

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, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) /специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему Проект прицепа для перевозки спортивного болида «Формула-
Студент»

Обучающийся

М.Ю. Семеренко

(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 2024

Аннотация

Тема дипломного проекта «Проект прицепа для перевозки спортивного болида «Формула-Студент».

Актуальность данной темы обусловлена тем, что современные тенденции в автомобилестроении предъявляют повышенные требования к надежности легковых автомобилей малого и среднего классов. Это требует применения узлов и агрегатов новых типов, работающих на иных механических принципах, нежели традиционные узлы, применяемых в конструкциях агрегатов шасси ранних типов. Для легковых автомобилей это особенно актуально еще и по причине условий их работы. В дорожных условиях особенно важна способность безотказной работы в течение длительного времени. [3]

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

Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.

Целью дипломного проекта является разработка конструкции устройства для транспортировки спортивных болидов на уровне технического проекта. Логически структура дипломного проекта разделена на следующие части, связанные между собой: анализ существующих технических решений конструкции, тяговый расчет транспортного средства для которого разрабатывается устройство, разработка устройства для транспортировки спортивных болидов, силовые и прочностные расчеты наиболее ответственных узлов и деталей устройства для транспортировки спортивных болидов, разработка технологического процесса.

Отдельно необходимо отметить, что результаты выполненной работы в рамках дипломного проекта имеют не только теоретическое, но также обладают и практическим значением. Разработанная конструкция может быть реализована в рамках серийного производства и использована для транспортировки спортивных болидов.

Abstract

The topic of the graduation project is "Development of a device for transporting sports cars "Formula Student". The relevance of this topic is due to the fact that modern trends in the automotive industry place increased demands on the reliability of passenger cars of small and medium classes. This requires the use of new types of units and aggregates operating on different mechanical principles than the traditional units used in the designs of chassis units of earlier types. For passenger cars, this is especially important also because of their working conditions. In road conditions, the ability of trouble-free operation for a long time is especially important. [3]

The diploma project consists of the following sections: introduction, six chapters revealing the topic of the project, conclusion, list of sources used, including foreign ones.

The graphic part of the diploma is presented on ten sheets of A1 format.

The purpose of the diploma project is to develop a design of a device for transporting sports cars at the level of a technical project. Logically, the structure of the diploma project is divided into the following parts related to each other: analysis of existing technical design solutions, traction calculation of the vehicle for which the device is being developed, development of a device for transporting sports cars, power and strength calculations of the most critical components and parts of the device for transporting sports cars, development of the technological process. Separately, it should be noted that the results of the work performed within the framework of the diploma project are not only theoretical, but also have practical significance.

The developed design can be implemented in the framework of mass production and used for the transportation of sports cars.

Содержание

Введение.....	6
1 Основание и развитие проекта «Формула студент ТГУ»	9
1.1 Инжиниринговый проект «Formula-Student»	9
1.2 Основы разработки и конструирования спортивных болидов	11
1.3 Транспортная логистика и перевозка болида.....	13
2 Тягово-динамический расчет	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	36
3 Разработка конструкции	39
3.1 Техническое задание.....	39
3.2 Техническое предложение	41
3.3 Предварительный проектный расчет	44
4 Технологический процесс транспортировки спортивного болида «Формула-Студент»	48
4.1 Общие положения.....	48
4.2 Требования к исполнителям операции	48
4.3 Разработка технологической карты на транспортировку	48
5 Безопасность и экологичность технического объекта	53
5.1 Конструктивная и технологическая характеристика объекта	53
5.2 Движение автомобиля при повороте	54

5.3 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков	58
5.4 Технические меры, применяемые для снижения рисков профессионального характера	59
5.5 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях	61
6 Экономическая эффективность автоприцепа для перевозки спортивных болидов «Формула-Студент».....	64
6.1 Технико-экономическое обоснование разработки проекта.....	64
6.2 Расчет затрат и экономической эффективности	65
6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции	71
Заключение	75
Список используемых источников.....	76
Приложение А Спецификация.....	80

Введение

Пассажировместимость легкового автомобиля оценивается максимальным числом одновременно перевозимых пассажиров с обеспечением необходимой комфортабельности и определяется размерами салона и расчетной прочностью автомобиля. Пассажировместимость на отдельных сидениях, включая переднее, зависит от ширины салона в зоне их расположения. Пассажировместимость заднего сиденья связана с расположением его по длине базы относительно колесных ниш задней оси. На автомобилях с приводом на передние колеса ввиду отсутствия заднего ведущего моста задние колеса можно сместить в зону багажного отделения, что позволяет разместить заднее сиденье перед багажниками в широкой части кузова, а значит увеличить пассажировместимость и комфортабельность салона. Однако база автомобилей при этом получается несколько больше, чем у автомобилей других компоновочных схем.

Компактность и комфортабельность – важные свойства автомобиля – находятся в обратной зависимости между собой, что вызывает необходимость рассматривать их во взаимосвязи. Автомобили с минимальными размерами обычно не обеспечивают необходимой комфортабельности, поэтому приходится увеличивать размеры салона и, соответственно автомобиля.

Для сопоставительного анализа автомобилей различных компоновочных схем за основу оценки выбрана степень использования объема двигателя, а степени использования длины и площади рассматриваются как вспомогательные. При сравнительных испытаниях автомобилей обычно определяют объемы их багажных отделений, которые включают в общие оценки. Следует отметить, что автомобили классической компоновки и с задним расположением двигателя отличаются небольшими объемами багажных отделений, в то время как у автомобилей с приводом на передние колеса имеются возможности для увеличения объемов салонов и багажных отделений. Следует отметить, что единая методика определения объема багажного отделения отсутствует

Известно, что дорожные испытания в большей мере приближены к реальным условиям эксплуатации, их результаты отражают реальное поведение шин на дороге, соответствующей данному участку. Следует отметить, что точность измерений в дорожных испытаниях обычно несколько ниже, чем в лабораторных. Поэтому в процессе исследований характеристик шин проводят как дорожные, так и лабораторные испытания. Для дорожных испытаний может быть использован шинный тестер и тензометрическая платформа.

Для автомобилей с продольным последовательным расположением силового агрегата возможности создания безопасных зон ограничены и могут быть реализованы при увеличении длины подкапотного пространства, они обладают наиболее благоприятными условиями для обеспечения безопасных деформируемых зон при малых размерах подкапотной части.

Для определения реакций, возникающих от дороги на колесо, на все двенадцать балочек равного сопротивления наклеиваются тензометрические датчики, соединяемые в измерительные мосты. Градуировка тензометрических балочек проводится перед установкой на плиту. Затем в процессе испытаний выполняются контрольные градуировки с помощью образцовых динамометров и грузов.

В процессе испытаний отдельной шины или шин, установленных на автомобиле, тензометрическая платформа погружается в дорожное полотно таким образом, чтобы поверхность плиты совпадала с поверхностью дороги, а зазоры между стенками углубления и сварной рамой отсутствовали. При такой установке исключается удар колес.

Из массивной и жесткой сварной рамы, где на шариках установлена площадка, зафиксированная в боковом направлении четырьмя консольными тензометрическими балочками равного сопротивления и имеющая свободный ход в продольном направлении. Для исключения трения между балочками и площадкой при продольном перемещении на концы балочек надеты шариковые подшипники.

Статистические исследования загрузки легковых автомобилей в городских условиях эксплуатации показали, что 75% времени эти автомобили эксплуатируются с одним водителем, 12% - с водителем и одним пассажиром и 13% - с водителем и несколькими пассажирами. Кроме того, в городских условиях в среднем на один легковой автомобиль приходится 1,2–1,5 пассажира, и на такси – 1,75-1,8 пассажира. При загородных поездках легковые автомобили индивидуальных владельцев эксплуатируются с нагрузкой, близкой к номинальной, а иногда и с перегрузкой. При использовании специализированных автомобилей-фургонов особо малой, малой и средней грузоподъемности на внутригородских перевозках (торговая сеть, бытовое обслуживание и др.) нагрузка в течение примерно 50% общего пробега составляет 10-20% принятой номинальной нагрузки, в течение 30% пробега – 30-50% и в течение 5-15% пробега автомобиль работает с полной нагрузкой. Во всех нагрузочных режимах распределение нагрузки по осям изменяется.[19]

Известно, что дорожные испытания в большей мере приближены к реальным условиям эксплуатации, их результаты отражают реальное поведение шин на дороге, соответствующей данному участку. Следует отметить, что точность измерений в дорожных испытаниях обычно несколько ниже, чем в лабораторных. Поэтому в процессе исследований характеристик шин проводят как дорожные, так и лабораторные испытания. Для дорожных испытаний может быть использован шинный тестер и тензометрическая платформа.

1 Основание и развитие проекта «Формула студент ТГУ»

1.1 Инжиниринговый проект «Formula-Student»

Зарождением проекта считается 1981 год, когда инициативная группа «американских инженеров – автомобилистов из Хьюстонского университета начала свою работу. Немного ранее, стали проводиться спонтанные развлекательные соревнования студентов Техаса, которые выступали на газонокосилках, модернизированных в багги еще в 1978 году. Этот импульс приобрел международный масштаб и завоевал огромную популярность у современных студентов высших учебных заведений. В основе задач инженерного сообщества студентов – сборка оригинальных болидов по собственным проектам участие в соревнованиях в группе автомобилей конкретного типа. »[1]

«Автомобиль должен быть собран по собственной технологии, которую команда будущих инженеров должна самостоятельно разработать. Также должна быть изготовлена техническая и конструкторская проектные документации для своего автомобиля, подобраны все узловые элементы и детали, проведена сборка, и все это должно соответствовать регламенту соревновательного международного проекта. »[1]

В нашей стране, «первооткрывателями соревнований стала команда МАДИ, их первый гоночный болид вошел в историю развития Российского проекта и представлен на рисунке 1. Вторыми были студенты из Московского Машиностроительного Университета. Команды этого университета в настоящее время являются постоянными участниками соревнований, добиваются неплохих результатов и прогрессируют в техническом плане. Первый гоночный болид этой команды представлен на рисунке 2»[14].

В Тольяттинском Государственном Университете проект поддержали в 2007 году, вслед за москвичами. «Была создана первая команда ТГУ «SPC Formula», что можно считать началом истории развития проекта «Формула студент» в ТГУ. Тольяттинская команда была третьей Российской командой,

принявшей участие в создании оригинального болида,»[1] когда студенческая команда ТГУ впервые заявила в 2008 году на участие в международных соревнованиях «Formula Student» как создатели гоночных автомобилей.



Рисунок 1 - Первый Российский болид Формула Студент команды МАДИ



Рисунок 2 - Болид - первенец команды из МАМИ

«Представленный на рисунке 3 первый болид ТГУ, был спроектирован и собран в экспериментальной производственной лаборатории университета. Первое детище команды тщательно выверялся с регламентными

требованиями международных соревнований.»[1] Благодаря победам студенческой команды в конкурсных номинациях соревнований российских этапов, был засвидетельствован сравнительно высокий профессиональный уровень выполненных работ[32].



Рисунок 3 - Первый болид проекта «формула-студент» команды ТГУ

1.2 Основы разработки и конструирования спортивных болидов

«Опыт, приобретенный во время разработки и создания болидов, является уникальным и дает будущим инженерам большое преимущество на рынке труда. Многие технические корпорации и более мелкие фирмы стремятся приобрести таких специалистов и даже вырастить их, оказывая всестороннюю поддержку в экономическом, информационном и техническом плане.

Инициаторами спортивно-технических соревнований выступили студенты Техасского университета и сформировали из отдельных любителей гонок на»[17] «болидах организованные сообщества. Первые 6 команд состязались в технических и спортивных достижениях в 1981 году. В

настоящее время состязания проводят для различных серий гоночных автомобилей. В основном, это три класса болидов:

К первому классу относят внедорожники малого веса - «Мини-Баха».

Ко второму классу «Формула Студент» относят болиды с углеводородными или электрическими приводами.

К 3 классу «Формула Гибрид» относят гоночные легкие автомобили с силовой установкой гибридного типа.

В настоящее время интенсивно развиваются такие направления проекта как беспилотные летательные аппараты, снегоходные аппараты различных типов, супер экономичные автомобили «Supermileage». По перспективам развития всех превосходят гоночные автомобили класса «Formula Electric».

Официальные соревнования в США представлены тремя сериями, из которых наиболее широкомасштабным является серия штата Мичиган. В последние годы на Мичиганском этапе в состав 120 команд, участвующих в студенческих состязаниях, вошло более 2000 будущих инженеров.

Значимый авторитет на международной арене имеют этапы Formula SAE, проводимые в Германии, Японии, Италии, Бразилии и Австралии. Однако, элитарными и самыми престижными считаются выступления команд на трассе в Сильверстоуне, Великобритания. Завоевывают свою популярность и неофициальные состязания, организованные в Австрии, Испании, Венгрии и некоторых других странах.

Российские соревнования «Formula Student» имеют достаточный авторитет и признание во всем мире, и потому собирают большое количество команд из университетов стран Запада и Востока. Международные соревнования способствуют тесному общению студентов из различных вузов мира, обмену опытом и знаниями, а значит содействуют совершенствованию их технических проектов и всестороннему развитию их личности. Работа над проектом болида никак не входит в состав основного учебного процесса и занимает много»[1] «времени. Несмотря на это, работа в команде над

созданием гоночного автомобиля захватывает учащихся настолько, что становится главным увлечением жизни, практикой креативного направления.

В состав студенческой команды «Формула Студент» ТГУ как правило входят до сорока учащихся. Остов творческого сообщества образуют студенты кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» нашего университета. » [13]

1.3 Транспортная логистика и перевозка болида

«Работе в команде является основной задачей по развитию способностей инженерной, творческой и экономической деятельности студентов при подготовке к соревнованиям. Также и такие сферы деятельности, как проектирование, дизайн, механика, реклама, логистика и многие другие развиваются за время работы студентов над проектом автомобиля.

Formula Student насчитывает более 35 лет, начало положено в 1981 году, это закономерно дает право назвать проект успешно состоявшимся. Этапы чемпионатов, как правило, включают в себя несколько определенных разделов. Разные страны имеют право и возможности принимать этапы соревнований. К ним относятся такие, например как США, Австрия, Германия, Испания, Венгрия, Австралия, Великобритания, Китай, Италия и другие. » [1]

«В нашей стране заинтересованность принять участие в данном классе соревнований проявляют многие российские команды, из таких городов -миллионников, как Москва, Тюмень и Екатеринбург, а также команда ТГУ. В этой связи перед студентами поставлена нелегкая задача - как перевезти спортивные болиды по стране и из одной страны в другую, ведь соревнования всё-таки международные.» [1]

«В регламенте прописано, что гоночный болид запрещено использовать в качестве личного транспортного средства. Автомобили могут двигаться своим ходом только на трассах для практики и соревнований. Именно решению этой проблемы и посвящена данная работа, главная цель которой -

обосновать доступные методы и пути перевозки гоночного болида весом около 350 кг и размерами 2,5x1,5 м. на различные расстояния.

Разными транспортировочными возможностями для существующих типов грузов обладают такие виды транспорта, как наземный, водный и воздушный.»[27]

«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.» [1]

Вывод по разделу:

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

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»[21] 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

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

Компактность автомобилей в нашей стране оценивается с помощью коэффициентов (измерителей) компактности $\eta_{cn} = L_a B_d / n$ 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

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 $\eta_{II} = F_c/n$ (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.

На рисунке 4 представлена «схема сил, действующих на автомобиль».

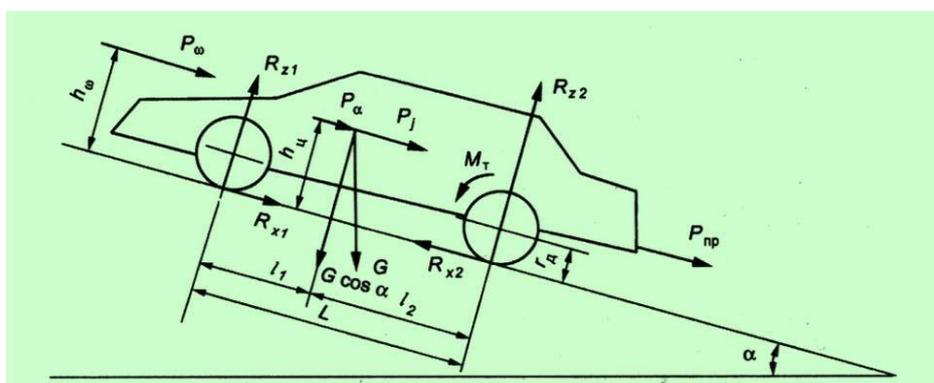


Рисунок 4 – Схема действия сил при прямолинейном движении

Сила сопротивления качению P_f ; 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

«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:

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

где m_q - масса водителя или пассажира.

При расчетах принимают $m_q = 75$ кг; n – число мест для сидения пассажиров; m_b - масса багажа.» [1]

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 массе уменьшается 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.

«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» [1] $\eta_{qm} = m_c / m_{cn}$.

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 «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_{TR} 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_{TR} трансмиссии первых автомобилей на 1-2% выше, чем вторых.

Основным входным параметром большинства измерителей «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 $N_e = f(\omega_e)$; $M_e = f(\omega_e)$.

Уравнение второй степени (24) в системе координат ω_e, Me 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, 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. Сила сопротивления подъему:

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

Крутизна дороги характеризуется углом α_{Π} подъема или величиной уклона 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;

$F_{Л}$ - площадь лобового (миделева) сечения, определяемая по фронтальной проекции автомобиля на плоскость.

Площадь лобового сечения автомобиля находится приблизительно: для грузовых $F_{Л} = B \cdot H_a$ и для легковых $F_{Л} = 0,78 \cdot B_a \cdot H_a$.

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. «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» [1] у этих автомобилей проще получить форму кузова с меньшими значениями c_x . Обтекающие кузов автомобиля потоки воздуха представлены на рисунках 5 и 6.

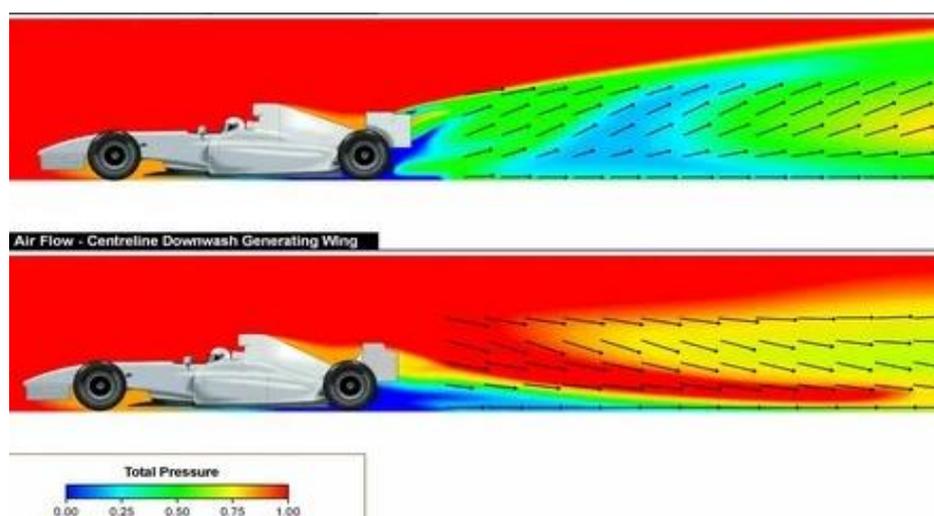


Рисунок 5 – Направление потоков воздуха

«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 $кг \cdot сек^2/м^4$. 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 $кг \cdot сек^2/м^4$.

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 6 – 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.» [4]

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 $2J_{R1} \frac{d\omega_K}{dt}$, где J_{K1} – момент инерции колеса относительно его оси, $\frac{d\omega_K}{dt}$, - угловое ускорение колеса.

«Окружная сила, необходимая для создания этого момента, равна $2 \frac{1}{r_K} J_{R1} \frac{d\omega_K}{dt}$, где r_K - радиус качения колес.

Угловое ускорение колеса $\frac{d\omega_K}{dt}$ может быть выражено через линейное ускорение автомобиля $\frac{d\omega}{dt}$. 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)

$$P_j = \left(\frac{G}{g} + 2 \frac{1}{r_K^2} \cdot J_{K1} \right) \frac{d\omega}{dt} \quad (10)$$

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.

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 [35]

Таблица 2 - Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета

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 ω_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 $\eta_{тр}$	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:

$$m_a = m_0 + m_ч \cdot n + m_б \cdot n, \quad (11)$$

где: m_0 – снаряженная масса автомобиля, кг;

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

n – число пассажиров;

$m_б$ – 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: »[4]

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

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 $M_I/M_A=0,53\div 0,56$, а при полной нагрузке $M_I/M_A=0,50\div 0,52$. 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 $M_I/M_A=0,48\div 0,6$. 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 «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 $D=0,25\div 0,35$. 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:

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

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

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^

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

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 $\delta_{II} = 1,2 \div 1,5$, $h_{д} = 0,5 \div 0,55$ 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 7.

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. [27]

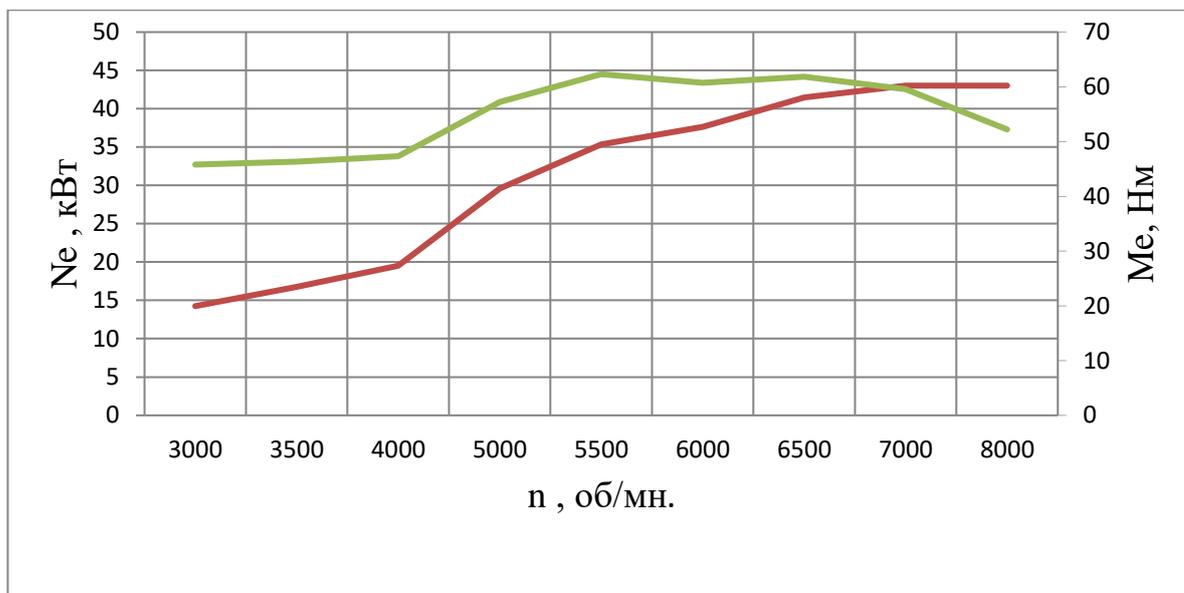


Рисунок 7 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

2.8 Тяговый расчет автомобиля с прицепом или полуприцепом

«Тяговый расчет автомобиля с прицепом или полуприцепом производится на основании тех же уравнений, которые приведены были выше для случая тягового расчета двухосного автомобиля. Так как динамическая характеристика для автомобиля с прицепом или полуприцепом отличается от такой характеристики для двухосного автомобиля только масштабом, то, очевидно, выводы, полученные выше для двухосного автомобиля, остаются справедливыми и для автомобиля с прицепом или полуприцепом. Необходимо лишь во все уравнения вместо веса автомобиля G вставить полный вес агрегата $G + G'$, где G' - вес прицепа или полуприцепа. Однако при тяговом расчете автомобиля с прицепом или полуприцепом могут быть поставлены новые вопросы, которые требуют дополнительного решения. К таким вопросам надо отнести:

- определение максимального полного веса прицепа или полуприцепа G , который допустим при заданном автомобиле-тягаче;
- определение нового передаточного числа в главной передаче i_0 или в редукторе i_P , которые надо выбрать для того, чтобы имеющийся автомобиль снабдить прицепом или полуприцепом.

Предельное значение допустимого веса G' прицепа или полуприцепа определяется той максимальной тяговой силой, которая может быть получена на ведущих колесах автомобиля-тягача. Так как всегда можно подобрать необходимое передаточное число, обеспечивающее должную тягу на ведущих колесах при том вращающем моменте двигателя M_T , то максимальное значение веса G' прицепа или полуприцепа ограничивается величиной сцепления ведущих колес с дорогой.

Для упрощения задачи пренебрегаем изменением радиальных реакций, происходящим при передаче через автомобиль-тягач тяговой силы. При этом весь расчет упрощается, а ошибка получается весьма небольшой. На рисунке 8 представлена схема автомобиля, снабженного прицепом. Предельное значение тяговой силы P_{fmax} на задних ведущих колесах автомобиля-тягача определяется из выражения:»[21]

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

где G – полный вес автомобиля.



Рисунок 8 - Схема автомобиля, снабженного прицепом

«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

При использовании на автомобиле с приводом на передние колеса такого же двигателя, что и на автомобиле классической компоновки, сила тяги на ведущих колесах может быть определена из уравнения (24). Решением этого уравнения в пределах возможных скоростей движения находится тяговая характеристика автомобиля.

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

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

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

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

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]

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

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

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

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.

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»[33] 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 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 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; »[39]

« $N_T = F_T \cdot V$ – 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;

$N_D = F_{и} \cdot V$ – 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 9 приведены результаты испытания коробки передач автомобиля при включении передач. [10]

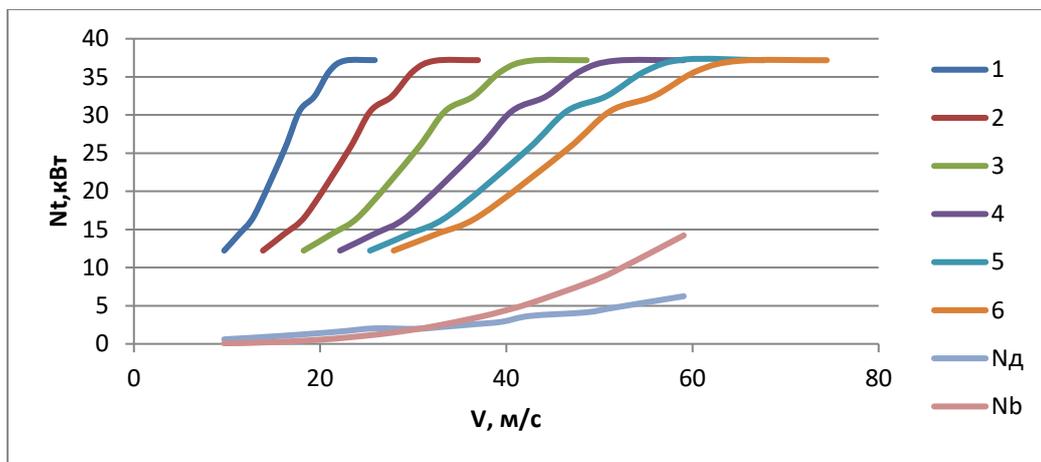


Рисунок 9 – Мощностной баланс

2.10 Тяговые характеристики автомобиля

При одинаковых силах тяги, подведенных от двигателя к ведущим колесам, автомобили с приводом на передние ведущие колеса преодолевают такие же максимальные подъемы, как и автомобили классической компоновки, только если центр масс у первых смещен к оси передних колес. Для определения величины смещения центра масс и степени влияния компоновочной схемы автомобиля на величину максимального угла подъема приравниваем правые части уравнений (21) и (22). Если автомобиль с приводом на задние колеса имеет равномерное распределение нагрузки по осям, т.е. в уравнении (23) $a=0,5 L$. После преобразований получим координату центра масс автомобилей с приводом на передние колеса, преодолевающих такие же максимальные подъемы, как и автомобили с

задними ведущими колесами при равномерном распределении нагрузки по осям в виде:

$$b = 0,5L + \varphi \cdot h_{д} + 2f \cdot r_{д} - f \cdot h_{д} \quad (31)$$

Для достижения одинаковых максимальных углов подъема по условию сцепления для рассматриваемых автомобилей необходимо, чтобы центр масс автомобиля с приводом на передние колеса был смещен вперед на величину

$\Delta a = \varphi \cdot h_{д} + 2f \cdot r_{д} - f \cdot h_{д}$. Из этого уравнения следует, что максимальный угол подъема по условию сцепления ведущих колес зависит от конструктивных параметров L , b , $h_{д}$, $r_{д}$ и дорожных условий, характеризующихся величинами φ и f . Проведенные расчеты показали, что с достаточной степенью точности уравнение может быть представлено как $b = 0,5L + \varphi \cdot h_{д}$.

При $\varphi = 0,4$ сцепные свойства автомобилей двух рассматриваемых компоновочных схем приблизительно равны, а максимальные углы подъема для обоих автомобилей составляют примерно 10° . При больших коэффициентах сцепления зависимости $\alpha_{п} = f(\varphi)$ рассматриваемых автомобилей отличаются существенно. Проведенный анализ движения на подъем равномерен для автомобилей с полной нагрузкой. Однако легковые автомобили значительную часть времени эксплуатируются с частичной нагрузкой и большой интерес представляет исследование тягово-динамических свойств при движении автомобилей на подъем при неполной нагрузке.

Максимальный угол подъема при неполной нагрузке и заданной скорости движения с учетом возможностей двигателя $\alpha_{пдмакс}$ может быть определен из отношения правой и левой частей формулы (24) при полной и частичной нагрузках, в которое следует подставлять при полной нагрузке массу M_a , а при частичной – массу $M_{и}$ автомобиля при неполной нагрузке. При частичной нагрузке у автомобилей обеих компоновочных схем обычно оказываются не полностью загруженными задние сиденья и багажное

отделение, при этом уменьшается нагрузка (абсолютная и относительная) на задних колесах и возрастает (относительная) нагрузка на передних колесах, т.е. происходит смещение центра масс у обоих автомобилей к оси передних колес, а следовательно, выравниваются возможности преодоления подъемов этими автомобилями.

По результатам расчетов построены графики и на рисунке 10.

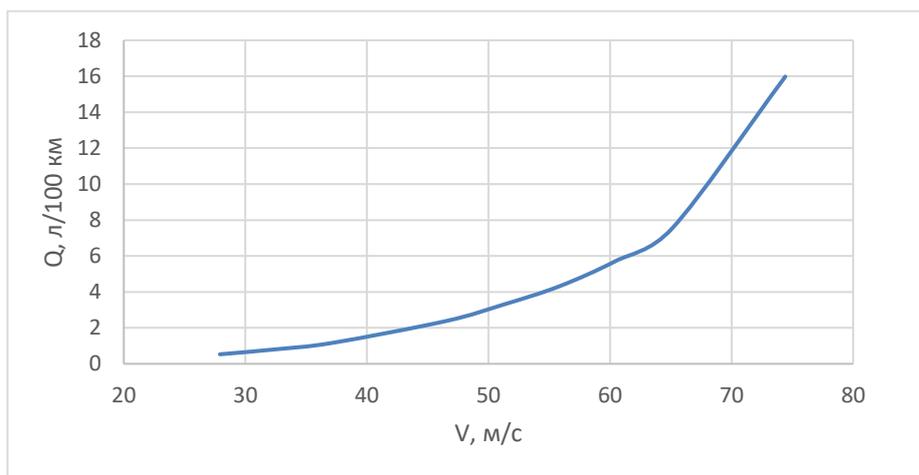


Рисунок 10 – Путь расход топлива» [1]

Вывод:

Распределение нагрузки по осям для автомобилей всех компоновочных схем зависит от компоновки узлов и агрегатов, обеспечивающих удобство размещения пассажиров в салоне, их посадки и выхода, управляемости и устойчивости, а также тягово-сцепных свойств, особенно для автомобилей с приводом на передние колеса.

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 «Формула-Студент», перемещения болидов при выполнении различных работ. Схема устройства представлена на рисунке 11.

3.1.3 Назначение объекта

Передвижной прицеп для спортивного болида проекта «Формула-Студент», предназначенный для транспортирования болидов, работает в режиме выполнения работ до нормативных параметров путём приложения разнонаправленных усилий. Источники разработки» [11]

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» [1].

«Передвижной прицеп для спортивного болида проекта «Формула-Студент» 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» [16].



1 – «стойки, 2 – платформа 3 - основание

Рисунок 11 – Схема одноосного прицепа

Параметры подъемника:

Грузоподъемность – 500 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 подготовке спортивных соревнований, демонстрации на выставках, перемещений внутри территории Тольяттинского государственного университета, учебных лабораторий кафедры ПЭА» [25].

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» [18].

«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 12).



Рисунок 12 – 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 13) предназначен для легковых автомобилей всех марок, имеющих отбортовку порогов.



Рисунок 13 – 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.» [27]

«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 14).



Рисунок 14 – 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

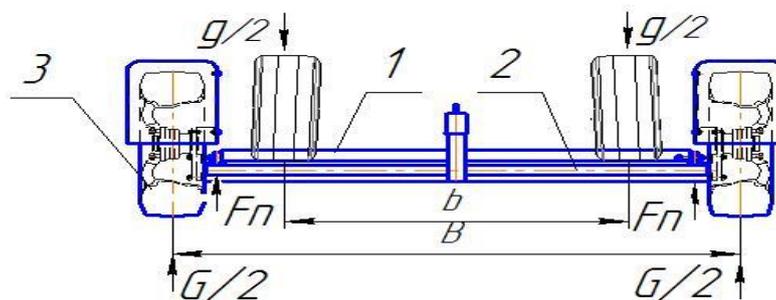
Показатели	СВ-50	СВ-1,5	ТР-6-0
Производитель	ЗАО «Слон»	ОАО «МПЗ»	СП "Мега"
Грузоподъёмность, кг	400	1600	800
Высота погрузки, мм	450	710	650
Габарит,» [2] м	1,9x1,95x0,76	2,4x4,05	1,890x1,860

Таблица 4 – Оценка потребительских качеств прицепов автомобилей

Шифр подъемника	Грузоподъёмность	Время подъёма	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, грузоподъёмности. [2] «Схема действия сил показана на рисунке 15.



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

g – нагрузка; G – реакция дороги;

B – база передних колес; F_n – реакция ролика;

Рисунок 15 – 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 16).

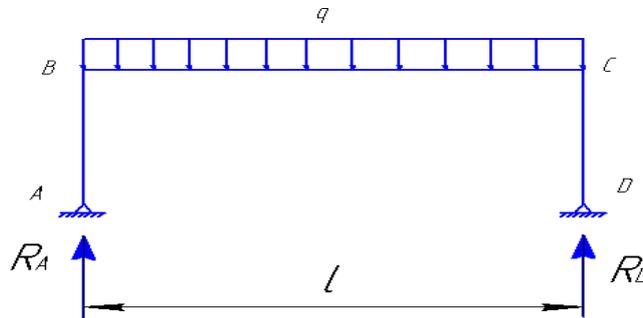
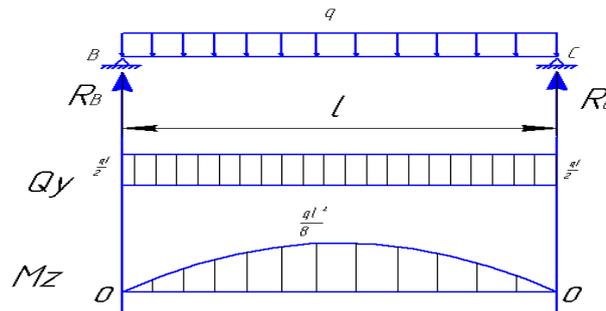


Рисунок 16 - Реакция и нагрузка на платформу

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

Эпюры для расчета на прочность платформы изображены на рисунке 17.» [7]



«Рисунок 17 - Эпюры для расчета на прочность платформы

Рассчитывается реакция опор:

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

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

Из формул (32) - (33) следует» [29]:

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

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

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

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

Опасное сечение платформы (рисунок 18 и 19) находится в середине, где изгибающий момент достигает экстремума: [41]

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

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

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 $l = 1,860 \text{ м}$.

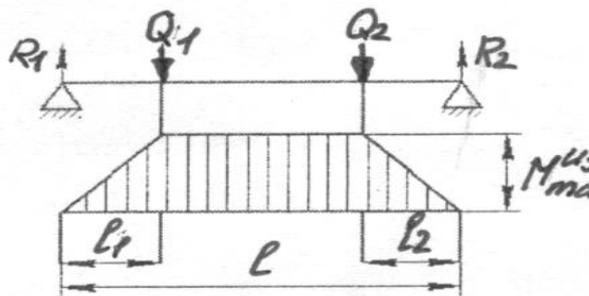


Рисунок 18 – Распределение изгибающего момента по платформе

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, где изгибающий момент достигает максимума [8]:

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

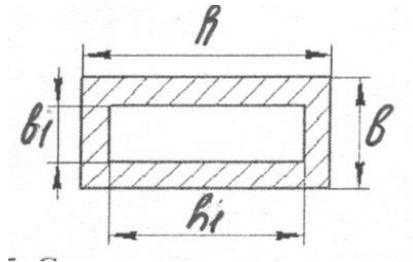


Рисунок 19 – Сечение трубы траверсы платформы

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 $_100 \times 60 \times 4$ 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 для болида:

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 спортивного болида «Формула-Студент»

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 технологической карты на транспортировку

Согласно инструкции [24] 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 20. Подъем и опускание болида нужно проводить в последовательности, как представлено в технологической карте в таблице 5.»[45]



Рисунок 20 – Рабочие элементы устройства

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

Таблица 5 - Технологическая карта транспортировки спортивного болида «Формула-Студент»

№ п/п	Наименование операции, перехода	Место выполнения	Исполнитель	Оборудование	Трудоемкость, мин.	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
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 спортивного болида					
2.1	Закатить спортивный болид на платформу прицепа передними колесами. Убедиться в устойчивом положении колес на платформе.	то же	то же	Прицеп,	2,5	->[23]
2.1	Зафиксировать передние колеса спортивного болида 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 спортивного болида
---	------------------------------------

1	2	3	4	5	6	7
3.1	Произвести транспортировку спортивного болида. Максимальная скорость движения - 50 км/час	-	Слесарь 2 р.	Прицеп, тягач		
4	Снятие спортивного 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 накидной 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 спортивный болид с платформы прицепа. Снять с платформы направляющие траверсы, убрать прицеп в штатное место для хранения, привести элементы прицепа в стояночное положение	-	то же	Гайко-верт головка на 17 мм	3,5	Момент страгивания 15-25 Нм

Выводы по разделу:

Модернизация проектируемого участка заключается в применении в

процессе технического обслуживания устройства по транспортированию» [1] «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. [26]

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..» [36]

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

«Рассмотрение динамики системы водитель – автомобиль – дорога связано со значительными трудностями. Водители отличаются физиологическими и психологическими данными, имеют разную профессиональную подготовку. Автомобиль как механическая система конструктивно состоит из большого числа узлов и механизмов, имеющих различные взаимные связи и общие связи через колеса с дорогой. Автомобильные дороги, в свою очередь, характеризуются большим разнообразием микро- и макронеровностей, закруглений (в плане), сцепных свойств с колесом и другими факторами. В дальнейшем динамика движения автомобиля с приводом на передние колеса оценивается методом сравнения с динамикой автомобилей классической компоновки, а иногда и с задним расположением двигателя. [2]

Для аналитического исследования управляемости и устойчивости автомобиля используют математические модели различной сложности. При создании пяти массовой модели (массы кузова и четырех колес с неподрессоренными частями) получается сложная и громоздкая система уравнений, неравнозначно влияющих на управляемость и устойчивость автомобиля. Для решения такой системы порой сложно подобрать соответствующие входные параметры, поэтому в настоящее время широко используется одна массовая модель с шестью степенями свободы. Линейные перемещения модели рассматриваются в неподвижной системе координат X_0 , Y_0 , Z_0 , а угловые перемещения кузова автомобиля – в системе координат, закрепленной в центре масс и перемещающейся вместе с автомобилем.»[24]

Закономерность изменения стабилизирующих моментов при наличии реакций от тормозных сил или сил тяги – обратная по сравнению с боковыми реакциями. При наличии тормозных сил стабилизирующие моменты

уменьшаются практически по линейному закону, причем тем существеннее, чем больше угол увода. С увеличением угла увода и тормозной силы стабилизирующие моменты могут принимать отрицательные значения. При наличии силы тяги стабилизирующие моменты возрастают (до некоторых значений этой силы), а затем начинают падать. Максимум стабилизирующего момента смещается в сторону больших значений R_z при увеличении нормальной нагрузки на колесо. [30]

Полученные результаты испытаний для исследованных шин в различных режимах движения колеса показывают, что в приближенных расчетах эксплуатационных свойств автомобиля при отсутствии скольжения и углах увода $\delta \leq 4^\circ$ можно принимать коэффициенты сопротивления уводу в тормозном режиме постоянными, а в ведущем режиме – линейно уменьшающимися с увеличением силы тяги. Для расчетов с большей точностью следует применять сложные зависимости [4, 5]. Стабилизирующие моменты остаются примерно постоянными в ведущем режиме и уменьшаются по линейной зависимости с увеличением тормозных сил. Продольные реакции, ограничивающие возможности применения таких закономерностей, определяются точностью расчета, φ и нормальной нагрузкой колеса. Так, при коэффициенте сцепления $\varphi=0,65$ и тормозной силе 750 Н близкое постоянство коэффициента уводу сохраняется для нормальных нагрузок колеса $G_K \geq 3$ кН. При меньших нормальных нагрузках отклонения становятся существенными.

При наличии продольной тяговой реакции R_{zx} боковые реакции постоянно снижаются. Такие закономерности сохраняются до углов увода $\delta=6^\circ$. При $\delta=8^\circ$ разность боковых реакций при наличии реакций тормозных сил или сил тяги уменьшается, а при $\delta=10^\circ$ практически отсутствует

5.2 Движение автомобиля при повороте

Поворачиваемость автомобиля является одним из важных свойств, определяющих управляемость и существенно влияющих на устойчивость автомобиля. Поворачиваемость определяется траекторией движения

автомобиля и зависит от многочисленных его конструктивных и эксплуатационных параметров.

В качестве «идеального» по поворачиваемости принимаем автомобиль, который имеет траекторию движения, соответствующую кинематике рулевого привода при равенстве углов увода δ_n передних и задних колес. Радиус поворота такого автомобиля независимо от конструктивных и эксплуатационных параметров при всех скоростных режимах $R_o = L/tg\theta_o \approx L/\theta_o$. В процессе эксплуатации при реальных конструктивных параметрах невозможно обеспечить равенство углов увода ($\delta_n = \delta_z$), а следовательно, совместить траектории движения «идеального» и реального автомобиля $R = L/(\theta - \delta_n + \delta_z)$, значимость многочисленных параметров, влияющих на траекторию движения, выражается через углы увода δ_n и δ_z .

Для оценки поворачиваемости широкое распространение получили понятия недостаточной, избыточной и нейтральной поворачиваемости. Разные исследователи по-разному определяют эти понятия. Так, некоторые исследователи оценивают поворачиваемость автомобиля через соотношение углов увода δ_n передней и δ_z задней осей. При $\delta_n > \delta_z$ поворачиваемость недостаточная, при $\delta_n < \delta_z$ - избыточная; при $\delta_n = \delta_z$ - нейтральная. Иногда поворачиваемость оценивают по соотношению теоретического R_o (при отсутствии углов увода) и действительного R радиусов кривизны траектории движения автомобиля; если поворачиваемость недостаточная, $R > R_o$; если избыточная, $R < R_o$; если нейтральная, $R = R_o$.

Отраслевая нормаль предлагает следующее определение: недостаточная, нейтральная и избыточная поворачиваемость – свойство автомобиля соответственно увеличивать, не изменять или уменьшать радиус поворота при повышении скорости движения по окружности с закрепленным рулевым управлением. Первые два определения поворачиваемости взаимосвязаны между собой, а различие их выражений обусловлено методикой испытаний автомобиля на поворачиваемость. Следует отметить, что эти определения являются частными, применимыми к конкретному

режиму движения, не обеспечивают функциональной зависимости, а также адекватности перехода от недостаточной к избыточной (от избыточной к недостаточной) поворачиваемости автомобиля и не могут характеризовать поворачиваемость автомобиля для всех скоростных и нагрузочных режимов движения. Последнее определение более полно характеризует поворачиваемость, адекватно описывает изменение поворачиваемости для конкретного автомобиля. Оно принимается в дальнейшем изложении. Кроме того, различают шинную, креновую поворачиваемость, а иногда и поворачиваемость вследствие податливости рулевого привода. Шинная поворачиваемость – поворачиваемость, возникающая в результате увода шин передних и задних колес. Креновую поворачиваемость определяют через развал колес при крене кузова и независимых подвесках или через разворот мостов при зависимых подвесках.

Для оценки степени влияния каждой составляющей на суммарную поворачиваемость автомобиля проведены дорожные испытания макета полноприводного автомобиля с поочередным отключением переднего или заднего ведущего моста, с изменением нормальных нагрузок на мосты, давления воздуха в шинах, а также углов наклона шкворней:

$$J_{\text{ПР}} \cdot \gamma_{\text{КР}} + 0,5\gamma_{\text{КР}} \sum k_{\text{КР}i} B^2 + 0,5\gamma_{\text{КР}} \sum C_{\text{КР}i} \cdot B^2 = M_{\gamma} \quad (50)$$

где $J_{\text{ПР}}$ - момент инерции кузова относительно центра крена;

$k_{\text{КР}i}$ - коэффициент демпфирования в подвеске i –го колеса. [43]

Функциональные зависимости углов поворота управляемых колес зависят от бокового ускорения и скорости движения, тогда угол крена:

$$\gamma_{\text{КР}} = \gamma m_0 h_{\text{нр}} / (C_{y1} + C_{y2}) \quad (51)$$

Хотя возможности создания автомобилей различных компоновочных схем с такой поворачиваемостью для конкретного режима движения большие, сохранить ее в различных условиях эксплуатации невозможно. Кривая 1, отражающая прогрессивный рост угла поворота управляемых колес от бокового ускорения или скорости движения при постоянном радиусе,

характерна для автомобилей с начальной и постоянно возрастающей недостаточной поворачиваемостью. Угол поворота возрастает вследствие увеличения разности углов увода $\Delta = \delta_n - \delta_z$, с повышением бокового ускорения и вызывает увеличение как сил на рулевом колесе, так и углов поворота рулевого колеса. Точка Б этой кривой характеризует удвоенное увеличение угла поворота рулевого колеса, и применительно к скорости движения соответствует «характерной» скорости (когда $\theta = 2L/R$), ограничивающей недостаточную поворачиваемость автомобиля общего назначения.

Возможности увеличения скорости движения ограничены «критической» скоростью, при которой угол поворота $\theta = 2L/R=0$ и поворот автомобиля осуществляется вследствие разности углов увода передних и задних колес $\Delta = \delta_n - \delta_z$.

«Уравнение $m_a \ddot{v} = \sum R_x$ описывает равновесие сил, действующих на автомобиль в продольной плоскости симметрии, и можно считать, что характеристики меняются с изменением нормальных и продольных реакций, действующих на колеса со стороны дороги, и могут быть учтены через коэффициенты K_y сопротивления уводу и K_M стабилизирующих моментов. Тогда рассматриваемое уравнение может быть исключено из системы.»[24]

$$K_y = K_{y0}(1 \pm c_n R_x)(1 \pm c_1 \Delta R_z) \quad (52)$$

$$K_M = K_{M0}(1 \pm c_M R_x)(1 \pm c_M \Delta R_z) \quad (53)$$

где K_y и K_{y0} - коэффициенты сопротивления уводу шин соответственно при статических нагрузках и отсутствии продольных реакций, а также при наличии продольных реакций и изменении нормальных нагрузок;

K_M и K_{M0} - коэффициенты стабилизирующих моментов шин соответственно при статических нормальных нагрузках и отсутствии продольных реакций.

Кривая 2 характеризует начальную недостаточную поворачиваемость с переходом ее в избыточную, кривая 4 – переход от избыточной поворачиваемости к недостаточной в аналогичной точке.[43] Обычно такой

переход в процессе эксплуатации происходит при «увеличении боковых ускорений (скорости движения) и определенном сочетании конструктивных и эксплуатационных параметров (изменение кинематики и угловой жесткости подвесок с изменением боковых ускорений, режимов движения, перераспределение нормальных реакций и др.)»[24]

линейную зависимость между углом θ поворота рулевого колеса и центростремительного ускорением j_{δ} . [38]

5.3 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Опасные и вредные производственные факторы на посту сборки

Физические факторы можно разделить на следующие:

- движущиеся машины и механизмы;
- «подвижные части производственного оборудования и технической оснастки;
- передвигающиеся изделия, детали, узлы, материалы;
- повышенную запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенную или пониженную температуру поверхностей оборудования, материалов;
- повышенную или [46] пониженную температуру воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- «повышенный уровень вибрации;
- повышенный уровень ультразвука и инфразвуковых колебаний;
- повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение;» [34]
- «повышенную или пониженную влажность воздуха, ионизацию воздуха в рабочей зоне.» [26]

Химические» [46] факторы делят в зависимости от характера и степени «воздействия на организм человека.

Химические факторы влияют на репродуктивную функцию человека.

Также во время попадания в организм человека воздействуют на» [2] органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

К психофизиологическим относят следующие факторы:

- физические «перегрузки на человека (бывают статические и динамические);
- нервно-психические перегрузки на человека (выделяют» [2] умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки» [46]).

5.4 Технические меры, применяемые для снижения рисков профессионального характера

Условия труда на рабочем месте по степени вредности и опасности

Для определения условий труда необходимо установить, какие вредные и (или) опасные производственные факторы влияют на рабочих, на производстве (таблица 6).

Таблица 6 - Вредные и опасные производственные факторы на участке диагностики

Наименование вредного и опасного фактора производственной среды и трудового процесса
1 Шум
2 Локальная вибрация
3 Неионизирующие излучения
4 Химический фактор
5 Тяжесть трудового процесса

Техника безопасности

При техническом обслуживании и текущем ремонте автомобилей возникают следующие опасные и вредные производственные факторы: «движение автомобилей, открытые части производственного оборудования, высокая загазованность автомобильными газами, опасности получения

повреждений при работе с инструментом и др. [29]

Для обеспечения безопасности автослесарей, повышения качества и производительности работы все действия осуществляются на оборудованных постах, которые оснащены подъемниками со стопорами». [3]

«Участок диагностики оборудуется специальными местными отсосами отработавших газов, так как все работы проводят с работающим двигателем. Кроме того, к рабочим местам электрика подводятся местные отсосы приточно-вытяжной вентиляции. Для охлаждения двигателя автомобиля дополнительно устанавливают передвижной электрический вентилятор» [1].

В соответствии с установленными нормами обеспечивать своевременную выдачу специальной «хлопчатобумажной одежды, специальной обуви с металлической вставкой, перчаток комбинированных и предохранительного пояса, а также их хранение, стирку, сушку, ремонт и замену» [25].

«Для защиты персонала от поражения электрическим током в ремонтной зоне все электрические кабели (силовые, провода вторичных цепей)» [4] «проведены в изолированных кабель-каналах. Все технологические оборудования занулены через нулевую жилу питающего кабеля, при коротком замыкании происходит автоматическое отключение линии, питающую неисправное оборудование» [4].

«Запрещается эксплуатировать при неисправности штепсельного соединения; выключателя или другой коммутационной аппаратуры; при включении щеток; вытекании смазки; появлении дыма или запаха; наличии трещин на корпусе, рукоятке; при повышенном шуме, вибрации; хотя бы слабым воздействии электрического тока.

Корпуса электроинструментов, не имеющие двойной изоляции независимо от частоты при напряжении сети выше 42 В заземлены. [41]

Периодический осмотр электроинструмента производится не реже 1 раза в 3 месяца с записью в журнале осмотров и проверок изоляции (мегаомметром).

На участке разрядные токи статического электричества чаще всего возникают при прикосновении обслуживающего персонала к любому из элементов. Такие разряды не представляют опасности для человека. Для предупреждения поражения работающих электрическим током подъемники заземляют» [4].

Защитному заземлению или занулению подлежат металлические части электроустановок, «которые доступны для прикосновения человека и не имеют других видов защиты, которые обеспечивают электробезопасность.

5.5 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях

Пожарная безопасность

Уровень технического оснащения АТП, который растет, осложнение производственных процессов сопровождается повышением энергоемкости производств, высокой концентрацией мощностей и материалов, использованием полимерных синтетических строительных материалов, увеличением площадей и этажей производственных зданий. При таких условиях отклонения от требований пожарной безопасности приводит к значительному экономическому ущербу и человеческие жертвы.

Пожарная опасность производственных зданий и помещений определяется особенностями выполняемого в них технологического процесса, свойствами применяемых веществ и материалов, а также» [3] условиями их обработки. По взрывопожарной и пожарной опасности «помещения и здания подразделяются на 4 категории. Причинами возникновения пожара на СТО есть:

- нарушение технологического режима работы оборудования;
- самовозгорание некоторых материалов и веществ;
- неисправность электропроводки и приборов;
- короткое замыкание электрической сети;
- плохая подготовка оборудования к ремонту;
- разряд статического электричества.

Характеристика вещества и материалов тех, что находятся в помещении - горючие и трудно горящие жидкости, твердые горючие и трудно горящие материалы,» [2] вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом гореть.

«Пожарная безопасность обеспечивается мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Понятие пожарной профилактики включает комплекс мероприятий, необходимых для предупреждения возникновения пожара или уменьшение его следствий. Под активной пожарной защитой понимаются меры, которые обеспечивают успешную борьбу с возникающими или пожарами взрывоопасной ситуацией.» [28]

«Пожарная безопасность должна соответствовать всем нормам по пожарной безопасности ГОСТ 12.1.004-91 что предполагает:

- применение электрического оборудования, соответствующего требованиям ГОСТ 12.1.011;
- исключение перегрева технологического оборудования и контакт его с легковоспламеняющимися материалами;
- утилизация отработанных легковоспламеняющихся материалов;
- наличие установок пожаротушения (порошковые огнетушители);
- максимально возможным» [4] ограничением массы и (или) объема горючих веществ, материалов и наиболее безопасным способом их размещения.

Пожарные краны устанавливаются в» [3] «доступных и заметных местах в нишах на высоте 1,35 м, где также находится пожарный ствол с напорным рукавом из тканевого материала» [3] длиной 10-20 м.

«Выводы по разделу:

В разделе Безопасность и экологичность технического» [8] «объекта произведен анализ поста текущего ремонта по видам технических воздействий и типам операций. При этом были достигнуты следующие цели:

- 1) зафиксированы вредные производственные факторы, которые имеют место на ремонтном участке,
- 2) определены мероприятия по снижению вредных воздействий на окружающую среду и людей, а также мероприятия по созданию безопасных условий труда.
- 3) Определена категория пожароопасности – категория «Д», определено огнетушительное оборудование необходимое для производственного помещения,
- 4) Определены вредные воздействия на окружающую среду со стороны ремонтного производства и процесса эксплуатации устройства в составе оборудования,
- 5) Изучен вопрос по организации безопасности на производственном участке в случае возникновения ЧС или аварии» [3].

6 Экономическая эффективность автоприцепа для перевозки спортивных болидов «Формула-Студент»

6.1 Техничко-экономическое обоснование разработки проекта

Техничко-экономическое обоснование является важной частью любого проекта, включая проектирование технического устройства в рамках дипломного проекта. Оно включает в себя анализ технической и экономической целесообразности выполняемого проекта. [13]

Объектом дипломного проектирования является новый тип испытательного стенда, который обладает уникальным функционалом и улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Разрабатываемый стенд представляет собой сложное техническое устройство, предназначенное для проведения ресурсных испытаний с целью улучшения его технических и эксплуатационных характеристик, а также функциональности. Проектируемый в рамках дипломного проекта стенд обладает новыми техническими возможностями, такими как эффективность работы, повышенная производительность, позволяющая уменьшить затраты на проведение испытаний, надежность и долговечность. Разрабатываемый в рамках дипломного проекта испытательный стенд дает возможность применения нового функционала, который включает дополнительные режимы работы, расширенные возможности управления процессом испытаний, интеграцию с другими системами и устройствами проведения процесса обкатки. Последующая разработка стенда может иметь потенциал для дальнейшего развития и модернизации, что сделает испытательные лаборатории, оснащенные данным техническим устройством, более конкурентоспособными на рынке. Таким образом, разработка и внедрение нового испытательного стенда с улучшенными характеристиками имеет потенциал для создания продукта, который будет выделяться на рынке

технической новизной и обладать привлекательностью как для пользователей, так и для эксплуатантов испытательных устройств.

Техническая целесообразность разработки нового вида конструкции продиктована требованиями, предъявляемым к современным образцам техники. Так, в конструкции стенда применены конструкторские решения, которые позволяют снизить вес конструкции, в первую очередь за счет применения более легких материалов и за счет конструкторских решений, позволяющих уменьшить массу детали без снижения ее прочностных характеристик. Также общий вес конструкции удалось уменьшить за счет более рациональной компоновки деталей. [39]

Расширение функционала испытательного стенда произведено за счет реализации в ходе конструкторской разработки функционала, ранее не применявшегося в данном типе устройств стендовых испытаний.

6.2 Расчет затрат и экономической эффективности

В рамках раздела экономической эффективности дипломного проектирования требуется произвести расчет себестоимости конструкции стенда и расчет отпускной цены проектируемой конструкции. Расчет стоимости изготовления конструкции рассчитывается по формуле:

$$C = M + \Pi_{и} + Z_{осн} + Z_{доп} + СС + И_{цех} + И_{зав} + НР \quad (54)$$

где M – затраты на материалы конструкции стенда, руб.;

$\Pi_{и}$ – затраты на покупные стенда, используемые в конструкции, руб.;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата рабочих, руб.;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата рабочих, руб.;

$СС$ – отчисления на социальное страхование, $СС = 30\%$;

$И_{цех}$ – общецеховые издержки, $И_{цех} = 85\%$;

$И_{зав}$ – общезаводские издержки, $И_{зав} = 110\%$;

$НР$ – накладные расходы, $НР = 7,5\%$

Выполним расчет затрат по каждой из статей расходов на изготовление проектируемой конструкции. Расчет затрат на материалы, используемые в конструкции стенда, рассчитаны в таблице 7. Расчет материальных затрат производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n \quad (55)$$

где M_n – количество материала, ед;

C_n – цена материала за единицу, руб.;

k_3 – коэффициент затрат на транспортировку и доставку, $k_3 = 0,15$

Таблица 7 – Расчет затрат на материалы

Наименование материала	Количество материала	Цена единицы материала, руб	Сумма, руб
Грунтовка	3,5	150,00	525,00
Краска	4	725,00	2900,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 40	12	120,00	1440,00
Круг горячекатанный, d = 25	12	120,00	1440,00
Листовой металл, h = 6	8	110	880,00
Листовой металл, h = 2	18	110	1980,00
Литол	1	125	125,00
Масло промышленное И-20	0,5	145,00	72,50
Трубный прокат, d = 25x20	10	300,00	3000,00
Прочие			2500,00
ИТОГО			31 827,20
Транспортно-заготовительные расходы			4 774,08
ВСЕГО			36 601,28

Статья, учитывающая затраты на покупные стенда и полуфабрикаты, используемые в изготавливаемой конструкции, рассчитываются по формуле:

$$Пи = \sum_{i=1}^n Пи_n \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n Пи_n \cdot C_n \quad (56)$$

где $Пи_n$ – количество покупных изделий, ед;

C_n – цена за единицу покупного стенда, руб.;

k_3 – коэффициент затрат на транспортировку и доставку, $k_3 = 0,1$

Для удобства проведения расчетов по затратам на закупку и доставку покупных изделий конструкции, сведем их в таблицу 8.

Таблица 8 – Расчет затрат на покупные станда

Наименование и вид покупного станда	Количество покупных изделий	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Болты М10	40	8,00	320,00
Болты М6х15	24	6,50	156,00
Винты М10	50	10,00	500,00
Кольцо стопорное	8	0,80	6,40
Кнопка пусковая	2	250,00	500,00
Подшипник 305 ГОСТ 5720-75	8	750,00	6 000,00
Подшипник 302	6	550,00	3 300,00
Подшипник 46310 ГОСТ 8338-75	12	750,00	9 000,00
Прочие			6 000,00
ИТОГО			153 232,40
Транспортно-заготовительные расходы			4 596,97
ВСЕГО			15 829,37

Наряду с затратами на материалы и покупные станда, при изготовлении новой конструкции предприятие несет издержки также на заработную плату, как основную, так и дополнительную. Расчет заработной платы производится по формуле:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n (T_i \cdot C_{Ti} \cdot k_{чi} \cdot k_{пр}) \quad (57)$$

где T_i – трудоемкость выполнения i -той операции, чел-час;

C_{Ti} – часовая тарифная ставка рабочего, занятого на выполнении i -той операции, руб.;

$k_{чi}$ – коэффициент доплат заработной платы до часового фонда работающих, $k_{чi} = 1,05 \dots 1,15$;

$k_{пр}$ – коэффициент премирования, $k_{пр} = 1,24$.

Расчет основной заработной платы рабочих приводится в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет основной заработной платы

Виды операций	Трудоемкость, чел-час	Часовая тарифная ставка, руб	Тарифная зарплата, руб
Гибочная	12,50	210,30	2 812,76
Сварочная	10,50	210,30	2 362,72
Токарная	8,25	250,50	2 211,29
Фрезерная	16,00	250,50	4 288,56
Шлифовальная	6,00	250,50	1 608,21
Сверлильная	8,00	185,25	1 585,74
Слесарная	12,50	185,25	2 477,72
Сборочная	22,50	185,25	4 459,89
Окрасочная	6,00	160,45	1 030,09
Испытательная	12,00	210,30	2 700,25
ИТОГО			33 300,46
Премииальные доплаты			7 992,11
Основная заработная плата			41 292,57

Наряду с основной заработной платой, рассчитывается размер дополнительной заработной платы. Дополнительная заработная плата – это переменная часть общей заработной платы, которая выплачивается рабочему, например за определенные условия труда и как определенная гарантия от работодателя. Расчет заработной платы производится по формуле:

$$З_{доп} = З_о \cdot k_{доп}, \quad (58)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, $k_{доп} = 0,25$.

$$З_{доп} = 41\,292,57 \cdot 0,25 = 10\,323,14 \text{ руб}$$

Отчисления в фонд социального страхования являются важным компонентом формирования фонда оплаты труда. В отличии от основной и

дополнительной заработной платы, эта часть фонда оплаты труда не выплачивается работнику, а оплачивается работодателем в фонд социального страхования напрямую. Расчет величины отчислений в фонд социального страхования рассчитывается по формуле: [43]

$$З_{ФСС} = (З_0 + З_{доп}) \cdot 0,3 \quad (59)$$

$$З_{ФСС} = (41\,292,57 + 10\,323,14) \cdot 0,3 = 15\,484,71 \text{ руб}$$

Также предприятие несет издержки, связанные с ремонтом оборудования и его обслуживанием. Соответственно, эта статья затрат должна находить свое отношение в структуре себестоимости. Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования определяется как процент от затрат на основную заработную плату. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на содержание и эксплуатацию 104% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$Р_{об} = З_0 \cdot 1,04 \quad (60)$$

$$Р_{об} = 41\,292,57 \cdot 1,04 = 42\,944,27 \text{ руб}$$

Общехозяйственные расходы – это расходы по цеху, занятого в производственном процессе. Как правило, это расходы, связанные с поддержанием работоспособности цеха, транспортировкой и технологическими перемещениями внутри цеха и заработную плату вспомогательного персонала. Расчет общехозяйственных расходов производится как процент от затрат на основную заработную плату. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общехозяйственные расходы 25% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$Р_{ох} = З_0 \cdot 0,25 \quad (61)$$

$$Р_{ох} = 41\,292,57 \cdot 0,25 = 10\,323,14 \text{ руб}$$

Общепроизводственные расходы – это расходы предприятия, связанные с выпуском продукции и осуществлением хозяйственной и коммерческой деятельности. Как правило, общепроизводственные расходы включают в себя комплекс расходов, связанных с функционированием предприятия, включая затраты на заработную плату инженерно-технического и административно-управленческого персонала. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общепроизводственные расходы 30% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$Роп = Зо \cdot 0,30 \quad (62)$$

$$Роп = 41\,292,57 \cdot 0,30 = 12\,387,77 \text{ руб}$$

Сведение всех статей расходов в общую сумму, даст величину производственной себестоимости продукции. Это затраты предприятия на производство продукции. Добавление к производственной себестоимости внепроизводственных расходов, связанных с продвижением продукции на рынке, позволит рассчитать величину полной себестоимости. Для простоты и удобства восприятия, все статьи расходов сведем в таблицу 10.

Таблица 10 – Расчет себестоимости конструкции

Наименование статьи затрат	Сумма, руб	%
Затраты на материалы	2 875,00	0,95%
Затраты на покупные станда	157 829,37	52,22%
Зарплата основная	41 292,57	13,66%
Зарплата дополнительная	10 323,14	3,42%
Отчисления на соцстрах	15 484,71	5,12%

Продолжение таблицы 10

Расходы на содержание оборудования	42 944,27	14,21%
Общепроизводственные расходы	10 323,14	3,42%
Общехозяйственные расходы	12 387,77	4,10%
Производственная себестоимость	293 459,98	97,09%
Внепроизводственные расходы	8 803,80	2,91%
Полная себестоимость	302 263,78	100,00%

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены стенда и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем подразделе экономического раздела дипломного проекта.

6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции

Экономический эффект от разработки новой конструкции является комплексным показателем, свидетельствующим об общей успешности разработанной конструкции. Экономический эффект выражается в получении дополнительной прибыли от увеличения отпускной цены. Отчасти это может объясняться большими затратами на изготовление конструкции, а отчасти повышенным спросом со стороны потребителя на разработанную конструкцию, что объясняется лучшими эксплуатационными показателями. [32]

Для определения экономического эффекта необходимо рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи стенда, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Предполагается уровень рентабельности на уровне 15%, а НДС 20%. Расчет производится по формуле:

$$Ци = Сп + Сп \cdot 0,15 + Сп \cdot 0,20 \quad (63)$$

$$Ци = 302\,263,78 + 302\,263,78 \cdot 0,15 + 302\,263,78 \cdot 0,20 = 408\,056,10$$

Принимаем отпускную цену $C_{и} = 410\,000$ руб. Как было отмечено ранее, экономический эффект будет достигнут за счет увеличения цены для конечного потребителя, за счет чего и будет получена прибыль предприятия. Расчет производится по формуле:

$$\mathcal{E} = C_{и} - C \quad (64)$$

где C – средняя цена станда до модернизации, руб

В соответствии с произведенным анализом, выявлена цена на изделие на рынке у разных продавцов. Анализ средней стоимости приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет средней цены станда

Наименование фирмы	Цена прицепа, руб
ООО «Премьер», Канаш	32 000
ООО «Альфа-Профиль», Тольятти	35 000
ООО «Кемерс», Казань	30 000
Средняя цена по компаниям	32 333

Исходя из определенной средней цены, выполним расчет экономического эффекта для одного станда.

$$\mathcal{E} = 233350 - 216\,333 = 26667,00 \text{ руб}$$

Предполагается объём реализации в количестве не менее 50 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит:

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E} \cdot N$$

где N – объём реализации продукции, ед.

$$\mathcal{E}_г = 26\,667,00 \cdot 50 = 1\,333\,350 \text{ руб}$$

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения стенда, которое позволит рассчитать срок окупаемости проекта, социальный эффект и ряд иных показателей, которые лежат вне рамок выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы. [24]

Результатом выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы явился расчет стоимости изготовления конструкции нового вида и определения величины экономического эффекта.

Объектом дипломного проектирования является новый тип испытательного стенда, который обладает уникальным функционалом и улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Разрабатываемый стенд представляет собой сложное техническое устройство, предназначенное для проведения ресурсных испытаний с целью улучшения его технических и эксплуатационных характеристик, а также функциональности. Разработанный в рамках дипломного проекта испытательный стенд дает возможность применения нового функционала, который включает дополнительные режимы работы, расширенные возможности управления процессом испытаний, интеграцию с другими системами и устройствами проведения процесса обкатки. Последующая разработка стенда может иметь потенциал для дальнейшего развития и модернизации, что сделает испытательные лаборатории, оснащенные данным техническим устройством, более конкурентоспособными на рынке. Таким образом, разработка и внедрение нового испытательного стенда с улучшенными характеристиками имеет потенциал для создания продукта, который будет выделяться на рынке технической новизной и обладать привлекательностью как для пользователей, так и для эксплуатантов испытательных устройств. [14]

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены стенда и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем

подразделе экономического раздела дипломного проекта. В результате произведенных расчетов определена себестоимость, $C_{п} = 32\ 263,78$ руб. Определение себестоимости позволило рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи станда, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Принимаем отпускную цену $C_{и} = 39\ 600$ руб.

Вывод по разделу:

Экономический эффект от разработки новой конструкции является комплексным показателем, свидетельствующим об общей успешности разработанной конструкции. Экономический эффект выражается в получении дополнительной прибыли от увеличения отпускной цены. Отчасти это может объясняться большими затратами на изготовление конструкции, а отчасти повышенным спросом со стороны потребителя на разработанную конструкцию, что объясняется лучшими эксплуатационными показателями. Предполагается объем реализации в количестве не менее 50 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит, $Э_{г} = 233350$ руб.

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения станда, которое позволит рассчитать срок окупаемости проекта, социальный эффект и ряд иных показателей, которые лежат вне рамок выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы. На основании всего вышеизложенного, можно сделать вывод о выполнении задач, поставленных в рамках выполнения экономического раздела.

Заключение

В дипломном проекте на тему «Проект прицепа для перевозки спортивного болида «Формула-Студент», проведены технологические расчеты конструктивных элементов, анализ и выбор составных частей устройства, как производимых самостоятельно, так и закупочных. 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»[1] с дорогой, но возникает некоторая перегрузка передних колес при движении по горизонтальной дороге.

В качестве оцениваемых параметров, характеризующих способность автомобиля двигаться на подъем, рассмотрена зависимость скорости движения от угла подъема и максимального угла подъема дороги, по которой может двигаться автомобиль с установившейся скоростью на низшей передаче. Свойства автомобиля двигаться на подъем определяются силой P_K тяги, выражаемой через момент двигателя.

Разрабатываемый в рамках дипломного проекта прицеп дает возможность применения нового функционала, который включает дополнительные режимы работы, расширенные возможности управления процессом испытаний, интеграцию с другими системами и устройствами проведения процесса обкатки. Последующая разработка может иметь потенциал для дальнейшего развития и модернизации, что сделает испытательные лаборатории, оснащенные данным техническим устройством, более конкурентоспособными на рынке.

«Разработанный в рамках экспериментального производства технологический процесс для транспортировки спортивных болидов, может быть использован в практической деятельности лаборатории.» [13, 18]

Список используемых источников

- 1 Аринин И. Н. и др.. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аринин. – Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
- 2 Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3т. Т.1. – М: Машиностроение, 2001. – 920 с.
- 3 Арустамов Э. А. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. Электронный вариант. М.: «Дашков и К°», 2002. 619 с.
- 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 Генбом Б.Б. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей / Б. Б. Генбом. - Львов: Вища школа, 1974. – 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 Краткий автомобильный справочник./НИИАТ. М. Транспорт, 1988 – 224 с.

32 Конструкция автомобиля. Шасси : учеб. для вузов / под ред. А. Л. Карунина. – М. : МГТУ МАМИ, 2000. – 528 с.

33 Лысов М.И. «Рулевые управления автомобилей» – М.: «Машиностроение», 1972 г.

34 Ниргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.

35 Проектирование полноприводных колесных машин: В 2т. Т.2. учебник для вузов; Под общей редакцией А. А. Полунгяна.- М:Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 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. Englcwood Cliffs, 1975.

Приложение А

Спецификация

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			24.ДП.ПЭА.2016.100.000СБ	Сборочный чертеж		
A4			24.ДП.ПЭА.2016.100.000ПЗ	Пояснительная записка		
<i>Сборочные единицы</i>						
Б4	1		24.ДП.ПЭА.2016.100.01.00	Рама в сборе	1	
Б4	2		24.ДП.ПЭА.2016.100.02.00	Платформа в сборе	1	
Б4	3		24.ДП.ПЭА.2016.100.03.00	Ступица колеса в сборе	2	
Б4	4		24.ДП.ПЭА.2016.100.04.00	Колесо с шиной в сборе	2	
Б4	5		24.ДП.ПЭА.2016.100.05.00	Устройства сцепное	1	ТК-175
Б4	6		24.ДП.ПЭА.2016.100.06.00	Ролик в сборе	4	
Б4	7		24.ДП.ПЭА.2016.100.07.00	Опорное устройства	3	
Б4	8		24.ДП.ПЭА.2016.100.08.00	Крыло в сборе	2	
<i>Детали</i>						
		11	24.ДП.ПЭА.2016.101.011	Труба 63х63х1620 ГОСТ 380-75	1	
		12	24.ДП.ПЭА.2016.101.012	Труба 63х45х1880 ГОСТ 380-75	1	
		9	24.ДП.ПЭА.2016.101.013	Труба 40х25х1450 ГОСТ 380-75	1	
		10	24.ДП.ПЭА.2016.101.014	Труба 40х25х150 ГОСТ 380-75	2	
		11	24.ДП.ПЭА.2016.101.015	Труба 40х25х347 ГОСТ 380-75	2	
		12	24.ДП.ПЭА.2016.101.016	Труба 40х25х150 ГОСТ 380-75	2	
		13	24.ДП.ПЭА.2016.101.017	Кронштейн балки	2	
		14	24.ДП.ПЭА.2016.101.018	Кронштейн ступицы	2	
24.ДП.ПЭА.2016.1000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Семеренко				Лит.	Лист
Проб.	Турбин					Листов
Н.контр.	Турбин				ТГУ, ИМ	
Утв.	Бабровский				г.р. АТс-19016	
Прицеп для перевозки спортивного болида					1 3	
Копировал					Формат А4	

Рисунок А.1 – Спецификация на прицеп для перевозки спортивного болида

