

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему Разработка подъемного стапеля для сборки спортивного болида
«Формула-Студент»

Обучающийся

М.А. Цветов

(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 «Разработка подъемного стапеля для сборки 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.

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 подъема 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 подъема спортивных болидов, силовые и прочностные расчеты наиболее ответственных узлов и деталей устройства для подъема спортивных болидов, разработка технологического процесса. [9]

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 "Mechanized storage rack for 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. 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 lifting 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 lifting sports cars, power and strength calculations of the most critical components and parts of the device for lifting 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 Развитие проекта «Формула студент ТГУ».....	9
1.1 Студенческие автогонки	9
1.2 Проектно-производственная мастерская «FS»	13
1.3 Технологический проект «Formula-Student»	15
1.4 Перечень значимых функций мастерской проектов «FS»	18
1.5 Условия сборки каркаса спортивной машины.....	19
2 Тягово-динамический расчет	21
2.1 Общие положения	21
2.2 Масса автомобиля	23
2.3 Анализ поступательного движения автомобиля	25
2.4 Сила сопротивления подъему	28
2.5 Сопротивление воздуха	29
2.6 Сила инерции автомобиля.....	31
2.7 Тяговый расчет автомобиля.....	32
2.8 Тяговые характеристики автомобиля	36
2.9 Сравнение тягово-скоростных свойств автомобилей	37
3 Разработка конструкции	44
3.1 Техническое задание.....	44
3.2 Техническое предложение	46
3.3 Предварительный проектный расчет	49
4 Технологический процесс сборки и перемещения рам спортивного болида Формула-Студент.....	53
4.1 Подготовка передвижного стапеля к работе.....	53
4.2 Подъем рамы спортивного болида на платформе	54
4.3 Перемещение рамы спортивного болида	54
4.4 Снятие рамы спортивного болида с подъемника	54
5 Безопасность и экологичность технического объекта	55

5.1 Конструктивная и технологическая характеристика объекта	55
5.2 Движение автомобиля при повороте	56
5.3 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков	60
5.4 Технические меры, применяемые для снижения рисков профессионального характера	61
5.5 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях	63
6 Расчет экономической эффективности подъемника болидов «Формула- Студент».....	66
6.1 Технико-экономическое обоснование объекта разработки проекта ..	66
6.2 Расчет затрат и экономической эффективности	67
6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции	73
Заключение	77
Список используемых источников.	78
Приложение А Спецификация	82

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. [14] 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 Развитие проекта «Формула студент ТГУ»

1.1 Студенческие автогонки

«Российские соревнования «Formula Student» имеют достаточный авторитет и признание во всем мире, и потому собирают большое количество»[2] «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 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.

Конструирование и технология сборки стапеля для спортивного болида является основной технико- исследовательской темой настоящей выпускной квалификационной работы. Болид – это легкий каркасный автомобиль, предназначенный для гонок по пересеченной местности. Именно каркас болида является его основой, которая несет основную нагрузку. Конструкционная прочность каркаса обеспечивается сочетанием различных механических свойств, таких как прочность, вязкость, выносливость, упругость и др. Подбирая материалы для конструкций и деталей, способы их соединения и крепления, нужно учитывать необходимость комбинирования достаточной легкости автомобиля с его надежностью, прочностью и устойчивостью. Технология сборки болида должна соответствовать регламенту соревнований и обеспечивать точность и высокую скорость работ.

Важно учесть все нюансы технологи сборки еще на стадии конструктивной»[1] «разработки. Опыт показал, что применение сборного стапеля делает процесс сборки болида более точным и, соответственно, способствует повышению качества всей технической системы, что позволит добиться команде более высоких результатов на соревнованиях «Формула-студент.»[1]

«Регламент соревнований Formula Student является основным документом, в котором прописаны все правила участия команды, в том числе и требования к проектированию различных систем автомобиля. Болид полностью должен соответствовать установленным правилам, за несоблюдение которых команда может быть снята с участия. Кроме того, проверка соответствию автомобиля регламенту проводится не только перед началом заездов, но и во время них и даже после завершения. Поэтому автомобиль должен не просто соответствовать правилам, но еще и быть надежным. На данный момент актуальным является регламент 2020-го года издания FS Rules 2020, который был специально разработан для соревнований FS Germany и является эталонным документом для других соревнований Formula Student. Данный документ обновляется каждый год, в него добавляются различные нововведения или же исправляют имеющиеся пункты. На данный момент регламент не ограничивает конструкцию и компоновку системы подвески, однако в нем прописаны основные ограничения, которые нужно усвоить перед началом проектирования.»[31]

«Инициаторами спортивно-технических соревнований выступили студенты Техасского университета и сформировали из отдельных любителей гонок на 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.»[1]

«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, суперэкономичные 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.»[20]

«Все этапы разработки болида должны соответствовать основному документу проекта - регламенту. Регламент содержит последовательный список этапов соревновательного проекта от первого - разработка конструкторского проекта гоночного автомобиля, до последнего – план- схема движения по трассе. Наряду с основными мероприятиями «Формулы-студент» проводятся уникальные экономические и маркетинговые пиар-компанияи. В связи с чем, существует необходимость присутствия в команде не только инженеров-машиностроителей и технологов, но и специалистов других направлений, например экономистов, юристов, менеджеров, художников, журналистов и т.п. Капитан команды определяется в процессе сотрудничества и общения членов команды, как правило, это человек с выраженными лидерскими качествами, высокой культуры общения и

высокого интеллектуального уровня. Состав команды подбирается»[1] в зависимости от поставленных задач «и психологической совместимости личностей. Структурные подразделения проекта и их взаимодействие между собой схематично показаны на рисунке 1. Студенты, участники проекта, формируются в группы согласно их деятельности, хотя смысловая нагрузка их работы и специализация решаемых задач может меняться в каждом новом проекте.»[2]

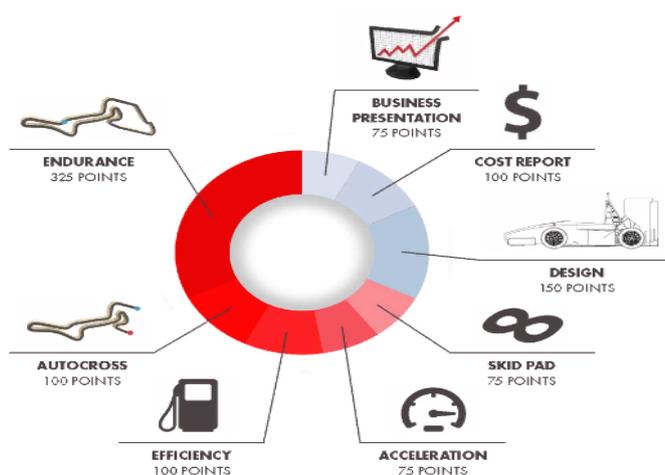


Рисунок 1 – Структура оценки команд «Formula Student»

«Ежегодно может происходить обновление состава команды, приходят новые студенты и аспиранты с уникальными предложениями, способностями и возможностями, а выпускники вуза покидают проект. Но полного расформирования команды не случается даже по окончании проекта. Смена командного состава может достигать 50%, что обеспечивает и обновление, и стабильность сообщества. Сочетание двух последних факторов создает условия для эффективной и творческой работы по достижению поставленной цели всей учебно-технической мастерской.

Экспериментальная техническая мастерская является одним из элементов образовательного процесса, хотя проектная деятельность «Формула-студент» отсутствует в основном учебном плане вуза. Работа студентов в проектно-производственной лаборатории по созданию

нестандартной технической системы проходит без отрыва от основного»[2] «учебного процесса [4]. Нестандартный характер обучения, практическая работа, нацеленная на конкретный результат, делают невозможным массовое участие обучающихся университета в разработках.

Создание гоночного болида и его сборка не является конечной целью проекта. Оригинальный автомобиль еще необходимо доработать согласно требованиям регламента, провести защиту своего проекта и испытать его на гонках. Именно соревновательный аспект выступлений позволяют выявить инженерную смекалку, творческую находчивость, техническую подготовленность университетских команд различных стран и городов.

Программа выступлений содержит два основных аспекта соревновательных этапов – это статический и динамический. Судьи оценивают команды после каждой регламентированной серии выступлений: презентация проекта, технический доклад о конструктивных особенностях гоночного авто, анализ технических оригинальных решений, экономический анализ, надежность и выносливость авто на гонках и его скоростные характеристики [32].

1.2 Проектно-производственная мастерская «FS»

Ключевыми задачами, приводящими разработчиков к конкретному результату, являются технико-графическое оформление разработок, осуществление сборочного процесса болида, регулировка основных узлов и испытание авто. Все этапы задуманы и реализуются как обучающая программа, являющаяся частью специальных дисциплин учебного процесса.

Некоторые плановые дисциплины преподают в альтернативном варианте в университете с целью наполнения участников команды теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для создания оригинального болида.

Недавно в ТГУ нашла свое воплощение многолетняя задумка о создании проектно-производственной мастерской,»[2] «как отдельной модульной единицы ядра «SPC Formula TGU»» [3]. «Кроме того, производственная мастерская несет на себе нагрузку и образовательного процесса. По форме и структуре мастерская соответствует проектному центру. На рисунке 2 схематично представлена практико-ориентированная площадка Тольяттинского государственного университета.

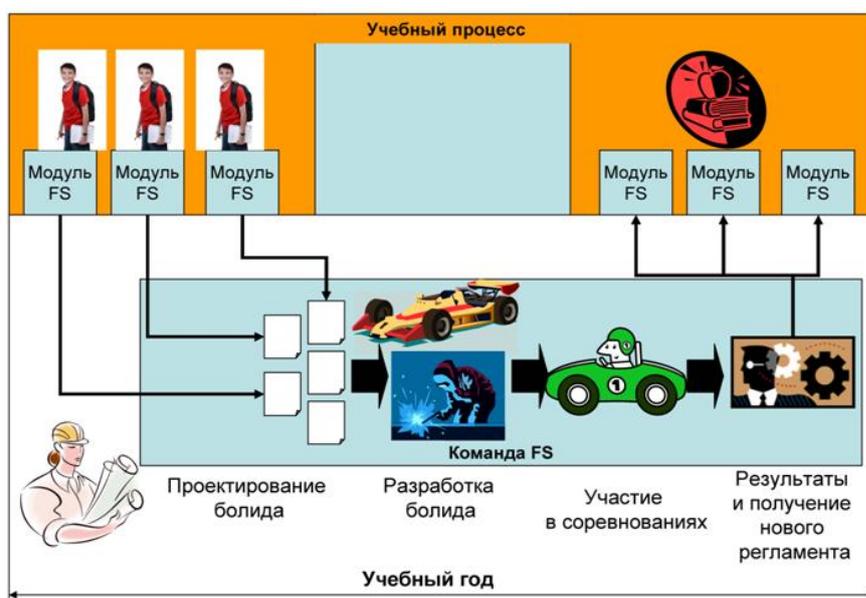


Рисунок 2 – Структурные подразделения «Формула –студент»

Проектный центр «FS» создавался, в основном, для выполнения работ, связанных с подготовкой конструкторской и технологической документации проекта и разработки комплектующих элементов и узлов технического агрегата. Эти работы являются основополагающими, потому что сборка болида без конструкторско-проектной документации недопустима и нереальна. На площадках проектного центра решается одна из важнейших задач – создание современного и эстетичного экстерьера автомобиля.»[1] «Трёхмерная графика в САД-моделях активно используется при разработке элементов проектируемых машин. Обязательная отчётность в виде информационно-аналитических данных представляется пояснительными

записками, наборами диаграмм или презентационными результатами испытаний технических характеристик проектируемых моделей. В помощь при получении документированного результата используются современные системы САЕ» [4]. «Результаты технических исследований оформляются в виде расчетного документа, параллельно подготавливаются и финансово-экономические отчеты. При разработке гоночного автомобиля оформляются презентации членов команды по техническому и рекламному направлениям.

Вышеперечисленные этапы проектирования и создания болида являются непрерывными задачами проектно-производственного центра, схема которого показана на рисунке 3.



Рисунок 3 – Производственные отделения участка FS»[1]

Процесс создания гоночного автомобиля постоянно сопровождается принятиями организационных и инженерных решений, которые представляют собой неотъемлемую часть общей творческой работы.

1.3 Технологический проект «Formula-Student»

«В основе задач инженерного сообщества студентов – сборка оригинальных болидов по собственным проектам участие в соревнованиях в группе автомобилей конкретного типа. Зарождением проекта считается 1981

год, когда инициативная группа»[1] «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.»[4]

«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.»[13]

В нашей стране, «первооткрывателями соревнований стала команда МАМИ, их первый гоночный болид вошел в историю развития Российского проекта и представлен на рисунке 4. 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»[21].

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.

«Инженерно-технические соревнования приобрели широкий масштабный размах в 2014 году, когда был организован российский этап «Formula Student Russia». Технические характеристики, безопасность и гонки

на выносливость оценивали судьи мирового класса, специально приглашенные на мероприятие. Соревнования прошли с 4 по 7.09.14 на автодроме ADM Raceway.»[4] «Уже в 2015 году на Всероссийском Форуме «Студенческих инженерных проектов» (www.fs-forum.ru) присутствовали 27 команд из разных ВУЗов» [38]. «А в 2016 году было проведено семь официальных этапов соревнований в различных странах мира: Германии, Чехии, Испании, Венгрии и т.д. На соревнованиях в г. Тольятти (Российский этап) приняли участие 37 команд со всего мира.



Рисунок 4 Команды на соревнованиях Formula StudentItaly 2013

Участники инженерно-технических соревнований проекта Formula SAE решают непростые комплексные задачи. Учащиеся высших учебных заведений занимаются как технической стороной вопроса-конструированием»[4] «и проектированием гоночных облегченных автомобилей, и защищают свои разработки на соревнованиях. Так же они реализуют свои проекты в реальной жизни - подбирают детали, собирают автомобиль. Более того, создавая автомобиль они должны учитывать его

проходимость, устойчивость, надежность и безопасность, чтобы показать хорошие результаты на этапе гонок. И здесь существует огромный простор для воплощения их творческих идей.

1.4 Перечень значимых функций мастерской проектов «FS»

1. Разработка и оформление проектно-технической документации по стандартам регламента проекта «Формула- студент» SAE.

2. Обеспечение финансовой поддержки проекта. Решение данной задачи возможно путем привлечения спонсоров, получения грантов, получение заработка от дополнительных производств, и даже личного вклада участников проекта. »[2]

«3. Построение легкого гоночного автомобиля, конкурентно-способного на соревнованиях «Formula-Student».

4. Адаптирование производственного процесса создания болида к образовательному процессу, как практико-ориентированной формы обучения.

5. Формирование команды проекта «Formula-Student».

Создание университетской команды «FS» является точкой отсчета для начала проекта. Участники команды структурируются в специализированные группы, занимающиеся решением конкретных вопросов. Научный руководитель и капитан команды формулируют задачи для каждой группы. Из числа преподавателей учреждают куратора, ответственного за проект. Каждая группа в команде отвечает за свое направление, имея конкретную цель. По результатам их работы оценивается продуктивность каждой группы.

Достижение общей цели происходит через взаимодействие различных отраслевых направлений. Слаженная работа отдельных групп команды обеспечивается четкой постановкой технических заданий для каждого направления проекта. При возникновении затруднений и разногласий, все вопросы разрешаются путем обсуждения на коллективном собрании.

1.5 Условия сборки каркаса спортивной машины

Разрабатывая техническую концепцию нового гоночного автомобиля и осуществляя его проектирование и сборку, учащиеся получают опыт и приобретают умения по многим инженерным направлениям обучения.

Сначала студенты создают план-проект, где определяют особенности и преимущества своей версии авто, осуществляют планирование производства и выполняют экономические расчеты. Затем разрабатывают дизайн автомобиля с учетом эргономики водительского места, создают опытный прототип, согласовывая свои идеи с новейшими технологиями в производстве всех технических узлов авто- двигателя, коробки передач, системы управления и т.п. При разработке проекта участники рассматривают возможности снижения аэродинамического сопротивления воздуха,»[23] «уменьшения веса авто, увеличения прочности и устойчивости. Решение всех вышеназванных вопросов, требует от студентов широкого кругозора и знаний по таким дисциплинам, как механика, сопромат, материаловедение, физика прочности, сварка, экономика, технология машиностроения, организация производства, рекламное дело, логистика и многих других.»[31]

«Технология сборки болида подразумевает необходимость мобильности каркаса автомобиля в производственном помещении цеха или мастерской при осуществлении различных операций. Настоящая работа представляет собой один из вариантов решения данной проблемы. Стальной каркас гоночного авто вместе с остальными системами весит около 250 килограмм, а его длина составляет 2.5 метра.

Такую достаточно тяжелую конструкцию необходимо закрепить на опорных элементах и обеспечить ее нетрудное перемещение, целесообразное для определенного вида работ: окраски, сварки, установки конструктивных узлов, крепления деталей и т.п.

Тщательный анализ конструктивных характеристик технических узловых элементов конструкции и технологического процесса сборки и их совершенствование позволил добиться более высокого уровня эффективности эксплуатации оборудования при полном соблюдении экологических и пожарных норм и обеспечении безопасности труда.

В работе представлены разработки устройства, предназначенного для таких перемещений, которое позволяет еще и располагать каркас на различных высотах, что обеспечивает удобство сборки.

Вывод:

Разработка болида и его воплощение в реальный технический продукт происходит в соревновательной форме участников команды. Для чего все задачи, поставленные перед командой, сначала разделяют по видам (направлениям), а затем еще и по сложности. Первостепенные задачи, непосредственно относящиеся к конструированию и производству авто, принято классифицировать на инженерные и организационные. Наиболее»[2] «актуальные и доминирующие задачи — это доводка и настройка отдельных узлов технической системы, и монтаж болида.

Производство гоночных машин на экспериментальном участке мастерской невозможно без четко отработанных связей между исполнительными отделениями. »[22]

«Вариантом такого подъемного устройства является ножничный складной механизм с рабочим столом, на котором закрепляется каркас болида. Данное устройство, устанавливается на колеса, что обеспечивает легкость передвижения и экономичность конструкции.»[1] «Работы, проводимые с помощью данного устройства, могут быть связаны со снятием – установкой колес, регулировкой тормозов, настройкой подвесок. Преимущества ножничных механизмов состоят в их компактности, малых габаритах, быстродействии механизмов и простоты эксплуатации. Они обладают малой массой и стоимостью, их удобно хранить и обслуживать» [10].

2 Тягово-динамический 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»[44] 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 $\eta_{zn} = L_a B_a / n$ использования длины $\eta_{LC} = L_c / L_a$. Эти же коэффициенты можно применять при сопоставлении автомобилей одной компоновочной схемы (близких по размерам). Измеритель характеризует удельную общую площадь, приходящуюся на одного пассажира, но он отражает полезной площади автомобиля, обуславливающей его комфортабельность и компактность. Так при одинаковых удельных площадях салона у двух автомобилей длина больше, а багажное отделение меньше у первого. Измеритель является удельным показателем длины салона

(по отношению к общей длине автомобиля). Такой измеритель, хотя и является важным для оценки комфортабельности и компактности, однако недостаточно полно отражает использование общей длины и особенно 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 5 представлена «схема сил, действующих на автомобиль».

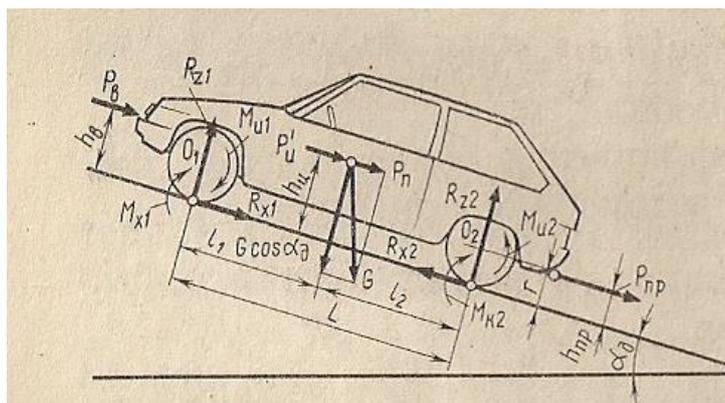


Рисунок 5 – Схема действия сил при прямолинейном движении

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.»[15] 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:

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

где m_q - масса водителя или пассажира.

При расчетах принимают $m_q = 75$ кг; n – число мест для сидения пассажиров; m_b - масса багажа.» [17]

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

Масса автомобиля в значительной степени определяет стоимость его изготовления и экономические затраты при эксплуатации. При увеличении массы снаряженного автомобиля и неизменной полной массы уменьшается 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] $\eta_{qm} = m_c / m_{сн}$.

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 эти измерители 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_{TP} трансмиссии, как показали исследования автора, также не зависят от компоновочной схемы автомобиля, за исключением высшей или предшествующей передач двухвальных коробок передач, устанавливаемых на автомобилях с приводом на передние колеса.

На автомобилях с приводом на передние колеса и поперечным расположением двигателя главная передача цилиндрическая, а на автомобилях классической компоновки – гипоидная с более низким КПД,

поэтому суммарный КПД η_{TP} трансмиссии первых автомобилей на 1-2% выше, чем вторых.

Основным входным параметром большинства измерителей «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, M_e представляет собой симметричную параболу с вершиной в точке А, имеющей координаты ω_M, M_M , вторая точка В этой параболы имеет координаты ω_N, M_N . При этом если характеристика асимметричная, ее следует рассматривать как симметричную относительно правой рабочей ветви, а при построении левой ветви – вносить коррективы.

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

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

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

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

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

В настоящее время на автомобилях в основном применяют двигатели внутреннего сгорания. Их мощностные свойства принято оценивать скоростными характеристиками, представляющими зависимость эффективной мощности или крутящего момента на коленчатом валу при установившемся режиме работы от частоты вращения двигателя. Скоростная характеристика, полученная при полной подаче топлива, называется *внешней скоростной характеристикой*, а полученные при неполной подаче топлива – *частичными*. Скоростные характеристики определяют на специальных стендах. При этом обычно непосредственно находят зависимости эффективного момента двигателя от частоты его вращения, а мощность определяют расчетом.»[4]

2.4 Сила сопротивления подъему

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

Сила сопротивления подъему

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

Крутизна дороги характеризуется углом α_{Π} подъема или величиной уклона» [32] 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:

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

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

2.5 Сопротивление воздуха

Сила сопротивления воздуха, возникающая при движении автомобиля,

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

где c_x – безразмерный коэффициент лобового сопротивления воздуха;

ρ – плотность воздуха;

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

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

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» [12] у этих автомобилей проще получить форму кузова с меньшими значениями c_x . Обтекающие кузов автомобиля потоки воздуха представлены на рисунках 6 и 7.

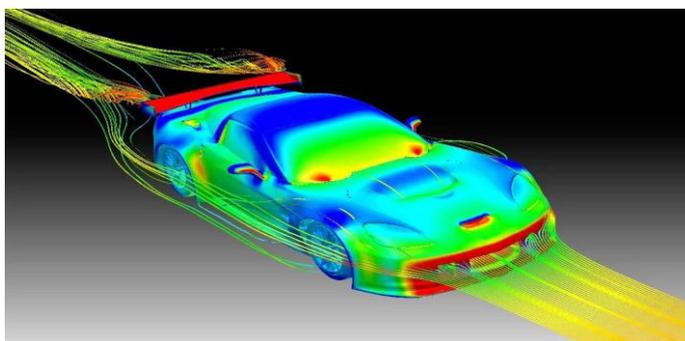


Рисунок 6 – Направление потоков воздуха

«Для современных легковых автомобилей нормального типа коэффициент сопротивления воздуха K колеблется примерно от 0,025 до 0,04, а для грузовых автомобилей – от 0,05 до 0,07 $кг·сек^2/м^4$. 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 $кг·сек^2/м^4$.

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 7 – Обтекание кузова потоками воздуха

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%.

«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 $\frac{dv}{dt}$. Принимая радиус качения r_K примерно постоянным, получаем: $v = r_K \cdot \omega_K$; $\frac{d\omega_K}{dt} = \frac{1}{r_K} \cdot \frac{dv}{dt}$.

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

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

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

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 [33]

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]

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

2.7 Тяговый расчет автомобиля

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_6 – вес багажа.

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

Полный вес автомобиля:

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

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

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

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

«Вес, приходящийся на ведущие колеса: »[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 $M_1/M_A=0,53\div 0,56$, а при полной нагрузке $M_1/M_A=0,50\div 0,52$. В дальнейшем примем для этих автомобилей $M_1/M_A=0,5$.

На автомобилях с приводом на передние колеса сначала принималось распределение нагрузки по осям $M_1/M_A=0,48\div 0,6$. Так, автомобиль Рено-4 имел распределение нагрузки $M_1/M_A=0,49$, а Рено-16 выпускался с $M_1/M_A=0,51$. 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.

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

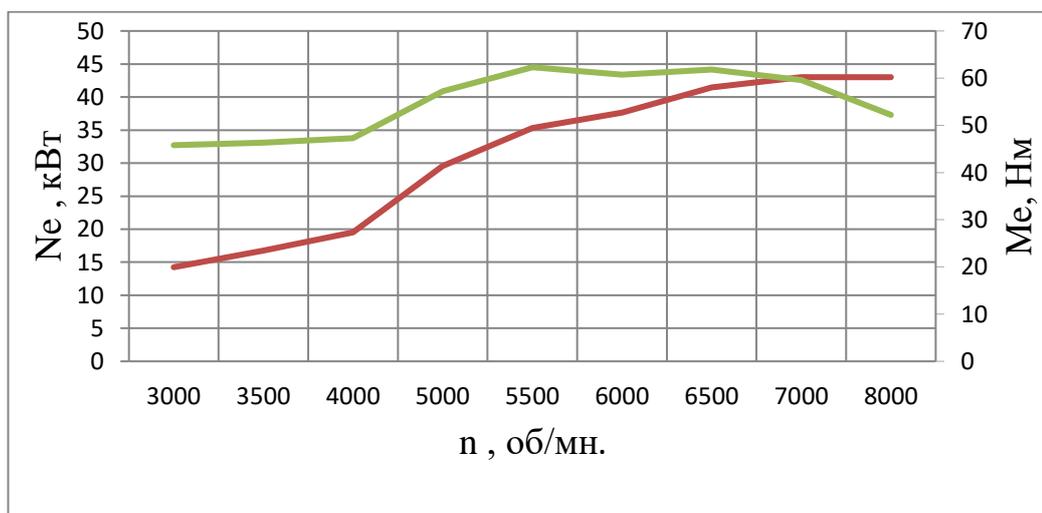


Рисунок 8 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

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

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

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

2.8 Тяговые характеристики автомобиля

«Тяговый расчет автомобиля 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. Предельное значение тяговой силы P_{fmax} на задних ведущих колесах автомобиля-тягача определяется из выражения:»[24]

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

где G – полный вес автомобиля.

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

$$P_{Pmax} = G_a = \phi \cdot G_a = \phi(G + Gi) \cdot \quad (20)$$

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:

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

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

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

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

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

Распределение тяговой силы по отдельным видам сопротивления движению называется тяговым балансом автомобиля. Аналогично этому» [29] «может быть распределена по отдельным видам сопротивления движению автомобиля и развиваемая двигателем мощность N_m . Такое распределение мощности двигателя по отдельным видам сопротивления называется мощностным балансом автомобиля.» [40]

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

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

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

где η_m – коэффициент нагруженности.

Уравнения мощностного баланса описывают потенциальные тягово-скоростные свойства по характеристикам двигателя и трансмиссии, однако

использование этих свойств должно быть обеспечено сцеплением ведущих колес с дорогой, а следовательно, статическим распределением нагрузки по осям. Для сопоставительной оценки рассматриваемых автомобилей по скоростной характеристике на дороге с переменным продольным профилем и при преодолении подъемов на высшей передаче следует рассмотреть динамику движения автомобиля на подъем. При движении происходит перераспределение нормальных реакций: с увеличением угла подъема реакции вырастают на задних колесах и уменьшаются на передних. При достижении определенного угла подъема у автомобилей с задними ведущими колесами наблюдается потеря сначала управляемости, а затем продольной устойчивости (при достаточном моменте на ведущих колесах сцепления этих колес с дорогой). Если ведущими являются передние колеса, то продольная устойчивость сохраняется, так как во всех ведущих режимах движения потеря сцепления ведущих колес опережает опрокидывание.

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»[9] 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:

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

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; »[3]

« $N_T = F_T \cdot V$ – 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;

$N_D = F_{\text{и}} \cdot V$ – 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 применения коробки передач автомобиля при включении передач. [10]

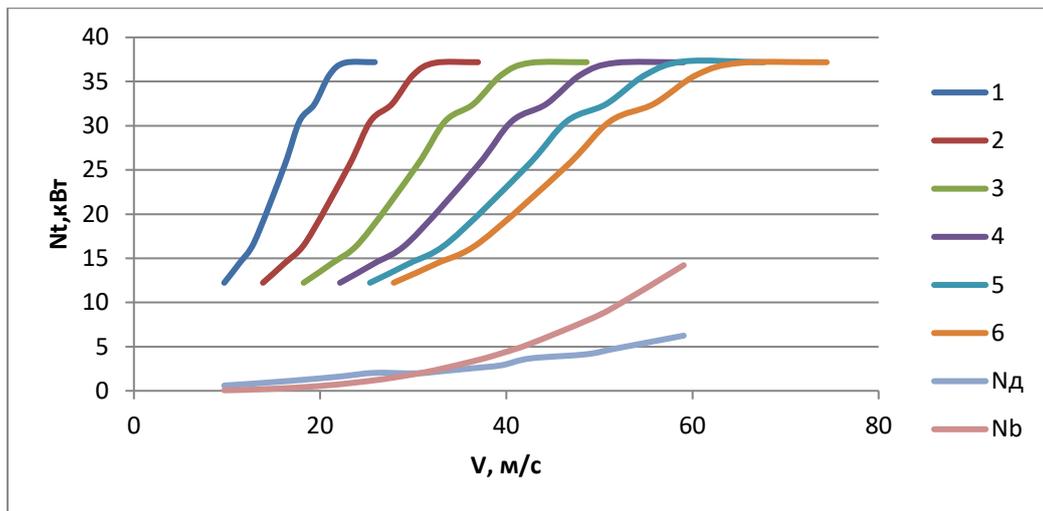


Рисунок 9 – Мощностной баланс

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 приравняем 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:

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

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 правомерен 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 $\alpha_{пДМАХ}$ 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_n 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.

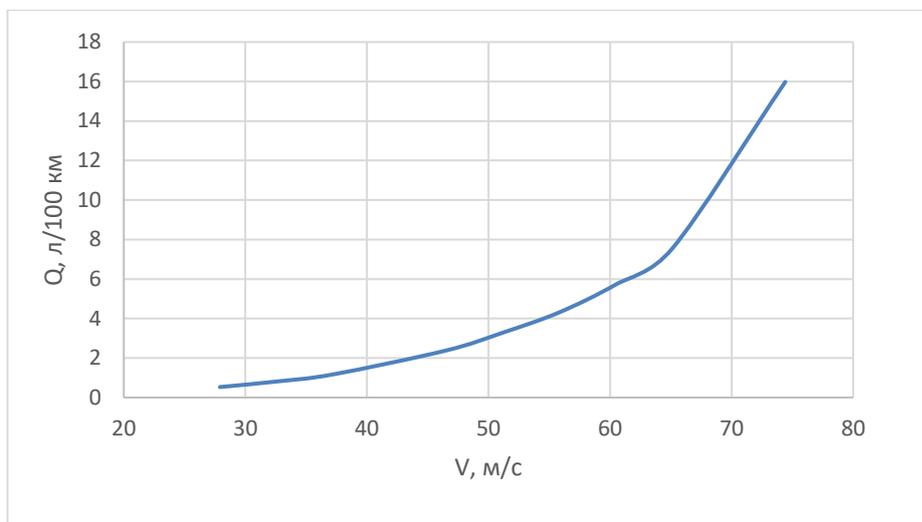


Рисунок 10 – Путь расход топлива» [1]

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

Сроки технического задания должны соответствовать срокам в договорных документах. Разработка следующих этапов:

- разработка ТЗ;
- разработка ТП;
- рабочая компоновка;
- чертежи деталей;
- разработка технологического процесса.

Устройство предназначено для применения в отделениях по «техническому обслуживанию и ремонту автомобилей» [43].» [1]

Передвижной подъемник спортивного болида «предназначен для сборочных работ проекта «Формула-Студент», подъема болидов при выполнении ремонтных работ. Схема устройства представлена на рисунке 11.

Передвижной подъемник спортивного болида проекта «Формула-Студент», предназначенный для подъема кузовов болидов, работает в режиме выполнения сборочных и ремонтных работ до нормативных параметров путём приложения разнонаправленных усилий. Источники разработки» [1]

«Подвижные каретки с подъемными лапами обычно связаны тросами, синхронизирующими движение роликов. Тросы, связывающие подвижные каретки, могут быть пропущены, как показано на схеме, как по верху, так и по низу стоек.

При такой схеме не только синхронизируется перемещение кареток, но и предотвращается аварийное падение автомобиля при разрушении троса» [7] «гидравлических цилиндров. Подъемники с одним цилиндром обязательно содержат страховочный механизм, например, в виде планки с зубьями или отверстиями, в которые при падении каретки вводится стопорящий клин.

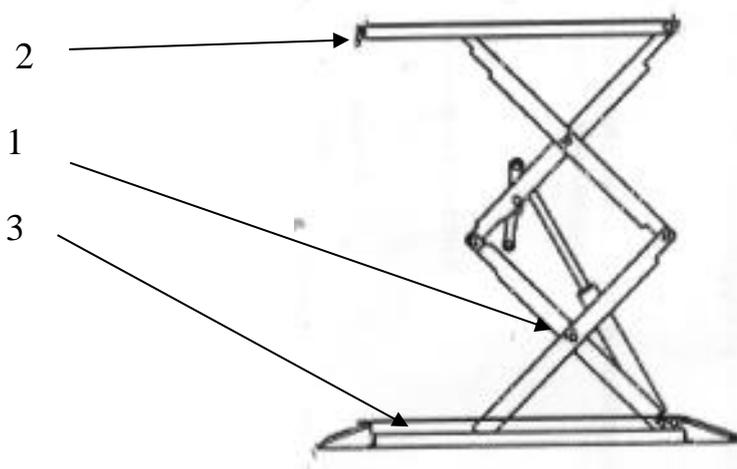
Гидравлика в силу своей конструкции обладает большим КПД.

Одноплунжерные гидравлические подъемники имеют опорную часть в

виде четырех поворачивающихся выдвижных лап с обрезиненными упорами. Цилиндры двух плунжерных подъемников расставлены» [1]. друг от друга на расстоянии, соответствующем ширине кузова автомобиля. На концах штоков закреплены опорные площадки с обрезиненными упорами в днище кузова.

«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» [15].

«Передвижной подъемник спортивного болида проекта «Формула-Студент» можно использовать как в качестве ремонтного стапеля, так и в качестве подъемника.



1 – «стойки, 2 – платформа 3 - основание

Рисунок 11 – Схема ножничного подъемника

Устройство для подъема должно отвечать следующим требованиям:

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

Возможность изготовления в условиях предприятия» [1].

Параметры подъемника:

Грузоподъемность – 500 кг;

Высота подъема – 750 мм;

Масса подъемника – 150 кг.

3.2 Техническое предложение

Все рассматриваемые аналоги данного подкласса относятся к оборудованию для ремонта, а более конкретно к подъемникам для кузовов автомобилей. На первом этапе проводится поиск существующих конструкций и информационный обзор проектных решений.

Рассмотрим более подробно описание аналогов и их характеристик» [41].

Подъемник НТД35 изготавливается более 6 лет. Ранее подъемник назывался ПМГ-1-Б. Модель выгодно отличается оригинальной конструкцией, обеспечивающей удобную установку автомобиля без использования дополнительных устройств (рисунок 12)»[1].



«Рисунок 12 – Подъемник НТД35

Штоки гидроцилиндров таких подъемников воспринимают все нагрузки, включая не только сжимающие, но и изгибающие, когда координаты

центра массы поднимаемого автомобиля не совпадают с осью штока. При этом прежде всего осложняется работа уплотнения штока. В нижнем состоянии опорные элементы подъемников располагаются в нишах пола и закрыты сверху крышкой на уровне пола, что исключает загромождение производственного участка.

Недостатком одноплунжерного подъемника является то, что выдвижные лапы осложняют доступ к агрегату автомобиля. Двухплунжерные подъемники этого недостатка не имеют, а также позволяют свободно открывать двери автомобиля, установленного на подъемник. Это выгодно отличает их от двухстоечных подъемников.

Широко используются и другие конструктивные варианты автомобильных подъемников, примеры которых показаны на рисунке 13. На данный момент часто используются ножничные подъемники, которые могут поднимать автомобиль после его въезда на опущенные платформы.



Рисунок 13 – Подъемник SPT-1 [17].

За счет установленных на платформах дополнительных ножничных подъемников, упирающихся в днище кузова, можно вывешивать колеса автомобиля. Ножничные подъемники обычно используют вместо четырехстоечных подъемников.

Гидравлический привод также используется в конструкции пантографных и параллелограммных подъемников. Проблемным моментом таких подъемников является страгивание опорных площадок в момент начала

подъема, когда вертикальная составляющая силы штока наклоненного цилиндра мала (рисунок 14)» [11]. «Гидравлические цилиндры различных подъемных устройств могут иметь приспособления, обеспечивающие плавное опускание поднятого объекта и ограничение высоты опускания.

Замедляющий клапан – это стальная пластина с центральным отверстием и выступами по периферии, удерживающими её соосно в цилиндрической проточке штуцера, через который масло подводится в цилиндр при подъеме автомобиля. Давлением масла пластина отодвигается до упора в штифт, а масло свободно обтекает пластину. При опускании автомобиля пластина отходит от штифта и ложится на плоскость проточки. В этом случае масло вынуждено перетекать только через отверстие малого диаметра как дроссель. Скорость вытекания масла из цилиндра уменьшается, при этом скорость опускания автомобиля замедляется.»[1].



«Рисунок 14 – Подъемник ножничный ПЕ-10

Защита от аварийных падений при отказе гидросистемы данного типа подъемников осуществляется посредством скользящих механических упоров и дополнительных цилиндров или электромагнитов, поднимающих собачки упоров при опускании автомобиля.

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

Таблица 3 – Технические характеристики подъемников кузовов автомобилей

Наименование показателя	НТД35	SPT-1	ПЕ-10
Производитель	ЗАО «Корунд»	ОАО «ОСТ»	"КНР"
Грузоподъёмность, кг	1000	500	800
Время подъёма, с	60	20	45
Время опускания, с	20	10	30
Количество силовых устройств, шт.	1	1	1
Масса, кг	75	136	142
Стоимость, тыс.руб.» [3]	155,5	59,1	71,9

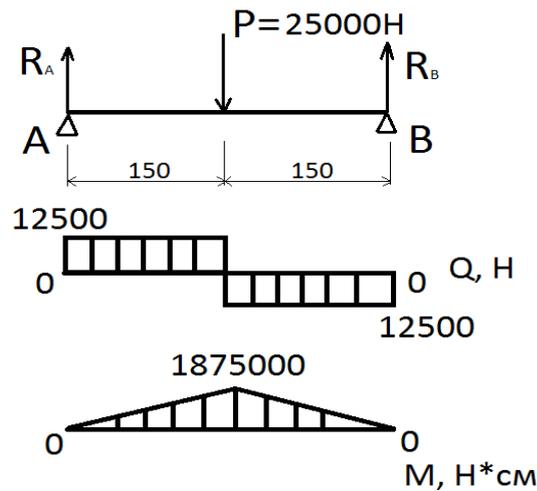
Существующие конструкции необходимо рассмотреть и проанализировать, исходя из условий подбора и соответствия техническому заданию. Заблаговременно выявляются недостатки конструкции, которые по возможности нужно устранить.

3.3 Предварительный проектный расчет

«В рамках данной работы должны быть решены следующие,» [18]
«наиважнейшие для определения параметров конструкции, вопросы:

- выбор подъемника;
- прочностной расчет рамы;
- прочностной расчет платформы и основных нагруженных её элементов.

Каретки опираются на коробчатые стойки двумя комплектами опорных роликов, разнесенных по высоте на расстояние, обеспечивающее уравнивание изгибающего момента от силы тяжести автомобиля, воспринимаемой несущими лапами. Когда центр тяжести автомобиля сдвинут относительно оси каретки, работают ролики, расположенные в пазах стойки. Для удержания раздвинутых лап от самопроизвольного смещения используются различные виды фиксаторов, расчетная схема (рисунок 15):» [1]



«Рисунок 15 – Эпюры внутренних» [5] силовых факторов

Сначала необходимо найти реакции в опорах.

«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).

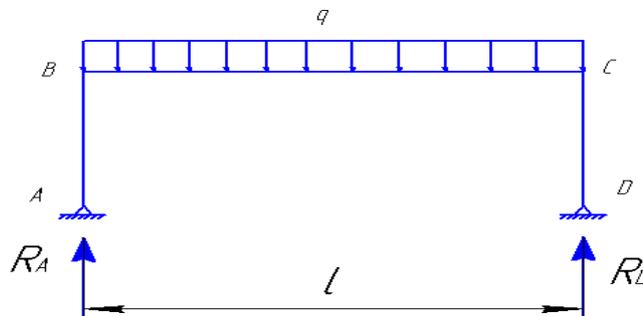
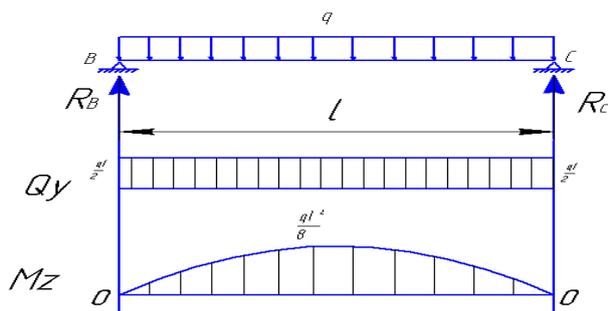


Рисунок 16 - Реакция и нагрузка на платформу

Для расчета $q = 500$ кг - распределенная нагрузка, $l = 1680$ мм – длина платформы. »[39].

Эпюры для расчета на прочность платформы изображены на рисунке 17.» [2]



«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 (3.1) - (3.2) следует» [2]:

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

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

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

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

«Опасное сечение платформы находится в середине, где изгибающий момент достигает экстремума: »[3].

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

$$R_C = \frac{ql}{2}; \quad (39)$$

$$\ll Q_y = -R_B + qx; \quad (40)$$

$$M_z = R_B x - \frac{qx^2}{2} \quad (41)$$

Тогда:

$$M_z = \frac{qlx}{2} - \frac{qx^2}{2} \quad (42)$$

Опасное сечение платформы траверсы находится в середине, где изгибающий момент достигает экстремума» [8]:

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8} \quad (43)$$

$$M_{\max} = \frac{2000 \cdot 1.62^2}{8} = 0,66 \text{ кНм}.$$

«Условие прочности записывается следующим образом:

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_z} \leq [\sigma], \quad (44)$$

откуда получаем выражение для момента сопротивления» [6]

$$W_z \geq \frac{M}{[\sigma]} \quad (45)$$

Вывод:

«При исследовании использования массы автомобилей различных компоновочных схем приняты дополнительные измерители. Измеритель $\eta_{\text{пм}}$ пересчитан на измеритель η_{qm} с учетом» [1]. «массы одного пассажира (75 кг) без массы багажа, приходящегося на одного пассажира» [16] (10 кг). «Для удобства комплексной оценки использования массы снаряженного автомобиля коэффициент η_{qm} был заменен коэффициентом η_q . При этом $\eta_q = m_q/m_{\text{сн.}}$ » [4]

4 Технологический процесс сборки и перемещения рам спортивного болида Формула-Студент

«Сборочный стапель представляет собой двухколесную тележку с установленным на ней подъемником ножничного типа. Подъемник представляет собой конструкцию: платформа, стойки, ролики, а также гидравлический привод. Платформа установлена на стойках ножничного типа и закреплена при помощи шарниров. Подъем и опускание платформы осуществляется при помощи выдвигания штока гидроцилиндра.

Крепление рамы спортивного болида представляет собой специальные профили, в которых закрепляются трубы каркаса. Передвижной стапель предназначен для перемещения рамы спортивного болида к месту проведения сборочных или регламентных работ. Это позволяет сократить затраты времени на подгонку элементов каркаса, сварку, ускорить процесс сборки болида. Использование подъемного механизма обеспечивает доступ к различным частям рамы болида, например, сверху и снизу. Перечень основных элементов подъемника передвижного представлен в спецификации (приложение А) на рисунках А.1, А.2, А.3.

Технологическая карта на процесс сборки и перемещения рамы спортивного болида представлена в графической части проекта.

4.1 Подготовка передвижного стапеля к работе

Перед началом работ с передвижным стапелем, необходимо убедиться в исправном состоянии механической, гидравлической систем подъемника в соответствии с руководством по эксплуатации. Проверить надежность креплений стоек к раме и платформе. Убедиться в надежном креплении всех болтовых соединений, крепления гидроцилиндра, штуцеров гидравлической системы привода подъемника.

Тележку стапеля поставить на ровную площадку. Передний и задний упоры должны быть установлены на поверхности пола в вертикальном положении и закреплены при помощи барашковых гаек.

Трубы каркаса рамы спортивного болида должны быть надежно закреплены на стапеле при помощи болтовых соединений.»[40].

4.2 Подъем рамы спортивного болида на платформе

«Убедиться, перепускной клапан гидравлического насоса закрыт, при необходимости затянуть винт клапана до упора. С помощью рычага насоса произвести подъем платформы подъемного устройства до необходимой высоты. Установить страховочные упоры под платформу подъемника.

4.3 Перемещение рамы спортивного болида

Поднять передний и задний упоры тележки и откатить передвижной стапель с рамой спортивного болида на платформе в требуемое место. Транспортировка передвижного стапеля к месту назначения производится вручную, с приложением усилия на рукоять.

После установки тележки стапеля на ровной площадке, опустить передний и задний упоры тележки и закрепить барашковыми гайками.

4.4 Снятие рамы спортивного болида с подъемника

Отвернув винт перепускного клапана, опустить платформу на раму устройства до нижнего положения. Освободить болтовые крепления труб каркаса рамы. Произвести снятие с платформы рамы спортивного болида. Элементы подъемника привести в первоначальное положение, поместить стапель в штатном месте хранения. »[5].

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 одно 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. [27]

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 [23, 35]. 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 $GK \geq 3$ 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 « $(\delta_n = \delta_3)$ », а следовательно, совместить траектории движения «идеального» и реального автомобиля $R = L/(\theta - \delta_n + \delta_3)$, значимость многочисленных параметров, влияющих на траекторию движения,»[21] выражается через углы увода δ_n и δ_3 .

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_3 задней осей. При $\delta_n > \delta_3$ поворачиваемость недостаточная, при $\delta_n < \delta_3$ - избыточная; при $\delta_n = \delta_3$ - 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:

$$J_{\text{ПР}} \cdot \gamma_{\text{КР}} + 0,5\gamma_{\text{КР}} \sum k_{\text{КР}i} B^2 + 0,5\gamma_{\text{КР}} \sum C_{\text{КР}i} \cdot B^2 = M_{\gamma} \quad (46)$$

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:

$$\gamma_{\text{КР}} = \gamma m_0 h_{\text{нр}} / (C_{y1} + C_{y2}) \quad (47)$$

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]

$$K_y = K_{y0}(1 \pm c_n R_x)(1 \pm c_1 \Delta R_z) \quad (48)$$

$$K_M = K_{M0}(1 \pm c_M R_x)(1 \pm c_M \Delta R_z) \quad (49)$$

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. »[44]

Кривая 2 характеризует начальную недостаточную поворачиваемость с переходом ее в избыточную, кривая 4 – переход от избыточной поворачиваемости к недостаточной в аналогичной точке.[26] 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 . [34]

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;» [25]
- «повышенную или пониженную влажность воздуха, ионизацию воздуха в рабочей зоне;» [26]
 - «отсутствие или недостаток естественного света;
 - недостаточную освещенность рабочей зоны;
 - пониженную контрастность;
 - повышенную яркость света;
 - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и всего оборудования.

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

- токсические;
- раздражающие;
- сенсibiliзирующие;
- канцерогенные;
- мутагенные

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» [28]).

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 4).

Таблица 4 - 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». [30]

«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)» [42] «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 тока статического электричества чаще всего возникают при прикосновенье 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 прикосновенья 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» [36] 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).

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» [38] 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:

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

6 Расчет экономической эффективности подъемника болидов «Формула-Студент»

6.1 Технико-экономическое обоснование разработки проекта

Технико-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.

Объектом дипломного проектирования является новый тип 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. [45]

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:

$$C = M + \Pi и + Зосн + Здоп + СС + Ицех + Изав + НР \quad (50)$$

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

$\Pi и$ – затраты на покупные стенда, используемые в конструкции, руб.;

$Зосн$ – основная заработная плата рабочих, руб.;

$Здоп$ – дополнительная заработная плата рабочих, руб.;

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

$Ицех$ – общецеховые издержки, $Ицех = 85\%$;

$Изав$ – общезаводские издержки, $Изав = 110\%$;

$НР$ – 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 5. Расчет материальных затрат производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n \quad (51)$$

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 5 – Расчет затрат на материалы

Наименование материала	Количество материала	Цена единицы материала, руб	Сумма, руб
Заготовка поковка	16	230,20	3683,20
Грунтовка	3,5	150,00	525,00
Краска	4	725,00	2900,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 120	10	125,00	1250,00
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:

$$P_n = \sum_{i=1}^n P_{i_n} \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n P_{i_n} \cdot C_n \quad (52)$$

где Π_n – количество покупных изделий, ед;

C_n – цена за единицу покупного станда, 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 6. [19]

Таблица 6 – 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
Лампа контрольная	4	85,00	340,00
Муфта МУВП ГОСТ 13254-75	2	780,00	1 560,00
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:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n (T_i \cdot C_{Ti} \cdot k_{чi} \cdot k_{пр}) \quad (53)$$

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 7.

Таблица 7 – 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
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
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:

$$З_{доп} = З_о \cdot k_{доп}, \quad (54)$$

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 отличие 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:

$$З_{ФСС} = (З_0 + З_{доп}) \cdot 0,3 \quad (55)$$

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

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:

$$Р_{об} = З_0 \cdot 1,04 \quad (56)$$

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

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:

$$Р_{ох} = З_0 \cdot 0,25 \quad (57)$$

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

Общепроизводственные расходы – это расходы предприятия, связанные с выпуском продукции и осуществлением хозяйственной и коммерческой деятельности. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общепроизводственные расходы 30% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле: [14]

$$Роп = Зо \cdot 0,30 \quad (58)$$

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

Для простоты и удобства восприятия, все статьи расходов сведем в таблицу 8.

Таблица 8 – 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%
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%

Как правило, общепроизводственные расходы включают в себя комплекс расходов, связанных с функционированием предприятия, включая

затраты на заработную плату инженерно-технического и административно-управленческого персонала. 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.

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены станда 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.

Для определения экономического эффекта необходимо 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). Предполагается уровень рентабельности на уровне 15%, а НДС 20%. Расчет производится по формуле:

$$Ци = Сп + Сп \cdot 0,15 + Сп \cdot 0,20 \quad (59)$$

$$Ци = 302\,263,78 + 302\,263,78 \cdot 0,15 + 302\,263,78 \cdot 0,20 = 408056,10$$

Принимаем отпускную цену $Ци = 410\,000$ 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:

$$\mathcal{E} = \mathcal{C}_i - \mathcal{C} \quad (60)$$

где \mathcal{C} – средняя цена стенда до модернизации, руб

В соответствии с произведенным анализом, выявлена цена на изделие на рынке у разных продавцов. Анализ средней стоимости приведен в таблице 9.

[31]

Таблица 9 – Расчет средней цены стенда

Наименование фирмы	Цена прицепа, руб
ООО «Техносервис», Казань	32 000
ООО «Комплекс-А», Белебей	35 000
ООО «Сфера», Тольятти Н. Новгород	30 000
Средняя цена по компаниям	32 333

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

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

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

$$\mathcal{E}_g = \mathcal{E} \cdot N \quad (61)$$

где N – объём реализации продукции, ед.

$$\mathcal{E}_g = 26667,00 \cdot 50 = 1\,333\,350 \text{ руб}$$

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.

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. [9]

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, $Эг = 233350$ 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.

Заключение

В дипломном «проекте на тему «Разработка подъемного стапеля для сборки спортивного болида «Формула-Студент», проведены технологические расчеты конструктивных элементов, анализ и выбор составных частей устройства, как производимых самостоятельно, так и закупочных.»[13] 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 стапель 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 установки 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 Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
- 4 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.
- 5 Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
- 6 Бродский В. В. – М: Наука, 1976. – 224 с.
- 7 Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей / И. А. Бухарин. – М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отд-ние, 1950. – 292 с.
- 8 Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 240 с.
- 9 Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
- 10 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.
- 11 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

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

13 Генбом Б.Б. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей / Б. Б. Генбом. - Львов: Вища школа, 1974. – 234 с.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

23 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.

24 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.

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

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

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

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

29 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.

30 Краткий автомобильный справочник./НИИАТ. М. Транспорт, 1988 – 224 с.

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

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

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

34 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.

35 Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление/Пер. с нем. В.Н. Пальянова; Под ред. А. А. Гальбрейха.- М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.

- 36 Стенды тормозные силовые «СТС». Руководство по эксплуатации 10У. 14.00.00.000. - Великий Новгород, 2007. – с. 52.
- 37 Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.
- 38 Catalin, Alexandru. Vlad, Totu, Method for the multi-criteria optimization of car wheel mechanisms / Alexandru, Catalin. Totu, Vlad;. - *Ingeniería e Investigación*, 2016. – 137s.
- 39 Dainius, Luneckas. Vilius Bartulis, Research on Probability for Failures in VW Cars During Warranty and Post-Warranty Periods / Luneckas, Dainius. Bartulis, Vilius;. - *Mokslas: Lietuvos Ateitis*, 2014. -85s.
- 40 Duna, Tariq Yaseen, Graphical user interface (GUI) for design of passenger car system using random road profile / Tariq Yaseen, Duna;. - *International Journal of Energy and Environment*, 2016. – 97s.
- 41 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.
- 42 Lucian, Roman, Mathematical model and software simulation of system from opel cars / Roman, Lucian;. - *Annals of the Oradea University: Fascicle Management and Technological Engineering*, 2014. -77s.
- 43 Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.
- 44 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.
- 45 Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

Продолжение Приложения А

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
	19	24.ДП.ГЭА.215.6100.019	Плита 10х1000х1320	1	
	20	24.ДП.ГЭА.215.6100.020	Стойка 15х50х1182	8	
	21	24.ДП.ГЭА.215.6100.021	Втулка стойки	24	
	22	24.ДП.ГЭА.215.6100.022	Кронштейн нижний	2	
	23	24.ДП.ГЭА.215.6100.023	Кронштейн верхний	2	
	24	24.ДП.ГЭА.215.6100.024	Кронштейн пружины верхний	1	
	25	24.ДП.ГЭА.215.6100.025	Кронштейн пружины нижний	1	
	26	24.ДП.ГЭА.215.6100.026	Крышка масляного бака	1	
	27	24.ДП.ГЭА.215.6100.027	Сапун	1	
	28	24.ДП.ГЭА.215.6100.028	Штуцер 8	3	
	29	24.ДП.ГЭА.215.6100.029	Труба 8	1	
	30	24.ДП.ГЭА.215.6100.030	Угол 35х45	6	
	31	24.ДП.ГЭА.215.6100.031	Труба 25	2	
	32	24.ДП.ГЭА.215.6100.032	Ось ролика верхнего	2	
	33	24.ДП.ГЭА.215.6100.033	Ось стойки верхней	2	
	34	24.ДП.ГЭА.215.6100.034	Подкладка	2	
	35	24.ДП.ГЭА.215.6100.035	Ось стоек	4	
	36	24.ДП.ГЭА.215.6100.036	Ролик опорный	4	
	37	24.ДП.ГЭА.215.6100.037	Ось толкателя	1	
	38	24.ДП.ГЭА.215.6100.038	Втулка дистанционная	2	
			<u>Стандартные изделия</u>		
	40		Гайка М20 ГОСТ 5927-70	9	
	41		Шайба 20 ГОСТ 11371-78	9	
	42		Шайба стопорная ГОСТ 5056-70	9	
	43		Болт М8х20 ГОСТ 15589-70	4	
	44		Гайка М8 ГОСТ 5927-70	4	
	45		Шайба 8 ГОСТ 11371-78	4	
	46		Шайба стопорная 8 ГОСТ 5056-70	4	
			24.ДП.ГЭА.215.6100.000		Лист
					2
Изм.	Лист	№ док.цм.	Подп.	Дата	

Копировал

Формат А4

Рисунок А.2 – Спецификация на подъемник передвижной

