Академии Наук) разработан перевод дизельных двигателей на диметиловый эфир (ДМЭ). ДМЭ обладает рядом качеств, позволяющих ему практически полностью вытеснить традиционное дизельное топливо – особенно в крупных мировых мегаполисах, и в частности на всей территории России. Преимущества использования ДМЭ состоят в следующем:

- отработавшие газы дизеля, работающего на ДМЭ, в шесть раз меньше стандарта EURO-4 (которые должен быть введен ЕС только в 2005 году) по выбросам окиси углерода (СО), в четыре раза меньше по выбросам углеводородов (СН), в четыре раза меньше по выбросам твердых частиц (пресловутая сажа и копоть дизельных движков) и на 20% меньше по выбросам окислов азота (NOx);
- работающий на ДМЭ дизель свободно заводится даже при минус пятидесяти по Цельсию, поскольку температура плавления ДМЭ составляет минус 138,5 градусов по Цельсию, что немаловажно для России, значительная терри-

тория которой находится в весьма холодной климатической зоне.

Для работы на ДМЭ разработчики приспособили топливную систему обыкновенного дизеля серийного российского АМО ЗИЛ – 255. Разработан весьма недорогой способ производства ДМЭ, экономически весьма конкурентоспособный с производством традиционного дизельного топлива из нефти. Этот способ успешно апробирован на пилотной промышленной установке.

Учеными того же института разработана технология производства синтетического бензина через технологию производства ДМЭ (без выделения ДМЭ). Метод также апробирован на пилотной промышленной установке.

Синтетический бензин ИНХС РАН, получаемый через ДМЭ, имеет октановое число – 92–93. Он обладает лучшим качеством по сравнению с натуральным за счет того, что октановое число в нем достигается за счет большей доли циклических и разветвленных углеводородов с правильно ориентированными углеводородными связями, а не ароматических углеводородов, как в натуральном бензине. Содержание серы в синтетическом бензине ИНХС РАН ничтожно мало, поэтому отработавшие газы двигателя, работающего на синтетическом бензине ИНХС РАН, гораздо безвреднее выхлопа на основе натурального бензина, который производится из российской нефти марки «Юралс», отличающейся повышенным содержанием серы.

В США начинается практическое производство искусственной нефти, получаемой в результате термической деполимеризации отходов предприятий по обработке тушек битой птицы.

В настоящее время все более широкое распространение получают альтернативные топлива на основе растительных масел (рапсового, соевого, арахисового, пальмового, отработанных подсолнечного и оливкового).

Ученые Харьковского политехнического университета разработали новый способ получения "растительного бензина". В Европе его в основном производят из семян рапса и конопли, а также из сои и подсолнечника. Украинцы предложили другой способ - использовать отработанный фритюрный жир, на

котором жарятся пончики, беляши и прочее.

Растительное сырье для замены дизельного топлива может быть использовано двумя путями: этерификация растительных масел до кондиции дизельного топлива и модифицирование двигателя таким образом, чтобы при сгорании сырого масла не образовывался нагар.

В настоящее время в Европе производится более 1,5 млн. т. "биодизеля" с тенденцией дальнейшего расширения его производства. В мире существует 7 стандартов на "биодизель" (Германия, Австрия, Чехия, Франция, Италия, Швеция, США). В Германии топливо, представляющее собой рапсовый метиловый эфир (RME), производят 8 фирм, это топливо отпускается более чем на 800 заправочных станциях.

Преимущества применения биодизеля как топлива для дизельных двигателей: высокая биоразлагаемость альтернативного топлива; отсутствие серы в топливе.

К недостаткам RME следует отнести то, что RME чрезвычайно агрессивной жидкостью, поэтому топливные баки, теплопроводы и другие элементы, непосредственно соприкасающиеся с ним, должны иметь защиту от RME. Рапсовое масло и RME имеют более высокую температуру кипения, чем дизельное топливо, при низкой нагрузке дизеля температура поршня снижается, в результате чего образуется несгоревшее топливо, которое может смешиваться со смазочным маслом, кроме того, образуются продукты коксования, откладывающиеся на форсунках, поршнях и поршневых кольцах. Применение окисляющего катализатора при использовании RME значительно снижает выбросы CO, CH и сажи.

Рапсовое масло снижает выбросы углекислого газа в атмосферу и является более экологичным чем RME, так как процесс производства RME связан с использованием метанола и большим расходом энергии. К недостаткам применения рапсового масла и RME следует отнести повышение шума от двигателей. Кроме того, по данным шведских исследователей в отработавших газах так называемого биотоплива обнаружен целый ряд опасных углеводородных со-

единений в высокой концентрации, в том числе циклические бензолы, диолефины и этилуглеводороды. Оказалось, что продукты сгорания этого биотоплива способствуют возникновению органического смога.

Исследования в области создания альтернативного топлива с использованием воды развиваются с конца XIX века, когда отец двигателя внутреннего сгорания Н.Отто получил первый патент на применение воды в качестве компонента горючего.

В США, Франции и Японии сейчас существуют различные экспериментальные модели «аквамобилей», но всех их, помимо безусловной экологической безопасности, объединяют чрезвычайная сложность и дороговизна. Обусловлено это тем, что для поддержания топливного «коктейля» в рабочем состоянии необходимо специальное оборудование, которое с помощью ультразвуковой встряски не позволяет смеси расслаиваться на воду и бензин.

В 1990 г. при АН СССР была создана общественная организация «Аквазин», разработавшая программу производства альтернативного топлива. Она вошла в Госпрограмму экологически безопасной энергетики. Аквазин - это новое горючее (безсвинцовое высокооктановое топливо), которое получается путем соединения воды с продуктами нефтепереработки либо с природным или попутным газом при помощи эмульгатора («аква» - вода, «зин» - хвост от бензина). Этот третий компонент, изобретенный профессором Э.И. Исаевым, не дает расслаиваться водно-бензиновой смеси. Аквазин служит прекрасным заменителем различных марок бензина, авиакеросина, дизтоплива. Его несомненные преимущества перед традиционными видами топлива - пониженное содержание вредных веществ и отсутствие соединений свинца в отработавших газах. В них в 3-5 раз меньше закиси углерода, а окислов азота - на 25-30%.

Дизельное топливо заэмульгировать во многом проще, нежели бензин и керосин. Оно менее требовательно к высоким реологическим характеристикам (вязко-текучим свойствам). Сейчас решается более сложная задача - создание водно-бензиновую смеси, где эмульсия должна быть не только стойкой, но по

своим характеристикам не отличаться от бензина.

Водород для привода в движение машин впервые предложил использовать В. Сесил в докладе Кембриджскому Философскому обществу ещё в 1820 г., а первый патент на двигатель, работающий на смеси водорода и кислорода, был выдан в Англии в 1841 г.

Работы по водородному топливу развивались по следующим основным направлениям: исследования рабочих процессов в двигателях внутреннего сгорания, работающих на водороде и смесях водорода с углеводородными топливами, создание систем топливообеспечения и хранения водорода на борту транспортных средств, перевод на водородное и бензоводородные топлива автомобилей различных марок, создание ключевых элементов оборудования для автомобилей с нулевым выбросом и двигательных установок на основе топливных элементов.

Следует напомнить, что началу 80-х годов в СССР различными организациями были созданы опытные легковые автомобили ВАЗ «Жигули», АЗЛК «Москвич», ГАЗ – 24 «Волга» и ГАЗ–69, грузовые ЗИЛ–130, микроавтобусы РАФ и УАЗ, работающие на водороде и бензоводородных смесях, и проведены их испытания и опытная эксплуатация.

Для создания городской инфраструктуры снабжения транспорта водородом существующие автозаправочные (прежде всего – газонаполнительные) станции необходимо дооборудовать водородными системами. Водород может доставляться к ним со стороны в виде жидкого водорода или производиться на месте из воды или углеводородных топлив. В последнем случае, однако, автозаправочная станция сама становится источником выбросов и возникает задача создания высокоэффективных реакторов и разработки новых процессов конверсии углеводородных топлив.

Наибольший экологический эффект достигается при крупномасштабном производстве H_2 из воды с использованием энергии ГЭС, возобновляемых энергоресурсов и АЭС.

Отметим преимущества водорода как топлива по сравнению с бензином: неисчерпаемость. Суммарная масса водорода составляет 1% общей массы Земли, а число атомов – 16%, причем при сгорании водород превращается в воду и полностью возвращается в круговорот природы; весовая теплотворная способность водорода (28630 ккал/кг) в 2,8 раза выше по сравнению с бензином; энергия воспламенения в 15 раз меньше, чем для углеводородного топлива; экологичность.

Использование водорода позволит также устранить один из основных недостатков автомобильных двигателей – резкое снижение КПД с 30 до 10% на частичных нагрузках в условиях городской эксплуатации.

Отметим и отрицательные качества водорода: это низкие плотность и объемная теплотворная способность, более широкие пределы взрываемости и более высокая температура воспламенения по сравнению с углеводородами; кроме того, в настоящее время водород получают с использованием нефти и угля. Вдобавок, при его производстве выделяется диоксид углерода.

Опираясь на результаты компьютерного моделирования, исследователи Калифорнийского технологического института в Пасадене, США, утверждают, что массовый переход на водород в качестве топлива для автомобильных и других двигателей может способствовать деградации озонового слоя, особенно над полюсами, а также некоторому охлаждению атмосферы.

Исследователи утверждают, что в случае полной замены водородом всех других используемых ныне видов топлива значительные его количества будут попадать в атмосферу из-за утечки из труб, топливных терминалов, заводов и различных двигателей. Современное содержание водорода в стратосфере составляет 0,5 объёма на 1 млн. объёмов воздуха, и увеличение его количества приведет к образованию большего количества водяного пара. Предполагаемое увлажнение стратосферы повлечет снижение её температуры приблизительно на 0,5 градуса Цельсия.

Тем не менее, и это отмечают сами исследователи, прогнозы относительно опасности выбросов водорода в атмосферу относительно, так как цикл во-

дорода остаётся исследованным не до конца. Исследователи призывают не прекращать разработки, а усовершенствовать технологию производства водорода, чтобы оно не приводило к образованию парниковых газов.

Таким образом, следует отметить, что получение и применение альтернативных видов топлива является перспективным направлением научных исследований, которые должны быть продолжены с целью всесторонней оценки различных видов топлив с точки зрения их приемлемости для окружающей среды.

Глава 2 Технические решения защиты окружающей среды от воздействия автотранспортных средств

2.1 Роторно-поршневые ДВС

В качестве возможной замены поршневого ДВС было сконструировано и предложено большое количество роторно - поршневых ДВС (РПД). РПД фактически опередил изобретение поршневого ДВС, к 1910 году перечень РПД насчитывал более 2000 моделей. Наиболее удачной конструкцией является в настоящее время двигатель, разработанный Ф. Ванкелем в 1954 г., поэтому очень часто РПД называют двигателем Ванкеля. В середине 60-х годов несколько фирм освоили серийное производство автомобилей с РПД. В нашей стране была выпущена опытная партия автомобилей ВАЗ 2108 с РПД мощностью 48 кВт (70 л. е.).

Рабочий цикл РПД имеет ту же последовательность процессов, что и поршневой четырехтактный ДВС с искровым зажиганием. В корпусе специальной

формы вращается ротор, который совершает планетарное движение относительно эксцентрикового вала, постоянно касаясь поверхности корпуса. При этом образуются три отдельные перемещающиеся камеры. Смесеобразование происходит в карбюраторе обычного типа, воспламеняется смесь от свечи зажигания.

РПД имеет ряд несомненных преимуществ по сравнению с поршневым ДВС: меньший вес и размеры; компактность, что особенно важно при создании малолитражных автомобилей с передними ведущими колесами; способность работы на бензине с низким октановым числом. Его конструкция относительно проста: в РПД всего две вращающиеся детали - ротор и вал; практически отсутствуют вибрации при работе. РПД высокооборотен и обладает большой удельной мощностью.

Однако, РПД уступает поршневому ДВС с искровым зажиганием по токсичности ОГ, особенно по содержанию СnНm . Это объясняется следующими причинами. Во-первых, зона гашения пламени у РПД больше, чем у поршневого ДВС с такой же степенью сжатия. Во-вторых, основным источником повышенного содержания СnНm в ОГ РПД являются утечки СnНm через уплотнения в выхлопную камеру. На малых оборотах масса несгоревшей смеси, просачивающейся в выхлопную камеру, может достигать 9% от общей массы рабочей смеси на впуске. С ростом числа оборотов масса просачивающейся смеси уменьшается. Помимо более высокого содержания СnНm в ОГ, к недостаткам РПД можно отнести худшую топливную экономичность, меньший срок службы и необходимость применения ряда сложных уплотнений.

В то же время конструктивные особенности РПД позволяют более эффективно применять устройства для уменьшения выделения СnНm с ОГ. Высокая температура ОГ и небольшие размеры двигателя дают возможность использовать термический и окислительный каталитический нейтрализаторы, эффект от которых в данном случае выше, чем у поршневого ДВС.

РПД остается наиболее перспективным в качестве силовой установки для легкового автомобиля.

2.2 Двигатели внутреннего сгорания с послойным смесеобразованием

Анализ влияния состава смеси на токсичности ОГ показывает, что уменьшение содержания токсичных компонентов в ОГ возможно либо при обогащении смеси до $\alpha > 0,8$, либо при обеднении до $\alpha = 1,15$. Но работа двигателя на обогащенной смеси приводит к большой концентрации в ОГ продуктов неполного сгорания, а при сильно обедненной смеси резко ухудшается работа ДВС.

В результате многолетних исследовательских и опытно-конструкторских работ появился ряд схем поршневых ДВС с послойным смесеобразованием. При послойном смесеобразовании обогащенная смесь находится только в зоне свечи зажигания, а остальная часть камеры сгорания заполнена обедненной смесью. Это создает благоприятные условия для начального воспламенения и обеспечивает работу на бедных смесях. Первоначально такие ДВС разрабатывались для улучшения экономичности и возможности работы на разных сортах топлива, но работа ДВС на бедных смесях позволила значительно понизить токсичность ОГ по сравнению с обычным двигателем.

Все схемы ДВС с послойным смесеобразованием можно разделить на двигатели с открытой камерой сгорания и с разделенной камерой. Подробно рассмотрим только одну из разновидностей ДВС с разделенной камерой - ДВС с форкамерно - факельным зажиганием.

Отдельный карбюратор через впускной коллектор и отдельный впускной клапан подают обогащенную смесь в форкамеру, в которой установлена свеча зажигания. В форкамере смесь воспламеняется. Этим создаются благоприятные условия для воспламенения бедной смеси в основной камере сгорания от факела сгорающей богатой смеси. Обедненная смесь подается к основному впускному клапану от отдельного карбюратора через свой впускной коллектор.

Конструктивно ДВС с форкамерно-факельным зажиганием несколько сложнее, чем обычный ДВС, но токсичность его ОГ значительно ниже (напри-

мер, выделение CO уменьшается в 2...2,5 раза). Уменьшается также на 8... 10% расход топлива.

Разработан четырехцилиндровый ДВС с форкамерно-факельным зажиганием, устанавливаемый на автомобиль «Волга» ГАЗ-3102, а также ДВС с форкамерно-факельным зажиганием для автомобиля ЗИЛ - 130. Однако, перспективы применения этих ДВС скорее связаны с легковыми автомобилями и грузовыми малой грузоподъемности. На всех автомобилях средней грузоподъемности целесообразнее применять дизельный ДВС

2.3 Двигатели с внешним подводом теплоты

В последние годы все чаще стали возвращаться к использованию на автомобиле в качестве энергетической установки двигателя с внешним подводом теплоты.

Большие надежды связаны с одним из видов таких двигателей – двигателем Стирлинга, названного по имени его создателя Р. Стирлинга. Первый образец этого двигателя был построен в 1816 г. К 1890 году в США работало около 6 тысяч таких двигателей, преимущественно в типографиях, доках и на мелких судах. Появление работоспособного ДВС очень быстро вытеснило двигатели Стирлинга, и к 1914 г. они практически не применялись. Все возрастающие требования к чистоте атмосферного воздуха и топливной экономичности заставили вспомнить о двигателях Стирлинга ряд зарубежных фирм: «Филипс», «Дженерал Моторс», «Форд», «Вольво» и другие.

Принцип работы этого двигателя, так же как и у ДВС, основан на сжатии рабочего тела при низкой температуре и расширении при высокой (рисунок 173).

Разность работ (полученной в процессе расширения и затраченной в процессе сжатия) дает работу цикла. В двигателе Стирлинга холодное рабочее тело сжимается рабочим поршнем. Поршень - вытеснитель остается неподвижным.

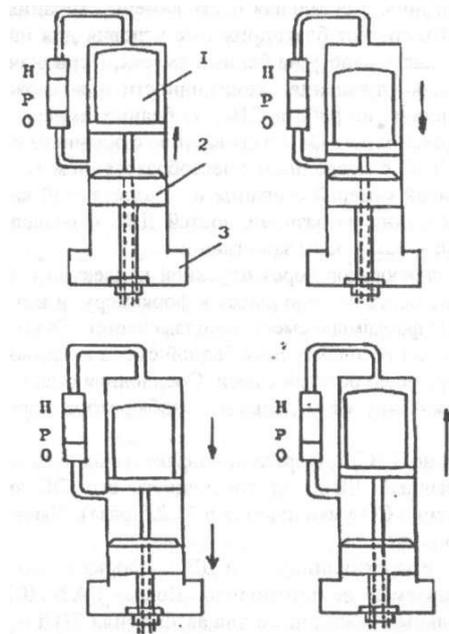


Рисунок 174 – Схема работы двигателя Стирлинга: 1 - поршень - вытеснитель; 2 - рабочий поршень; 3 - буферная полость

Затем поршень - вытеснитель начинает двигаться, переталкивая рабочее тело через нагреватель (Н) в горячую полость над поршнем - вытеснителем. Рабочий поршень пока неподвижен. При расширении рабочего тела оба поршня движутся вниз. Затем вытеснительный поршень возвращается в исходное положение, перемещая рабочее тело через охладитель (О) в холодную полость над рабочим поршнем, и цикл повторяется. Для уменьшения потерь теплоты между нагревателем и охладителем установлен регенератор (Р), в котором накапливается теплота при охлаждении рабочего тела и возвращается при его нагревании.

В качестве рабочего тела первоначально использовался воздух, но воздух не отвечает ряду требований, предъявляемых к рабочему телу двигателя Стирлинга (теплоемкость, плотность, вязкость), поэтому в современных конструкциях используется либо водород, либо гелий. Теплота к рабочему телу подводится извне.

В камеру сгорания при постоянном давлении подается топливо, которое сжигается в присутствии кислорода воздуха. При запуске двигателя топливо воспламеняется от запального устройства, и дальнейшее горение обеспечивается за счет высокой температуры в камере сгорания. Нагрузка двигателя Стир-

линга обычно регулируется изменением температуры и давления рабочего тела.

Особенности рабочего процесса двигателя Стерлинга обусловили сложность его конструкции и системы регулирования и, как следствие этого, его значительную стоимость. Для работы с высоким КПД необходимо прежде всего обеспечить качественное уплотнение его рабочей части, давление в которой достигает 10,0...25,0 МПа, а рабочим телом является газ, имеющий малую плотность. Значительные трудности связаны с изготовлением приводного механизма поршней. Для изготовления ряда двигателей, особенно контактирующих с рабочим телом, нужно применять дорогостоящие материалы.

Габаритные размеры и масса двигателя Стерлинга значительно выше, чем у ДВС. На автомобиле использование этого двигателя затрудняется также необходимостью применения радиатора увеличенных размеров, так как с ОГ отводится только 9% подведенной теплоты.

В то же время двигатель Стерлинга обладает рядом преимуществ по сравнению с ДВС. В первую очередь, это высокий КПД, который в реальных конструкциях достигает 40...41%, а, следовательно, высокая экономичность работы.

Использование внешнего подвода теплоты позволяет применять различные виды топлива без существенного изменения конструкции двигателя. Известен двигатель Стирлинга, построенный фирмой «Филипс», который мог работать на спирте, бензине, керосине, дизельном топливе, мазуте, сырой нефти, оливковом и подсолнечном маслах и на некоторых горючих газах. Работает двигатель очень плавно, без вибраций, а уровень его шума сравним с уровнем шума электродвигателя. Токсичность ОГ двигателя Стирлинга значительно ниже токсичности ОГ ДВС. ОГ этого двигателя практически не содержат продуктов неполного сгорания (СО, СпНш, сажа и т.д.) и не имеют неприятного запаха. Это объясняется хорошим качеством смесеобразования, которое можно обеспечить при стационарном процессе сгорания. Основным токсичным компонентом ОГ двигателя Стирлинга можно считать NOx, довольно высокая концентрация которых объясняется высокой температурой в камере сгорания.

Применение двигателей Стирлинга реально на грузовых автомобилях большой грузоподъемности и автобусах большой пассажироместимости. Паровые и газотурбинные двигатели тоже относятся к двигателям с внешним подводом теплоты, но использование их на автомобиле в качестве энергетической установки пока не представляется возможным в силу ряда сложностей, возникающих в процессе эксплуатации.

К двигателям внешнего сгорания относится и так называемый тепло-воздушный двигатель, идея которого была предложена в 1816 году Р. Стирлингом. Рабочим телом в нем служит находящийся под давлением гелий или водород, попеременно охлаждаемый и нагреваемый. Такой двигатель в принципе прост, расходует топлива меньше, чем поршневые ДВС, не выделяет при работе газов, содержащих вредные вещества, и имеет высокий КПД = 0,38 (рисунок 175).

Два поршня (верхний - вытеснительный, нижний - рабочий) соединены с кривошипным механизмом концентричными штоками. Находящийся в полостях под и над вытеснительным поршнем газ, попеременно нагреваясь в головке цилиндра от горелки, проходит через теплообменник и охладитель и обратно. Циклическое изменение его температуры сопровождается изменением объема и соответствующим ему перемещением поршней.

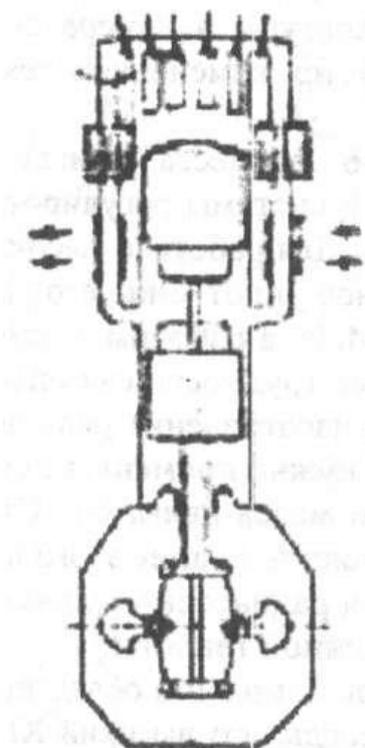


Рисунок 175 – Тепловоздушный двигатель Р. Стирлинг

Но внедрению двигателя Стирлинга в массовое производство препятствуют серьезные трудности. По сравнению с поршневыми ДВС он очень громоздок и тяжел, медленно набирает обороты. Кроме того, в нем технически сложно обеспечить уплотнение рабочих полостей. В 1972 г. опытный двигатель Стирлинга, изготовленный голландской фирмой «Филипс», испытывался на машине «ФОРД ТОРИО» Мощность двигателя - 172 л.с. (127 кВт). Длина машины - 5,27 м. Масса в снаряженном состоянии - 1,9 т. Число мест - 5. Скорость - 200 км/ч (рисунок 176).

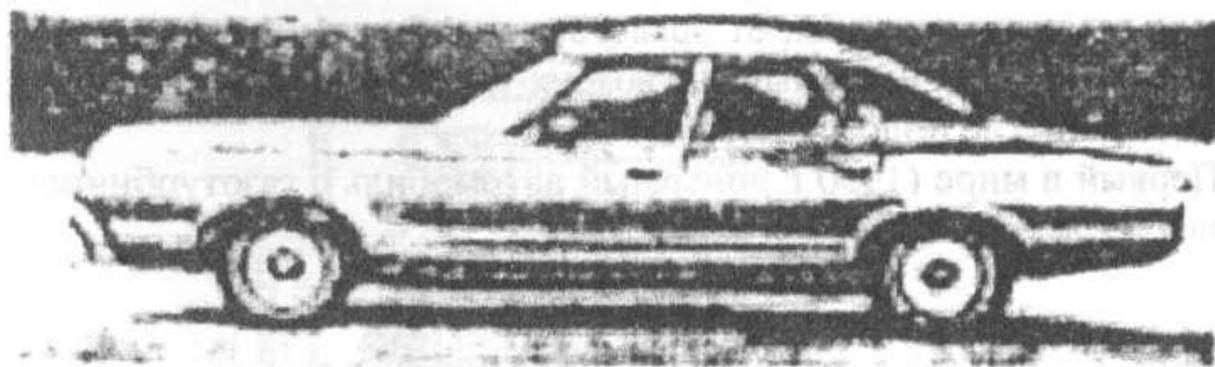


Рисунок 176 – «ФОРД ТОРИНО» (США)

2.4 Газотурбинная силовая установка

Газотурбинная силовая установка при равной мощности легче и компактней ДВС, хорошо уравновешена. ОГ менее токсичны. Газовая турбина в силу особенностей своих тяговых характеристик может работать на автомобиле без коробки передач. Технология производства газовой турбины давно освоена авиационной промышленностью. В чем же тогда заключается то «но», которое несмотря на ведущиеся более 30 лет эксперименты с газотурбинными автомобилями, не дает им попасть в конвейер?

Главное «но» - низкая (по сравнению с поршневыми ДВС) экономичность и малый КПД. Кроме того, газотурбинные двигатели довольно дороги в производстве, и сегодня их можно встретить только на экспериментальных машинах (рисунок 177).

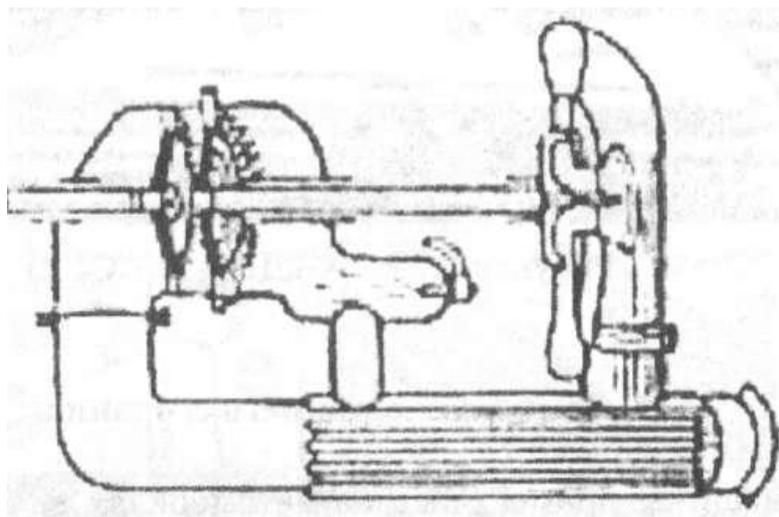


Рисунок 177 – Газовая двухвальная турбина

Газы из камеры сгорания направляются на два рабочих колеса турбины, связанных каждое с самостоятельными валами. С левого отбирается мощность к колесам автомобиля, от правого - приводится в действие центробежный компрессор. Нагнетаемый им воздух попадает в камеру сгорания через теплообменник, где подогревается *ОГ*.

Первый в мире (1950 г.) опытный автомобиль с газотурбинной силовой установкой (рисунок 178).



Рисунок 178 – «РОВЕР - Т1» (Англия)

В задней части серийного легкового "Ровер-75" смонтирована двухвальная турбина без теплообменника. Мощность - 100 л. с. (74 кВт) при 50 000 об/мин. Длина машины - 4,54 м. Масса в снаряженном состоянии - 1,4 т. Число мест 2. Скорость 137 км/ч. Экспериментальный рекордно-гоночный автомобиль с газовой турбиной, построенный в Харьковском автомобильно-дорожном институте. Тип газовой турбины - двухвальная. Мощность - 400 л. с. (294 кВт) при 6000 об/мин. Масса машины в снаряженном состоянии - 0,84 т. Число мест - 1. Расчетная скорость - 400 км/ч (рисунок 179).

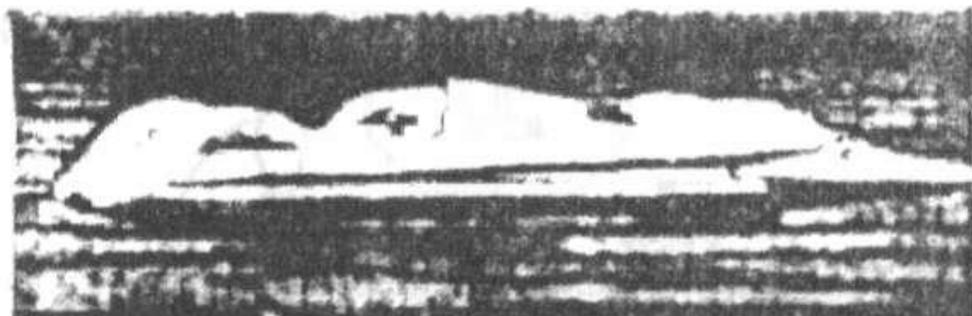


Рисунок 179 – ХАДИ - 7 (СССР)

2.5 Двигатели внешнего сгорания

Паровые машины применялись на автомобилях вплоть до 1931 года. Они работали на угле, мазуте, дровах. Среди их достоинств - долговечность, высокая плавность работы, хорошие тяговые характеристики, позволяющие обойтись без коробки передач. Главные недостатки: низкий КПД и значительная масса силовой установки (рисунок 180).

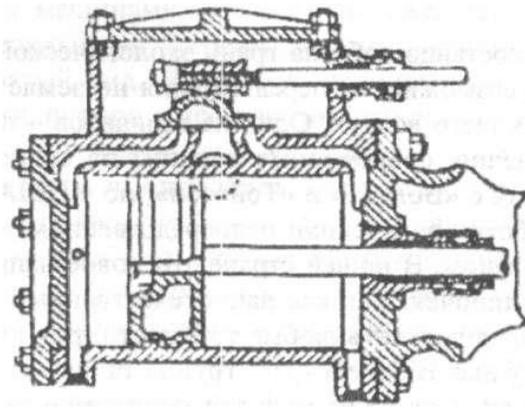


Рисунок 180 – Схема паровой поршневой машины

Опытные разработки последних лет (в частности американца Б. Лира и других) позволили создать установки с полной конденсацией воды (замкнутый цикл), найти рецепты парообразующих жидкостей с более выгодными, чем вода показателями. И все же серийное производство паровых автомобилей пока не реализовано. За последние годы на него не решился ни один завод.

Пар попеременно подается то по одну, то по другую сторону поршня. Его подача регулируется золотником, скользящим в парораспределительной коробке над цилиндром. Шток поршня уплотнен в цилиндре втулкой и соединен с довольно громоздким крейцкопфным механизмом, преобразующим его обратно - поступательное движение во вращательное

Трехосный самосвал (1928 г.) с водотрубным вертикальным котлом и горизонтальной паровой машиной двойного действия. Мощность двигателя - 60 л. с. (44 кВт) при 600 об/мин. Длина машины - 8.0 м. Масса в снаряженном состоянии - 10,5 т. Грузоподъемность - 10 т. Скорость - 15 км/ч (рисунок 181).

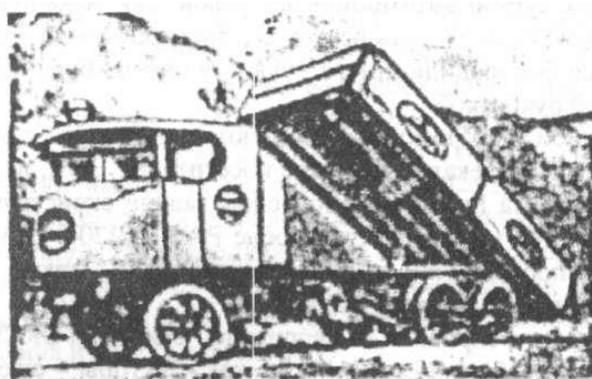


Рисунок 181 – «СЕНТМНЕЛЬ-DG-6» (Англия)

2.6 Гелиомобиль

Человечество, поставив себя на грань экологической катастрофы, всерьез задумывается о возможности передвижения по земле без помощи ДВС, безжалостно отравляющего воздух. Один из вариантов - использование солнечной энергии. Конечно, современные машины на солнечных батареях не могут еще соперничать с «Вольво» и «Тойотой», но в США, Японии, Австралии подобные разработки ведутся при непосредственном участии известнейших промышленных фирм. В нашей стране это новое направление пока еще удел энтузиастов - одиночек. Так как наш отечественный энтузиаст, как никто другой, привык преодолевать любые трудности, результаты в разработке гелиотехники есть и у нас. В Зеленограде группа таких энтузиастов под руководством Алексея Кноха уже не первый год занимается разработкой техники на солнечных батареях. Вероятно, им повезло больше чем их коллегам в других городах - работы взял под свое крыло центр научно-технического творчества молодежи («ДОКА»), Первым итогом сотрудничества стал гелиомобиль, вполне способный потягаться на равных с зарубежными моделями. Вес «солнечного первенца» - 170 кг, габариты - 4500 x 1500 x 800 мм, площадь панелей солнечных батарей - 6 м². Гелиомобиль имеет два двигателя. Один, мощностью 375 Вт, питается энергией солнечных батарей и в солнечный день обеспечивает движение со скоростью 15 км/ч. Второй, мощностью 1100 Вт работает от аккумулятора. Оба работающих двигателя позволяют развивать скорость до 53 км/ч.

2.7 Электромобиль

Самое радикальное средство борьбы за чистоту атмосферы в больших городах - переход к электромобилю, который совсем не будет выбрасывать в воздух токсичные выхлопные газы. Новый экипаж обладает и другими достоинствами. Более проста его конструктивная схема - в любом случае она обходится без таких сугубо автомобильных узлов, как механизм сцепления и коробка передач. Можно сделать все колеса электромобиля ведущими. Можно обойтись

даже без традиционного руля - водитель будет действовать одной единственной рукояткой.

Над созданием электромобиля работают специалисты в разных странах. Опытные образцы привлекали внимание посетителей ВВЦ, испытывались на московских улицах. На Рижском автобусном заводе сконструирован для серийного производства *микроэлектробус* РАФ - 2204. Опытные образцы электромобилей, проходящие испытания, выпущены также Ульяновским, Ереванским и Волжским автозаводами.

Электротакси курсировали на территории выставки ЭКСПО - 70 в Осаке. Весьма успешно работают английские конструкторы - еще в начале 1975 года на улицах Манчестера появился электрический автобус, рассчитанный на 34 пассажира.

Легковые электромобили для города - новое поколение машин. По сравнению с теми машинами, которые мы ежеминутно видим на улицах, стремительными, сильными, нетерпеливыми, сверкающими никелем, у них довольно простоватый вид. Угловатые, непривычных пропорций, легковые электромобильчики, пузыри с прозрачным верхом и маленькими, почти как у мотороллера, колесами рассчитаны на одного - двух человек. Они строго функциональны, просты в управлении, бесшумны и не дают выхлопных газов. Идеал достигнут? Нет. трубить в фанфары рано. Электромобиль пока во многом уступает автомобилю. Прежде всего в скорости. Его максимальная скорость составляет 40...60 км/ч, у французских моделей даже 20 км/ч.

Впрочем, для большого города в часы пик, когда автомобильные двигатели работают в четверть силы, этого, пожалуй, вполне достаточно. Ведь в центре Нью-Йорка, например, автомобили двигаются со средней скоростью 11 км/ч.

Второй недостаток гораздо серьезнее. Запас хода у разработанных моделей составляет всего 50...80 км. Проехал такое расстояние и надо перезаряжать аккумуляторы или заменять их. Один из опытных образцов электроавтобусов ФРГ снабжен прицепом для запасных аккумуляторов, но лишний груз ограничивает

скорость. Итак, нужна густая сеть станций для обслуживания автомобилей.

И, наконец, слишком громоздкие, тяжелые и дорогостоящие аккумуляторы. вес которых не уступает или даже превосходит грузоподъемность машины. Например, вес четырех свинцовых аккумуляторных батарей, которыми снабжен английский электромобиль «Энфилд - 465», составляет 200 кг, а допустимая полезная нагрузка - 160 кг.

Одна из фирм США разработала экспериментальный автомобиль, который может работать и на бензине и на аккумуляторах. У машины 6 колес. Лишняя пара колес предназначена исключительно для несения дополнительной нагрузки - 400-килограммовой аккумуляторной батарее.

Выходит, что весь имеющийся автотранспорт, если заменить его электромобилями, потребует в 2,2 раза меньше энергии. Громоздкость аккумуляторов особенно удручает при их сравнении с жидким топливом. Автомобиль весом в одну тонну может пройти 35 миль на одном галлоне бензина (4,55 л), который весит всего 8,5 фунта. Электромобиль потребует для такого же расстояния 10 кВт час электроэнергии, вес необходимых для этого свинцовых аккумуляторов составляет 750 фунтов. Счет 88 : 1 в пользу жидкого топлива.

Создание миниатюрных аккумуляторов, которые выглядели бы по сравнению с имеющимися так же, как современные транзисторные радиоприемники на фоне громоздких радиоприемников - ящиков 25 - летней давности, сразу продвинуло бы вперед проблему электромобиля.

Заставляет призадуматься и сопоставление величин КПД разных типов транспортных средств. Вот три цепочки преобразования энергии от ее источника до получения нужного эффекта:

- уголь (или ядерная энергия) - электроэнергия - контактные провода - электротранспорт - КПД 6,5%.
- сырая нефть - бензин - автомобиль - КПД 4,4%.
- уголь (или ядерная энергия) - электроэнергия - аккумуляторная батарея - электромобиль - КПД 2%.

Электрический омнибус построен И. В. Романовым в 1901 г. Восемь аккумуляторов обеспечивали запас хода 60 км. Мощность двух электродвигателей - 6 л. с. (4 кВт). Масса в снаряженном состоянии - 1,6 т. Число мест - 17. Скорость - 11 км/ч (рисунок 182).

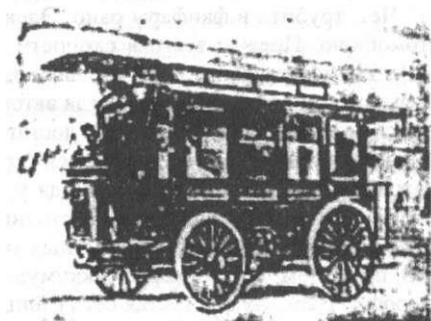


Рисунок 182 – «РОМАНОВ» (Россия)

Тут возникает опасение: а не может ли оказаться так, что загрязнение воздуха в результате работы тепловых электростанций, чья энергия необходима для зарядки батарей, превзойдет общие выбросы тех самых автомобилей с ДВС, из-за которых разгорелся сыр-бор? Вряд ли. В последние годы достигнут заметный прогресс в очистке как пылевых, так и газовых (оксиды серы) выбросов тепловых электростанций. Кроме того, новые электростанции можно размещать вдали от городов.

Возможен и безаккумуляторный вариант. В будущем появятся городские транспортные средства без собственных источников энергии. Они будут снимать ток с кабелей, проложенных вдоль улиц. Постепенно так будут оборудованы и наиболее оживленные междугородные шоссе. В более отдаленной перспективе - автоматический электромобильный транспорт в городах. В специальную прорезь опускается карточка с указанием места назначения, и центральная транспортная ЭВМ отправляет такси по кратчайшему маршруту до заданного пункта.

Экспериментальный доставочный электромобиль со свинцово-кислотными батареями и электрооборудованием, работающим на постоянном токе. Запас хода при одной ускоренной зарядке - 70 км. Мощность двигателя - 10 кВт. Мас-

са в снаряженном состоянии - около 2 т. Грузоподъемность - 0,5 т. Скорость - 70 км/ч (рисунок 183).



Рисунок 183 – НИИАТ А. 925.01 (СССР)

Компания «Дженерал моторе» с 1997 года продает серийный электромобиль EV1 массового производства, так как в соответствии с калифорнийским законодательством, по которому производители, желающие присутствовать на рынке самого богатого штата США, обязаны поставлять 2% автомобилей с нулевыми выбросами в атмосферу от общего объема продаж.

Ради того, чтобы удержать цену в пределах 35000 долларов, пришлось отказаться от эффективных, но очень дорогих никель-кадмиевых и серебряно-цинковых батарей в пользу дешевых свинцово - кислотных. Однако, даже с ними EV1 проходит 150 км до пол зарядки по шоссе и 120 км в городе, разгоняется с места до 96 км/ч за 9 секунд и развивает принудительно ограниченную скорость 129 км/ч. Таких параметров вполне достаточно для повседневной эксплуатации - поездок на работу и по магазинам. Если бы обычный автомобиль столь же экономно расходовал энергию как EV1, то ему бы удалось потратить меньше одного литра топлива на 100 км.

Одна из главных проблем, с которой встречаются создатели таких машин, - масса автомобиля (вернее электромобиля). Двадцать шесть 12 - вольтовых аккумуляторов хранят 1378 А ч электроэнергии. Вся батарея весит 533 кг, что составляет более трети от полной массы машины. Специальная система окисляет выделяющийся при зарядке аккумуляторов водород в воду и «доливает банки». Для того, чтобы обеспечить хорошие динамические качества, требуется мощ-

ный двигатель - трёхфазный электромотор переменного тока развивает мощность 102 кВт (138 л.с.) при частоте вращения от 7000 до 14000 об/мин. Крутящий момент на ведущих колесах при трогании с места - 1640 Н м. Он держится на этой отметке до тех пор, пока двигатель не раскрутится до 7000 об/мин. Вместо коробки передач стоит двухступенчатый редуктор.

Можно сказать, что усилиями всех подразделений «Дженерал моторе» создан электромобиль, по удобству управления, пользования и ходовым качествам почти не уступающий обычным автомобилям

Заключение

Авторы предлагают для решения проблем обеспечения безопасности транспортно – технологических процессов в АПК применить комплексную программу снижения аварийности и транспортного травматизма

Комплексной программой снижения аварийности и транспортного травматизма в АПК называется система мероприятий проводимых в едином комплексе на всех стадиях создания, испытаний и эксплуатации автотранспортных средств.

Разработка комплексной программы производится для каждого типа сельскохозяйственного транспортного средства, однако в ее основе должны быть общие принципы, которые можно сформулировать следующим образом:

1. Реальность. Разработка комплексной программы должна базироваться на реальной возможности совокупными свойствами транспортной системы обеспечить заданный уровень аварийности и транспортного травматизма. Низкий уровень аварийности достигается созданием технически совершенного СТС и его функциональных систем, высокими профессиональными качествами инженерно-технических работников, водительского и обслуживающего персонала, технически совершенными средствами и методами обеспечения безопасности движения, обслуживания и ремонта СТС.

2. Комплексность. При выполнении всех работ в рамках программы на всех этапах создания автотранспортных средств, подготовки водителей и обслуживающего персонала и выполнения движения должен применяться системный подход, под которым понимается систематизированный способ мышления, в соответствии с которым процесс обоснований решений базируется на определении общей цели системы и последовательном подчинении этой цели деятельности множества подсистем, планов их развития, а также показателей и стандартов работы.

Проблема снижения аварийности и транспортного травматизма включает в себя комплекс проблем по градостроительству, дорожному строительству, ор-

ганизации и управлению движением, автомобилестроительству, эксплуатации АТС, подготовке водителей и других.

3. Этапность. Она заключается в специфике работ по обеспечению безопасности движения при разработке, производстве и эксплуатации АТС.

4. Непрерывность. Выполняются работы по всем необходимым направлениям при создании АТС на каждом из этапов создания автотранспортных средств, подготовки водительского состава и эксплуатации с применением количественных методов оценок и последовательного повышения их достоверности по мере разработки и эксплуатации АТС.

5. Своевременность. Заключается в проведении планирования испытаний, материально-техническом и методическом обеспечении всех работ в установленные сроки.

6. Ответственность. Это отчетность конкретных исполнителей каждого из направлений на каждом из этапов работ за объем, достоверность и сроки.

Комплексная программа реализуется на этапах разработки технического предложения и создания эскизного проекта, создания технического проекта, государственных испытаний, серийного производства и массовой эксплуатации. Для каждого из указанных этапов программой предусматривается комплекс работ, направленность и содержание которых определяется спецификой этапа.

Основная направленность работ по снижению аварийности и транспортного травматизма на этапе разработки технического предложения и создания эскизного проекта, а также на этапе создания технического проекта состоит в разработке модели снижения аварийности для расчетной оценки закладываемого при проектировании уровня аварийности и тех мероприятий технического характера, которые должны реализовывать этот уровень. На этапе государственных испытаний основная направленность работ состоит в оценке выполнения требований по обеспечению безопасности движения, в определении эксплуатационных ограничений АТС и коррекции модели АТС.

Работы по снижению аварийности и транспортного травматизма на этапе серийного производства связаны с повышением качества постройки АТС, совершенствования его конструкции, разработкой и внедрением прогрессивных технологических процессов, устранением производственных недостатков, обнаруженных при испытаниях.

На этапе массовой эксплуатации основными направлениями работ по снижению аварийности и транспортного травматизма являются:

- оценка соответствия фактического уровня безопасности движения заданному;
- разработка на основе анализа неисправностей, исследования технического АТС, разработки предложений по повышению надежности АТС и безопасности движения;
- разработке мероприятий по предупреждению опасных ситуаций и уменьшению степени их опасности;
- совершенствование системы сбора, систематизации объективной информации из эксплуатации;
- разработка режимов движения АТС с учетом эксплуатационных ограничений, а также их анализ с целью обеспечения необходимых запасов от границ опасности.

Словарь терминов

1. Автотранспортное средство (АТС) – транспортное средство, тяговое усилие которого создается с помощью двигателя за счет сцепления его колес или колес буксирующего транспортного средства с дорогой, не оборудованной специальными направляющими устройствами для колес.

2. Автотранспортное предприятие (АТП).

3. Авария - разрушение сооружений, оборудования, технических устройств, неконтролируемые взрыв и/или выброс опасных веществ, создающие угрозу жизни и здоровью людей.

4. Анализ - деятельность, предпринимаемая для установления пригодности, адекватности, результативности рассматриваемого объекта для достижения установленных целей.

5. Апостериорный анализ - исследование реализовавшихся событий.

6. Априорный анализ - исследование потенциального события.

7. Аудит системы управления окружающей средой (*environmental management system audit*) - систематический и документально оформленный процесс проверки объективно получаемых и оцениваемых данных для определения соответствия системы управления окружающей средой, принятой в организации, критериям аудита такой системы, установленным данной организацией, а также для сообщения результатов полученных в ходе этого процесса, руководству.

8. Безопасность - отсутствие недопустимого риска.

9. Безопасность – отсутствие опасности. В понятие БДД будем вкладывать смысл выполнения дорожного движения (рейса) без угрозы жизни и здоровья водителя, пассажиров и пешеходов. В дорожном движении, как и во всяком движении, присутствует некоторая потенциальная опасность (риск) и, чем меньше риск, тем выше БД.

10. Безопасность дорожного движения (БДД) – состояние данного процесса, отражающее степень защищенности его участников от дорожно-транспортных происшествий и их последствий;

11. Безопасность (жизне)деятельности - область научных знаний, изучающая опасности и общие способы защиты от них в любых условиях обитания человека.

12. Безопасные условия труда - условия труда, при которых воздействие на работающих вредных или опасных производственных факторов исключено, либо уровни их воздействия не превышают установленные нормативы.

13. Водитель – лицо, управляющее каким – либо транспортным средством, погонщик, ведущий по дороге вьючных, верховых животных или стадо. К водителю приравнивается обучающий вождению.

14. Вспомогательная тормозная система предназначена для длительного поддержания постоянной скорости движения на спуске или для ее регулирования в пределах, отличных от нуля.

15. Воздействие на окружающую среду (*environmental impact*) - любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом деятельности организации, ее продукции или услуг.

16. Государственная инспекция дорожного движения (ГИБДД).

17. Гомосфера - пространство возможного пребывания человека в процессе рассматриваемой деятельности.

18. Государственный мониторинг окружающей среды (государственный экологический мониторинг) - мониторинг окружающей среды, осуществляемый органами государственной власти Российской Федерации и органами государственной власти субъектов Российской Федерации.

19. Дорога – обустроенная или приспособленная и используемая для движения транспортных средств полоса земли либо поверхность искусственного сооружения. Дорога включает в себя одну или несколько проезжих частей, а также трамвайные пути, тротуары, обочины и разделительные полосы при их наличии;

20. Дорожное движение (ДД) – совокупность общественных отношений,

возникающих в процессе перемещения людей и грузов с помощью транспортных средств или без таковых в пределах дорог;

21. Дорожно-транспортное происшествие (ДТП) – событие, возникшее в процессе движения по дороге транспортного средства и с его участием, при котором погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства, сооружения, грузы либо причинен иной материальный ущерб;

22. Дерево опасностей и причин - графическое изображение логических связей между причинами и следствиями различных уровней.

23. Деятельность - специфически человеческая форма активного отношения к окружающему миру.

24. Допустимый или приемлемый риск - риск, который принимается в данное время при существующих возможностях и общественных ценностях как неизбежный, который нецелесообразно или невозможно снижать.

25. Защитная мера - любое средство, используемое для уменьшения риска.

26. Запасная (аварийная) тормозная система используется для остановки транспортного средства при выходе из строя рабочей тормозной системы.

27. Замедление — пространственно-временная мера изменения движения, характеризующая снижение скорости автотранспортного средства в данное мгновение.

28. Здоровье - динамический процесс, в большой степени зависящий от индивидуальной способности адаптироваться к среде, быть здоровым означает сохранять интеллектуальную и социальную активность, несмотря на нарушения или недостатки (ЕРБ ВОЗ, 1978).

29. Здоровье - состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезни или физических дефектов (Преамбула Устава ВОЗ).

30. Идентификация опасности (*hazard identification*) - процесс выяснения факта существования опасности и определения её характеристик.

31. Информация - значимые данные.

32. Инцидент (*incident*) - неприятное происшествие, ситуация, событие, случай) - небезопасное происшествие, связанное с работой или произошедшее в процессе работы, но не повлекшее за собой травму

33. Качество - степень соответствия совокупности присущих характеристик требованиям.

34. Квантификация - введение количественных характеристик для оценки качественных понятий.

35. Класс профессионального риска - уровень производственного травматизма, профессиональной заболеваемости и расходов на обеспечение по обязательному социальному страхованию.

36. Компетентное лицо (*competent person*) - лицо, обладающее необходимой подготовкой и достаточными знаниями, умениями и опытом для выполнения конкретной работы.

37. Компетентность - выраженная способность применять свои знания и умения.

38. Контроль - процедура оценивания соответствия путем наблюдения и суждений, сопровождаемых соответствующими измерениями, испытаниями или калибровкой.

39. Контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) - система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды.

40. Многофункциональная система «Водитель – транспортное средство – дорога – среда» (В-ТС-Д-С)..

41. Метод - путь, способ достижения цели, исходящий из знания наиболее общих закономерностей явления.

42. Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) - комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

43. Неблагоприятный фактор – событие или явление в системе «Водитель – транспортное – дорога» или во внешней среде, которое приводит к нарушению нормального функционирования системы, сопровождающаяся возникновением опасной ситуации.

44. Несчастный случай - нежелательное событие, приводящее к смертельному исходу, травме или заболеванию работника.

45. Отказ – событие, заключающиеся в полной или частичной потере работоспособности системы (система техническая объект в целом) или блока (составная часть системы).

46. Опасность – ситуация, в которой возможно возникновение явлений и процессов, негативно воздействующих на людей и приводящих к материальному ущербу или разрушительно влияющих на окружающую среду.

47. Опасная ситуация – это ситуация, при которой создается большая вероятность дорожно – транспортного происшествия.

48. Обеспечение безопасности дорожного движения (ОБДД) – деятельность, направленная на предупреждение причин возникновения дорожно-транспортных происшествий, снижение тяжести их последствий;

49. Организация дорожного движения – комплекс организационно-правовых организационно-технических мероприятий и распорядительных действий по управлению движением на дорогах;

50. Орган управления тормозной системы — совокупность устройств для подачи сигнала, в результате которого передается энергия от ее источника или аккумуляторов к тормозным механизмам и происходит количественное регулирование этой энергии.

51. Окружающая среда (environment) - внешняя среда, в которой функ-

ционирует организация, включающая воздух, воду, землю, природные ресурсы, флору, фауну, человека и их взаимодействие.

52. Опасность - источник или ситуация, которые потенциально могут привести к травме или нанести другой ущерб здоровью людей, их имуществу, рабочей среде, или комбинации всех этих факторов.

53. Опасность (hazard) - фактор, способный причинить травму или ущерб здоровью человека.

54. Опасность - (hazard): фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной травмы, острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья. В зависимости от количественной характеристики и продолжительности действия отдельных факторов рабочей среды они могут быть опасными.

55. Организация - группа работников и необходимых средств с распределением ответственности, полномочий и взаимоотношений

56. Пассажир – лицо, кроме водителя, находящееся в транспортном средстве (на нем), а также лицо, которое входит в транспортное средство (садится на него) или выходит из транспортного средства (сходит с него).

57. Пешеход – лицо, находящееся вне транспортного средства на дороге и не производящее на ней работу. К пешеходам приравниваются лица, передвигающиеся в инвалидных колясках без двигателя, ведущие велосипед, мопед, мотоцикл, везущие санки, тележку, детскую или инвалидную коляску.

58. Причина ДТП – неблагоприятный фактор или их совокупность, приводящие к дорожно-транспортному происшествию.

59. Правила дорожного движения (ПДД).

60. Предупреждающее действие - действие, предпринятое для устранения причины потенциального несоответствия или другой потенциально нежелательной ситуации.

61. Приемлемый риск - риск, уменьшенный до уровня, который организация может допустить, учитывая ее обязательства перед законом и ее собственную политику в области здоровья и безопасности.

62. Принцип - идея, мысль, основное положение.

63. Причина - событие, предшествующее другому событию и вызывающее его.

64. Производственная среда - совокупность условий, в которых выполняется работа.

65. Профессиональный риск - вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти, связанная с исполнением обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных установленных законом случаях (№ 125-ФЗ, 1998).

66. Процесс - совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, преобразующих входы и выходы.

67. Результативность - степень соответствия совокупности присущих характеристик требованиям.

68. Риск (risk) - количественная оценка опасности, сочетающая частоту и тяжесть ущерба.

69. Риск групповой (популяционный) - вероятность того, что группа работников одновременно испытает неблагоприятные последствия данных условий труда за год или рабочий стаж, обычно считают именно этот риск.

70. Риск индивидуальный - вероятность кого-либо из группы пострадать от воздействия данных условий труда за год или рабочий стаж. Индивидуальный риск оценивают с учетом факторов риска данного работника. Стаж работы свыше половины среднего срока развития профзаболевания в данной профессии считают сильным фактором риска.

71. Стояночная тормозная система служит для удержания автотранспортного средства в неподвижном относительно опорной поверхности состоянии.

72. Семейство стандартов - совокупность взаимосвязанных стандартов одной группы, например. ССБТ. ИСО 9000, ИСО 14000, OHSAS 18000.

73. Система - совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих элементов.

74. Система управления окружающей средой (*environmental management system*) - часть общей системы административного управления, которая включает в себя организационную структуру, планирование, ответственность, методы, процедуры, процессы и ресурсы, необходимые для разработки, внедрения, реализации, анализа и поддержания экологической политики.

75. Транспортное средство – устройство, предназначенное для перевозки по дорогам людей, грузов или оборудования, установленного на нем.

76. Транспортная авария – авария на транспорте, повлекшая за собой гибель людей, причинение пострадавшим тяжких телесных повреждений, уничтожение и повреждение транспортных сооружений и средств или ущерб окружающей природной среде.

77. Торможение — создание и изменение искусственного сопротивления движению автотранспортного средства или отдельных его единиц с целью уменьшения скорости движения или удержания его неподвижным относительно поверхности (ГОСТ 22895—77).

78. Тормозные свойства — мера количественной оценки тормозной системы, создающей необходимое торможение автотранспортного средства.

79. Тормозная система — совокупность устройств, предназначенных для торможения автотранспортного средства.

80. Тормозной механизм — устройство для непосредственного создания и изменения искусственного сопротивления движению автотранспортного средства.

81. Тормозной путь — расстояние, проходимое автотранспортным средством с начала до конца торможения

82. Тормозная диаграмма — графическая зависимость замедления или тормозной силы от времени

83. Травмобезопасность - соответствие рабочих мест требованиям безопасности труда, исключающим травмирование работающих в условиях, установленных нормативными правовыми актами по охране труда.

84. Требования в области охраны окружающей среды (далее также -

природоохранные требования) - предъявляемые к хозяйственной и иной деятельности обязательные условия, ограничения или их совокупность, установленные законами, иными нормативными правовыми актами, природоохранными нормативами, государственными стандартами и иными нормативными документами в области охраны окружающей среды.

85. Участник дорожного движения – лицо, принимающее непосредственное участие в процессе движения в качестве водителя, пешехода, пассажира транспортного средства.

86. Устойчивость автотранспортного средства при торможении— способность сохранять направление движения и противостоять внешним возмущающим воздействиям, стремящимся изменить это направление в процессе торможения.

87. Эффективность - соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами.

88. Эффективность торможения — качественная мера торможения, характеризующая свойство тормозной системы создавать необходимое искусственное сопротивление движению автотранспортного средства
Экологическая политика (environmental policy) - заявление организации о своих намерениях и принципах, связанных с ее общей экологической эффективностью, которое служит основанием для действия и установления целевых и плановых экологических показателей.

89. Экологическая экспертиза - установление соответствия намечаемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определение допустимости реализации объекта экологической экспертизы.

90. Экологическая эффективность - (характеристики экологичности) (environmental performance) - измеряемые результаты системы управления окружающей средой, связанные с контролем организацией ее экологических аспектов, основанных на ее экологической политике, а также на целевых и плановых экологических показателях.

Литература

1. Белова Т.И. Проблема безопасности на дорогах России [Текст]/Т.И. Белова, С.С. Сухов, А.А. Филиппов/ Вестник МАНЭБ.-С- Петербург.-Т17.-№3, 2012, С.95-100
2. Белова Т.И. Проблемы повышения безопасности дорожного движения в Российской Федерации на современном этапе [Текст]/Т.И. Белова, С.С. Сухов, А.А. Филиппов/ Вестник МАНЭБ.-С- Петербург.-Т17.-№3, 2012, С. 106 -111
3. Белова Т.И. Получение оптимальных и допускаемых параметров процессов функционирования системы транспортных средств в условиях группового движения [Текст]/Т.И. Белова, С.С. Сухов, А.А. Филиппов, Е.М. Агашков/ Научное обозрение.-№6, 2012.-С.69-76
4. Белова Т.И. «Результаты исследований по обеспечению безопасности дорожного движения».- сб. науч.тр. СПбГАУ «Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования».- С-Петербург, 2014.-с.221-223.
5. Белова Т.И., Гаврищук В.И., Агашков Е.М., Сухов С.С. Устройство определения тормозного пути транспортного средства / Патент №2509962 от 06.10.2014
6. Курасов В.С., Трубилин Е.И., Тлишев А.И. Тракторы и автомобили применяемые в сельском хозяйстве: учебное пособие. – Краснодар: Кубанский ГАУ, 2011. – 132 с.
7. Ковалев А.Ф. Повышение безопасности транспортной сельскохозяйственной техники совершенствованием гидравлического подъемного механизма: дисс. канд. техн. наук. – М., 2013. – 201 с
8. Никулин В.В. Снижение аварийности и травматизма работников сельскохозяйственного производства за счет инженерно – технических мероприятий: дисс. канд. техн. наук. – СПб., 2012 - 201 с
9. Патент на изобретение № 2258162. Тормозное устройство механических транспортных средств/ В.А. Воронин, Е.Г. Лумисте, Е.Н. Христофоров и др. – Оpubл. БИ №22, 2005.

10. Патент на полезную модель № 58986. Система герметизации дверей и люков кабины трактора/ В.И. Самусенко, Н.Е. Сакович, Е.Н. Христофоров и др. – Оpubл. БИ №34, 2006.

11. Патент на изобретение № 2308384. Датчик антиблокировочной системы автомобиля/ И.В. Гальянов, В.И. Самусенко, Н.Е. Сакович, Е.Н. Христофоров и др. – Оpubл. БИ №29, 2007.

12. Патент на изобретение № 2278304. Силовой гидроцилиндр двустороннего действия / В.А. Воронин, И.В. Гальянов, В.Н. Сидоров, Е.Г. Лумисте, Е.Н. Христофоров и др. – Оpubл. БИ №17, 2006.

13. Патент на изобретение № 2321505. Педаль управления/ В.И. Самусенко, Н.Е. Сакович, Е.Н. Христофоров и др. – Оpubл. БИ №10, 2008.

14. Патент на полезную модель № 78744. Антиблокировочная система автомобиля / В.И. Самусенко, Н.Е. Сакович, Е.Н. Христофоров и др. Оpubл. БИ №34, 2008.

15. Патент на полезную модель №82173 Тормозное устройство автомобиля/ В.И. Самусенко, Н.Е. Сакович, Е.Н. Христофоров и др. Оpubл. БИ №11, 2009.

16. Патент на полезную модель №107834 Тормоз механических транспортных средств/ В.И. Самусенко, Н.Е. Сакович, Е.Н. Христофоров, В.В. Никулин. Оpubл. БИ №24, 2011.

17. Патент на полезную модель №107834 Тормоз механических транспортных средств/ В.И. Самусенко, Н.Е. Сакович, Е.Н. Христофоров, В.В. Никулин. Оpubл. БИ №24, 2011.

18. Патент на полезную модель №107301 Тормоз автомобиля/ В.И. Самусенко, Н.Е. Сакович, Е.Н. Христофоров, В.В. Никулин. Оpubл. БИ №24, 2011.

19. Патент на полезную модель № 107736. Антиблокировочная система / В.И. Самусенко, Н.Е. Сакович, Е.Н. Христофоров, В.В. Никулин. Оpubл. БИ №24, 2011.

20. Патент РФ №143687. Устройство регулирования скорости подъема-опускания грузовой самосвальной платформы /А.М. Случевский, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.Ф. Ковалев, Ю.В. Беззуб.– Оpubл. БИ №21, 2014

21. Патент РФ №144653. Силовой гидроцилиндр для грузовых самосвальных платформ /А.М. Случевский, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.Ф. Ковалев, Ю.В. Беззуб.– Оpubл. БИ №24, 2014

22. Патент РФ №150068. Гидравлическое опрокидывающее устройство /А.М. Случевский, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.Ф. Ковалев, Ю.В. Беззуб. – Оpubл. БИ №3, 2015.

23. Патент РФ №150952. Регулирующе – запорный клапан /А.М. Случевский, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.Ф. Ковалев, Ю.В. Беззуб. – Оpubл. БИ №7, 2015.

24. Сакович Н.Е. Математическое моделирование в обеспечении безопасности дорожного движения [Текст]: монография/ Н.Е. Сакович. – Брянск: Изд-во ФГБОУ ВПО «Брянская ГСХА», 2010. – 176 с. ISBN 978-5-88517-192-2

25. Сакович Н.Е. Совершенствование системы управления и обеспечения безопасности дорожного движения [Текст]: монография/ Н.Е. Сакович. – Брянск: Изд-во ФГБОУ ВПО «Брянская ГСХА», 2011. – 176 с. ISBN 978-5-88517-198-4

26. Сакович Н.Е. Обеспечение безопасности транспортных работ в сельскохозяйственном производстве за счет снижения аварийности сельскохозяйственной транспортной техники: дисс. доктора. техн. наук. – М., 2013 - 300 с.

27. Сакович Н.Е. Разработка тормозного устройства для повышения тормозных качеств автотранспортных средств [Текст]/ В.И. Самусенко, Ю.Н. Баранов, Н.Е. Сакович //Мир транспорта и технологических машин. – №3(46). – 2014. – С. 41 – 54.

28. Христофоров Е.Н. 1. Вероятностно – статистические методы в дорожном движении [Текст]: монография/Е.Н. Христофоров. – Брянск: Изд-во Брянской государственной сельскохозяйственной академии, 2005. – 200 с. ISBN 5-88517-115-7

29. Христофоров Е.Н. Теоретические и практические аспекты улучшения условий и охраны труда операторов сельскохозяйственных транспортных средств [Текст]: монография/Е.Н. Христофоров. – Орел: Изд-во ФГБНУ ВНИИОТ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, 2006. – 204 с. ISBN 5-88517-130-0

30. Христофоров Е.Н. Теория и практика обеспечения безопасности дорожного движения в агропромышленном комплексе [Текст]: монография/Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, В.С. Шкрабак. – Брянск: Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии, 2008. – 282 с. ISBN 5-88517-146-7
31. Христофоров Е.Н. Конструктивная безопасность автотранспортных средств [Текст]: монография/Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, В.И. Лавров. – Брянск: Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии, 2011. – 200 с. ISBN 978-5-88517-197-7
32. Христофоров Е.Н. Транспорт и окружающая среда [Текст]: монография/Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович. – Брянск: Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии, 2012. – 196 с
33. Христофоров Е.Н. Теоретические основы безопасности дорожного движения [Текст]: монография/Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.М. Никитин. – Брянск: Изд-во ФГБОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия», 2014. – 188 с. ISBN 978-5-88517-252-3
34. Христофоров Е.Н. Теория и практика повышения безопасности операторов строительных машин [Текст]: монография/Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.М. Случевский, Ю.В. Беззуб. – Брянск: Изд-во ФГБОУ ВПО «Брянская ГСХА», 2014. – 204 с. ISBN 978-5-88517-254-7
35. Христофоров Е.Н. Обеспечение торможения сельскохозяйственных транспортных средств [Текст]/ В.И. Самусенко, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович //Техника в сельском хозяйстве. – №3, 2007. – С. 14 – 16.
36. Христофоров Е.Н. Тормозное устройство автотранспортных средств [Текст]/Е.Н. Христофоров //Научные проблемы и перспективы развития ремонта, обслуживания машин, восстановления и упрочения деталей. – М.: Научные труды ГОСНИТИ, т. 98, 2004. – С. 166 – 170.
37. Христофоров Е.Н. Причины травматизма операторов мобильных машин [Текст] //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004, №12 – С. 39 – 40.
38. Христофоров Е.Н. Обеспечение безопасности эксплуатации самосвальных платформ [Текст]/Е.Н. Христофоров //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005, №12. – С. 30 – 31.

39. Христофоров Е.Н. Повышение безопасности транспортных работ в кормопроизводстве [Текст]/Е.Н. Христофоров //Научно-технический прогресс в животноводстве – перспективные направления научных исследований по созданию новой техники и машинных технологий, совершенствование информационного обеспечения. –Т.16. Ч.2.– М.: Изд-во ГНУ ВНИИИМЖ Россельхозакадемии, 2006. – С. 164 – 169.
40. Христофоров Е.Н. Антиблокировочная система автотранспортного средства [Текст]/Е.Н. Христофоров // Механизация и электрификация сельского хозяйства . – № 8, 2006. – С. – 23 – 24.
41. Христофоров Е.Н. Тормозной механизм для мобильных средств [Текст]/Е.Н. Христофоров //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – №9, 2006. – С. 40 – 41.
42. Христофоров Е.Н. О роли автотранспортных предприятий в повышении безопасности дорожного движения [Текст]/Е.Н. Христофоров //Безопасность жизнедеятельности.– №10, 2006. – С. 54 – 55.
43. Христофоров Е.Н. Травматизм операторов мобильных машин в АПК. [Текст]/Е.Н. Христофоров //Механизация и электрификация сельского хозяйства . – № 2, 2007. – С. 20 – 21.
44. Христофоров Е.Н. Совершенствование системы герметизации дверей и люков тракторной кабины [Текст]/Христофоров Е.Н. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – №.5, 2007. – С. 8 – 11.
45. Христофоров Е.Н. Безопасность транспортных работ в АПК [Текст] /Е.Н. Христофоров //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – №.6, 2007. – С. 55 – 56.
46. Христофоров Е.Н. Влияние надежности транспортных средств на безопасность дорожного движения [Текст]// В.И. Самусенко, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович и др. //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – №.2, 2008. – С. 50 – 51.
47. Христофоров Е.Н. Совершенствование методов анализа ДТП [Текст]/ В.И. Самусенко, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович и др. //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – №.8, 2008. – С. 50 – 51.

48. Христофоров Е.Н. Гидроцилиндр двухстороннего действия с механическим шариковым замком [Текст]/ А.А. Кузнецов, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович // Тракторы и сельхозмашины. – №5. – 2011. – С. 39 – 42.

49. Христофоров Е.Н. Обеспечение безопасности операторов самосвальных грузовых платформ [Текст]/ А.А. Кузнецов, Е.Н. Христофоров, А.Ф. Ковалев //Иновации в техническом сервисе. Иновации в механизации животноводства.– М.: Научные труды ГНУ ГОСНИТИ, т. 111 ч.2, 2013. – С. 166 – 170.

50. Христофоров Е.Н. Современный уровень надежности гидроприводов гидрофицированных машин [Текст]/ А.А. Кузнецов, Е.Н. Христофоров, А.Ф. Ковалев // Иновации в техническом сервисе. Иновации в механизации животноводства.– М.: Научные труды ГНУ ГОСНИТИ, т. 111 ч.2, 2013. – С. 171 – 176.

51. Христофоров Е.Н. Обеспечение надежности гидроприводов гидрофицированных машин [Текст] / А.А. Кузнецов, Е.Н. Христофоров, А.Ф. Ковалев //Тракторы и сельхозмашины. – №1. – 2013. – С. 32 – 34.

52. Христофоров Е.Н. Повышение безопасности гидроприводов самосвальных платформ [Текст] /А.А. Кузнецов, Е.Н. Христофоров, А.Ф. Ковалев //Сельский механизатор. – №2. – 2013. – С. 36 – 37.

53. Христофоров Е.Н. Гидроцилиндр двухстороннего действия с механическим шариковым замком [Текст]/ А.М. Случевский, Н.Е. Сакович, Е.Н. Христофоров// Тракторы и сельхозмашины. – №5. – 2013. – С. 39 – 42.

54. Христофоров Е.Н. Повышение надежности гидроприводов машин на строительстве объектов АПК [Текст]/ А.М. Случевский, Н.Е. Сакович, Е.Н. Христофоров// Сельский механизатор. – №12. – 2013. – С.46 – 48 .

55. Христофоров Е.Н. Повышение надежности и безопасности транспортных и грузоподъемных машин [Текст]/ А.М. Случевский, Н.Е. Сакович, Ю.В. Беззуб //Вестник Брянского ГТУ – №1. – 2014. – С. 51 – 58.

56. Христофоров Е.Н. Повышение тормозных качеств автотранспортных средств [Текст]/ В.И. Самусенко, Ю.Н. Баранов, Н.Е. Сакович, А.М. Никитин//Вестник Брянского ГТУ – №2. – 2014. – С. 5 – 8.

57. Христофоров Е.Н. Повышение надежности гидроприводов дорожно-транспортных и грузоподъемных машин [Текст]/ А.М. Случевский, Н.Е. Сако-

вич, Е.Н. Христофоров //Мир транспорта и технологических машин – №1. – 2014. – С. 62 – 68.

58. Христофоров Е.Н. Анализ состояния охраны труда в строительной отрасли Брянского региона [Текст]/ А.М. Случевский, Н.Е. Сакович, Е.Н. Христофоров, Ю.В. Беззуб//Безопасность жизнедеятельности. – № 4. – 2014. – С. 42 – 45.

59. Христофоров Е.Н. Обеспечение безопасности водителей автомобилей – самосвалов [Текст] /Е.Н. Христофоров, Ю.В. Беззуб//Аграрный научный журнал – №9. – 2014. – С. 47 – 49.

60. Христофоров Е.Н. Теоретические основы анализа состояния безопасности за определенный период эксплуатации машин [Текст]/ А.М. Случевский, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.М. Никитин//Вестник Брянского ГТУ – №1. – 2015. – С. 67 – 72

61. Христофоров Е.Н. Обеспечение безопасности транспортных процессов определяемых надежностью грузовых автомобилей [Текст]/ В.И. Самусенко, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.М. Никитин//Вестник Брянского ГТУ – №2. – 2015. – С. 88 – 92.

62. Христофоров Е.Н. Исследования ситуаций и факторов, влияющих на безопасность транспортного процесса [Текст]/ Е.Н. Христофоров, В.И. Самусенко, Н.Е. Сакович, А.М. Никитин//Вестник Брянского ГАУ – №3. – 2015. – С. 59 – 62.

63. Христофоров Е.Н. Обоснование кинематических и силовых зависимостей гидравлического опрокидывающего устройства [Текст]/ Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.М. Случевский, А.А. Кузнецов, Ю.В. Беззуб//Вестник Брянского ГАУ – №3. – 2015. – С. 62 – 66.

Научное издание

**Христофоров Евгений Николаевич
Сакович Наталия Евгениевна
Гринь Александр Михайлович
Ковалев Александр Федорович
Никулин Валерий Владимирович
Самусенко Владимир Иванович
Случевский Александр Михайлович
Кузнецов Александр Александрович
Никитин Антон Михайлович
Беззуб Юрий Васильевич**

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ
И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

МОНОГРАФИЯ

ISBN 978-5-88517-239-4



Редактор: Павлютина И.П.

Подписано к печати 14.10.2015 г.
Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага печатная. Усл. печ. 29,63.
Тираж 1000 экз. Изд. № 3700.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл. Выгоничский район, с. Кокино