

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»
(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства
(код и наименование направления подготовки)

Автомобили и тракторы
(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка эвакуатора на базе легкового автомобиля

Обучающийся

А.В. Калинин
(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук И.В. Турбин
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. техн. наук А.В. Бобровский
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. техн. наук А.Н. Москалюк
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. экон. наук Л.Л. Чумаков
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Аннотация

В данном проекте представлена разработка эвакуатора на базе легкового автомобиля, который предназначен для эффективной транспортировки поврежденных или неправильно припаркованных автомобилей. В условиях растущего числа автомобилистов и увеличения городского трафика, необходимость в специализированных эвакуирующих транспортных средствах становится все более актуальной.

Цель работы заключалась в создании универсальной конструкции эвакуатора, способной адаптироваться к различным моделям легковых автомобилей и обеспечивать надежную и безопасную эвакуацию. Основное внимание уделялось вопросам повышения маневренности, компромиссам между грузоподъемностью и мобильностью, а также улучшению экономической эффективности эксплуатации.

Дипломный проект состоит из следующих разделов: введение, шесть глав, раскрывающих тему проекта, заключение, список использованных источников.

Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.

В ходе исследования были рассмотрены существующие решения в области эвакуации автомобилей и выявлены их недостатки. На основе этого был разработан новый проект, включающий в себя выбор легкового автомобиля в качестве основы, систему подъема и фиксации автомобиля, а также опции для упрощения работы оператора. В проекте предусмотрены как механические, так и электрические механизмы, что позволяет оптимизировать процесс эвакуации. [3]

Также проведены расчеты, необходимые для обеспечения стабильности конструкции при транспортировке, а также анализ жизненного цикла разработанного оборудования с точки зрения затрат на изготовление и эксплуатацию. В результате была создана модель, отвечающая современным требованиям безопасности и комфорта, что было подтверждено тестами прототипа.

Abstract

This project presents the development of a car-based tow truck for the efficient transportation of damaged or improperly parked vehicles. The increasing number of cars and urban traffic highlights the need for specialized towing vehicles.

The goal was to create a universal tow truck design adaptable to various car models, ensuring reliable and safe evacuation. Focus was placed on improving maneuverability, balancing payload capacity and mobility, and enhancing operational economic efficiency.

The diploma project includes an introduction, six chapters covering the project topic, a conclusion, and a list of references, including foreign sources.

The graphic part of the diploma is presented on ten A1 sheets. [3]

Existing car evacuation solutions were reviewed, and their shortcomings identified. Based on this, a new project was developed, including the selection of a passenger car as a base, a car lifting and securing system, and options to simplify operator work. The project includes both mechanical and electrical mechanisms to optimize the evacuation process.

Calculations were performed to ensure structural stability during transportation, and a life cycle analysis of the developed equipment was conducted in terms of manufacturing and operating costs. As a result, a model meeting modern safety and comfort requirements was created, which was confirmed by prototype testing.

Содержание

Введение	6
1 Создание прицепа.....	8
1.1 Создание конструкции на базе автомобильного прицепа.....	8
1.2 Транспортная логистика и перевозка автомобиля.....	14
2 Тяговый расчет автомобиля	16
2.1 Общие положения	16
2.2 Масса автомобиля	18
2.3 Анализ поступательного движения автомобиля	20
2.4 Сила сопротивления подъему	23
2.5 Сопротивление воздуха.....	23
2.6 Сила инерции автомобиля	26
2.7 Подготовка исходных данных для тягового расчета	27
2.8 Тяговый расчет автомобиля с прицепом или полуприцепом	31
2.9 Сравнение тягово-скоростных свойств автомобилей	33
2.10 Тяговые характеристики автомобиля	39
3 Разработка конструкции	42
3.1 Техническое задание.....	42
3.2 Техническое предложение	44
3.3 Предварительный проектный расчет	47
4 Технологический процесс транспортировки автомобилей	51
4.1 Общие положения	51
4.2 Требования к исполнителям операции	51
4.3 Разработка технологический карты на транспортировку	51
5 Безопасность объекта дипломного проектирования. Безопасность участка сборки.....	56
5.1 Краткая техническая характеристика объекта дипломного проектирования	56
5.2 Профессиональные риски объекта дипломного проектирования	59

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	61
5.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сборки	63
5.5 Обеспечение экологической безопасности	65
6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки	67
6.1 Описание участка и производимых работ	67
6.2 Расчет затрат на расходные материалы, используемые сборочном участке.....	68
6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления	70
6.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки	71
6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала.....	74
Заключение	78
Список используемых источников.	79
Приложение А Спецификация	83

Введение

Современные транспортные средства играют ключевую роль в нашей жизни, обеспечивая мобильность и доступность различных услуг. Однако, с увеличением числа автомобилей на дорогах возрастает и вероятность дорожных происшествий, поломок, а также необходимость в перемещении неправильно припаркованных или аварийных автомобилей. В этой связи важной задачей является разработка эффективных и мобильных решений для эвакуации таких транспортных средств. В данной работе рассматривается разработка эвакуатора на базе легкового автомобиля, который сможет обеспечить быструю и безопасную эвакуацию автомобилей в разнообразных ситуациях.

Актуальность работы обусловлена необходимостью создания компактных и многофункциональных эвакуаторов, способных маневрировать в условиях городского трафика и обеспечивать надежную эвакуацию. Традиционные эвакуаторы, как правило, представляют собой крупногабаритные машины, что ограничивает их использование в условиях плотной городской застройки. Таким образом, легковой эвакуатор может стать оптимальным решением, позволяя осуществлять эвакуацию даже в узких и ограниченных пространствах.

В ходе работы будет проведен анализ существующих решений в области эвакуации автомобилей, а также рассмотрены технические аспекты конструирования эвакуатора на базе легкового автомобиля. Особенное внимание будет уделено выбору подходящей модели автомобиля, необходимому оборудованию и технологии, а также возможностям его эксплуатации в различных условиях. Будет также обсуждена экономическая эффективность данного решения, позволяющая сократить затраты на содержание служб эвакуации.

Цель данной работы — разработка концепции эвакуатора на базе легкового автомобиля, который сможет эффективно выполнять функции

эвакуации автомобилей в условиях городского трафика. Для достижения этой цели будут поставлены следующие задачи:

- Исследовать существующие модели легковых автомобилей, подходящих для переоборудования в эвакуатор;
- Проанализировать необходимые технические характеристики и оборудование, используемое в системах эвакуации;
- Разработать проект дизайна и конструкции эвакуатора на базе легкового автомобиля;
- Оценить эффективность и экономику эксплуатации разработанного устройства.

Работа в конечном итоге показывает, что эвакуатор на базе легкового автомобиля является перспективным направлением, сочетая в себе высокую мобильность, экономичность и функциональность, что может значительно упростить работу служб эвакуации и повысить уровень обслуживания клиентов. Таким образом, разработанный эвакуатор представляет собой инновационное решение, способствующее оптимизации процессов транспортировки автомобилей в условиях современных городов.

Таким образом, работа направлена на создание инновационного решения, способного значительно расширить возможности эвакуационных служб и повысить уровень безопасности дорожного движения. Предлагаемый легковой эвакуатор будет не только функциональным, но и удобным в использовании, что сделает его неотъемлемой частью современных городских систем транспортировки.

1 Создание прицепа

1.1 Создание конструкции на базе автомобильного прицепа

«За основу эвакуатора автомобиля, взята конструкция классического прицепа. Производится изготовление рамы, также понадобится отдельно изготовить под раму прицепа - дышло, для соединения прицепа с автомобилем. К дышлу крепится тягово-сцепное устройство, для присоединения к фаркопу автомобиля. Торможение прицепа совместно с автомобилем может осуществляться тормозом наката устанавливаемым на дышло.»[11] «Для создания металлической конструкции и дышла прицепа подойдёт производство компании «Тольятти-монтаж металлоконструкций». По размерам на чертежах, создание и соединение двух сборочных единиц в данной компании обойдется в 19000 рублей.

1.1.1 Металлическая рама»[11]

«Габаритные размеры рамы, с учётом удобства размещения кузова внутри, а также устойчивости и удобства перемещения самого прицепа были приняты размеры: длина 2,4м, высота 0,8м, ширина 2,5 м, остальные размеры более подробно указаны на чертежах. Модель прицепа берется одноосной, чтобы обеспечить меньший вес всей конструкции, кроме того, одной оси данному типу эвакуатора вполне достаточно. Прицеп рассчитан на нагрузку с максимальным весом в» [31] 1000 кг. «В конструкцию подвески входят две рессоры, состоящие из четырех листов и два гидравлических амортизатора. Готовый прицеп покрывается лакокрасочным покрытием, во избежание разрушения от внешних факторов среды.»[11] «Для того чтобы предотвратить выброс гравия, камней, грязи и т.д., над колесами устанавливают боковые крылья. »[41] «Данная конструкция предполагает больший объем по сравнению с другими образцами в этом ценовом сегменте.

1.1.2 Дышло прицепа

Дышло прицепа создается также по чертежу. Делаем его удлиненным для большей устойчивости состава за счёт прибавления массы. Для

прибавления веса в передней части прицепа, чтобы исключить опрокидывание прицепа назад и для удобства погрузки на прицеп, спереди делается металлическая траверса шириной 0,25 м.

1.1.3 Тягово-сцепное устройство с тормозом наката

Тормозная система является основой безопасности эксплуатации транспортного средства. »[4]

Тягово-сцепное устройство (ТСУ) играет ключевую роль в обеспечении безопасности и эффективности перемещения павильона, поскольку именно оно передает тяговые и тормозные усилия от автомобиля к прицепу (павильону) и наоборот. Некорректно спроектированное или неисправное ТСУ может стать причиной отсоединения прицепа во время движения, что чревато серьезными последствиями и угрозой безопасности.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью обеспечения надежности и безопасности эксплуатации передвижных павильонов путем разработки или выбора оптимального тягово-сцепного устройства. Существующие ТСУ могут не соответствовать требованиям по грузоподъемности, типу соединения, наличию демпфирующих элементов или удобству использования. В некоторых случаях требуется разработка специального ТСУ, адаптированного к конкретным условиям эксплуатации и конструкции передвижного павильона. Анализ различных типов ТСУ, расчет их нагрузок и выбор оптимального решения для конкретного павильона является важной инженерной задачей.

Целью данной работы является разработка или выбор оптимального тягово-сцепного устройства для передвижного прицепа, обеспечивающего надежное и безопасное соединение с тягачом, а также соответствие требованиям нормативных документов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Провести анализ существующих типов тягово-сцепных устройств и выявить их преимущества и недостатки;

- Определить требования к тягово-сцепному устройству передвижного павильона, учитывающие массу павильона, условия эксплуатации, требования безопасности и нормативные требования;

- Выполнить расчет нагрузок, действующих на ТСУ во время движения павильона;

- Разработать или выбрать оптимальную конструкцию ТСУ, учитывающую требования к прочности, надежности, удобству эксплуатации и стоимости;

- Проверить соответствие выбранной конструкции ТСУ требованиям нормативных документов;

- Разработать техническую документацию на ТСУ.

Объектом исследования является тягово-сцепное устройство передвижного павильона.[17]. Предметом исследования являются конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики тягово-сцепного устройства, обеспечивающие надежное и безопасное соединение павильона с тягачом. 21]

Поэтому было принято решение рассмотреть инерционную механическую тормозную систему, представленную на рисунке 1. «Общий принцип работы механической инерционной тормозной системы. Механическая инерционная тормозная система прицепа состоит трех основных частей:» [16]

- «механизма тормоза наката;

- тормозного привода (тяги, наконечник тяги, уравниватель, кронштейн крепления тормозных тросов, тормозные тросы, иногда кронштейны тяги и тросов);

- колесных тормозов. »[10]

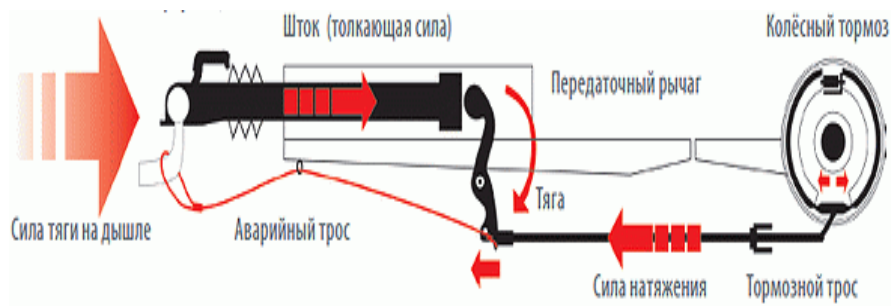


Рис.1 - Схема работы тормозной системы с тормозом наката

При «торможении автомобиля на фаркоп действует толкающая сила. Иначе говоря, прицеп толкает вперед тормозящий автомобиль. По достижению порога чувствительности к этой «толкающей силе», шток тормоза наката, на который закреплено замковое устройство прицепа, упирается в специальный передаточный рычаг, натягивая закрепленную к другому концу рычага тормозную тягу. Тормозная тяга через уравниватели и тормозные тросы приводит в действие тормозные колодки в барабанах.

1.1.4 Устройство механизма тормоза наката (МТН)

Механизм тормоза наката (МТН) или просто «тормоз наката» — устройство, управляющее торможением прицепа.

Устройство и схема принципа работы тормозной системы с тормозом наката изображены на рисунках 2 и 3.» [12]



Рис.2 - Механизм тормоза наката

«При торможении автомобиля прицеп наезжает (надавливает, накатывается) по инерции на сцепной шар ТСУ (тягово- сцепного устройства автомобиля). При этом внутри механизма тормоза наката (по-простому —

сцепной головки) установлена пружина, которая, сдвигаясь, передает усилие на рычаг с тормозными тросиками, а они уже, в свою очередь, через регулятор (распределитель) тормозного усилия раздвигают тормозные колодки в барабанах.» [19]

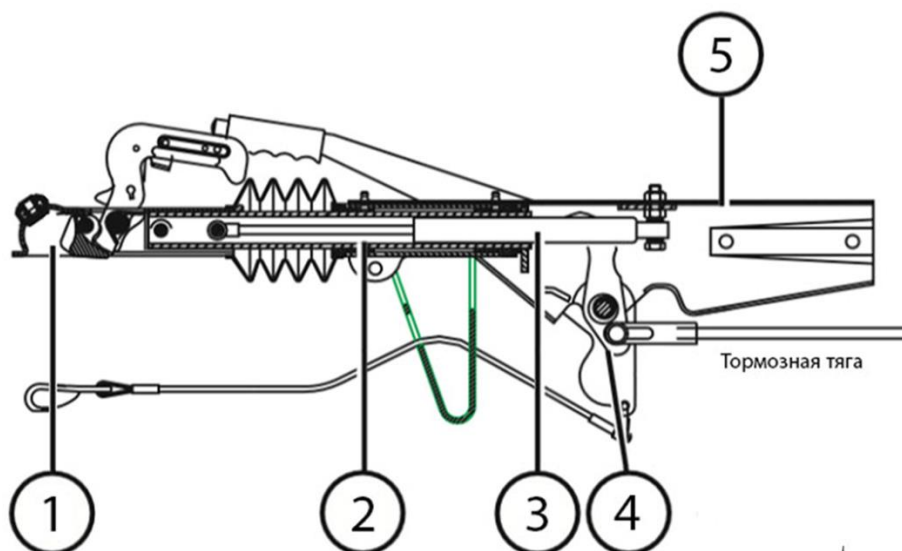


Рис.3 - Схема тормоза наката

«Замковое устройство (также иногда называют сцепной головкой, сцепным устройством или замком прицепа) служит для сцепки с автомобилем. Часто на прицепах с тормозной системой вместо обычного замкового устройства установлено замковое устройство-стабилизатор. При пользовании замковым устройством-стабилизатором, шар фаркопа должен быть абсолютно чистым от смазки, в противном случае фрикционные накладки замкового устройства-стабилизатора перестают работать и требуют очистки мелкой наждачной бумагой. Замковое устройство у прицепов без тормоза крепится на дышло, а в прицепе с тормозом крепится на шток тормоза наката (рисунок 4).» [4]

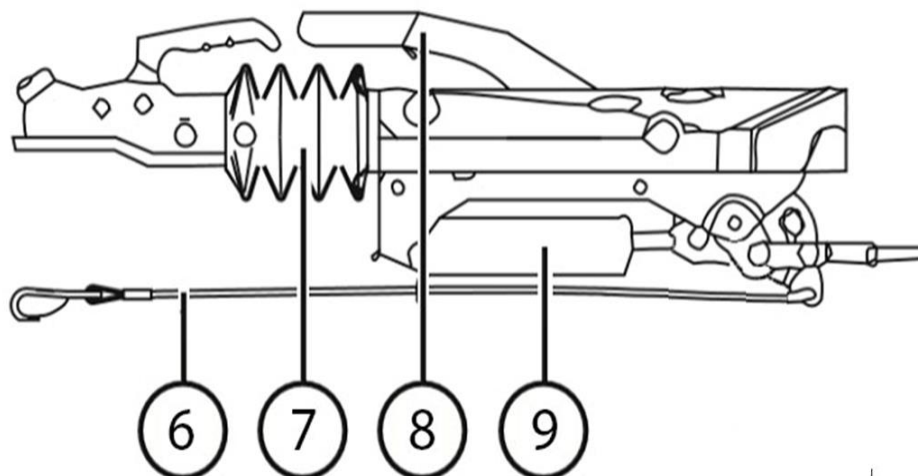


Рис.4 – Замковое устройство с тормозом наката

«Страховочный трос — включает аварийное торможение прицепа (дергает ручник) в случае расцепления автопоезда. Его также иногда называют аварийным тросом. Крепится к ручному тормозу в нижней его части. К автомобилю цепляется карабином за ушко фаркопа или петлей вокруг шара.

Резиновая гофра (также иногда называют гофрочехлом, пыльником или сальником) защищает шток от пыли, воды и вымывания смазки на штоке (в конечном счете от коррозии). Необходимо следить за целостностью гофры и ее креплением на замковом устройстве и корпусе.

Ручной тормоз («ручник») на стоянке дает возможность вручную изменить положение передаточного рычага, заблокировав тем самым колеса. Служит для парковки прицепа. Крепится к передаточному рычагу. В наиболее совершенных версиях МТН имеет амортизатор, задача которого помочь вам поднять ручку на максимальную высоту (для достижения максимальной эффективности торможения). Исправность данного амортизатора особенно важна в случае аварийного расцепления автопоезда. Езда с поднятым ручником (заблокированными колесами) недопустима и приводит к износу и перегреву шин, тормозных колодок и барабанов.» [6]

1.2 Транспортная логистика и перевозка автомобиля

«Разными транспортировочными возможностями для существующих типов грузов обладают такие виды транспорта, как наземный, водный и воздушный.» [28]

«Если возникла необходимость срочной доставки груза, то в данном случае предпочтительно воспользоваться именно воздушным видом транспорта, но не стоит забывать, что воздушный вид транспорта будет весьма дорогостоящим. Авиаперевозки осуществляются от одного аэропорта до другого, поэтому возникает необходимость транспортировки болида из аэропорта до места назначения. Для этого требуется дополнительный вид транспортировки.»[1]

«Международные морские перевозки грузов – особый вид транспортировки, который осуществляется посредством специальных транспортных судов. Контейнерные перевозки являются наиболее предпочтительными для морского вида перевозок. Контейнерные перевозки – это современный, наиболее экономичный вид транспортировки грузов. Используется как во внутренних, так и в международных морских перевозках грузов. Вес груза должен превышать 100 кг для транспортировки в контейнере. Главное достоинство транспортировки контейнера - сохранность груза благодаря пломбированию.» [1]

«Наиболее распространенными являются железнодорожный и автомобильный виды перевозок. Международные железнодорожные перевозки являются одним из наиболее традиционных и экономичных способов доставки самых разнообразных грузов. А главное преимущество Международных перевозок - это возможность перемещать грузы существенных габаритов и объемов в короткие сроки.»[1]

«Международные перевозки автомобильным транспортом на сегодняшний день являются одним из «самых востребованных видов транспортных услуг. Международные автомобильные грузовые перевозки

осуществляются между государствами, в соответствии с Международными Конвенциями Дорожной Перевозки грузов в таможенном режиме.»[31]

«Перевозки болида в пределах междугородного сообщения целесообразнее проводить на специализированном подвижном составе, используя кузов автомобиля, прицепа или специально разработанного устройства.» [14]

Вывод по разделу:

«Для транспортировки автомобиля на небольшие расстояния, например в пределах городской черты, можно использовать одноосный прицеп, в виде прицепа-эвакуатора для легкового автомобиля. Такой вид транспортировки легкового автомобиля представляется наиболее предпочтительным. Одноосные прицепы имеют малые габариты, небольшую массу и стоимость, удобны в хранении и просты в эксплуатации.»[5]

Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанного или выбранного ТСУ для комплектации передвижного павильона, обеспечивающего безопасную и надежную транспортировку. Разработанное ТСУ может быть использовано как для новых павильонов, так и для модернизации существующих. [30]

2 Тяговый расчет автомобиля

2.1 Общие положения

Для обеспечения разгона с максимальным ускорением без буксования ведущих колес на «автомобилях с приводом на передние колеса особого малого, малого и среднего классов»[17] «статическое распределение нагрузки по осям должно быть в пределах $b/L = 0,52 \div 0,54$. Оптимальное распределение нагрузки по осям применительно к режиму разгона для конкретного автомобиля определяется решением уравнения (1). Используя аналогичную методику применительно к режиму разгона автомобилей классической компоновки, можно получить статическое распределение нагрузки по осям, обеспечивающее разгон с максимальным ускорением без буксования задних ведущих колес. Для таких автомобилей в таблице 1 приведены некоторые значения b/L .

Таблица 1 – Соотношение базовых размеров автомобилей»[14]

Параметр	Значения ускорений			
j_{amax}	2,5	2,5	2	2
δ_u	1,5	1,3	1,5	1,3
b/L	0,65	0,66	0,685	0,73»[17]

«Компактность автомобилей в нашей стране оценивается с помощью коэффициентов (измерителей) компактности $\eta_{cn} = L_a B_a / n$ использования длины $\eta_{Lc} = L_c / L_a$, Эти же коэффициенты можно применять при сопоставлении автомобилей одной компоновочной схемы (близких по размерам). Измеритель характеризует удельную общую площадь, приходящуюся на одного пассажира, но он отражает полезной площади автомобиля, обуславливающей его комфортабельность и компактность. Так при одинаковых удельных площадях салона у двух автомобилей длина больше, а багажное отделение меньше у первого. Измеритель является удельным показателем длины салона (по отношению к общей длине автомобиля). Такой измеритель, хотя и является важным для оценки комфортабельности и компактности, однако недостаточно полно отражает использование общей длины и особенно»[14]

«компактности автомобиля. Измеритель не учитывает размеров багажного отделения и других размеров, важных для оценки автомобилей различных компоновочных схем. Например, у автомобиля коэффициент $\eta_{LC}=0,438$, а у другого $\eta_{LC}=0,47$. При использовании этого измерителя следовало бы отдать предпочтение второму автомобилю. Однако объем багажного отделения, не учитываемый этим измерителем, у первого автомобиля составляет $0,28 \text{ м}^3$, а у второго – $0,106 \text{ м}^3$. Для сопоставления легковых автомобилей различных компоновочных схем, а тем более разных размеров, следует использовать большее число измерителей. Наиболее простым и доступным измерителем комфортабельности салона является коэффициент $\eta_{\Pi} = F_c/n$ (F_c - площадь салона в горизонтальной плоскости; n - число пассажиров). Однако этот коэффициент не учитывает удобство размещения сидений и приборов управления, соотношений между отдельными частями автомобиля и его габаритных размеров. »[17]

На рисунке 5 показана «схема сил, действующих на автомобиль.

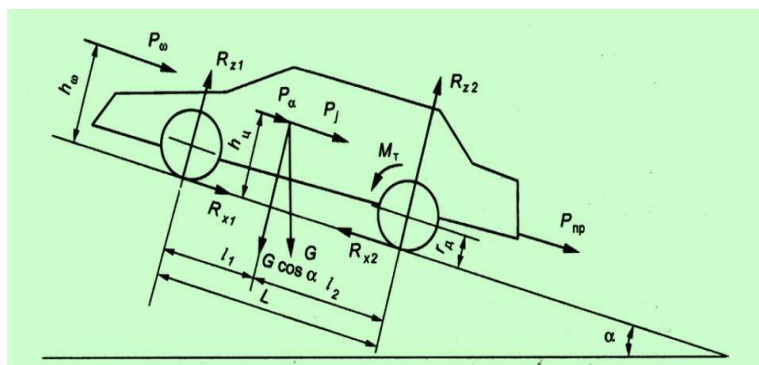


Рисунок 5 – Схема действия сил при прямолинейном движении

Сила сопротивления качению P_j и сила сопротивления воздуха P_w , всегда действуют на автомобиль при его движении, а силы сопротивления подъему P_i и сила инерции P_j автомобиля могут отсутствовать (равномерное движение автомобиля по горизонтальной дороге) или изменять свой знак на обратный (движение под гору, замедленное движение.»[1] Для оценки комфортабельности автомобиля при испытании широко используются

измерительные карты с различным числом измерений. В настоящее время в нашей стране и за рубежом «широко распространена карта с двадцатью измерениями. Также результаты измерения некоторых легковых автомобилей с приводом на передние колеса могут быть представлены по карте с шестью измерениями.

2.2 Масса автомобиля»[4]

«Масса сухого автомобиля m_c - масса автомобиля без снаряжения, т.е. без инструмента, запасного колеса, дополнительного оборудования (например, радиоприемника, кондиционера и др.) и заправки (топлива. Жидкого смазочного материала и воды). Сухая масса автомобиля включает массу жидкости в амортизаторах, смазочного материала в агрегатах и шарнирах, а также электролита в аккумуляторной батарее. [37]

Масса снаряженного автомобиля m_0 - масса автомобиля с заправкой и снаряжением, но без водителя и пассажиров.»[20]

«Полная масса m_a - суммарная масса снаряженного автомобиля, полезной нагрузки (m_r), снаряжения, водителя и пассажиров.

Масса автомобильного поезда ($m_{a.n}$) – суммарная полная масса тягача,»[9] «и прицепа (полуприцепа). Полную массу легкового автомобиля можно найти по формуле:

$$m_a \cdot = m_0 + m_q \cdot n + m_\delta \quad (1)$$

где m_q - масса водителя или пассажира.

При расчетах принимают $m_q = 75$ кг; n – число мест для сидения пассажиров; m_δ - масса багажа.» [21]

В «число мест для сидения в легковых автомобилях включается место водителя. Массу багажа водителя и пассажира,»[8] «легковых автомобилей принимают равной 10 кг на одного человека.

Масса автомобиля в значительной степени определяет стоимость его изготовления и экономические затраты при эксплуатации. При увеличении массы снаряженного автомобиля и неизменной полной массы уменьшается»[1]

«масса груза, возрастают металлоемкость и стоимость перевозок. Однако снижение массы снаряженного автомобиля не должно отражаться на его прочности, надежности и других свойствах. Масса автомобиля непосредственно зависит от размеров автомобиля.

В качестве измерителя для сравнительной оценки масс автомобилей обычно используют коэффициенты: массы снаряженного автомобиля (коэффициент тары) $\eta_{qm}=m_c/m_q$ и удельной массы снаряженного автомобиля, приходящейся на одного пассажира $\eta_{nm}=m_c/n$.

Для сравнительной оценки масс легковых автомобилей можно использовать оба измерителя, а грузовых – только η_{qm} .

Однако оба измерителя не связаны с общими размерами автомобиля, его комфортабельностью и компактностью, поэтому не позволяют провести глубокий анализ различных автомобилей по комплексному параметру использования массы и геометрических параметров. Так, на грузовом автомобиле груз с низким удельным объемом может занимать малый объем (следовательно низкий коэффициент η_{qm}). При перевозке грузов с большим удельным объемом номинальная нагрузка по вместимости не будет обеспечена и коэффициент η_{qm} нельзя использовать для анализа. »[1]

«При исследовании использования массы автомобилей различных компоновочных схем приняты дополнительные измерители. Измеритель η_{nm} пересчитан на измеритель η_{qm} с учетом массы одного пассажира (70 кг) и массы багажа, приходящейся на одного пассажира (10 кг). Для удобства комплексной оценки использования массы снаряженного автомобиля коэффициент η_{qm} был заменен коэффициентом η_q . При «этом»[16] $\eta_{qm} = m_c / m_{cn}$.

После преобразований получены следующие комплексные измерители: коэффициенты использования объема и снаряженной массы, для грузовых автомобилей и фургонов $\eta_{nm} = \eta_{vm} \eta_{qm}$.

В качестве частных измерителей могут использоваться другие функциональные зависимости, например $m_{cn}=f(V_a)$.

2.3 Анализ поступательного движения автомобиля

Современные легковые автомобили при разгоне с места достигают максимальной скорости на пути 1 – 1,2 км и последние 800 м практически проходят с максимальной скоростью. По этой же причине теряет смысл скоростная характеристика (разгон-выбег). В дальнейшем сопоставительном анализе три эти измерителя не рассматриваются. Другие измерители имеют прямую связь с компоновочной схемой автомобиля и рассматриваются ниже.

Движение автомобиля»[4] «обеспечивается силой тяги, подведенной от двигателя к ведущим колесам: »[8]

$$P_K = P_f \pm P_n \pm P_B \pm P_U \quad (2)$$

где P_f , P_n , P_B , и P_U – «силы сопротивления соответственно качению, подъему, воздуху и инерции.

Для обеспечения движения должно выполняться условие по сцеплению ведущих колес.

Динамический радиус колеса r_d не зависит от компоновочной схемы. Суммарные передаточные числа u_{TP} трансмиссии, как показали исследования автора, также не зависят от компоновочной схемы автомобиля, за исключением высшей или предшествующей передач двухвальных коробок передач, устанавливаемых на автомобилях с приводом на передние колеса.

На автомобилях с приводом на передние колеса и поперечным расположением двигателя главная передача цилиндрическая, а на автомобилях классической компоновки – гипоидная с более низким КПД, поэтому суммарный КПД η_{TP} трансмиссии первых автомобилей на 1-2% выше, чем вторых.

Основным входным параметром большинства измерителей»[17] «тягово-скоростных свойств автомобиля является»[42] «крутящий момент M_k при соответствующей частоте (или угловой скорости ω_e) вращения коленчатого вала, определяемый по внешней или частичным характеристикам автомобиля, а выходными – параметры, характеризующие тягово-скоростные свойства

автомобиля. Взаимосвязь входных и выходных параметров должна быть не только количественной, но и функциональной, вследствие чего и форма внешней скоростной характеристики двигателя не должна быть стабильной для большинства автомобилей, а должна соответствовать назначению отдельных групп автомобилей. Поэтому в настоящее время многие исследователи при рассмотрении тягово-скоростных свойств автомобилей и их расчете обращаются к выражению характеристики двигателя через момент M_e . Для этого используется формула, выражающая функцию тягово-скоростных свойств автомобиля M_e от ω_e через квадратичный трехчлен:

$$M_e = a_m \cdot \omega_e^2 + b_m \cdot \omega_e + c_m \quad (3)$$

При необходимости мощностная характеристика двигателя может быть определена через момент M_e и угловую скорость ω_e :

$$N_e = M_e \cdot \omega_e \quad (4)$$

У такой характеристики соотношение $\omega_{eN} / \omega_{eM} = 2$. Однако анализ карбюраторных двигателей легковых автомобилей показал, что такое соотношение имеет место на 7 – 10% двигателей. Среднее значение $\omega_{eN} / \omega_{eM} = 1,67$.

Использовать формулу (4) трудно из-за выбора динамических коэффициентов a_m , b_m , c_m , обеспечивающих соответствующие выходные характеристики одного проектируемого автомобиля или группы автомобилей, так как значения этих коэффициентов колеблются в широких пределах.

Для предварительного выбора таких коэффициентов удобно использовать автомобили-аналоги, находящиеся в эксплуатации и наиболее полно отвечающие требованиям, предъявляемым к проектируемому автомобилю. В технических характеристиках автомобилей обычно указываются две исходные точки внешней скоростной характеристики двигателя с координатами N_N , ω_N и M_M , ω_M , используя которые, можно с достаточной степенью точности воспроизвести полные зависимости $N_e = f(\omega_e)$; $M_e = f(\omega_e)$.»[1]

«Уравнение второй степени (24) в системе координат ω_e, M_e представляет собой симметричную параболу с вершиной в точке А, имеющей координаты ω_M, M_M , вторая точка В этой параболы имеет координаты ω_N, M_N . При этом если характеристика асимметричная, ее следует рассматривать как симметричную относительно правой рабочей ветви, а при построении левой ветви – вносить коррективы.

Все силовые факторы, действующие на автомобиль-тягач,»[17] можно разделить на три группы: движущие; сопротивления движению; нормальные к направлению движения.

«К первой группе относится окружная сила на ведущих колесах F_K .

Вторую группу составляют M_{f1}, M_{f2} – моменты сопротивления качению колес автомобиля; F_K – сила сопротивления воздуха; F_i – продольная составляющая силы тяжести автомобиля; F_{jx} – сила сопротивления поступательному ускорению масс автомобиля; F_{nx} – продольная составляющая силы сопротивления прицепа. У одиночного автомобиля сила сопротивления прицепа отсутствует.

К третьей группе относятся: R_{z1}, R_{z2} – нормальные реакции дороги; $G_a \cdot \cos \alpha$ – нормальная составляющая веса автомобиля; F_{nz} – нормальная составляющая силы сопротивления прицепа (крюковая нагрузка). Силы, входящие в эту группу, направлены перпендикулярно к вектору скорости автомобиля. Поэтому их влияние не непосредственное, а косвенное.

Окружная сила на ведущих колесах возникает в результате того, что к ведущим колесам подводится через трансмиссию крутящий момент от двигателя, установленного на автомобиле.

В настоящее время на автомобилях в основном применяют двигатели внутреннего сгорания. Их мощностные свойства принято оценивать скоростными характеристиками, представляющими зависимость эффективной мощности или крутящего момента на коленчатом валу при установившемся режиме работы от частоты вращения двигателя. Скоростная

характеристика, полученная при полной подаче топлива, называется *внешней скоростной характеристикой*, а полученные при неполной подаче топлива – *частичными*. Скоростные характеристики определяют на специальных стендах. При этом обычно непосредственно находят зависимости эффективного момента двигателя от частоты его вращения, а мощность определяют расчетом.»[4]

2.4 Сила сопротивления подъему

Сила сопротивления подъему P_{Π} возникает «при движении автомобиля на подъем, а при движении на спуске ее значение становится отрицательным. Сила сопротивления подъему

$$P_{\Pi} = G_a \cdot \sin \alpha_{\Pi} \quad (5)$$

Крутизна дороги характеризуется углом α_{Π} подъема или величиной уклона»[21] i , «выражаемой через отношение вертикальной проекции участка дороги к горизонтальной, т.е.

$$i = \operatorname{tg} \alpha_{\Pi} \quad (6)$$

На дорогах с твердым покрытием угол уклона подъема обычно не превышает $5-7^{\circ}$, что позволяет приближенно принимать $\sin \alpha_{\Pi} \approx \operatorname{tg} \alpha_{\Pi}$. Таким образом, силы сопротивления подъему и качению зависят от состояния дороги. Обычно эти две составляющие рассматриваются совместно, т.е. суммарная сила сопротивления дороги:

$$P_{\psi} = G_a (f_0 \cos \alpha_{\Pi} + \sin \alpha_{\Pi}) \quad (7)$$

Под действием силы P_{Π} происходит перераспределение нормальных реакций по осям. Реакция на передних колесах уменьшается, а следовательно, снижаются сила тяги и сцепление колес с поверхностью дороги автомобилей с приводом на передние колеса.

2.5 Сопротивление воздуха

Сила сопротивления воздуха, возникающая при движении автомобиля,

$$P_B = 0,5 \cdot c_x \cdot \rho \cdot F_L \cdot V^2, \quad (8)$$

где c_x – безразмерный коэффициент лобового сопротивления воздуха;

ρ – плотность воздуха;

F_L – площадь лобового (миделева) сечения, определяемая по фронтальной проекции автомобиля на плоскость.

Площадь лобового сечения автомобиля находится приближенно: для грузовых $F_L = B \cdot H_a$ и для легковых $F_L = 0,78 \cdot B_a \cdot H_a$.

По данным исследований, с изменением угла атаки в пределах $\pm 2^\circ$ сила сопротивления воздуха меняется в пределах $+9 \div -7\%$, значительно меняется и подъемная сила. При увеличении угла атаки обе силы возрастают.»[17] «Удовлетворительным считается увеличение сопротивления воздуха до 5 % при росте угла обдува на 10° , а неудовлетворительным – примерно на 20%.

С увеличением нагрузки на передние колеса уменьшаются угол атаки и сила сопротивления воздуха. » [22] В связи с этим «автомобили с приводом на передние колеса имеют меньшее сопротивление воздуха, чем автомобили классической компоновки. Кроме того, благодаря поперечному расположению двигателя» [42] у этих автомобилей проще получить форму кузова с меньшими значениями c_x . Обтекающие кузов автомобиля потоки воздуха представлены на рисунках 6 и 7.

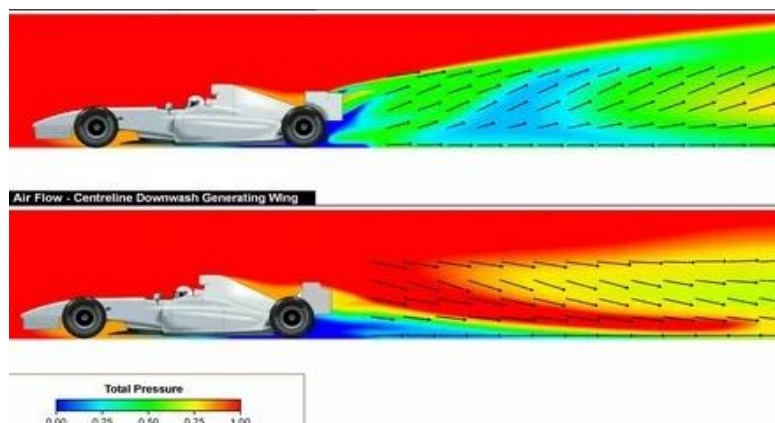


Рисунок 6 – Направление потоков воздуха

«Для современных легковых автомобилей нормального типа коэффициент сопротивления воздуха K колеблется примерно от 0,025 до 0,04,

а для грузовых автомобилей – от 0,05 до 0,07 $\text{кг}\cdot\text{сек}^2/\text{м}^4$. Фактор же сопротивления воздуха W для легковых автомобилей может быть принят в среднем равным 0,05 – 0,1, а для грузовых – 0,15-0,3 $\text{кг}\cdot\text{сек}^2/\text{м}^4$.

Сила сопротивления воздуха, представляющая собой равнодействующую элементарных сил, действующих на отдельные элементы поверхности автомобиля, приложена к последнему на определенной высоте от опорной плоскости. Точка приложения этой силы часто называется центром парусности.» [32]



Рисунок 7 – Обтекание кузова потоками воздуха

«Поэтому для максимального уменьшения сопротивления воздуха целесообразно перекрывать всю переднюю часть автомобиля кожухом так, чтобы зазор между ним и землей был минимальным. Все выступающие части, как, например, колеса и крылья, создают дополнительное сопротивление и вызывают значительное завихривание воздуха; поэтому целесообразно и их также перекрывать одним общим кожухом. При этом определяется специальная наивыгоднейшая в смысле «автомобильная» форма, которая с нижней стороны должна быть ограничена плоскостью, возможно близко подходящей к земле.» [7]

2.6 Сила инерции автомобиля

Сила инерции автомобиля складывается из трех составляющих сил инерции: $P_{им}$ массы автомобиля, $P_{ик}$ вращения колес и $P_{ид}$ частей двигателя. При этом

$$P_{j0} = M \frac{d\omega}{dt} = \frac{G}{g} \frac{d\omega}{dt} \quad (9)$$

Суммарный момент инерции колес автомобиля, определяется из выражения $2J_{kl} \frac{d\omega_k}{dt}$, где J_{kl} – момент инерции колеса относительно его оси, $\frac{d\omega_k}{dt}$, - угловое ускорение колеса.

«Окружная сила, необходимая для создания этого момента, равна $2 \frac{1}{r_k} J_{kl} \frac{d\omega_k}{dt}$, где r_k - радиус качения колес.

Угловое ускорение колеса $\frac{d\omega_k}{dt}$ может быть выражено через линейное ускорение автомобиля $\frac{dv}{dt}$. Принимая радиус качения r_k примерно постоянным, получаем: $v = r_k \cdot \omega_k$; $\frac{d\omega_k}{dt} = \frac{1}{r_k} \cdot \frac{dv}{dt}$.

В результате сила P_j , инерции автомобиля определится из выражения (без учета влияния вращающихся деталей двигателя и трансмиссии автомобиля)

$$P_j = \left(\frac{G}{g} + 2 \frac{1}{r_k^2} \cdot J_{kl} \right) \frac{dv}{dt} \quad (10)$$

Результаты определения сил, действующих в трансмиссии, представлены в виде таблиц и графиков.» [2]

«Сила инерции вызывает перераспределение нормальных реакций по осям. При разгоне на передних колесах они уменьшаются, а следовательно понижается сила тяги по сцеплению.» [1]

«Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета заднеприводного легкового автомобиля «Formula Student» сведен в таблицу 2. Расчет производился в соответствии с методикой, описанной в источнике [39]

Таблица 2 - Исходные данные для проведения тягового расчета»[14]

Параметр	Значение
Колесная формула	4x2
Количество мест	1
Снаряженная масса m_0 , кг	225
Максимальная скорость $V_{\max}$, км/ч»[6] (м/с)	268(74,42)
«Угловая скорость коленчатого вала $\omega_e^{\max}$, рад/с (об/мин)	837,76 (8000)
Максимальная мощность двигателя $N_e^{\max}$, кВт	43
Максимальный крутящий момент двигателя $M_e^{\max}$, Н·м	52,2
Тип и размерность колеса	200/75R13
Коэффициент аэродинамического сопротивления C_x	0,32
Величина максимального преодолеваемого уклона i	0,34
КПД трансмиссии $\eta_{\text{тр}}$	0,85
Габаритная ширина автомобиля B , мм	1456
Габаритная высота автомобиля H , мм	1140
Коэффициент сопротивления качению f_0	0,045
Передаточные числа:	
– первой передачи коробки передач U_1	2,5
– второй передачи коробки передач U_2	1,75
– третьей передачи коробки передач U_3	1,33
– четвертой передачи коробки передач U_4	1,095
– пятой передачи коробки передач U_5	0,956
шестой передачи коробки передач U_6	0,869
главной передачи U_0	3,46»[3]

2.7 Подготовка исходных данных для тягового расчета

Полная масса автомобиля:

$$m_a = m_0 + m_q \cdot n + m_6 \cdot n, \quad (11)$$

где: m_0 – снаряженная масса автомобиля, кг;

« $m_q = 75$ кг – масса одного человека;

n – число пассажиров;

m_6 – вес багажа.

$$m_a = 225 + 75 \cdot 1 = 300 \text{ кг}$$

Полный вес автомобиля:

$$G_a = m_a \cdot g , \quad (12)$$

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

$$G_a = 300 \cdot 9,81 = 2943 \text{Н}$$

«Автомобиль имеет заднеприводную компоновку (задние колеса ведущие), принимаем распределение веса по осям в соотношении: 46% на передние колеса и 54% - на задние. »[6]

«Вес, приходящийся на ведущие колеса: »[40]

$$G_1 = 0,50 \cdot G_a = 0,46 \cdot 2943 = 1471,5 \text{Н};$$

Вес, приходящийся на ведомые колеса:

$$G_2 = 0,50 \cdot G_a = 0,54 \cdot 2943 = 1471,5 \text{Н}$$

Параметры обтекаемости автомобиля

Коэффициент обтекаемости

$$k = \frac{c_x \cdot \rho}{2} , \quad (13)$$

«где: $\rho = 1,293$ – плотность воздуха в нормальных условиях, »[3] кг/м^3 .

$$K = \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} = 0,206$$

«Лобовая площадь автомобиля

$$F = 0,8 \cdot B \cdot H , \quad (14)$$

где: B – габаритная ширина автомобиля, м;

H – габаритная высота автомобиля, м.

$$F = 0,8 \cdot 1,46 \cdot 1,14 = 1,332 \text{ м}^2$$

Согласно выбранной ширине 200/75R13, радиус качения данной шины рассчитывается по формуле: [15]

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H , \quad (15)$$

где: d – посадочный диаметр шины, дюйм;

$\lambda_z = 0,85$ – коэффициент вертикальной деформации;

H – высота профиля шины. »[4]

«У снаряженных автомобилей классической компоновки распределение нагрузки между передней и задней осями $M_I/M_A=0,53\div0,56$, а при полной нагрузке $M_I/M_A=0,50\div0,52$. В дальнейшем примем для этих автомобилей $M_I/M_A=0,5$.

На автомобилях с приводом на передние колеса сначала принималось распределение нагрузки по осям $M_I/M_A=0,48\div0,6$. Так, автомобиль Рено-4 имел распределение нагрузки $M_I/M_A=0,49$, а Рено-16 выпускался с $M_I/M_A=0,51$. Проводятся экспериментальные и теоретические исследования, направленные на обоснование выбора оптимального распределения нагрузки по осям автомобилей с приводом на передние колеса, в которых рассматриваются экстремальные случаи движения автомобиля:

- разгон без буксования ведущих колес при максимальном ускорении на горизонтальном участке дороги с сухим асфальтированным или цементным покрытием;
- установившееся, с максимальным подъемом без буксования ведущих колес по сухому асфальтированному или цементированному покрытию;
- установившееся, с максимальным подъемом без буксования ведущих колес по сухому плотному травяному грунту.

Результаты показали, что при»[17] «выборе оптимального распределения нагрузки по осям для автомобиля с приводом на передние колеса следует стремиться к достижению тягово-скоростных свойств таких же, как у автомобилей классической компоновки.

Для определения оптимального распределения нагрузки» [9] «по осям для автомобиля с приводом на передние колеса принимаем равенство сил тяги, определяемых по моменту двигателя и по сцеплению ведущих колес с дорогой, для трех рассматриваемых случаев. Сила тяг по моменту может быть определена из уравнений (2) и (4) или по максимальному динамическому фактору для современных автомобилей $D=0,25\div0,35$. Сила тяги по сцеплению определяется по формулам (3) и (9).

Для режима разгона с максимальным ускорением в уравнении (10) принимаем $P_f=0$, $P_w=0$. Тогда после совместного решения уравнений, получим: »[17]

$$P_p = P_f + P_w + P_i + P_j \quad (16)$$

$$f + \delta_{II} \cdot j_{umax}/g = (\varphi + f) \cdot (b - \delta_{II} \cdot h_D \cdot j_{umax} / g) / L \quad (17)$$

«Левая часть равенства характеризует динамический фактор, а правая – условия сцепления ведущих колес с поверхностью дороги. Принимая для случая разгона на хороших дорогах $\varphi > f$, после некоторых преобразований получим^

$$b/L = \delta_{II} \cdot j_{umax} (1/\varphi + h_D / L) / g \quad (18)$$

Величины, входящие в правую часть формулы (21), отличаются для различных автомобилей, однако незначительно. Так, для современных легковых автомобилей $j_{umax} = 2 \div 2,5$ м/с², меньшие значения относятся к автомобилям особо малого класса, а большие – к автомобилям среднего класса.

Значения $\delta_{II} = 1,2 \div 1,5$, $h_D = 0,5 \div 0,55$ м и $L \approx 2,2 \div 2,5$ м, коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой можно принимать для сухих асфальтированных дорог постоянным: $\varphi = 0,8$.

Из расчетных зависимостей относительного распределения нагрузки автомобиля с приводом на передние колеса по осям (b/L) от максимального ускорения следует, что при сравнительно небольшом изменении максимального ускорения j_u и коэффициентов δ_{II} учета вращающихся масс значения b/L изменяются в широких пределах.

Графики изменения крутящего момента и мощности двигателя в функции изменения частоты вращения представлены на рисунке 8. »[17]

«Силы P_f и P_w всегда являются положительными, сила P_i положительна при движении автомобиля на подъем и отрицательна при движении под уклон; сила P_j положительна при ускоренном движении автомобиля и отрицательна при замедленном его движении.»[33]

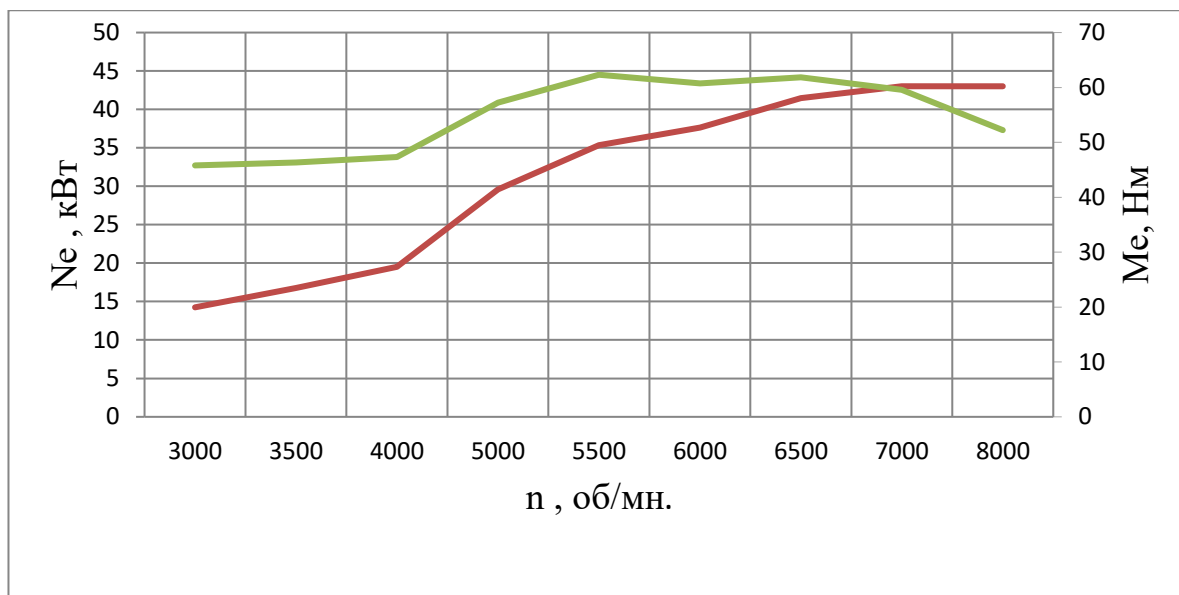


Рисунок 8 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

2.8 Тяговый расчет автомобиля с прицепом

Тяговой расчет автомобиля с прицепом представляет собой важный этап на пути к оптимизации работы транспортного средства, обеспечивая эффективное использование мощности двигателя и снижение затрат на топливо. Такой расчет учитывает массу груза, характеристики автомобиля и прицепа, а также условия эксплуатации. В данной работе будет рассмотрен процесс выполнения тягового расчета, его основные параметры и влияние различных факторов на результат.

Основные параметры для расчета

Масса автомобиля и прицепа. Для начала необходимо определить допустимую и фактическую массу автомобиля и прицепа. Допустимая масса (максимально допустимая масса) - это максимальный вес, который может безопасно перевозить транспортное средство. Фактическая масса определяется исходя из загрузки прицепа и автомобиля.

Тупиковая и восстанавливающая сила. Важно учитывать силы, действующие на автомобиль с прицепом при движении в различных условиях.

«Основные силы включают сопротивление движению, силы сцепления колес с дорогой, а также силы, возникающие при подъеме и спуске.

Сопротивление движению. Сопротивление движению зависит от нескольких факторов, таких как аэродинамическое сопротивление, rolling resistance (сопротивление качению) и дополнительные сопротивления, »[17] возникающие при движении по различным дорожным покрытиям. Эти факторы необходимо учитывать при расчетах.

Угол наклона дороги. Тяговые характеристики автомобиля с прицепом могут значительно изменяться в зависимости от уклона дороги. При подъеме необходимо учитывать увеличение сопротивления, тогда как при спуске - возможность снижения нагрузки на двигатель.

Мощность двигателя. Двигатель автомобиля должен обеспечивать достаточную мощность для преодоления всех сопротивлений. При расчете учитывается не только максимальная мощность, но и диапазон рабочего крутящего момента.

Процесс расчета

Тяговый расчет может быть выполнен с использованием следующих шагов:

Определение физических характеристик:

Определить общую массу автомобиля (M_a) и прицепа (M_n).

Рассчитать общую массу ($M_{\text{общ}} = M_a + M_n$).

Сопротивление движению: [21]

$$P_{f\max} \approx \phi \cdot G_2 = \phi \cdot G \frac{a}{L} \quad (19)$$

где G – полный вес автомобиля.



Рисунок 9 - Схема автомобиля, снабженного эвакуатором

«Принимая во внимание, что при установке первой передачи скорость автомобиля очень мала, и пренебрегая, поэтому сопротивлением воздуха, получаем:

$$P_{Pmax} = G_a = \varphi \cdot G_a = \varphi(G + G_i) \cdot \quad (20)$$

где G' - полный вес прицепа.

2.9 Сравнение тягово-скоростных свойств автомобилей

Условия эксплуатации

Тяговые характеристики автомобиля с прицепом могут меняться в зависимости от различных условий, таких как:

Условие дорожно-транспортной сети (асфальт, грунтовая дорога);

Влияние погодных условий (дождь, снег);

Загруженность автомобилем (пустой или полный);

Состояние технического обслуживания автомобиля и прицепа.

Для удобства сопоставления автомобилей различных компоновочных схем по тягово-скоростным свойствам обычно используют динамический фактор D , для определения которого уравнение (24) преобразуется к виду:

$$D = [(\alpha_M a_M - 0,5 c_x \cdot \rho \cdot F_L) \cdot v^2 + b_M \cdot b_v \cdot v + c_M \cdot c_v] / G_a \quad (21)$$

С помощью уравнения (27) можно получить динамическую характеристику. Ускорение, развиваемое автомобилем в процессе разгона

$$J_a = (a_j \cdot v^2 + b_j \cdot v + c_j) / (\delta_{II} \cdot M_a) \quad (22)$$

Уравнение (28) в графическом виде выражается для каждой передачи своей параболой. Вершины парабол определяются координатами v , J_{amax} .

Аналогичные уравнения могут быть получены и через первую производную правой части уравнения, приравненную нулю. Коэффициенты a_j во всем диапазоне скоростей и ускорений отрицательные. Хотя ускорение является скоростным показателем автомобиля, в качестве оценочного параметра оно обычно не применяется вследствие неудобства использования. Наибольшее распространение в качестве измерителя динамики разгона получили время t и путь S разгона автомобиля.

Распределение тяговой силы по отдельным видам сопротивления движению называется тяговым балансом автомобиля. Аналогично этому» [21] «может быть распределена по отдельным видам сопротивления движению автомобиля и развиваемая двигателем мощность N_m . Такое распределение мощности двигателя по отдельным видам сопротивления называется мощностным балансом автомобиля.» [40]

$$N_m = N_t + N_f + N_w + N_i + N_j \quad (23)$$

$$N_m = N_t + N_f + N_w \quad (24)$$

$$N_T = (1 - \eta_m) \cdot N_m \quad (25)$$

где η_m – коэффициент нагруженности.

«Уравнения мощностного баланса описывают потенциальные тягово-скоростные свойства по характеристикам двигателя и трансмиссии, однако использование этих свойств должно быть обеспечено сцеплением ведущих колес с дорогой, а следовательно, статическим распределением нагрузки по осям. Для сопоставительной оценки рассматриваемых автомобилей по скоростной характеристике на дороге с переменным продольным профилем и при преодолении подъемов на высшей передаче следует рассмотреть динамику движения автомобиля на подъем. При движении происходит

перераспределение нормальных реакций: с увеличением угла подъема реакции вырастают на задних колесах и уменьшаются на передних. При достижении определенного угла подъема у автомобилей с задними ведущими колесами наблюдается потеря сначала управляемости, а затем продольной устойчивости (при достаточном моменте на ведущих колесах сцепления этих колес с дорогой). Если ведущими являются передние колеса, то продольная устойчивость сохраняется, так как во всех ведущих режимах движения потеря сцепления ведущих колес опережает опрокидывание. »[1]

Динамика системы "водитель – автомобиль – дорога" представляет собой комплексное исследование взаимодействия человека и транспортного средства с окружающей средой. Эта система является многогранной и включает в себя разнообразные аспекты, такие как физиология водителя, механика автомобиля и характеристики дорожного покрытия. Понимание этих взаимосвязей имеет критическое значение для улучшения безопасности дорожного движения, повышения комфорта вождения и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Взаимодействие водителя с автомобилем

Водитель является ключевым элементом данной системы, и его способности, навыки и психофизиологическое состояние оказывают существенное влияние на безопасность и эффективность вождения. Важными аспектами взаимодействия водителя с автомобилем являются:

Координация и реакция: Способность водителя быстро реагировать на изменения в дорожных условиях и управлять автомобилем требует хорошей координации движений и развитых рефлексов. Исследования показывают, что стресс, усталость и отвлечение могут значительно ухудшить реакцию водителя.

Восприятие и принятие решений: Водитель должен эффективно воспринимать дорожную ситуацию, анализировать её и принимать решения в условиях неопределенности. Это связано сочетанием когнитивных процессов,

включая внимание, память и эксплуатацию информации из окружающего мира.

Эмоциональное состояние: Эмоции также играют важную роль в процессе вождения. Например, состояние агрессии или тревожности может привести к опасным маневрам и увеличению вероятности возникновения дорожных происшествий.

Механика автомобиля

Автомобиль как средство передвижения является не менее важным элементом системы. Его динамические характеристики влияют на маневренность, устойчивость и безопасность.

Динамика движения: Автомобили имеют свои физические характеристики, такие как масса, мощность, распределение веса и настройки подвески, которые определяют их поведение на дороге. Эти факторы влияют на ускорение, торможение и сцепление с дорогой.

Современные технологии: В последние десятилетия технологии автомобилей значительно продвинулись, включая системы стабилизации, управления traction control и автоматизированные системы помощи водителю (ADAS), которые помогают водителям в сложных ситуациях и снижают риск аварий.

Экологические аспекты: Не следует забывать и о влиянии автомобиля на окружающую среду. Разработка более экологически чистых транспортных средств и использование альтернативных видов топлива становятся все более важными в контексте глобальной устойчивости.

Характеристики дорожного покрытия

Дорога и её состояние являются третьим элементом системы "водитель – автомобиль – дорога". Характеристики дорожного покрытия могут существенно изменить динамическое поведение автомобиля.

Качество дороги: Дорожные дефекты, такие как ямы, трещины и неровности, могут негативно сказаться на управлении автомобилем. Они требуют от водителя повышенного внимания и могут увеличивать риск ДТП.

Состояние и тип поверхности: Различные поверхности (асфальт, бетон, гравий) имеют свои характеристики сцепления. Например, дождливая погода значительно снижает сцепление, увеличивая риск аквапланирования и скольжения.

Инфраструктура: Правильное устройство дорожной инфраструктуры (разметка, знаки, светофоры) помогает водителям ориентироваться и принимать правильные решения, что также способствует безопасности дорожного движения.[24]

При проектировании автомобилей с «приводом на передние колеса, для обеспечения силы тяги по сцеплению ведущих колес с дорогой обычно нагрузку на передние колеса в статическом состоянии принимают больше, чем на задние. С увеличением нагрузки на передние колеса улучшается сцепление колес»[15] «с дорогой, но возникает некоторая перегрузка передних колес при движении по горизонтальной дороге.

В качестве оцениваемых параметров, характеризующих способность автомобиля двигаться на подъем, рассмотрим зависимость скорости движения от угла подъема и максимального угла подъема дороги, по которой »[1] «может двигаться автомобиль с установившейся скоростью на низшей передаче. Свойства автомобиля двигаться на подъем определяются силой P_K тяги, выражаемой через момент двигателя по формуле (26).

Со стороны дороги на ведущих колесах автомобилей с приводом»[21] «на передние колеса определяются нормальные реакции применительно к установившемуся движению на подъем:

$$R_{z1} = G_a (f_0 \cos \alpha_{\Pi} + \sin \alpha_{\Pi})/L \quad (26)$$

И на задних колесах автомобилей классической компоновки:

$$R_{z2} = G_a (a \cos \alpha_{\Pi} + h_D \sin \alpha_{\Pi})/L \quad (27)$$

Сила сцепления ведущих колес с дорогой пропорциональна нормальной реакции, действующей на эти колеса, и коэффициенту сцепления шин с дорогой. В процессе разгона по горизонтальной дороге (сопротивлением

качению и воздуха пренебрегаем) нормальная реакция на передних ведущих колесах уменьшается.

$$N_m \cdot \eta_m = \psi G v^2 + W \cdot v^2 + \delta \frac{G}{g} v \cdot \frac{dv}{dt} \quad (28)$$

$N_f = F_f \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес, Вт; »[1]

« $N_T = F_T \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему ($N_T=0$), Вт;

$N_B = F_B \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления воздуха, Вт;

$N_D = F_i \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля» [9] ($N_B = 0$), Вт.

«При рассмотрении экстремального случая, когда разгон осуществляется с полным использованием возможностей двигателя и сцепления колес с дорогой, в уравнения (24), (25) следует подставлять максимальные ускорения.

Для создания одинаковых условий разгона по сцеплению автомобилей обеих компоновочных схем с разными массами и одним и тем же двигателем необходимо обеспечить равенство нормальных реакций передних и задних колес.

$$\eta_m = \frac{M_p}{M_m i_K i_o} \quad (29)$$

$$P_p = \frac{M_m \cdot i_K i_o \cdot \eta_m}{r_K} \quad (30)$$

На рисунке 10 приведены результаты испытания коробки передач автомобиля при включении передач. [10]

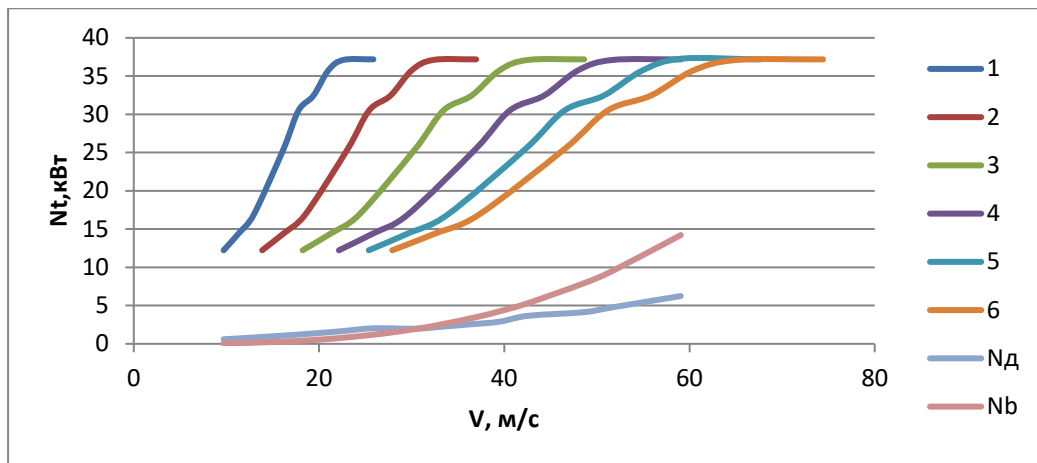


Рисунок 10 – Мощностной баланс

2.10 Тяговые характеристики автомобиля

Тяговые характеристики автомобиля представляют собой совокупность показателей, отражающих способность транспортного средства развивать движение и преодолевать сопротивления, возникающие в процессе эксплуатации. Эти характеристики играют ключевую роль не только в эффективности транспортировки грузов и пассажиров, но и в безопасности, экономичности и комфорте вождения.

При известных координатах центра масс автомобиля:

$$b = 0,5L + \varphi \cdot h_d + 2f \cdot r_d - f \cdot h_d \quad (31)$$

1 Основные элементы тяговых характеристик

Тяговые характеристики можно разделить на несколько основных элементов:

- Тяга — это сила, создаваемая двигателем и передаваемая на колеса автомобиля. Она выражается в ньютонах (Н) и зависит от мощности двигателя и его крутящего момента. Тяга обеспечивает разгон автомобиля и поддержку стабильной скорости на различных участках дороги;
- Крутящий момент — это момент силы, действующий на ось вращения (вал) двигателя. Он играет критическую роль в разгоне автомобиля, особенно при старте с места и на низких оборотах. Крутящий момент измеряется в

ньютон-метрах (Нм) и является одним из важных показателей, определяющих динамические характеристики автомобиля;

- Мощность двигателя измеряется в ваттах (Вт) или лошадиных силах (л.с.) и определяется как произведение крутящего момента на обороты двигателя. Мощность автомобиля влияет на его максимальную скорость и общий уровень производительности.

2. Влияющие факторы

Тяговые характеристики автомобиля зависят от множества факторов:

- Тип двигателя (бензиновый, дизельный, электрический) оказывает существенное влияние на тяговые характеристики. Например, электрические двигатели имеют высокий крутящий момент на низких оборотах, что обеспечивает мгновенный разгон;

- Передаточные числа в трансмиссии (механической или автоматической) играют важную роль в характеристиках тяги. Чем больше передаточное число, тем выше крутящий момент, однако при этом уменьшается максимальная скорость;

- Масса автомобиля непосредственно влияет на его способность к разгонам. Чем тяжелее автомобиль, тем больше тяги необходимо для его движения. Оптимальное распределение массы также важно для управления и устойчивости автомобиля;

- Сопротивление движению автомобиля включает в себя аэродинамическое сопротивление, трение шин о дорогу и другие факторы. Каждое из этих сопротивлений требует определённого уровня тяги для преодоления.

3. Применение тяговых характеристик

Тяговые характеристики имеют важное значение не только для водителей, но и для производителей автомобилей, инженеров и дизайнеров при:

- Проектирование автомобилей: Инженеры используют тяговые характеристики для создания сбалансированных и эффективных транспортных средств;

- Маркетинг: Знание и умение правильно представить тяговые характеристики автомобилей помогают в их продвижении на рынке;

- Тестирование: Производители проводят различные тесты (разгон, торможение, маневрирование), чтобы убедиться, что автомобили соответствуют заявленным характеристикам.

По результатам расчетов построены графики и на рисунке 11.

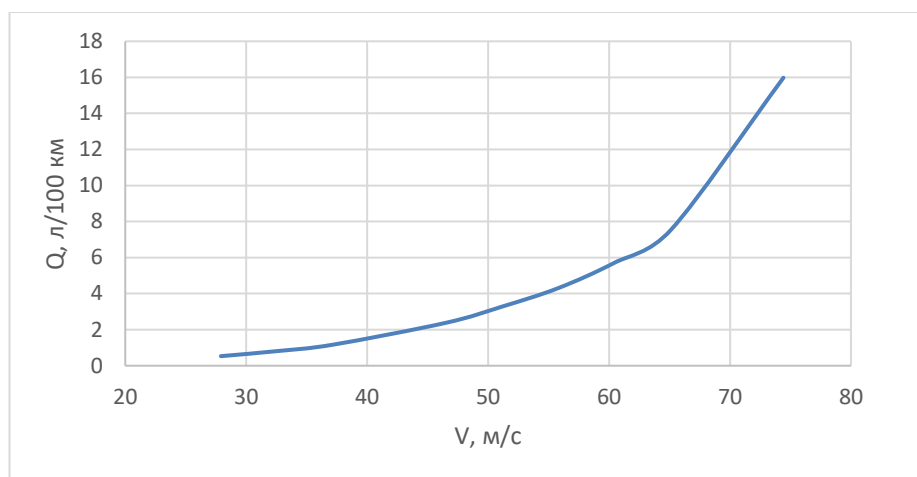


Рисунок 11 – Путевой расход топлива» [1]

Вывод:

Анализ тяговых характеристик позволяет глубже понять динамику работы автомобиля и его поведение на дороге. С учетом множества факторов, влияющих на тягу, важно рассматривать характеристики в комплексном аспекте. Современные технологии также открывают новые горизонты для улучшения тяговых характеристик, включая использование гибридных систем, электроники и новых материалов. В результате, автомобили становятся более эффективными, экономичными и безопасными для эксплуатации.

Таким образом, тяговые характеристики представляют собой ключевую область изучения, важную как для потребителей, так и для производителей, с тем чтобы достичь оптимального баланса между мощностью, экономичностью и комфортом.

3 Разработка конструкции

3.1 Техническое задание

3.1.1 Наименование и область применения разработки

Сроки технического задания должны соответствовать срокам в договорных документах. Разработка выполняется по заданию кафедры «ПЭА», согласно следующих этапов разработки:

1 Разработка ТЗ

2 Разработка ТП

3 Рабочая компоновка

4 Чертежи деталей

5 Разработка технологического процесса

Устройство предназначено для применения в отделениях по «техническому обслуживанию и ремонту автомобилей» [13].

3.1.2 Принцип работы устройства» [1]

Передвижной прицеп для спортивного болида «предназначен для работ проекта, перемещения автомобилей при выполнении различных работ. Схема устройства представлена на рисунке 12.

3.1.3 Назначение объекта

Передвижной прицеп для автомобилей, предназначенный для транспортирования автомобилей, разработан для выполнения работ до нормативных параметров путём приложения разнонаправленных усилий. Источники разработки» [1]

Автомобильные прицепы бывают с одной или двумя осями.

3.1.4 Условия эксплуатации разработки

«Проведение работ предусмотрено внутри отапливаемого помещения с режимом температур» [3] «от +1°C до +35°C при относительной влажности воздуха не более 80%» [12], «исполнения УХЛ, категории размещения 4 по ГОСТ 15150-69» [17].

«Передвижной прицеп для автомобилей можно использовать как в качестве средства перемещения, так и в качестве хранения.

Устройство для подъема должно отвечать следующим требованиям:

- Простота конструкции;
- Высокая надежность;
- Возможность перемещения платформы тележки в вертикальной плоскости;
- Высокая устойчивость;
- Возможность транспортировки тележки за счет мускульной силы человека;
- Исключение самопроизвольного опрокидывания тележки;

Возможность изготовления в условиях предприятия» [1].



1 – «стойки, 2 – платформа 3 - основание

Рисунок 12 – Схема одноосного прицепа

Параметры подъемника:

Грузоподъемность – 1000 кг;

Высота подъема – 750 мм;

Масса подъемника – 450 кг.

Предназначен для транспортировки автомобилей «при помощи автомобиля по дорогам, имеющим твердое покрытие. Хранение - в условиях помещения с искусственным освещением, вентиляцией, в температурном режиме от +15°C до +40°C, в зоне работы оборудования есть источник электропитания» [1]

Устройство «для транспортировки автомобилей можно использовать при эвакуации, неисправности, перемещений.»[18].

3.2 Техническое предложение

Все рассматриваемые аналоги данного подкласса относятся к оборудованию для перевозки, а более конкретно к прицепах для кузовов автомобилей. На первом этапе проводится поиск существующих конструкций и информационный обзор проектных решений. Существующие конструкции необходимо рассмотреть и проанализировать, исходя из условий подбора и соответствия техническому заданию. Заблаговременно выявляются недостатки конструкции, которые по возможности нужно устранить. [14]

Рассмотрим более подробно описание аналогов и их характеристик» [1].

«3.2.1 Автоприцеп для перевозки автомобилей «СВ-50»

Автоприцеп автомобиля СВ-50 Изготавливается более 5 лет. Ранее прицеп назывался «СВ-50 ". Модель выгодно отличается оригинальной конструкцией, обеспечивающей удобную установку автомобиля без использования дополнительных устройств (рисунок 13).



Рисунок 13 – Автоприцеп для перевозки автомобилей " СВ-50"

Рама автоприцепа СВ-50 имеет цельносварную конструкцию и размеры по ширине смотровой канавы для легковых автомобилей. Оснащена двумя неповоротными колесами, и двумя съемными стойками траверсами в задней

части. [35]

Колесные направляющие регулируются по ширине и длине транспортируемого автомобиля.

3.2.2 Автоприцеп автомобилей модели ТР-6-0

Автоприцеп модели ТР-6-0 (рисунок 14) предназначен для легковых автомобилей всех марок, имеющих отбортовку порогов.



Рисунок 14 – Автоприцеп ТР-6-0 [17].

Рама автоприцепа представляет собой две горизонтальные платформы с закрепленными меж ними направляющими. Конструкция опирается на платформу. Каркас поднимает верхнюю платформу за счет крепежных элементов при помощи соединительной системы. [39]

Грузоподъемность – 800 кг;

Высота погрузки – 650 мм;

Масса автоприцепа – 358 кг.» [2]

«3.2.3 Автоприцеп фургонов СВ-1,5

Конструкция шасси обеспечивает вертикальное положение за счет направляющих опор. Рама перемещается поперек осей и является несущим элементом автоприцепа (рисунок 15).



Рисунок 15 – Автоприцеп СВ-1,5

Грузоподъемность – 1600 кг;

Высота погрузки – 710 мм;

Масса прицепа – 1100 кг.

Анализ и оценку патентной информации осуществим с помощью методов инженерного прогнозирования. Для этого составим таблицу 3, в которой указаны основные сравниваемые характеристики и таблицу 4 с оценками специалистов по эксплуатации оборудования. [22]

Таблица 3 – Технические характеристики прицепов для автомобилей

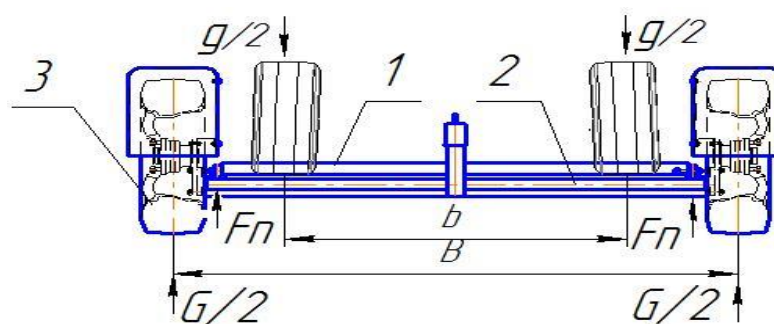
Показатели	СВ-50	СВ-1,5	ТР-6-0
Производитель	ЗАО «Слон»	ОАО «МПЗ»	СП "Мега"
Грузоподъёмность, кг	400	1600	800
Высота погрузки, мм	450	710	650
Габарит,» [2] м	1,9х1,95х0,76	2,4х4,05	1,890х1,860

Таблица 4 – Оценка потребительских качеств прицепов автомобилей

Шифр подъемника	Грузоподъемность	Время подъема	Время опускания	Количество силовых	Усилие на крюк силового устройства	Вес	Средняя оценка
Слон-2	9	9	8	8	9	7	8,3
ПКГ-3-00	6	6	6	7	6	8	6,4
ТР-6-0	8	7	7	8	7	5	7,3

3.3 Предварительный проектный расчет

Существует большое разнообразие прицепов, которые различаются по конструкции, принципу действия, грузоподъемности. [2] «Схема действия сил показана на рисунке 16.



1 – траверса; 2 – основание; 3 – шина;

g – нагрузка; G – реакция дороги;

B – база передних колес; F_p – реакция ролика;

Рисунок 16 – Схема действия сил

Одна из платформ рассчитывается на прочность по нормальным напряжениям при плоском изгибе. В качестве материала платформы используется сталь, с поперечным сечением в виде труб (рисунок 17).

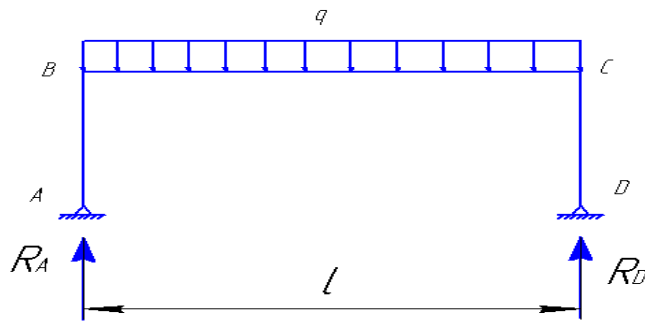
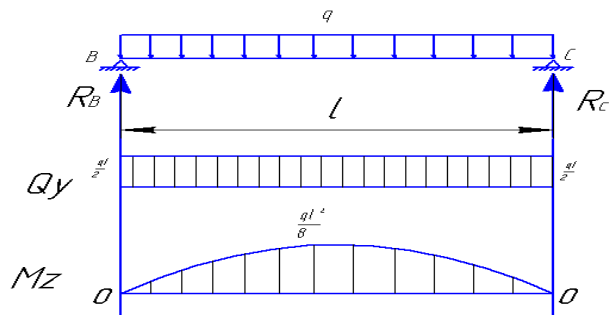


Рисунок 17 - Реакция и нагрузка на платформу

Для расчета $q = 500$ кг - распределенная нагрузка, $l = 1680$ мм – длина платформы. [42]

Эпюры для расчета на прочность платформы изображены на рисунке 18.» [2]



«Рисунок 18 - Эпюры для расчета на прочность платформы

Рассчитывается реакция опор: [38]

$$\sum Y = 0; \quad R_B + R_C - ql = 0; \quad (32)$$

$$\sum M(B) = 0; \quad R_C - \frac{ql}{2} = 0; \quad (33)$$

Из формул (32) - (33) следует» [2]:

$$R_C = \frac{ql}{2}; \quad (34)$$

$$Q_y = -R_B + qx; \quad (35)$$

$$M_z = R_B x - \frac{qx^2}{2} \quad (36)$$

$$M_z = \frac{qlx}{2} - \frac{qx^2}{2} \quad (37)$$

Опасное сечение платформы находится в середине (рисунок 19), где изгибающий момент достигает экстремума: [31]

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8} \quad (38)$$

$$M_{\max} = \frac{4000 \cdot 4.080^2}{8} = 8,3 \text{ кНм}.$$

Условие прочности записывается следующим образом:

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_z} \leq [\sigma], \quad (39)$$

$$W_z \geq \frac{M}{[\sigma]} \quad (40)$$

Ориентировочно вес платформы 4 кН; вес пассажира с грузом до 1 кН

Вес транспортируемого автомобиля до 5 кН

Полная нагрузка с учетом веса платформы и пассажира 10 кН

Конструктивно принимаем длину траверсы $L = 1,860 \text{ м}$

Расстояние до точки приложения полезной нагрузки $l_1 = L/4$

Величина рабочей нагрузки $Q_1 = 5 \text{ кН}$, пролет между опорами $l = 1,860 \text{ м}$.

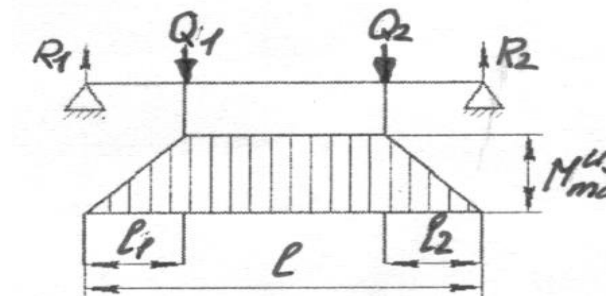


Рисунок 19 – Распределение изгибающего момента по платформе

Реакции в опорах платформы:

$$\sum Y = 0; \quad R_1 + R_2 - 2Q_1 = 0 \quad (41)$$

$$M_{\max} = R_1 \cdot l_1 \quad (42)$$

$$R_1 = Q_1 = 5 \text{ кН} \quad (43)$$

$$l_1 = L/4 = 0,465 \text{ м}; \quad (44)$$

$$M_{\max} = R_1 \cdot l_1 = 5 \text{ кН} \cdot 0,465 \text{ м} \quad (45)$$

Опасное сечение траверсы платформы находится в средней части (рисунок 20), где изгибающий момент достигает максимума [8]:

$$M_{\max} = R_1 \cdot l_1 = 5 \text{ кН} \cdot 0,465 \text{ м} = 2,325 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (46)$$

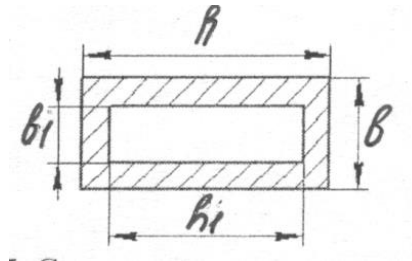


Рисунок 20 – Сечение трубы траверсы платформы

Материал – сталь. Предел текучести $\sigma_T = 320 \text{ МПа}$, коэффициент запаса при динамической нагрузке $n_T = 6$.

$$\text{Допускаемое расчетное напряжение} \quad [\sigma] = \frac{\sigma_T}{n_T} = \frac{320}{6} = 53 \text{ МПа} \quad (47)$$

Условие прочности записывается следующим образом:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq [\sigma] \quad (48)$$

откуда получаем выражение для момента сопротивления» [6]

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{[\sigma]} = \frac{2,325 \text{ кН} \cdot \text{м}}{53 \text{ МПа}} = 43,87 \text{ см}^3 \quad (49)$$

По таблицам сортамента подбираем для конструкции траверсы две балки профиля 100х60х4 с моментом сопротивления $W_z = 23,6 \text{ см}^3$ каждая. Составное сечение будет иметь момент сопротивления $W_z = 47,2 \text{ см}^3$, что обеспечит необходимый запас прочности.

Вывод по выбору конструктивного варианта транспортировочной платформы:

В качестве базового варианта проектного решения может быть выбрана платформа типа ТР-6-0 с учетом предварительного расчета конструкции траверсы на грузоподъемность.

4. Технологический процесс транспортировки автомобилей

4.1 Общие положения

«Прицепные устройства широко распространены и используются при перевозке грузов и транспортировке автомобильных транспортных средств. Устройства серийно выпускаются многими отечественными и зарубежными производителями. Как правило, это одноосные и двухосные прицепные устройства. Автомобильные заводы, выпускающие автомобили с имеют средства для использования данных устройств.» [12, 46]

4.2 Требования к исполнителям операции

«Операцию выполняют слесари по ремонту автомобилей или слесарь ремонтного отделения. Рабочие должны быть обучены проведению данной»[1] операции, и своевременно проходить инструктажи по безопасному проведению работ.

К выполнению операции допускаются операторы, прошедшие предварительный (при поступлении на работу) и периодический (в течение трудовой деятельности) медицинский осмотр, и обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда в установленном порядке.

4.3 Разработка технологический карты на транспортировку

Согласно инструкции [10] общий порядок выполнения операции следующий:

- затормозить транспортное средство стояночным тормозом;
- выключить зажигание (перекрыть подачу топлива в транспортном средстве с дизельным двигателем);
- установить рычаг переключения передач (контроллера) в нейтральное положение;
- под колеса подложить не менее двух специальных упоров (башмаков);

- на рулевое колесо вывесить запрещающий комбинированный знак безопасности с поясняющей надписью «Двигатель не пускать! Работают люди» (на транспортных средствах, имеющих дублирующее устройство для пуска двигателя, аналогичный «знак необходимо вывесить и на дублирующее устройство»);
- еще немного приподнять подвижную раму и осторожно, покачивая из стороны в сторону, откатить немного тележку с колесом от автомобиля;
- зафиксировать колесо на платформе с помощью ремней;
- опустить колесо на тележке в транспортное положение (примерно 50-100 мм от пола).

Положение платформы устройства показаны на рисунке 21. Подъем и опускание автомобиля нужно проводить в последовательности, как представлено в технологической карте в таблице 5.»[26]



Рисунок 21 – Рабочие элементы устройства

«В таблице 4 приведена технологическая карта на проведение операций при использовании устройства для транспортировки автомобиля.

Таблица 5 - Технологическая карта транспортировки автомобиля

Наименование операции, перехода	Место выполнения	Исполнитель	Оборудование	Трудовые затраты, мин.	Примечание
1	2	3	4	5	6
1 Подготовка прицепа					
1.1 Прицеп установить на ровной площадке.	Произв. корпус	Слесарь 2 р.	Упоры Ограничительные	2,5	-
1.2 Установить переднюю и задние стойки упоров в вертикальное положение до касания с поверхностью пола и затянуть барашковые гайки.	то же	то же	Подъемник, домкрат	2,5	Момент страгивания 20-25 Нм
2 Установка автомобиля					
2.1 Закатить автомобиля на платформу прицепа передними колесами. Убедиться в устойчивом положении колес на платформе.	то же	то же	Прицеп,	2,5	-»[1]
2.1 Зафиксировать передние колеса автомобиля на платформе с помощью крепежных устройств.	то же	то же	Ремни крепежные	6,0	-
2.2 Отвернуть барашковые гайки стоек упоров. Установить задние и переднюю стойки упоров в транспортное положение до касания с рамой и затянуть гайки	то же	то же	Ключ гаечный 10 Ключ гаечный 13	1,5	Момент страгивания 65-70 Нм
2.3 Подвести автомобиль-тягач задним ходом к прицепному устройству.	то же	то же	-	1,5	-
2.4 Зафиксировать сцепное устройство прицепа на фаркопе тягача. Установить дополнительные страховочные карабины в отверстия кронштейна сцепного устройства тягача	то же	то же	Ключ гаечный 13	2,5	-

Продолжение таблицы 5

3 Транспортировка автомобиля					
1	2	3	4	5	6
3.1 Произвести транспортировку автомобиля. Максимальная скорость движения - 50 км/час	-	Слесарь 2 р.	Прицеп, тягач		
4 Снятие автомобиля с прицепа					
4.1 Расположить автомобиль-тягач с прицепным устройством на ровной горизонтальной площадке. Вынуть страховочные карабины из отверстий кронштейна.	-	Слесарь 2 р.	Прицеп, тягач	5,5	-
4.2 Расстыковать сцепное устройство прицепа от сцепного устройства тягача.	-	то же	-	1,5	-
4.3 Удерживая сцепное устройство прицепа на весу, установить переднюю и задние стойки упоров в вертикальное положение до касания с поверхностью пола и затянуть барашковые гайки	-	то же	Ключи торцовый и накид- ной 17	2,5	-
4.4 Снять крепежные устройства с передних колес спортивного болида	-	то же	-	2,0	-
4.5 Установить на платформу наклонные направляющие в соответствии с шириной передней колеи спортивного болида, симметрично относительно продольной оси прицепа	-	то же	Ключ торцовый 13	2,5	Момент страгивания 30-35 Нм
4.6 Снять автомобиль с платформы прицепа. Снять с платформы направляющие траверсы, убрать прицеп в штатное место для хранения, привести элементы прицепа в стояночное положение	-	то же	Гайковерт головка на 17 мм	3,5	Момент страгивания 15-25 Нм

Выводы по разделу:

Модернизация проектируемого эвакуатора заключается в применении в процессе технического обслуживания устройства по транспортированию» [30] «автотранспортных средств. После установки автомобиля на устройство для транспортирования необходимо проворачивать крепеж на необходимый угол. Поворот колеса на опорных роликах платформы, производится с целью увеличения прижимной силы. [20]

Зависимость (28) выражает устойчивость невозмущенного движения вообще (устойчив, неустойчив), т.е. поведение системы после снятия возмущающего воздействия, и не дает количественной оценки отклонения от начальной траектории при возмущении, хотя движение может быть асимптотически устойчивым (приближающимся к началу координат), а начальная точка траектории при возмущающем воздействии может быть за границей полосы движения. Для определения «практической» устойчивости необходимо знать максимальные отклонения траектории движения автомобиля при возмущающих воздействиях, т.е. угловую скорость ψ и боковое отклонение δ , а значит, решить уравнение движения относительно этих параметров с учетом правых частей. [44]

По величине ускорения при разгоне автомобиля можно судить о его тягово-динамических свойствах.»[1] «Поскольку эффективность тяговой силы автомобиля оценивается по отношению суммы тяговых сил всех колес к весу автомобиля: 0,53 и 0,47, стенды могут оборудоваться датчиками веса..» [22]

5 Безопасность объекта дипломного проектирования. Безопасность участка сборки

5.1 Краткая техническая характеристика объекта дипломного проектирования

В дипломном проекте рассматривается вопрос проектирования узла транспортного средства. Для запуска разрабатываемого изделия в производство требуется проведение сборочных работ установочной партии. В условиях среднесерийного производства подобные работы производятся на участках механической сборки опытно-промышленного производства (ОПП). Результатом является доведение технологичности конструкции и разработка технологии сборки в привязке к реальной оснастке сборочного производства. В данном разделе дипломного проекта нами рассматривается комплекс вопросов обеспечения производственной и экологической безопасности участка сборки, на котором производится сборка установочного изделия, разрабатываемого в рамках дипломного проекта.

Рассмотрим особенности разрабатываемой конструкции. Изделие представляет собой сложный технический объект, доработанный и модернизированный в рамках дипломного проекта. Изделие выполнено преимущественно из стали конструкционной, обрабатываемой и свариваемой на оборудовании, не требующем применения специальных материалов и сред. В конструкции изделия применяются комбинированные материалы и их сочетания, например металл-полимер и композитные материалы, механическая обработка которых требует применения средств индивидуальной защиты (СИЗ).

«В рамках раздела нами исследуется сборочный участок, на котором осуществляется технологический процесс сборки узлов транспортного средства. Сборочный участок является основным местом осуществления технологической операции сборки и относится к мелкосерийному

производству. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование, которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п.

Зоны выполнения работ, связанных с избыточным тепловыделением, выделением продуктов горения или ультрафиолетового излучения, таких как сварка на стапеле, зона термической обработки металла отделяются от основного помещения защитными экранами и оснащаются вытяжкой. Те же ограждения применяются для групп оборудования, чья работа связана с повышенным шумом, например абразивно-режущие станки.

Половое покрытие на всем участке выполнено из каучуковой плитки. Термические зоны имеют половое покрытие из наливного термостойкого полимера.» [19]

В таблице 6 приведены общие характеристики участка механической сборки ОПП.

Таблица 6 – Общие технические характеристики участка

Наименование технической характеристики участка	Значение характеристики
Класс функциональной пожарной опасности	Ф1.3
Степень огнестойкости	I
Класс конструктивной пожарной опасности	C0
Степень долговечности здания	II
Уровень ответственности здания	II
Электроснабжение участка	трехфазная, 400В
Выделенная мощность, кВА	40

В таблице 7 приводится перечень технологических операций, осуществляемых на исследуемом участке.

Таблица 7 – Осуществляемые на участке технологические процессы и операции

Наименование технологического процесса	Наименование технологической операции и, вида выполняемых работ	Должность работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование устройство, приспособление	Материал, вещества
Заготовительные операции	Резка металла, раскрой профтрубы	Слесарь 5-го разряда	Ленточная пила ПЛ-3500, торцевая абразивная пила PRN-320	Сталь конструкционная в ассортименте
Операции механической обработки	Опиловка торцев, токарные работы, фрезерные работы, шлифовка	Слесарь 6-го разряда	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300	Сталь конструкционная в ассортименте
Сварочная операция	Сварка труб каркаса	Сварщик 6-го разряда	Аргонодуговой сварочный инвертор Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	Сталь конструкционная в ассортименте
Сборочная операция	Сборка	Слесарь-механик 6-го разряда	Пост сборки узлов и агрегатов	-
Подготовка к окраске	Шпатлевка, зачистка, шлифовка	Маляр 6-го разряда	Шлифовальная машина, круги шлифовальные различной зернистости	Круги войлочные, пасты шлифовальные и полировочные
Окраска изделия	Нанесение лакокрасочного покрытия	Маляр 6-го разряда	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	Нитроэмаль быстросохнущая

Далее определяем перечень опасных факторов, вызываемых производимыми работами.

5.2 Профессиональные риски объекта дипломного проектирования

Идентификация профессиональных рисков на участке механической сборки включает в себя систематический анализ всех потенциальных опасностей, которые могут привести к травмам, заболеваниям или другим негативным последствиям для здоровья работников. Этот процесс должен учитывать специфику выполняемых работ, используемое оборудование, материалы и рабочую среду.

Проведение регулярной идентификации профессиональных рисков является важнейшим элементом системы управления охраной труда и позволяет создать безопасные условия труда для работников и предотвратить несчастные случаи и профессиональные заболевания.

В таблице 8 приведены профессиональные риски для участка механической сборки.

Таблица 8 – Профессиональные риски для участка механической сборки

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
Механическая обработка деталей и изделий из металла	Повышенный уровень шума,	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPRON FVV-210 38301300
	Карборундовая пыль	Материал шлифовальных камней и дисков
	Возгорание пыли при обработке деталей и изделий	Искры

	Статическая нагрузка	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPRON FVV-210 38301300
	Шум	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPRON FVV-210 38301300
	Ультразвук	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPRON FVV-210 38301300
	Вибрации	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPRON FVV-210 38301300
Подготовка к окраске и окраска	Испарение токсичных веществ	Нитроэмаль быстросохнущая
	Статическая нагрузка	Краскопульт безвоздушного распыления Graco

Результатом идентификации профессиональных рисков является формирование методов для снижения или нейтрализации негативного воздействия на рабочих.

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Снижение профессиональных рисков на участке механической сборки – это комплекс мер, направленных на минимизацию вероятности возникновения опасных ситуаций и уменьшение тяжести последствий в случае их возникновения. Выбор методов и средств зависит от конкретных выявленных рисков.

В качестве методов снижения профессиональных рисков можно определить следующие основные категории:

- Инженерно-технические методы и средства, к которым относятся автоматизация процессов с заменой ручного труда на механизированный и автоматизированный, выбор инструмента, минимизирующего физическую нагрузку на работника, оптимизация последовательности операций, использование более безопасных методов сборки, внедрение технологий, уменьшающих выделение вредных веществ и т.д.;
- Организационные методы и средства, к которым относятся разработка инструкций по охране труда, обучение и инструктаж работников, контроль за соблюдением правил охраны труда, регулярное техническое обслуживание и ремонт оборудования, проверка систем безопасности, оценка рисков при внедрении новых технологий, оборудования или изменении технологических процессов и т.д.;
- Средства индивидуальной защиты (СИЗ), к которым относятся респираторы, маски для защиты от пыли, газов и паров, защита органов зрения, защита органов слуха, защита рук, защита ног и т.д.;
- Медико-профилактические мероприятия, к которым относятся предварительные и периодические медицинские осмотры.

Методы снижения выявленных профессиональных рисков представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасный и вредный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения, устранения опасного и вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Ультрафиолетовое излучение сварочной дуги	Использование специальной одежды. Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.)	Сварочная маска, сварочные перчатки
Искры, брызги расплавленного металла	Использование специальной одежды. Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания.	Спецовка, защитные очки, защитные перчатки, специальные ботинки.
Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества. Мелкодисперсная пыль. Наличие в воздухе рабочей зоны вредных веществ	Проветривание помещения. Применение средств индивидуальной защиты.	Респиратор, фильтрующая маска.
Шум	Уменьшение акустики помещения за счёт специальных материалов, наложенных на стены или крупные металлические предметы.	Беруши
Ультразвук	Использование изолирующих корпусов и экранов. Недопущение длительного воздействия. Обеспечение технических перерывов в работе	Противошумы. Резиновые и хлопчато-бумажные перчатки надетые совместно.

Важно помнить, что снижение профессиональных рисков – это непрерывный процесс, требующий постоянного внимания и совершенствования. Необходимо регулярно проводить оценку рисков, контролировать эффективность применяемых мер и корректировать их при необходимости.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сборки

Обеспечение пожарной безопасности на участке сборки — это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения пожара и обеспечение безопасности людей и имущества в случае его возникновения.

«В таблице 10 приведена идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара, с разработкой технических средств.» [19]

Таблица 10 – Идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара

Наименование участка	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Сборочный участок	Инверторный аппарат дуговой сварки MMA-200S	А – твёрдые материалы.	Дым, искра, открытый огонь, интенсивное тепловое излучение.	Низкая влажность, наличие рядом с источником возгорания хлопчатобумажных изделий, древесины, и др. горючих материалов
	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115	А – твёрдые материалы.	Дым, искра, открытый огонь, интенсивное тепловое излучение.	Низкая влажность, наличие рядом с источником возгорания хлопчатобумажных изделий, древесины, и др. горючих материалов
	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	В – горение жидкостей	Натуральные и синтетические масла, лакокрасочные изделия.	Пары легковоспламеняющихся жидкостей, которые взрываются при смешении с воздухом

«В соответствии с видами выполняемых заготовительных,

обрабатывающих и сборочных работ в здании и с учетом типа и особенностей реализуемых технологических процессов, в таблице 11 указаны эффективные организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара.» [19]

Таблица 11 – Организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара

Наименование технологического процесса, вид объекта	Наименование видов работ	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Сваривание металлических труб	Сварка	Отсутствие рядом с электродами сварки легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей.
Шлифование сварных соединений	Шлифовка	Отсутствие рядом с работающей шлифовальной машиной легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей.
Нанесение защитного слоя на металлическую раму	Окраска	Отсутствие рядом открытого огня.

Организационные мероприятия для участка механической сборки включают следующие мероприятия:

- назначение ответственных лиц за пожарную безопасность;
- разработка инструкций по пожарной безопасности;
- проведение противопожарных тренировок;
- сотрудничество с пожарной охраной.

Примеры таких мероприятий будет являться:

- установка огнетушителей класса А, В, С и Е вблизи мест хранения горючих материалов и электрооборудования;
- обучение персонала правилам пользования огнетушителями;
- размещение планов эвакуации на видных местах;

- регулярная проверка состояния электропроводки и электрооборудования.

5.5 Обеспечение экологической безопасности

Обеспечение экологической безопасности сборочного участка – это комплекс мер, направленных на минимизацию негативного воздействия производственной деятельности на окружающую среду и здоровье человека.

«В таблице 7 приведена идентификация негативных экологических факторов, возникающих при создании проектируемого объекта. На основании идентификации разработаны мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом.» [19]

Таблица 12 – Идентификация негативных экологических факторов

Наименование технического объекта разработки	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса	Воздействие объекта на атмосферу	Воздействие объекта на гидросферу	Воздействие объекта на литосферу
Агрегат транспортного средства	Сталь конструкционная в ассортименте, сплавы цветных металлов, полимерные материалы, шлифовальные материалы, окрасочные материалы	Испарений из емкостей для хранения химических веществ. Газообразные выделения сварки. Пыль с поверхности, сыпучих строительных материалов	Изменение качества воды, вызванное выбросами нефтепродукт ов и тяжелых металлов	Загрязнение. Вторичное засоление и заболачивание. Отчуждение земель производства

Внедрение комплексных мер по обеспечению экологической безопасности сборочного участка позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду, сохранить природные ресурсы и улучшить условия труда работников. Кроме того, это способствует повышению имиджа

предприятия и его конкурентоспособности.

Заключение по разделу «Безопасность объекта дипломного проектирования:»

В данном разделе разработаны мероприятия обеспечения безопасности на участке механической сборки автомобильных агрегатов, относящихся к опытно-промышленному производству и предназначенному для сборки установочной партии автомобильных агрегатов, разработанных в ходе выполнения конструкторского раздела дипломного проекта.

В разделе «Безопасность объекта дипломного проектирования» были рассмотрены вопросы обеспечения промышленной безопасности, пожарной безопасности и экологической безопасности проектируемого участка механической сборки. В результате анализа профессиональных рисков были выявлены потенциальные опасности, связанные с работой на станках, использованием ручного инструмента и перемещением грузов. Для снижения этих рисков предусмотрены установка защитных ограждений на станках, использование средств индивидуальной защиты, обучение персонала безопасным методам работы и организация эргономичных рабочих мест. Для обеспечения пожарной безопасности предусмотрены установка автоматической системы пожаротушения, организация эвакуационных выходов и обучение персонала действиям в случае пожара. В целях минимизации негативного воздействия на окружающую среду предусмотрены система очистки сточных вод и организация сбора и утилизации отходов производства. Принятые меры соответствуют требованиям ГОСТ 12.0.004-2015 и обеспечивают допустимый уровень риска для работников и окружающей среды. Таким образом, проект участка механической сборки редукторов разработан с учетом всех необходимых требований безопасности и обеспечивает безопасные условия труда, пожарную безопасность и охрану окружающей среды. [35].

6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки

6.1 Описание участка и производимых работ

Рассматриваемый в данном разделе дипломного проекта участок сборочных работ – это специализированная зона на автомобильном предприятии, где осуществляется сборка различных агрегатов, таких как двигатели, коробки передач, мосты, рулевые механизмы и другие. Организация и оснащение участка зависят от типа собираемых агрегатов, объема производства и степени автоматизации, поскольку предполагает предсерийную штучную сборку. В дипломном проекте мы рассматриваем участок сборки автомобильных агрегатов, на котором производится предсерийная сборка автомобильных узлов, в том числе сборка узла, принятого к разработке в рамках дипломного проекта.

Участок организован по принципу поточности, где каждый рабочий пост выполняет определенную операцию в процессе сборки. Это может быть линейная, U-образная или другая конфигурация, обеспечивающая оптимальное перемещение деталей и агрегатов. Важным аспектом является эргономика рабочих мест, обеспечивающая удобство и безопасность работы персонала. Участок должен быть хорошо освещен, вентилируем и иметь достаточное пространство для маневрирования оборудования и перемещения работников.

Оборудование участка включает в себя следующие позиции:

- сборочные стенды и конвейеры, которые обеспечивают фиксацию агрегата в процессе сборки и его перемещение между рабочими постами. Могут быть стационарными или подвижными, ручными или автоматизированными;
- подъемно-транспортное оборудование: Краны, тельферы, штабелеры, транспортировочные тележки используются для перемещения крупногабаритных и тяжелых деталей и агрегатов;

- инструмент и приспособления: Специализированный ручной и пневматический инструмент (гайковерты, шуруповерты, ключи), а также специальные приспособления, обеспечивающие точность и эффективность сборочных операций;

- контрольно-измерительное оборудование: Приборы для контроля параметров собираемых агрегатов (например, динамометрические ключи, индикаторы часового типа, измерительные приборы для проверки зазоров и натягов).

В соответствии с технологическим процессом, на участке производятся следующие виды работ, связанные с предсерийной сборкой автомобильных агрегатов:

- очистка, мойка, контроль качества и комплектности деталей;
- соединение деталей в соответствии с технологической документацией, что может включать в себя запрессовку, сварку, пайку, резьбовые соединения и другие операции;

- проверка соответствия собранного агрегата техническим требованиям, что может включать в себя проверку геометрических параметров, герметичности, функционирования и т.д.;

- проверка работоспособности агрегата на специальных стендах в условиях, близких к реальным;

- подготовка собранного агрегата к хранению и транспортировке.

На участке сборочных работ заняты квалифицированные рабочие (слесари-сборщики), контролеры, наладчики.

6.2 Расчет затрат на расходные материалы, используемые на сборочном участке

К расходным материалам относят различные материалы и малоценные быстроизнашивающиеся изделия, используемые в работе сборочного участка.

В работе принимаем их количество, усредненное в годовом исчислении. Перечень материалов приводится в таблице 13.

Таблица 13 – Расходные материалы сборочного участка

Наименование материалов	Используемое количество	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Прокат стальной в ассортименте, кг	7500	75	562 500
Металл листовой в ассортименте	7500	73	547 500
Вода технологическая, м ³	1200	5,0	6 000
Герметик силиконовый, кг	25	1750	43 750
Крепеж в ассортименте	25	250	6 250
Масло моторное, л	400	650	260 000
Обтирочный материал, кг	75	50	3 750
Паста шлифовальная, кг	5	2250	11 250
Подшипники, шт	750	75	56 250
Прокладочный материал, кг	10	15	150
Круги абразивные зачистные, шт	550	95	52 250
Круги абразивные отрезные, шт	1250	35	43 750
Прочее	-	-	15 000
ИТОГО			1 723 100

Перечень деталей приведен в приложении А на рисунках А.1, А.2 и А.3. Расчет количества расходных материалов производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^m V_M^i \cdot C_M^i \quad (50)$$

где V_M^m – используемое количество m -ного вида материала, ед.;

C_M^m – цена за единицу m -ного вида материала, руб.

Расчет по всем видам материалов также приводится в таблице 14.

6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления

Расчет амортизационных отчислений на сборочном участке производится для учета износа оборудования, используемого в процессе сборки. Амортизация отражает постепенное перенесение стоимости основных средств на себестоимость выпускаемой продукции. Существует несколько методов расчета амортизации, и выбор конкретного метода зависит от учетной политики предприятия. В нашем случае будет применен линейный метод, как наиболее простой метод, при котором годовая сумма амортизации рассчитывается путем деления первоначальной стоимости на срок полезного использования.

Для расчета общей суммы амортизационных отчислений на сборочном участке необходимо рассчитать амортизацию для каждого объекта основных средств, используемого на участке, и затем суммировать полученные значения.

Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка приводится в таблице 14.

Таблица 14 – Амортизационные отчисления участка сборки

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Число единиц оборудования	Норма отчислений, %	Отчисления, руб
Стапель сборочный	с/и	3 500 000	4	14,3	2 002 000
Станок токарный	JET BD-11G	3 700 000	1	10,5	388 500
Станок фрезерный	VISPROM FVV-210 38301300	2 800 000	1	10,5	294 000
Настольно-сверлильный станок	2M112	275 000	1	14,3	39 325

Продолжение таблицы 14

Пресс гидравлический	ПГ-10000	75 000	1	14,3	10 725
Кран-балка	75-256	150 000	1	10,0	15 000
Аргонодуговой сварочный инвертор	Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	95 000	2	10,0	19 000
Стол сварочный	с/и	125 000	2	8,0	20 000
Верстак слесарный	Сорокин	25 000	8	14,5	29 000
Краскопульт безвоздушного распыления	Graco	35 000	1	10,0	3 500
Камера окрасочная	Сорокин	650 000	1	15,0	97 500
ИТОГО					2 918 550
ИТОГО					2 978 550

Важно учитывать, что в зависимости от выбранного метода начисления амортизации и учетной политики предприятия, расчет может отличаться. Необходимо руководствоваться действующим законодательством и внутренними положениями организации.

6.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки

Расчет затрат на электроэнергию на сборочном участке включает в себя несколько этапов и зависит от потребляемой мощности оборудования, режима его работы и тарифов на электроэнергию. В процессе передачи и распределения электроэнергии возникают потери. Величина потерь зависит от состояния электросети и может составлять от 5% до 15%. Для расчета затрат необходимо учесть эти потери, умножив суммарное потребление электроэнергии на коэффициент потерь.

Стоимость электроэнергии рассчитывается исходя из установленных тарифов. Тарифы могут быть дифференцированными в зависимости от времени суток, дня недели и объема потребления.

Расчет затрат на электроэнергию рассчитывается по формуле

$$\text{Эл} = \sum_{i=1}^m \frac{M_i \cdot T_{\text{маш}}^i \cdot K_{\text{од}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}}}{\eta_i \cdot 60} \quad (51)$$

где M_i – потребляемая электрическая мощность единицы оборудования, кВт;

$T_{\text{маш}}^i$ – годовой фонд машинного времени работы оборудования, ч;

$K_{\text{од}}$ – коэффициент одновременной работы электродвигателей;

$K_{\text{м}}$ – коэффициент загрузки двигателей по мощности;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент загрузки двигателей по времени;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент потерь в сети;

$\text{Ц}_{\text{э}}$ – цена за электроэнергию, руб/кВт;

КПД – электрический КПД единицы оборудования

Расчет затрат на электроэнергию приводится в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет затрат на электроэнергию участка сборки.

Наименование оборудования	Марка	Мощность, кВт	Число единиц оборудования	КПД	Сумма, руб
Ленточная пила 0	ПЛ-350	2,0	1	0,8	3 325,14
Торцевая абразивная пила	PRN-320	3,5	1	0,8	5 819,00
Станок токарный	JET BD-11G	7,5	1	0,7	14 250,60
Станок фрезерный	VISPROM FVV-210 38301300	5,5	1	0,7	10 450,44
Настольно-сверлильный станок	2M112	1,2	1	0,65	2 455,49
Пресс гидравлический	ПГ-10000	0,5	1	0,8	831,29

Кран-балка	75-256	0,75	1	0,8	1 246,93
Аргонодуговой сварочный инвертор	Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	6,5	2	0,7	24 701,04
Краскопульт безвоздушного распыления	Graco	0,5	1	0,85	782,39
Камера окрасочная	Сорокин	4,5	1	0,85	7 041,47
ИТОГО					70 903,77

Расход на электроэнергию на освещение помещения рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{M_{св} \cdot n \cdot T \cdot K_{од} \cdot K_6 \cdot K_n \cdot \Pi_2}{\eta} \quad (52)$$

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{0,25 \cdot 65 \cdot 2440 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1,04 \cdot 4,5}{0,8} = 111337,2$$

Общие расходы на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{л} + \mathcal{E}_{св} \quad (53)$$

$$\mathcal{E} = 70\,903,77 + 111\,337,2 = 182\,240,97 \text{ руб}$$

Для более точного расчета затрат на электроэнергию рекомендуется использовать данные счетчиков электроэнергии. При планировании бюджета следует учитывать возможное изменение тарифов на электроэнергию. Внедрение энергосберегающих технологий может помочь снизить затраты на электроэнергию.

Выполненный расчет демонстрирует базовые навыки калькуляции издержек, в реальных условиях могут быть дополнительные факторы, которые

необходимо учитывать. Для получения более точной информации следует обратиться к специалистам по энергетике.

6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала

Расчет затрат на заработную плату рабочих на сборочном участке включает несколько составляющих и зависит от системы оплаты труда, количества рабочих, их квалификации и других факторов. Основная заработная плата рассчитывается путем умножения тарифной ставки на количество отработанных часов.

«Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования.

После вычета налогов и отчислений заработная плата снижается. В среднем, налоговые вычеты составляют около 13% от заработной платы. Расчет заработной платы на сборочном участке – это сложный и ответственный процесс, который должен быть выполнен в соответствии с законодательством. Правильный расчет позволяет обеспечить справедливую оплату труда работников и сохранить высокую мотивацию на рабочем месте.»
[18]

Расчет заработной платы персонала приводится в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет заработной платы персонала на участке сборки

Вид персонала	Численность персонала, чел	Часовая тарифная ставка, руб	Годовой фонд рабочего времени, чел/час	Сумма, руб
Слесарь-механик 5-го разряда	12	350	1840	9 660 000,00

Слесарь-механик 6-го разряда	8	385,5	1840	7 093 200,00
Сварщик 6-го разряда	2	410	1810	1 855 250,00
Мастер участка	2	470	1840	2 162 000,00
Маляр	2	410	1810	1 855 250,00
ИТОГО				22 625 700,00

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле:

$$\text{Дзп} = \text{Озп} \cdot \text{Кд} / 100, \quad (54)$$

где «Кд - коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, Кд = 8%.» [18]

$$\text{Дзп} = 22\,625\,700 \cdot \frac{8}{100} = 1\,810\,056 \text{ руб}$$

«Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования. Расчет затрат на страхование приводится в формуле.» [18]

$$\text{О}_{\text{ФМС}} = (\text{Озп} + \text{Дзп}) \cdot \text{Ксоц}, \quad (55)$$

где «Ксоц – норма отчислений на страховые взносы, Ксоц = 0,3.» [18]

$$\text{О}_{\text{ФМС}} = (22\,625\,700 + 1\,810\,056) \cdot 0,3 = 7\,330\,726,8 \text{ руб}$$

Затраты на оплату труда определяются как сумма затрат на основную, дополнительную зарплату и затраты на страховые взносы.

$$O_{\text{т}} = O_{\text{зп}} + D_{\text{зп}} + O_{\text{фмс}}, \quad (56)$$

$$O_{\text{т}} = 22\,625\,700 + 1\,810\,056 + 7\,330\,726,8 = 31\,766\,482,8 \text{ руб}$$

Суммарные издержки на участке сборки складываются по совокупности затрат, рассчитанных выше. Сводная калькуляция затрат приводится в таблице 17.

Таблица 17 – Затраты на участке сборки

Наименование статьи затрат	Сумма	Доля затрат, %
Расходные материалы сборочного участка	1 723 100	3,30
Амортизационные отчисления участка сборки	2 978 550	5,71
Общие расходы на электроэнергию	182 240,97	0,35
Затраты на оплату труда	31 766 482,8	60,91
Расходы на административно-управленческий персонал	15 500 000	29,72
ИТОГО	49 171 823,77	100

Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 57.

$$НЧ = C_{\text{общ}} / T_{\text{уч}}, \quad (57)$$

где « $C_{\text{общ}}$ – сумма общих затрат на участке, руб

$T_{\text{уч}}$ – фонд рабочего времени составит для участка сборки, чел-ч,» [18]

$$НЧ = 49\,171\,823,77 / 57\,500 = 855,16 \text{ руб}$$

Вывод: В данном разделе была проведена работа по определению себестоимости нормо-часа на участке сборки автомобильных агрегатов в рамках предсерийной подготовки производственного процесса с целью

обоснования экономической эффективности проекта. Расчет себестоимости нормо-часа выполнен калькуляционным методом с учетом всех статей затрат, связанных с работой участка сборки. Основными статьями затрат являются заработная плата основных производственных рабочих (60,91%), отчисления на социальные нужды (15%), расходы на административно-управленческий персонал (29,72%) и амортизационные отчисления участка сборки (5,71%). Остальные расходы приходятся на цеховые и общезаводские расходы. В результате расчетов определена себестоимость нормо-часа на участке сборки, которая составила 855,16 рублей. Полученное значение себестоимости нормо-часа обусловлено прежде всего высокой стоимостью специализированного оборудования и высокой квалификацией слесарей-сборщиков. Рассчитанное значение себестоимости нормо-часа будет использовано для определения экономической эффективности проекта. На основании выполненных расчетов можно сделать выводы о выполнении задачи в рамках текущего раздела дипломного проекта.

Заключение

В заключение работы по разработке эвакуатора на базе легкового автомобиля можно отметить, что создание данного транспортного средства представляет собой актуальную и своевременную задачу, учитывая современные реалии городского движения и растущие потребности в услугах эвакуации. Проведённый анализ показал, что легковой автомобиль может эффективно адаптироваться для выполнения функций эвакуатора, благодаря своей маневренности, экономичности и доступности.

Разработанные решения по оснащению легкового автомобиля специальным оборудованием позволяют ему эффективно поднимать, фиксировать и транспортировать авто на различные расстояния, что значительно расширяет его функциональные возможности.

Кроме того, проведенные расчёты и моделирования подтвердили целесообразность использования легковых автомобилей в качестве базы для эвакуаторов, что открывает новые горизонты для малого и среднего бизнеса в сфере автомобильных услуг. Анализ конкурентной среды также показывает, что внедрение таких решений может стать значительным преимуществом на рынке услуг эвакуации.

Таким образом, результатом разработки является не только построение концепции эвакуатора, но и создание модели, которая в будущем может быть реализована и адаптирована для массового производства. Это делает проект актуальным для дальнейшего внедрения и коммерциализации, что может способствовать улучшению качества услуг в сфере эвакуации транспортных средств и повышению уровня безопасности на дорогах. В дальнейшем рекомендуется провести дополнительные испытания и улучшить проект с учётом полученного опыта и отзывов пользователей, что позволит максимально адаптировать продукт под реальные условия эксплуатации. [13, 18]

Список используемых источников

- 1 Аверьянов, Е.А. Технология машиностроения. - М.: Машиностроение, 1985.
- 2 Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин. - М.: Наука, 1988.
- 3 Андреев, Ю.Я. Антикоррозийная защита в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1986.
- 4 Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
- 5 Бойко А. В. Совершенствование методов диагностики тормозных систем автомобилей в условиях эксплуатации на силовых стендах с беговыми барабанами: дис. канд. техн. наук: 05.22.10: защищена 25.06.08/ Бойко Александр Владимирович. - Иркутск, 2008. – 217 с.
- 6 Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
- 7 Бродский В. В. – М: Наука, 1976. – 224 с.
- 8 Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей / И. А. Бухарин. – М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отд-ние, 1950. – 292 с.
- 9 Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 240 с.
- 10 Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
- 11 Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Колос, 1973. – 195 с.
- 12 Величко А. В. Анализ процесса торможения автотранспортного средства / А. В. Величко // Транспортные средства Сибири: Материалы

межвузовской научно-практической конференции. – Красноярск: КГТУ, 1995.
– с. 83-89

13 Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968.
– 219 с.

14 Гаджинский, А.М. Логистика. - М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 2000 – 234 с.

15 Гернер В.С. Исследование режимов контроля эффективности действия тормозных механизмов: дис. канд. техн. наук/ В. С. Гернер. - Харьков, 1970. – 153 с.

16 Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей. – М. Транспорт. 1970.

17 Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.

18 Горлатов С.Е. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Методические указания к курсовой работе. – Оренбург: ОГУ, 2002 – 28 с.

19 ГОСТ Р 52302–2004. Автотранспортные средства. Устойчивость и управляемость. Технические требования. Методы испытания. – М. : Изд-во стандартов, 2005.

20 Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.

21 Гредескул А. Б. Динамика торможения автомобиля: дис. ... докт. техн. наук / А. Б. Гредескул. – Харьков, 1963. – 271 с.

22 Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.

23 Гуревич Л. В., Тормозное управление автомобиля / Л. В. Гуревич, Р. А. Меламуд. – М.: Транспорт, 1978. – 152 с.

24 Гурьянов С. И. Повышение точности диагностирования тормозных свойств автопоездов на стенде / С. И. Гурьянов. // Диагностика автомобилей:

III всесоюзная научно-техническая конференция: тезисы докладов. - Улан-Удэ, 1989. – с. 147-148.

25 Дик А. Б. Описание характеристик проскальзывания тормозящего колеса / А. Б. Дик // Надежность и активная безопасность автомобиля : сб. науч. тр. / МАМИ. – М, 1985. – с. 205-216.

26 Димов Н. Н. Оценка возможности воспроизведения реальных режимов торможения автомобиля на стендах с беговыми барабанами : автореферат / Н. Н. Димов. - Харьков, 1987. – 20 с.

27 Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / А. А. Хачатуров [и др.]; под ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.

28 Джонсон М. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке/ М. Джонсон, Ф. М. Лион. – Мир, 1981. – 610 с.

29 Енаев А. А. Основы теории колебаний автомобиля при торможении и ее приложения. – М.: Машиностроение, 2002. – 341 с.

30 Ечеистов Ю. А. Неустановившееся торможение автомобильного колеса / Ю. А. Ечеистов, В. В. Бернацкий // Безопасность и надежность автомобиля : сб. науч. тр. – М: МАМИ, 1981. – с. 16-23.

31 Козлов, Б.А., Ушаков, И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. - М.: Советское радио, 1975. – 224 с.

32 Котлер Ф. Маркетинг менеджмент. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.

33 Лахтин, Ю.М. Материаловедение. - М.: Машиностроение, 1990.

34 Николаев, Г.А. Сварка в машиностроении: Справочник: В 4 т. - М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.

35 Писаренко, Г.С., Лебедев, А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. - Киев: Наукова думка, 1976. – 640 с.

- 36 Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление/Пер. с нем. В.Н. Пальянова; Под ред. А. А. Гальбрейха.- М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
- 37 Стенды тормозные силовые «СТС». Руководство по эксплуатации 10У. 14.00.00.000. - Великий Новгород, 2007. – с. 52.
- 38 Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.
- 39 Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963 – 263 с.
- 40 Феодосьев В.И. «Сопротивление материалов». – М: Наука, 1986. – 512 с.
- 41 Чудаков Е.А. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1950 – 384 с
- 42 Gethoffen H. Einsatz von Mikroprozessoren in der Nachrichtentechnik. Mikroprozessoren und ihre Anwendungen. / H. Gethoffen // Hrsg. von W. Hiibert und R. Piloty. Munchen, Wien, R. Oldenbourg Verlag, 1977.
- 43 Johnson M. Statistics and experiment planning in engineering and science/ M. Johnson, F. M. Lyon. – Mir, 1981. – 610 p.
- 44 Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.
- 45 Pacejka H.B. Some recent investigations into dynamics and frictional behavior of pneumatic tires / H.B. Pacejka// Phys. Tire tract: Theory and Exp. -New - York - London, 1974.
- 46 Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификация

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
	A1				25.ДППЗА.109.6100.000СБ	Сборочный чертеж		
	A4				25.ДППЗА.109.6100.000ПЗ	Пояснительная записка		
						Сборочные единицы		
Справ. №	Б4	1			25.ДППЗА.109.6100.0100	Рама в сборе	1	
	Б4	2			25.ДППЗА.109.6100.0200	Платформа в сборе	1	
	Б4	3			25.ДППЗА.109.6100.03.00	Ступица колеса в сборе	2	
	Б4	4			25.ДППЗА.109.6100.04.00	Колесо с шиной в сборе	2	
	Б4	5			25.ДППЗА.109.6100.05.00	Устройство сцепное	1	ТК-175
	Б4	6			25.ДППЗА.109.6100.06.00	Ролик в сборе	4	
	Б4	7			25.ДППЗА.109.6100.07.00	Опорное устройство	3	
	Б4	8			25.ДППЗА.109.6100.08.00	Крыло в сборе	2	
Подп. и дата								
						Детали		
Инд. № докл.								
		11			25.ДППЗА.109.6101.011	Труба 63х63х1620 ГОСТ 380-75	1	
		12			25.ДППЗА.109.6101.012	Труба 63х45х1880 ГОСТ 380-75	1	
		13			25.ДППЗА.109.6101.013	Труба 40х25х1450 ГОСТ 380-75	1	
Взам. инд. №		14			25.ДППЗА.109.6101.014	Труба 40х25х150 ГОСТ 380-75	2	
		15			25.ДППЗА.109.6101.015	Труба 40х25х347 ГОСТ 380-75	2	
		16			25.ДППЗА.109.6101.016	Труба 40х25х150 ГОСТ 380-75	2	
		17			25.ДППЗА.109.6101.017	Кронштейн балки	2	
Подп. и дата		18			25.ДППЗА.109.6101.018	Кронштейн ступицы	2	
Инд. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	25.ДППЗА.109.61000		
	Разработ.	Калинин				Прицеп-эвакуатор легковых автомобилей		
	Проб.	Турбин						
	Н.контр.	Турбин						
	Утв.	Бодяровский				Лит. Лист Листов 1 1 3 ТГУ, ИМ гр. АТС-2001а		

Рисунок А.1 – Спецификация на прицеп-эвакуатор легковых автомобилей

Продолжение приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		19	25.ДППЗА.109.6.101019	Ступица колеса	2		
		20	25.ДППЗА.109.6.101020	Колесо 5½ Jx13H2	2		
		21	25.ДППЗА.109.6.101021	Шина 165/70R13	2		
		22	25.ДППЗА.109.6.101022	Вентиль TR-413	2		
		23	25.ДППЗА.109.6.101023	Болт крепления колеса	8		
		24	25.ДППЗА.109.6.101024	Труба 40x25x1460 ГОСТ 380-75	1		
		25	25.ДППЗА.109.6.101025	Труба 40x25x1420 ГОСТ 380-75	1		
		26	25.ДППЗА.109.6.101026	Труба 40x25x250 ГОСТ 380-75	2		
		27	25.ДППЗА.109.6.101027	Труба 40x25x250 ГОСТ 380-75	2		
		28	25.ДППЗА.109.6.101028	Угол 25x15x250 ГОСТ 380-75	8		
		29	25.ДППЗА.109.6.101029	Угол 25x15x560 ГОСТ 380-75	2		
		30	25.ДППЗА.109.6.101030	Швеллер 50x40x240 ГОСТ 1120-78	2		
		31	25.ДППЗА.109.6.101031	Кронштейн крыла	2		
		32	25.ДППЗА.109.6.101032	Крыло	2		
		33	25.ДППЗА.109.6.101033	Труба Ø22x340 ГОСТ 650-75	1		
		34	25.ДППЗА.109.6.101034	Труба Ø22x165 ГОСТ 650-75	2		
Инф. № подл.	Подп. и дата	35	25.ДППЗА.109.6.101035	Опора стойки	3		
		36	25.ДППЗА.109.6.101036	Винт М8x100	3		
		37	25.ДППЗА.109.6.101037	Втулка	3		
		38	25.ДППЗА.109.6.101038	Площадка	1		
		39	25.ДППЗА.109.6.101039	Втулка	1		
		40	25.ДППЗА.109.6.101040	Втулка	1		
		41	25.ДППЗА.109.6.101041	Крышка	1		
		42	25.ДППЗА.109.6.101042	Упор платформы	2		
Взам. инв. №	Инв. № дубл.						
Подп. и дата							
Инф. № подл.		45		Гайка М12 ГОСТ 5927-70	8		
		46		Шайба 16 ГОСТ 11371-78	8		
		47		Болт М14x45 ГОСТ 15589-70	8		

Копировал

Формат А4

Рисунок А.2 – Спецификация на прицеп-эвакуатор легковых автомобилей

Продолжение приложения А

[illegible]

Рисунок А.2 – Спецификация на прицеп-эвакуатор легковых автомобилей