

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра

«Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование кафедры)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему *Разработка тормозной системы спортивного автомобиля*
проекта «Формула студент»

Студент

Л.Е. Пантелеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.М. Скутнев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В. Краснопецева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Гудкова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

И. о. заведующего кафедрой

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ »

20 18 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Название моего дипломного проекта – «разработка тормозной системы спортивного автомобиля «Формула студент»». Целью работы является разработка тормозной системы спортивного автомобиля и повышение эффективности торможения.

Ключевым моментом диплома является работоспособность и характеристики тормозной системы болида.

Диплом содержит пять основных пунктов. В первой части содержится обзор основных функциональных целей тормозов болида, классификация с обзором текущих изменений, а также обзор основных направлений в конструкции тормозной системы в настоящее время. Вторая часть ориентирована на инженерные расчеты динамических характеристик болида, расчет передних и задних тормозов. Третья часть посвящена разработке процесса сборки переднего тормоза болида. Четвертая часть посвящена обзору состояния здоровья и безопасности при сборке болида. В пятой части приведены экономические расчеты, включающие стоимость продукта.

Расчеты проводились по характеристикам болида «Формула студент» 2017г.

ABSTRACT

The name of my thesis – "development of the braking system of a sports car "Formula student". The purpose of the work is to develop a sports car braking system and improve braking efficiency.

The key point of the diploma is the performance and characteristics of the braking system of the car.

The diploma contains five main points. The first part provides an overview of the main functional objectives of the brakes of the car, a classification with an overview of the current changes, as well as an overview of the main directions in the design of the brake system at the present time. The second part is focused on the engineering calculations of the dynamic characteristics of the car, the calculation of the front and rear brakes. The third part is devoted to the development of the front brake Assembly process of the car. The fourth part is devoted to the review of health and safety in the Assembly of the car. The fifth part contains economic calculations including the cost of the product.

Calculations were carried out on the characteristics of the car "Formula student" 2017.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Состояние вопроса	7
1.1 Предназначения и требования к тормозному управлению	7
1.2 Требования к тормозной системе в соответствии с регламентом	7
1.3 Обзор и анализ схем тормозной системы болида.....	10
1.4 Условия выбора и аргументация вносимых изменений в конструкцию тормозной системы.	18
2 Защита интеллектуальной собственности	23
3 Конструкторская часть	24
3.1 Тягово-динамический расчет болида формулы студент.....	24
3.1.1 Начальные данные для ведения тягово-динамического расчета:.....	24
1. Подготовка исходных данных для тягового расчета	25
3.1.2 Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) мотора.....	27
3.1.3 Силовой баланс болида	30
3.1.4 Динамическая характеристика автомобиля	32
3.1.5 Ускорение болида	33
3.1.6 Путь и время разгона болида.....	36
3.1.7 Мощностной баланс болида	39
3.1.8 Топливно-экономической характеристика болида	41
4 Расчет тормозной системы болида «Формула студент».....	44
4.1 Начальные данные для расчета	44
4.2 Расчет переднего тормозного механизма.....	45
4.3 Расчет заднего тормозного механизма	46
4.4 Определение нормальных реакций дороги на ось болида при торможении	47
4.5 Определение о соотношения давлений	48
4.5 Расчет регулятора тормозных усилий.....	49
5. Экономическая часть	51
Введение.....	51

5.1 Составление сметы затрат на выполнение НИиОКР	52
5.1.1 Формирование последовательности перечня работ	52
5.2 Составление общего процесса НИР	53
5.3 Расчет бюджета трат на НИР	56
5.4 Расчет амортизационных отчислений.	58
5.5 Экономическая эффективность НИОКР.	61
5.6 Классификация вычисленных экономических данных	62
6 Безопасность и экологичность цеха сборки болида проекта «Формулы Студент».....	63
6.1 Опасные и вредные производственные факторы.	63
6.2 Влияние производственных моментов на организм рабочих	64
6.3 Мероприятия по созданию безопасных условий труда	64
6.3.1 Организационные мероприятия	64
6.3.2 Планировочные мероприятия.....	65
6.3.3 Технические мероприятия	65
6.3.4 Разработка и подбор средств персональной защиты	65
6.4 Обеспечение электро-безопасности на участке сборки болида.....	65
6.5 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке ...	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	70

ВВЕДЕНИЕ

«Formula Student» – масштабный международный проект. Первые соревнования прошли в 1981 году и с каждым годом увеличивает свою популярность по всему миру.

Большое распространение проект получил в России. Нашу страну в мировом рейтинге представляют 7 команд, но в действительности география значительно шире: от Владивостока до Европейской части России – всего более 20-и команд.

Особенностью «Formula Student» является то, что команда состоит из студентов-непрофессионалов, перед которыми ставится задача не только победить в динамических дисциплинах, но и в инженерной защите разработанного проекта.

С этим успешно справляется команда Тольяттинского государственного университета. Команда “Formula Student TSU” после небольшого перерыва вернулась в мир автомобильного спорта. В короткие сроки был разработан болид, который разгоняется до скорости 100 км/ч меньше чем за 4 секунды. В данном проекте участвуют студенты разных специальностей. Ведь помимо основного проектирования болида команде нужно составить бизнес-план, участвовать в международных конференциях, успешно презентовать проект.

Основной целью «Formula Student» является укрепление студенческого инженерного движения России и побуждение молодых людей заниматься карьерой в области машиностроения.

1 Состояние вопроса

1.1 Предназначения и требования к тормозному управлению

Тормозная система (ТС) считается частью других систем и агрегатов служащая для управления болидом. Перечень возможностей ТС заключается в снижении скорости, обеспечения безопасности движения и полной остановки автомобиля. Процесс торможения выполняется за счет перераспределения энергии от органов (педаль тормоза) к системе тормозных механизмов болида.

Тормозная система сильно влияет на безопасность перемещения болида. Вследствие этого кроме общих требований к конструкции в целом, предъявляются специальные требования к системе тормозных механизмов. В соответствии с специальными нормативными требованиями должны гарантировать:

- минимизация тормозного пути;
- максимальную реакцию замедления;
- обеспечение устойчивости во время торможения;
- постоянство тормозных свойств при многократной работе тормозов и их минимальное время срабатывания;
- соответствие между силой воздействия на педаль тормоза и тормозящими силами на колесах болида;
- легкость управления.

1.2 Требования к тормозной системе в соответствии с регламентом

Спортивный болид обязан быть оборудован ТС, которая функционирует на все 4 колеса и приводится в работу при помощи одного элемента управления.

ТС обязана иметь 2 контура которые не будут завесить друг от друга. При аварии, повреждении или же других нарушениях целостности системы болид обеспечит надежное торможение хотя бы 2-мя колесами.

Каждый тормозной контур должен быть обеспечен личным запасом тормозной жидкости. Для этого подходят как отдельные резервуары так и замкнутые резервуары, подобные коммерческим резервуарам.

Для самоблокирующегося дифференциала достаточно одного работающего тормоза. Электронные системы торможения запрещены. Неармированные пластмассовые линии ТС запрещены.

ТС обязана сохранять работоспособность при столкновениях или же неаккуратной езде (см.Т6.4.2) так же и при малозначительных ударах .

Примечание – пункт Т6.4.2 из регламента состязаний «Formula Student»

Т6.4.2 Цепи, звездочки, ремни и другие скоростные элементы трансмиссии должны быть оборудованы защитным экраном . Защитный экран должен ограждать ремень или же цепь по всей длине от ведомой звездочки до ведущего колеса. Так же защитный экран должен быть установлен параллельно самой нижней точки ремня, колеса или же шкива. Наименьшие требования по материалам: 2 миллиметра сталь или же 3 миллиметра дюралевый сплав 6061-Т6.

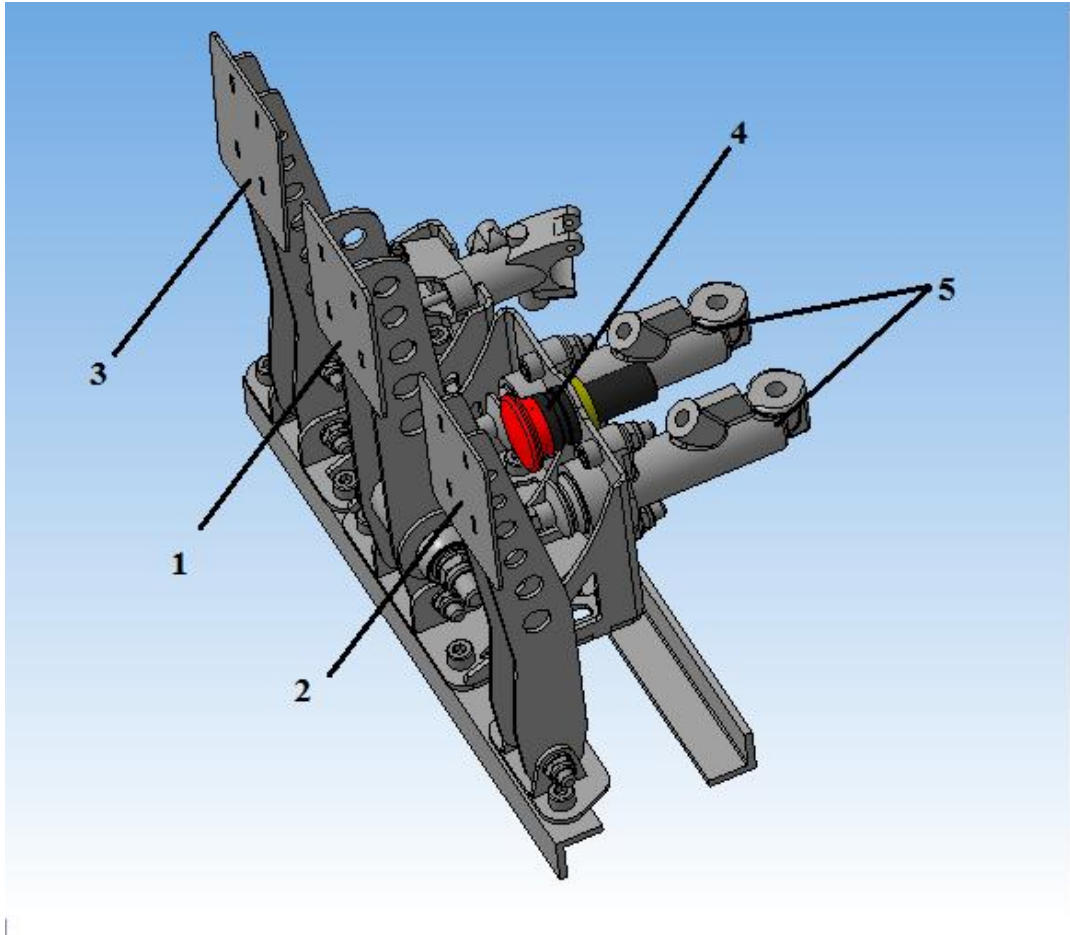
В боковой проекции ни 1 часть ТС, не должна заходить за нижнюю часть рамы или же других элементах несущей конструкции .

Механизм управления тормозами (педаля тормоза) должна выдерживать нагрузку в 2кН и при этом обеспечивать дальнейшую работоспособность ТС и педали тормоза. Одним из самых простых способов проверки данного узла можно выделить когда водитель давит на педаль с наибольшей силой которую может приложить в положении сидя.

В качестве материала для изготовления педали тормоза можно использовать сталь, алюминий, титан также сталь и алюминий впоследствии механической обработки.

Выключатель максимального положения педали тормоза. Выключатель обязан соответствовать правилам соревнований как написано в пункте CV4.1.. В случае выхода из строя одного или же сразу двух

тормозных контура, тормозная педаль должна переместиться в открытую щель для отключения питания топливного насоса, систем управления и зажигания. Это должно работать для всех опций тормозной педали и тормозного баланса, применяемых для управления автомобилем.



1 – педаль тормоза; 2 – педаль газа; 3 – педаль сцепления; 4 – выключатель; 5 – главные тормозные цилиндры

Рисунок 1.1 - Узел управления

Примечание – пункт CV4.1 из регламента соревнований «Formula Student»

CV4.1 Цепь аварийного выключения

CV4.1.1 Цепь остановки напрямую держит под контролем электронный ток, поступающий в зажигание, впрыск и топливные насосы. Она имеет возможность работать через реле.

CV4.1.2 Цепь остановки - это соединений кнопки выключения в кокпите (в кабине), выключателя максимального положения педали тормоза

и инерционного выключателя.

Повторная активация выключателя не должна закрывать цепь останова. Выключатель обязан быть сделан таким образом, что водитель не был способен его сбросить.

Переключатель необходимо снабдить механическими компонентами, а не через обращение к блокам контроля двигателя, или подобных функций цифровых регуляторов.

Выключатель при максимальном положении педали тормоза обязан быть механическим однополярным двухпозиционным переключателем.

1.3 Обзор и анализ схем тормозной системы болида

В автомобильном спорте широкое распространение получили фрикционные тормозные механизмы которые в свою очередь подразделяются на:

- колодочно-дисковые
- колодочно-барабанные

Дисковые тормозные механизмы бывают с подвижным или же неподвижным суппортом. Дисковые тормоза эффективнее барабанных в силу конструктивных особенностей и расчете на единицу площади трения также они работают в более высоких температурных режимах. Для наилучшего охлаждения рабочей зоны нередко пользуют перфорированные (вентилируемые) диски. Повышенная толщина вентилируемого диска разрешает разместить меж поверхностями трения ребра жесткости, которые обеспечивают принудительную циркуляцию воздуха. Под действием центробежной силы горячий воздух выбрасывается в окружающую среду, тем самым охлаждая тормозной диск. Для предотвращения закипания тормозной жидкости в цилиндре чаще всего используют пустотелые поршни, а тормозные колодки делают из теплоизоляционных материалов.

Рассмотрим каждый из них более подробно. Важным классификационным признаком дискового тормоза является конструкция

скобы, несущей и направляющей колодку с накладками. В соответствии с этим признаком дисковые тормоза разделяются на механизмы с фиксированной и «плавающей» скобой.

Тормозной суппорт один из основных элементов тормозной системы автомобиля. От его исправности зависит работа всего блока тормозов. Эту часть тормозной системы больше всего модернизируется с момента представления дисковых тормозов. Ведущие производители тормозных систем для автоспорта стараются представить более производительные суппорта. Изначально появились суппорта с фиксированной конструкцией. Такой суппорт представляет собой металлический корпус, и расположенные симметрично, с обеих сторон, напротив друг друга тормозные цилиндры, которые оказывают давление на тормозные колодки, и прижимают тормозной диск между ними. Равномерное давление возникает с применением гидравлической системы с тормозной жидкостью, которая подается одновременно во все цилиндры системы. Такая система достаточно дорогая в производстве, но обладает большой эффективностью и применяется для производства высокопроизводительных систем автомобилей. Ведущие производители тормозных систем в автоспорте используют именно фиксированную конструкцию суппорта. Вариант с плавающей скобой очень распространен в автомобилестроении, такая конструкция более компактная, простая в установке и обеспечивает более равномерный износ колодок. При такой конструкции тормозная колодка фиксируется с одной стороны, а с противоположной располагается вторая колодка и цилиндры, оказывающие на нее давление. При торможении, поршень оказывает давление на внутреннюю колодку, которая располагается перед ним, а когда эта колодка касается диска, плавающая скоба начинает движение на встречу и прижимает вторую, внешнюю колодку.

Конструкция тормозного суппорта с плавающей скобой

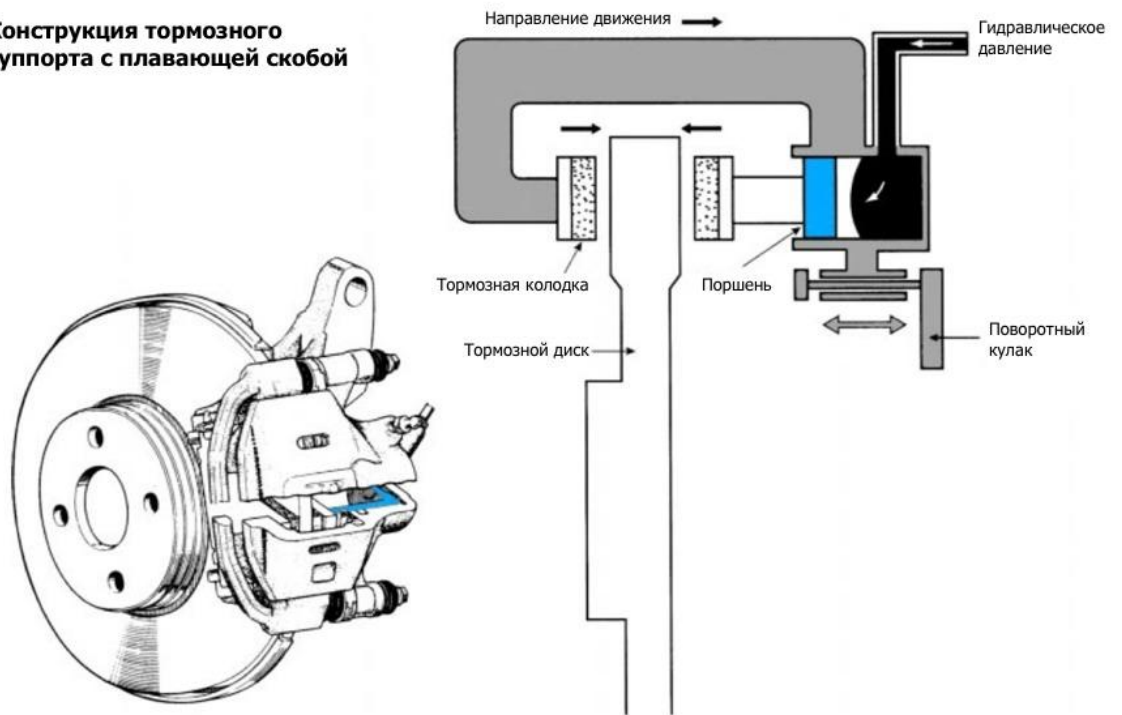


Рисунок 1.2 - Конструкция суппорта с плавающей скобой

Как уже было сказано выше, более эффективны суппорта фиксированной конструкции, и поэтому они используются в автоспорте. Далее поговорим про суппорта фиксированного типа.

Следующий важный параметр уже определяет эффективность работы суппорта. Он зависит от количества установленных цилиндров и их размера. Что определяют рабочую площадь цилиндров.

Здесь очень важно найти баланс. Тормозной суппорт должен быть подобран, чтобы обеспечивать управляемое торможение автомобиля. Количество цилиндров в суппорте не является основанием эффективности суппорта, более важный параметр это площадь поршня и равномерность распределения тормозной нагрузки по колодке. Основная задача такого поршня создать тепловой барьер для передачи тепла от колодки к остальным частям тормозной системы. Используется составная конструкция объединяющая защитный экран из нержавеющей стали и оболочку покрытую алюминием, что позволяет уменьшить передачу тепла на 25%. Уменьшение температуры дает больший срок жизни уплотнительным кольцам, и не

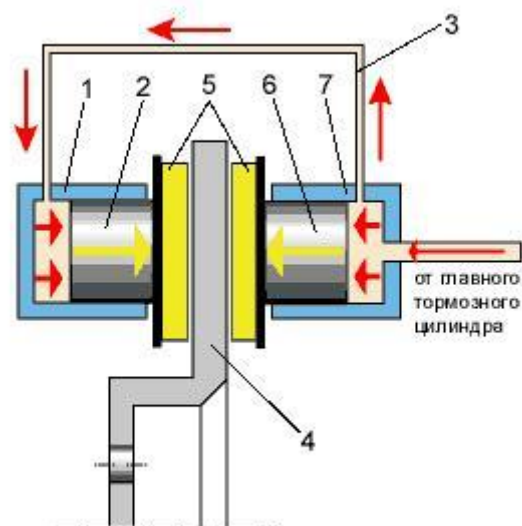
вызывает закипание тормозной жидкости, увеличивает срок эксплуатации самого суппорта и поршней, и уменьшает необходимость сервисного обслуживания. Это технология была разработана для гонок серии NASCAR, где температуры, в тормозной системе, порой достигают экстремальных.



Рисунок 1.3 - Поршни тормозного суппорта

Устройство суппортов. В состав суппортов дискового тормозного механизма включают в себя: тормозные колодки, гидравлический цилиндр с поршнем. У всех суппортов дискового тормозного механизма схожий принцип работы: при воздействии на педаль тормоза, поршни под давлением тормозной жидкости прижимают колодки к диску, тем самым блокируя его.

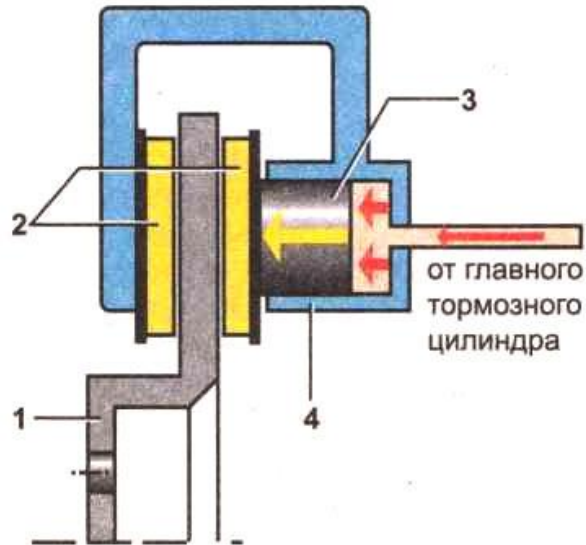
Суппорты для легковых автомобилей изготавливают из дешевого высокопрочного серого чугуна с добавлением шаровым графитом. Их главный недостаток это большой вес. Для гоночных автомобилей чаще устанавливают суппорты из алюминиевого сплава (дюраль), так как они почти в два раза меньше чугунных.



1 - рабочий цилиндр; 2 - поршень; 3 - соединительная трубка; 4 - тормозной диск; 5 - тормозные колодки; 6 - поршень; 7 - рабочий цилиндр.

Рисунок 1.4 - Схема работы дискового тормозного механизма с неподвижным суппортом.

Плавающий суппорт перемещается в обратном направлении перемещения поршня. Потому что суппорт располагает в себе поршень только на внутренней стороне тормозного диска, он имеет возможность сдвигаться вовнутрь, дабы внешняя колодка имела возможность прижаться к диску. Плавающие суппорты меньше подвержены утечкам и износу, так имеют меньше подвижных частей и уплотнений.



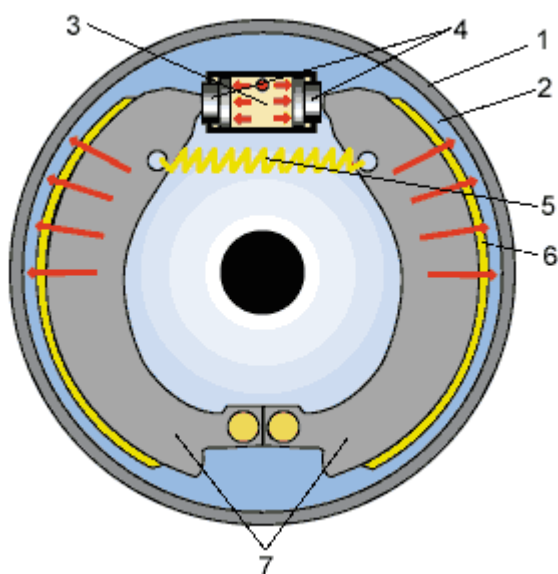
1 - тормозной диск; 2 - тормозные колодки с фрикционными накладками; 3 - поршень; 4 - рабочий цилиндр.

Рисунок 1.5 - Схема работы дискового тормозного механизма с подвижным суппортом.

Фиксированные суппорты чаще всего применяют на гоночных автомобилях, а плавающие — на серийных.

Тормозной механизм барабанного типа. Барабанный тормоз, установленный на задней колесной паре, обеспечивает торможение и реализацию функции стояночного тормоза. Распорная планка, представляющей собой металлическую пластину специфической конфигурации (имеющую специальные вырезы). Функциональное предназначение данного элемента заключается в установке механизма «самоподвода». Кроме того, при установке тормозного устройства на задней колесной паре, распорная планка приводит в действие вторую тормозную колодку, обеспечивая при этом функционирование стояночного тормоза. Охлаждение в барабанах происходит через теплопроводные колодочные накладки, громоздкую железную основу колодки и ребра охлаждения.

Механизма «самоподвода» (в виде двух эксцентриков, расположенных в корпусе защитного диска), обеспечивающего разведение тормозных колодок с износившимися фрикционными накладками.



1 - тормозной барабан; 2 - тормозной щит; 3 - рабочий тормозной цилиндр; 4 - поршни рабочего тормозного цилиндра; 5 - стяжная пружина; 6 - фрикционные накладки; 7 - тормозные колодки

Рисунок 1.6 - Принцип работы барабанного тормозного механизма

Принцип действия барабанного тормозного механизма заключается в следующем. После нажатия водителем тормозной педали в контуре тормозной системы возникает давление. Под воздействием давления тормозной жидкости поршни тормозных цилиндров, преодолевая сопротивление стяжных пружин, инициируют расхождение тормозных колодок. Тормозные колодки, расходясь и плотно прилегая фрикционными накладками к рабочим поверхностям тормозных барабанов, снижают скорость их вращения, замедляя тем самым вращение колес транспортного средства.

На болиде возможны следующие сочетания дисковых и барабанных тормозных механизмов:

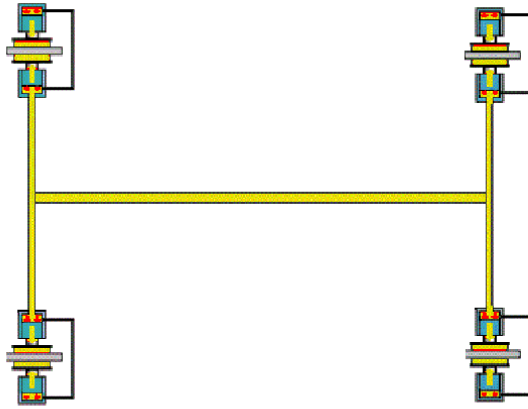


Рисунок 1.7 – Четыре дисковых тормозных механизмов

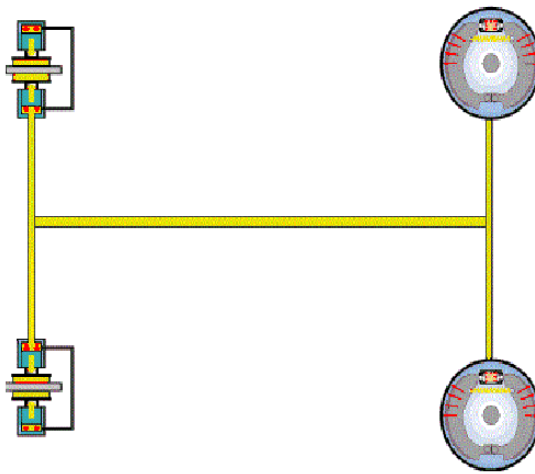


Рисунок 1.8 - Два дисковых и два барабанных тормозных механизмов

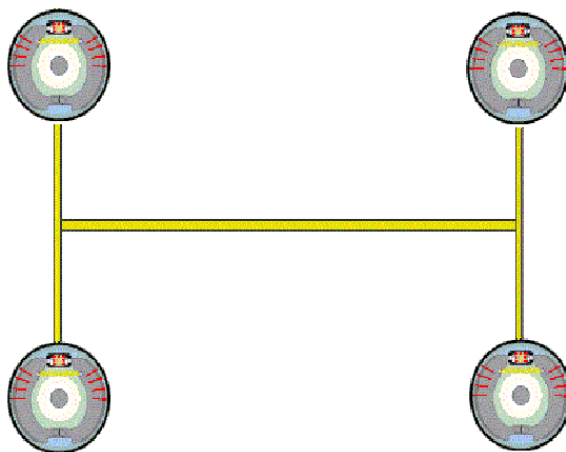


Рисунок 1.9 – Четыре барабанных тормозных механизма

1.4 Условия выбора и аргументация вносимых изменений в конструкцию тормозной системы.

Разберем и сравним преимущества и недостатки дисковых и барабанных тормозных механизмов.

Дисковые тормозные механизмы. Преимущества дисковых тормозов:

- дисковые тормоза не утрачивают стабильность работы при повышении температуры;
- термоустойчивость дисков значительно больше потому что, они лучше охлаждаются (при использовании вентилируемых и перфорированных дисков);
- минимизируется время срабатывания
- около 70% кинетической энергии автомобиля устраняется передними тормозами, нагрузка на фронтальные диски снижается если на задней оси также используются дисковые тормоза;
- короткий тормозной путь вследствие лучшей эффективности торможения;
- меньший вес и размеры;
- увеличенная чувствительность тормозных механизмов;
- замена дисковых колодок более проще в обслуживании чем барабанные;
- расширение деталей при нагреве не влияет на качество соединения тормозных поверхностей.

Недостатки дисковых тормозов:

- защита от грязи считается недостаточной;
- ресурс несколько меньше, чем у барабанных тормозных механизмов.

Барабанные тормозные механизмы. Преимущества барабанных тормозов:

- дешевая отработанная конструкция;
- хорошая защита от грязи;
- большой ресурс колодок из-за значительной по площади рабочей поверхности;
- значительно невысокая стоимость и простота в изготовлении;
- многократный рост тормозного усилия. Нижняя часть тормозной колодки связана меж собой, при нажатии водителя на педаль тормоза трение передней колодки об барабан усиливает придавливание к поверхности барабана задней колодки. Тем самым быстро повышается тормозящие действия при повышении давления на педаль.

Недостатки барабанных тормозов:

- значительные габариты и вес механизма;
- склонность к перегреву в условиях чрезмерно высоких нагрузок;
- относительно нестабильный коэффициент трения колодок, зависящий от температуры, влажности и т.д.;
- неравномерный износ колодок — передняя изнашивается больше.

Мы рассмотрели устройство дисковых и барабанных тормозных систем, особенности, преимущества, сильные и слабые стороны разных их типов. Из всего вышесказанного нетрудно сделать выводы о том что дисковая тормозная система лучше подходит для гоночного болида.

За основу берм тормозную систему проекта «Формула студент» ТГУ 2017г.



Рисунок 1.10 - Проект команды Togliatti Racing Team 2017г.
Основными элементами данной тормозной системы являются:



Рисунок 1.11 - Неподвижный, двух поршневой суппорт PS-1 от фирмы
WILWOOD

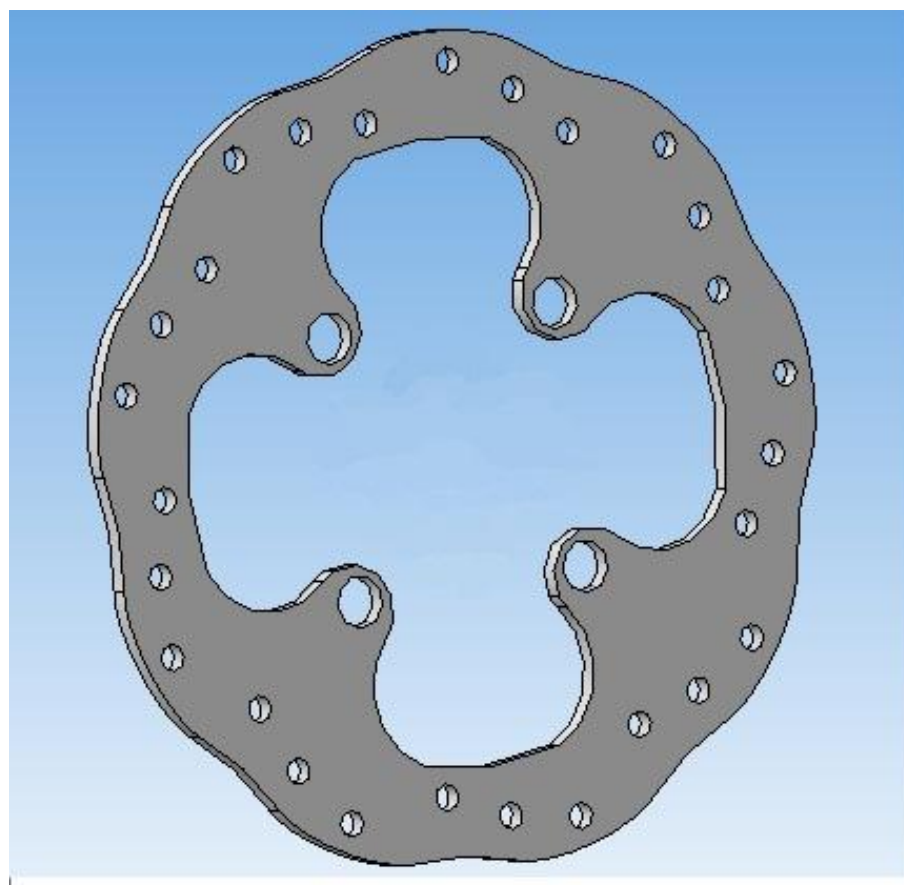


Рисунок 1.12 – Перфорированный стальной диск собственного производства толщиной 5 мм



Рисунок 1.13 – Главный тормозной цилиндр от фирмы WILWOOD объемом 7см³



Рисунок 1.14 – Регулятор тормозного усилия от фирмы WILWOOD.

В данной конструкции ТС болида предлагаю заменить передние двух поршневые на четырех поршневые суппорты. Это позволит нам более равномерно распределить тормозную нагрузку по колодке за счет увеличения количества поршней и их площади.

2 Защита интеллектуальной собственности

Не предусмотрено.

Руководитель: _____ / Скутнев В.М. /

3 Конструкторская часть

3.1 Тягово-динамический расчет болида формулы студент

Начальные данные для произведения тягово-динамического расчета спортивного болида «Formula Student».

3.1.1 Начальные данные для ведения тягово-динамического расчета.

Таблица 3.1 – Исходные данные

Параметры	Значения
Привод	задний
Кол-во мест	1
Снаряженная масса болида m_0 , кг	225
Предельная развиваемая скорость V_{max} , км/ч (м/с)	268(74)
Угловая скорость коленчатого вала ω_e^{max} , рад/с (об/мин)	837,76 (8000)
Предельная мощность ДВС N_e^{max} , кВт	43
Предельный крутящий момент ДВС M_e^{max} , Н·м	52,2
Размеры колес	200/75R13
Коэффициент аэродинамического сопротивления C_x	0,32
Размер предельного преодолеваемого уклона i	0,34
Коэффициент полезного действия трансмиссии $\eta_{тр}$	0,85
Линейная ширина болида B , мм	1456
Линейная высота болида H , мм	1140
Коэффициент сопротивления качению f_0	0,045
Передаточные числа коробки переключения передач:	
– I передачи U_1	2,5
– II передачи U_2	1,75
– III передачи U_3	1,33

Продолжение таблицы 3.1

Параметры	Значения
– IV передачи U_4	1,095
– V передачи U_5	0,956
– VI передачи U_6	0,869
– главной передачи U_0	3,46

1. Подготовка исходных данных для тягового расчета

Полная масса болида

$$m_a = m_0 + m_{\text{ч}} \cdot n, \text{ (кг)} \quad (3.1)$$

m_0 – масса снаряженного болида, (кг);

$m_{\text{ч}} = 75$ кг – масса водителя, (кг);

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

Полный вес болида.

$$G_a = m_a \cdot g \text{ (Н)} \quad (3.2)$$

g – ускорение силы тяжести, (м/с^2).

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

Нагрузка на оси болида:

- 46% - передняя ось

- 54% - задняя ось

Нагрузка на заднюю ось:

$$G_1 = 0,46 \cdot G_a = 0,46 \cdot 2943 = 1353,78 \text{ (Н)}$$

Нагрузка на переднюю ось:

$$G_2 = 0,54 \cdot G_a = 0,54 \cdot 2943 = 1589,22 \text{ (Н)}$$

Характеристики обтекаемости болида.

Коэффициент обтекаемости.

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2}, \quad (3.3)$$

$\rho = 1,293$ – плотность воздуха при нормальных погодных условиях, (кг/м³).

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

Фронтальная площадь болида

$$F = 0,8 \cdot B \cdot H, \text{ (м}^2\text{)} \quad (3.4)$$

B – ширина болида, м;

H – высота болида, м.

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

Для соревнований были выбраны шины 200/75R13. Рассчитаем радиус качения покрышки по формуле:

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \text{ (м)} \quad (3.5)$$

d – посадочный диаметр покрышки, дюйм;

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

H – высота покрышки, (м).

$$r_k = 0,5 \cdot 0,33 + 0,85 \cdot 0,12 = 0,267 \text{ (м)}$$

3.1.2 Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) мотора

Мощность мотора при наибольшей скорости движения:

$$N_V = N_{\max} \cdot a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3, \text{ (Вт)} \quad (3.6)$$

« a, b, c – эмпирические коэффициенты ($a, b, c=1$ для карбюраторный двигатель),

$$\lambda = \frac{\omega_{\max}}{\omega_N} = \frac{837,76}{733,04} = 1,14$$

$$N_V = 43011 \cdot 1,14 + 1,14^2 - 1,14^3 = 41206,95 \text{ (Вт)}$$

Рассчитываем ВСХ двигателя по формуле:

$$N_e = N_{\max} \frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^3, \text{ (Вт)} \quad (3.7)$$

ω_e – угловая скорость коленвала, (рад/с);

ω_N – угловая скорость коленвала при наибольшей мощности, рад/с (733 рад/с).

N_e – эффективная мощность мотора, (Вт).

Для построения кривой эффективного момента M_e ($H \cdot m$) применяем формулу:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}, (H \cdot m) \quad (3.8)$$

Рассчитываем зависимость $N_e(\omega_e)$ и так же $M_e(\omega_e)$.»[11]

Таблица 3.2 – Результаты расчетов

n_e , об/мин	ω_e , рад/с	N_e , кВт	M_e , $H \cdot m$
3000	314	14	46
3500	367	17	46
4000	419	20	47
5000	524	30	57
5500	576	35	62
6000	628	38	61
6500	681	41	62
7000	733	43	60
8000	838	43	52

По сведениям таблицы 3.1 чертим внешнюю ВСХ мотора, изображенную в приложении А на иллюстрации А.1.

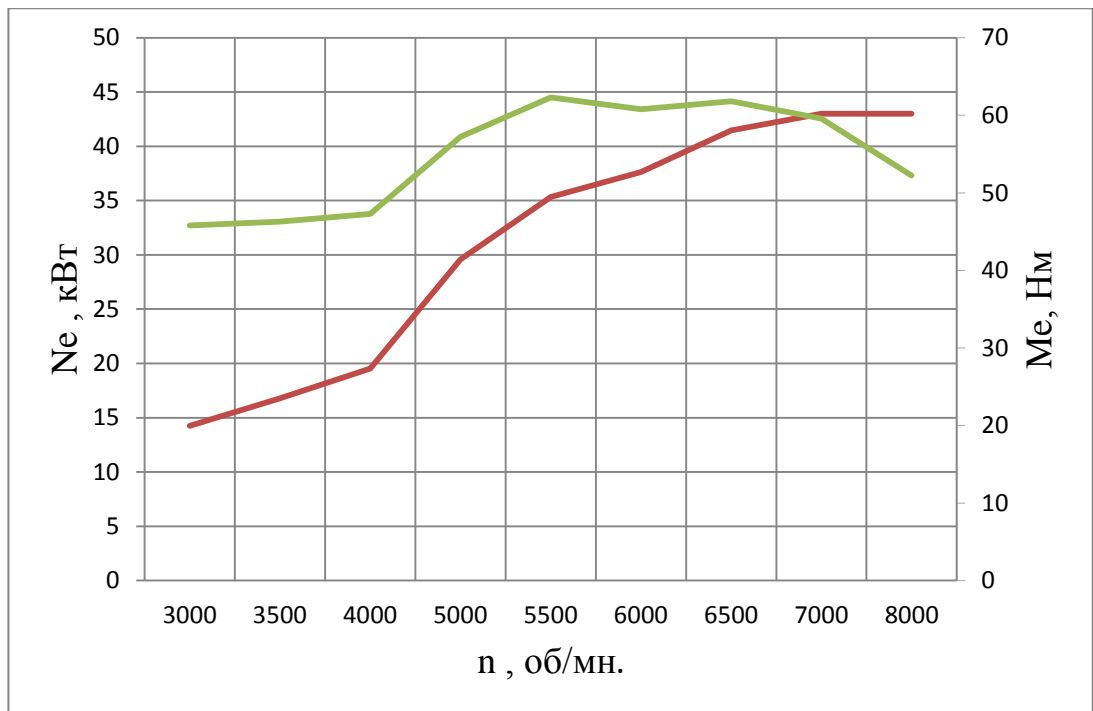


Рисунок 3.1– Внешняя скоростная характеристика двигателя

Рассчитаем передаточное число для U_0

Расчет передаточного числа для U_0 формируется, из известного значения наибольшей скорости болида V_{max} :

$$U_0 = \frac{r_k \cdot \omega_{max}}{U_k \cdot V_{max}}, \quad (3.9)$$

$U_k = U_3 = 0,87$ – передаточное число высшей передачи в КПП болида, на которой гарантируются предельная скорость;

$$U_0 = \frac{0,267 \cdot 837,758}{0,87 \cdot 74,4} = 3,46$$

Для последующих расчетов берем передаточное число исходя из задания $U_0=3,46$.

В дальнейшем расчете учитываем что, расчет проходит по высшему значению передаточных чисел.

3.1.3 Силовой баланс болида

Формула расчета силового баланса болида:

$$F_T = F_d + F_B + F_{и}, \text{ (Н)} \quad (3.10)$$

F_m – сила создаваемая ведущими колесами, (Н);

F_D – дорожное сопротивление, (Н);

F_e – противодействующая сила воздуха, (Н);

F_u – сила противодействующая разгону болида, (Н).

Определение силы тяги на всех передачах вычисляем по формуле:

$$F_{mi} = \frac{U_{ki} \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \text{ (Н)} \quad (3.11)$$

Противодействующая сила воздуха:

$$F_B = k \cdot F \cdot V_a^2, \text{ (Н)} \quad (3.12)$$

Определение силы дорожного сопротивления:

$$F_d = G_a \cdot f, \text{ (Н)} \quad (3.13)$$

$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_a^2}{2000} \right)$ – коэффициент трения качения зависящий от скорости движения болида.

Используем значения ω_e , в зависимости от скорости болида на разных передачах. Результаты заносим в таблицу 3.3.

Таблица 3.3

ω_e , рад/с	314,16	366,52	418,88	523,60	575,96	628,32	680,68	733,04	837,76	
M_e , Нм	45,80	46,31	47,30	57,24	62,31	60,76	61,82	59,56	52,22	
1 передача	V	9,70	11,32	12,93	16,17	17,78	19,40	21,02	22,64	25,87
	F_m	1260,8	1274,7	1301,9	1575,6	1715,3	1672,7	1701,8	1639,5	1437,5
	f	0,020	0,021	0,022	0,023	0,023	0,024	0,024	0,025	0,027
	F_B	6,5	8,84	11,55	18,04	21,83	25,98	30,5	35,37	46,19
	F_D	61,63	62,63	63,78	66,55	68,17	69,94	71,86	73,94	78,55
2 передача	V	13,86	16,17	18,48	23,10	25,41	27,72	30,03	32,34	36,96
	F_m	882,58	892,27	911,34	1102,94	1200,70	1170,86	1191,25	1147,68	1006,25
	f	0,022	0,023	0,023	0,025	0,026	0,028	0,029	0,030	0,034
	F_B	13,26	18,04	23,57	36,83	44,56	53,03	62,23	72,18	94,27
	F_D	64,51	66,55	68,91	74,56	77,86	81,47	85,39	89,63	99,05
3 передача	V	18,23	21,27	24,31	30,39	33,43	36,47	39,51	42,55	48,63
	F_m	670,72	678,13	693,62	838,23	912,53	889,86	905,35	872,24	764,75
	f	0,023	0,025	0,026	0,029	0,031	0,033	0,036	0,038	0,044
	F_B	22,95	31,24	40,80	63,76	77,14	91,81	107,75	124,96	163,21
	F_D	68,64	72,18	76,26	86,04	91,75	98,00	104,80	112,14	128,45
4 передача	V	22,15	25,84	29,53	36,91	40,60	44,30	47,99	51,68	59,06
	F_m	552,21	558,31	570,24	690,12	751,30	732,63	745,38	718,12	629,63
	f	0,025	0,027	0,029	0,034	0,036	0,040	0,043	0,047	0,055
	F_B	33,86	46,09	60,20	94,06	113,81	135,44	158,96	184,35	240,79
	F_D	73,30	78,51	84,52	98,96	107,38	116,61	126,63	137,46	161,52
5 передача	V	25,37	29,60	33,82	42,28	46,51	50,74	54,96	59,19	67,65
	F_m	482,11	487,43	497,85	602,52	655,93	639,63	650,76	629,96	549,70
	f	0,026	0,029	0,031	0,038	0,041	0,046	0,050	0,055	0,066
	F_B	44,42	60,46	78,97	123,40	149,31	177,69	208,54	241,86	315,90
	F_D	77,80	84,64	92,53	111,47	122,52	134,62	147,77	161,98	193,54
6 передача	V	27,91	32,56	37,21	46,51	51,16	55,82	60,47	65,12	74,42
	F_m	438,24	443,08	452,55	547,69	596,23	581,42	591,54	569,91	499,68
	f	0,028	0,031	0,034	0,042	0,046	0,051	0,057	0,062	0,075
	F_B	53,76	73,18	95,58	149,34	180,70	215,05	252,39	292,71	382,32
	F_D	81,78	90,06	99,61	122,53	135,90	150,55	166,46	183,66	221,86

Данная характеристика представлена в Приложении А на рисунке А.2.

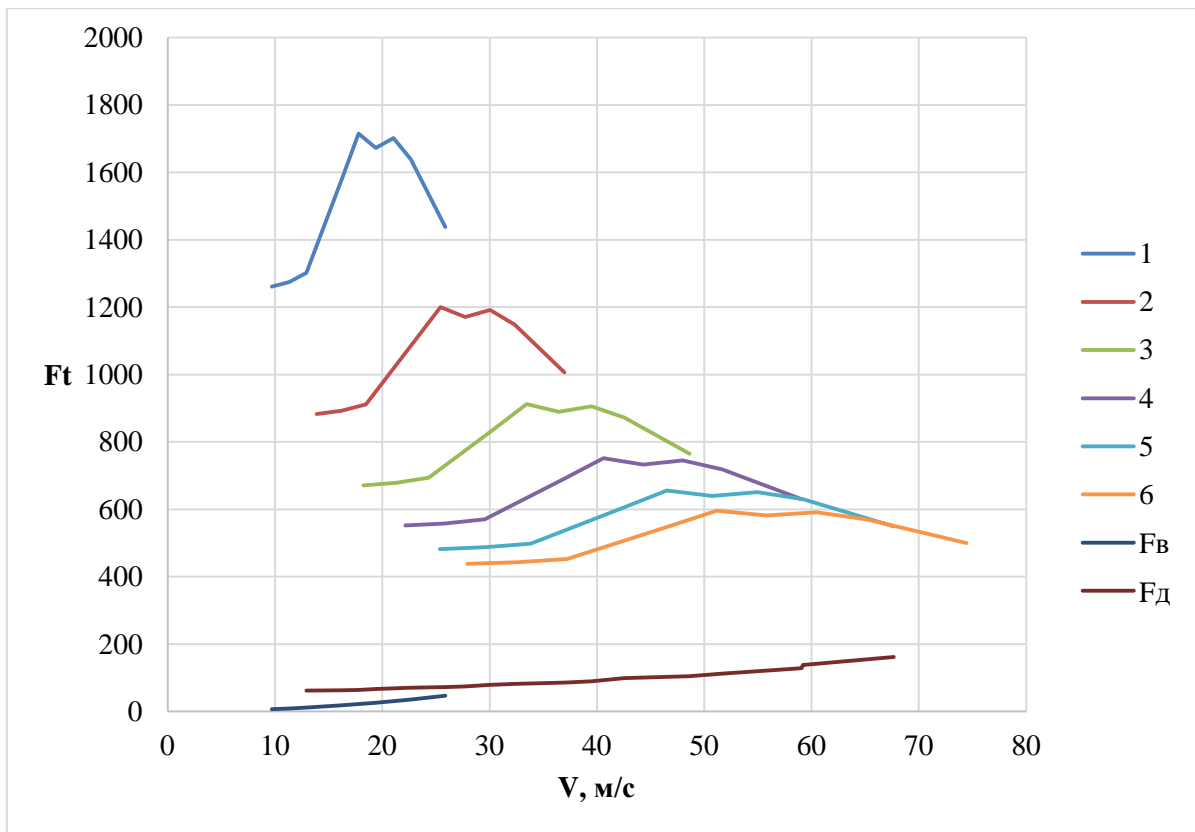


Рисунок 3.2 – Тяговый баланс болида

3.1.4 Динамическая характеристика автомобиля

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_a} \quad (3.14)$$

Далее рассчитываем динамический фактор болида:

$$D_{\text{ци}} \approx \frac{G_{\text{ци}} \cdot \varphi}{G_a} = \frac{1471,5 \cdot 0,8}{2943} = 0,4.$$

Таблица 3.4 – Результаты расчета динамической характеристики

ω_e , рад/с	Динамический фактор D					
	1	2	3	4	5	6
314,16	0,393	0,273	0,203	0,163	0,137	0,121
366,52	0,397	0,274	0,203	0,161	0,134	0,116
418,88	0,405	0,278	0,204	0,160	0,131	0,112
523,60	0,489	0,334	0,243	0,187	0,150	0,125
575,96	0,531	0,363	0,262	0,200	0,159	0,130

Продолжение таблицы 3.4

ω_e , рад/с	Динамический фактор D					
	1	2	3	4	5	6
628,32	0,516	0,351	0,250	0,187	0,145	0,115
680,68	0,524	0,354	0,250	0,184	0,139	0,106
733,04	0,503	0,337	0,234	0,167	0,121	0,087
837,76	0,436	0,286	0,189	0,122	0,073	0,037

Результаты расчетов представлены в приложении А на иллюстрации А.3.

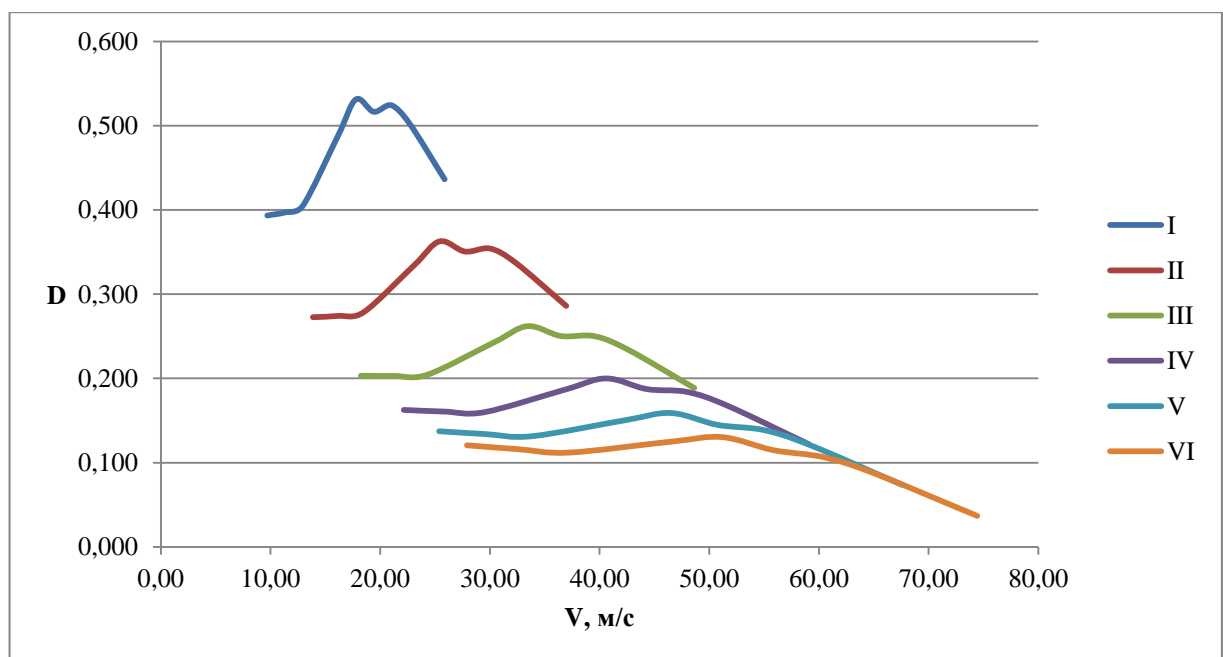


Рисунок 3.3 – Фактор динамики

3.1.5 Ускорение болида

Разгон определяем по формуле (при движении болида на наибольшей мощности мотора и отсутствии проскальзывания ведущих колес):

$$j = \frac{D - f \cdot g}{\delta_{вр}}, (м/с^2) \quad (3.15)$$

$\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2)$ – коэффициент вращающихся масс

$$\delta_{вр1} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_1^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 2,5^2 = 1,3625$$

$$\delta_{вр2} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_2^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 1,75^2 = 1,2031$$

$$\delta_{вр3} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 1,33^2 = 1,1384$$

$$\delta_{вр4} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 1,095^2 = 1,1099$$

$$\delta_{вр5} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 0,956^2 = 1,0957$$

$$\delta_{вр6} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 0,869^2 = 1,0877$$

Данные заносим в таблицу 3.5. После строим график зависимости $j = f(V)$

Таблица 3.5

ω_e , рад/с	Ускорение j , м/с ²					
	I	II	III	IV	V	VI
314,16	2,648	1,729	1,201	0,892	0,700	0,573
366,52	2,675	1,741	1,199	0,878	0,674	0,538
418,88	2,734	1,774	1,211	0,873	0,655	0,507
523,60	3,371	2,199	1,503	1,078	0,799	0,606
575,96	3,695	2,414	1,649	1,177	0,864	0,647
628,32	3,584	2,322	1,560	1,080	0,753	0,530
680,68	3,642	2,349	1,558	1,055	0,711	0,465
733,04	3,482	2,221	1,438	0,929	0,575	0,317
837,76	2,975	1,831	1,091	0,583	0,214	-0,064

Данная характеристика изображена в приложении А на иллюстрации А.4.

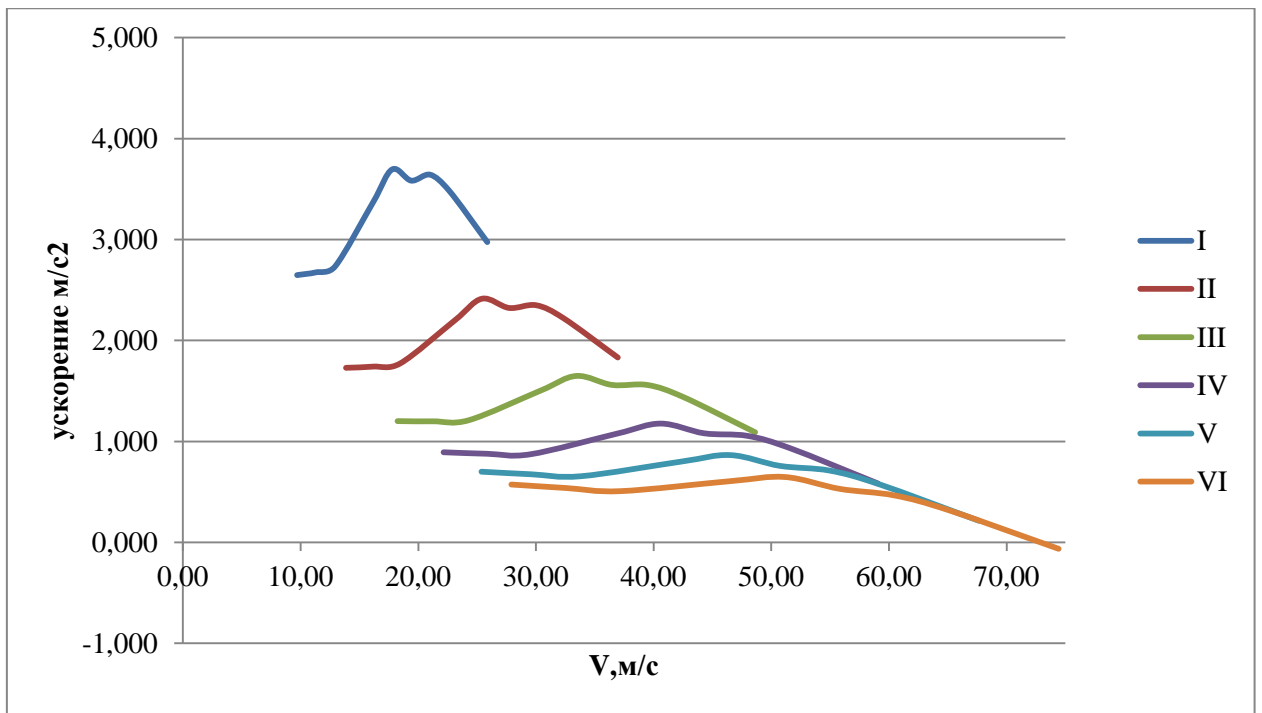


Рисунок 3.4 – Ускорение болида

Рассчитываем обратное ускорении.

Таблица 3.6

ω_e , рад/с	Величина, обратная ускорению $1/j$, с ² /м					
	I	II	III	IV	V	VI
314,16	0,378	0,578	0,833	1,121	1,429	1,745
366,52	0,374	0,574	0,834	1,139	1,483	1,858
418,88	0,366	0,564	0,826	1,146	1,526	1,971
523,60	0,297	0,455	0,665	0,928	1,252	1,650
575,96	0,271	0,414	0,607	0,850	1,157	1,545
628,32	0,279	0,431	0,641	0,926	1,320	1,887
680,68	0,275	0,426	0,642	0,948	1,407	2,151
733,04	0,287	0,450	0,695	1,076	1,740	3,153
837,76	0,336	0,546	0,917	1,714	4,679	-15,62

Данная характеристика изображена в приложении А на иллюстрации А.5.

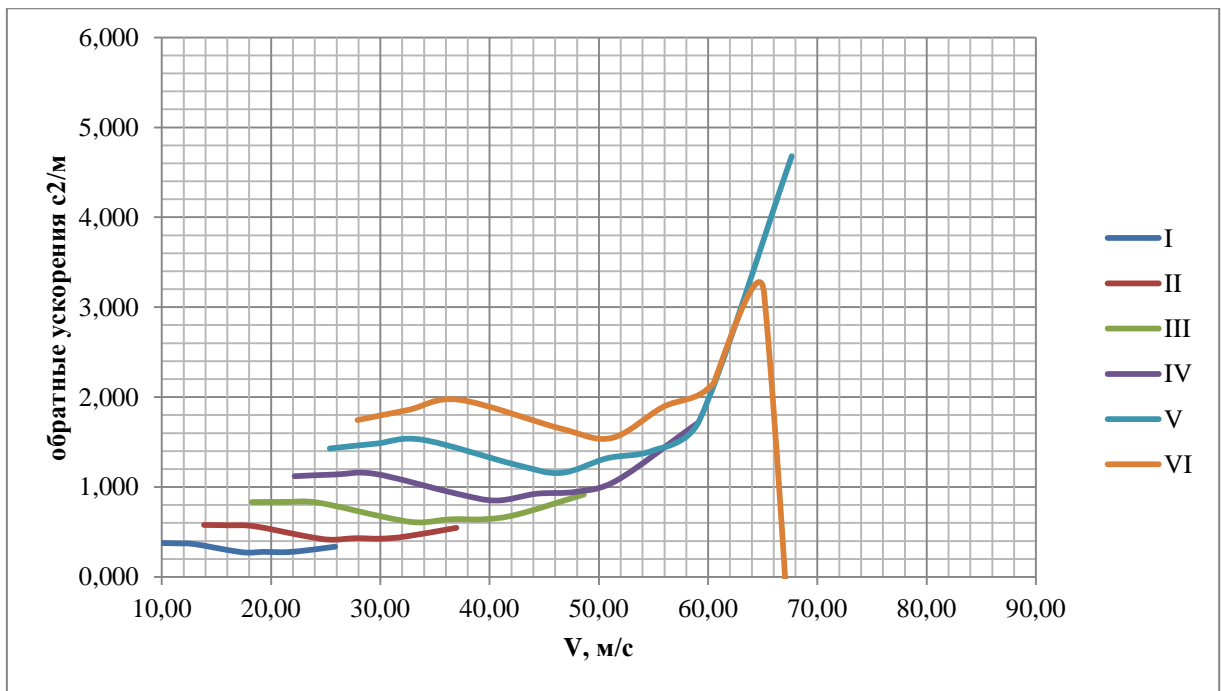


Рисунок 3.5 – Обратное ускорение болида

3.1.6 Путь и время разгона болида.

Путь и время разгона автомашины определим графоаналитическим способом. Интегрирование подменим суммой финальных величин [11]:

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \frac{1}{j_{CP \ i+1}} \cdot V_{i+1} - V_i, \text{ (сек)} \quad (3.16)$$

$$\frac{1}{j_{CP \ k}} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{j_{k-1}} + \frac{1}{j_k} \right), \left(\frac{c^2}{M} \right) \quad (3.17)$$

«k – порядковый номер интервала.

$$\Delta t = \frac{1}{j_{CP \ k}} \cdot V_k - V_{k-1}, \text{ (сек)} \quad (3.18)$$

$$t_1 = \Delta t_1, \quad t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, \quad t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k, \text{ (сек)}$$

t_1 – время разгона от скорости V_0 до скорости V_1 , (сек);

t_2 – время разгона от V_1 до скорости V_2 , (сек).»[11]

Показатели расчетов приведены в таблице 3.7

Таблица 3.7

V_a , м/с	t , с
9,70	4,274
21,02	6,747
30,03	10,784
39,51	16,224
47,99	22,839
54,96	37,124
65,12	45,100
67,65	76,791

$k=1\dots m$ – порядковый номер интервала, m выбирается произвольно ($m=n$).

Путь разгона от скорости V_0 до скорости V_1 : $S_1=\Delta S_1$, до скорости V_2 : $S_2=\Delta S_1+\Delta S_2$, до скорости V_n : $S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k$.

Результаты представлены в таблице 3.8

Таблица 3.8

V_a , м/с	S , м
9,70	20,73
21,02	120,10
30,03	367,86
39,51	821,80

Продолжение таблицы 3.8

$V_a, \text{ м/с}$	$S, \text{ м}$
47,99	1536,26
54,96	2871,13
65,12	4558,95
67,65	7723,40

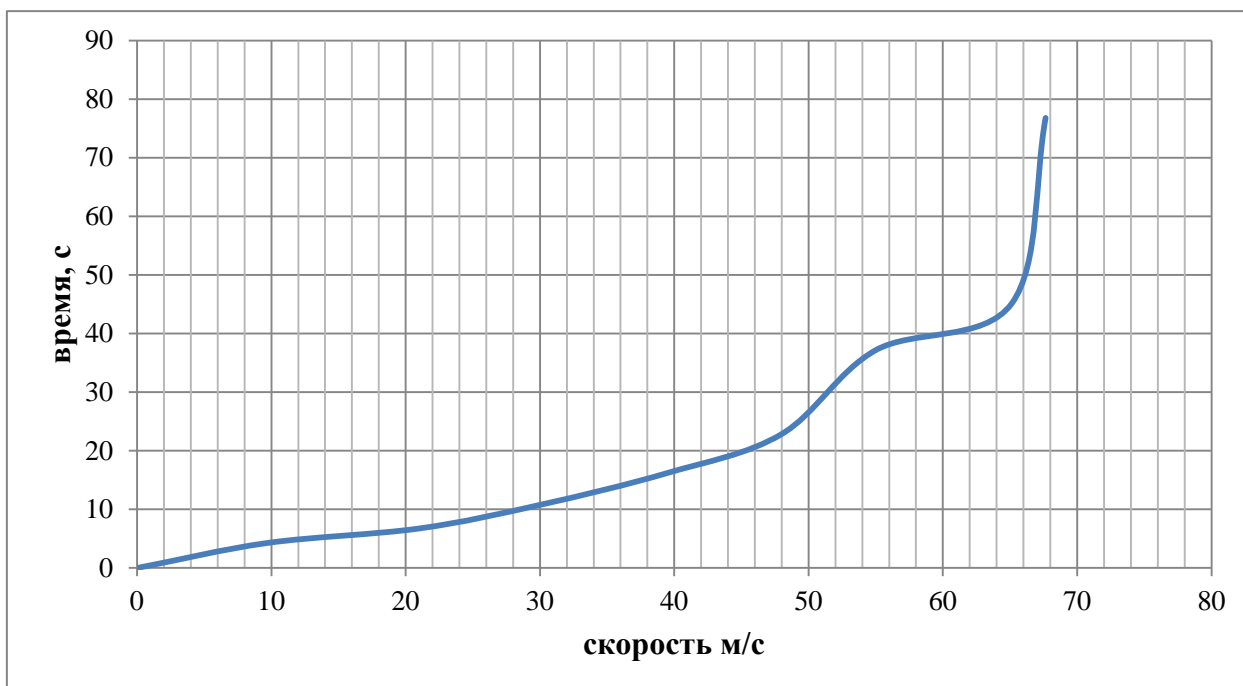


Рисунок 3.6 – Время разгона болида

На рисунке 3.7 показан путь разгона болида.

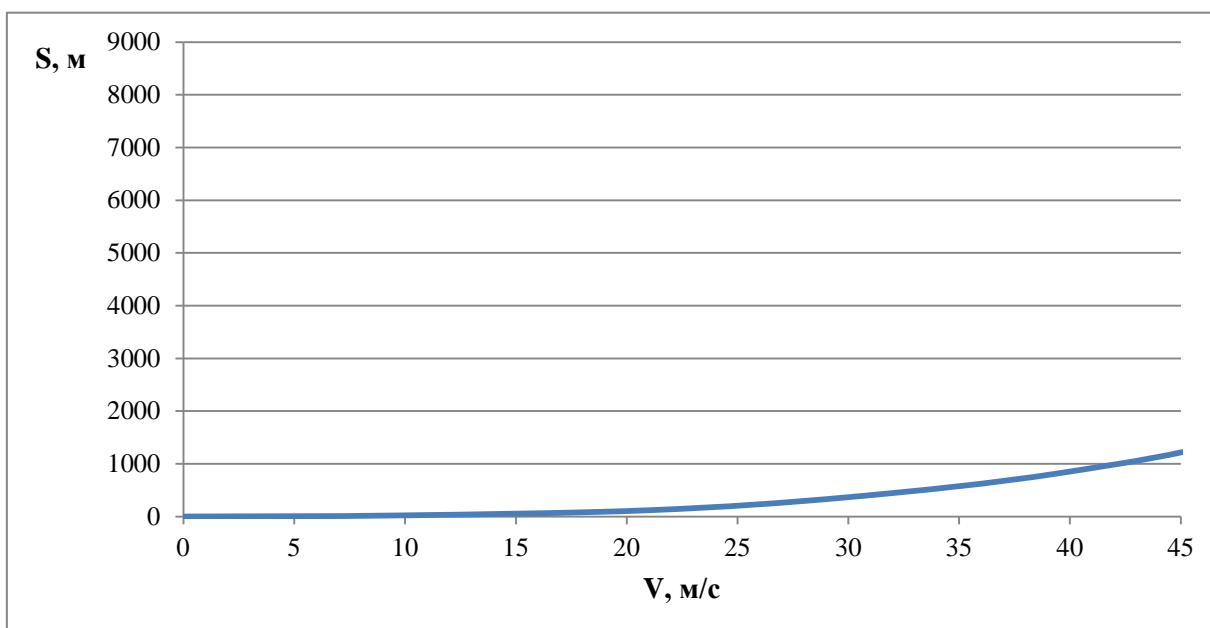


Рисунок 3.7 – Путь разгона болида

3.1.7 Мощностной баланс болида

Уравнение баланса мощностного:

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_n + N_B + N_D, \text{ (Вт)} \quad (3.20)$$

N_T – тяговая интенсивность, подводимая к ведущим колесам, (Вт);

$$N_T = N_e \cdot \eta_{тр} = N_e \cdot 0,91, \text{ (Вт)}$$

« $N_{тр}$ – интенсивность, теряемая в агрегатах трансмиссии, (Вт);

$N_f = F_f \cdot V$ – интенсивность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес, (Вт);

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

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

$N_D = F_i \cdot V$ – интенсивность, затраченная на преодоление силы инерции болида ($N_B = 0$), (Вт)»[11].

Таблица 3.8 – Полученные значения мощностного баланса

n_e , рад/с	3000	3500	4000	5000	5500	6000	6500	7000	8000	
Вт	14,247	16,784	19,536	29,591	35,332	37,633	41,457	43,011	43,000	
1 передача	V , м/с	9,7	11,32	12,93	16,17	17,78	19,4	21,02	22,64	25,87
	N_T , кВт	12,23	14,43	16,83	25,48	30,5	32,45	35,77	37,12	37,2
	N_B , Вт	63	95	149	292	388	504	641	801	1195
	N_∂ , Вт	598	709	825	1076	1212	1357	1507	1674	2032
2 передача	V , м/с	13,86	16,17	18,48	23,10	25,41	27,72	30,03	32,34	36,96
	N_T , кВт	12,23	14,43	16,84	25,48	30,51	32,46	35,77	37,12	37,19
	N_B , Вт	184	292	436	851	1132	1470	1869	2334	3484
	N_∂ , Вт	894	1076	1273	1722	1978	2258	2564	2899	3661
3 передача	V , м/с	18,23	21,27	24,31	30,39	33,43	36,47	39,51	42,55	48,63
	N_T , кВт	12,23	14,42	16,86	25,47	30,51	32,45	35,77	37,11	37,19
	N_B , Вт	418	664	992	1938	2579	3348	4257	5317	7937
	N_∂ , Вт	1251	1535	1854	2,615	3067	3574	4141	4772	6247
4 передача	V , м/с	22,15	25,84	29,53	36,91	40,60	44,30	47,99	51,68	59,06
	N_T , кВт	12,23	14,43	16,84	25,47	30,5	32,46	35,77	37,11	37,19
	N_B , Вт	750	1191	1778	3472	4621	6000	7628	9527	14221
	N_∂ , Вт	1624	2029	2496	3653	4360	5166	6077	7104	9539
5 передача	V , м/с	25,37	29,60	33,82	42,28	46,51	50,74	54,96	59,19	67,65
	N_T , кВт	12,23	14,43	16,84	25,48	30,51	32,46	35,77	37,29	37,19
	N_B , Вт	1127	1790	2671	5217	6944	9016	11461	14316	21371
	N_∂ , Вт	1974	2505	3129	4713	5698	6831	8121	9588	13093
6 передача	V , м/с	27,91	32,56	37,21	46,51	51,16	55,82	60,47	65,12	74,42
	N_T , кВт	12,23	14,43	16,84	25,47	30,5	32,46	35,77	37,11	37,19
	N_B , Вт	1500	2383	3557	6946	9245	12004	15262	19061	28452
	N_∂ , Вт	2282	2932	3706	5699	6953	8404	10066	11960	16511

Данная характеристика изображена в приложении А на иллюстрации А.8.

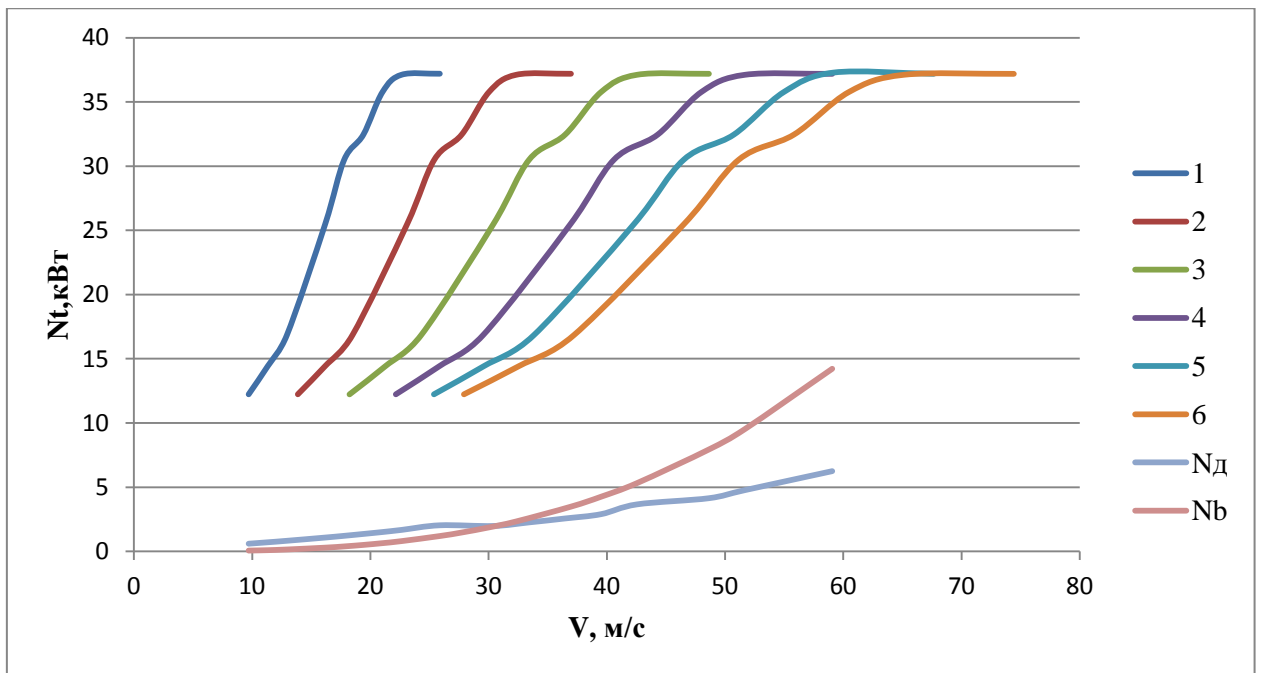


Рисунок 3.8 – Мощностной баланс болида

3.1.8 Топливо-экономической характеристика болида

$$Q_s = \frac{1,1 \cdot g_{emin} \cdot K_I \cdot K_E \cdot N_d + N_B}{36000 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}}, \left(\frac{\text{л}}{100\text{км}} \right) \quad (3.21)$$

$g_{emin} = 240 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$ – минимальный удельный эффективный расход горючего;

$\rho_T = 0,72 \text{ кг}/\text{л}$ – плотность горючего;

$K_I = 1,152 \cdot I^2 - 1,728 \cdot I + 1,523$ – данные коэффициенты определяются:

$$I = \frac{N_d + N_e}{N_m};$$

$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227$ – коэффициент, учитывающий изменения величины продуктивного расхода горючего в зависимости от ω_e .

$$E = \frac{\omega_e}{\omega_{eN}}, \quad (3.22)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.10

Таблица 3.10 - Результаты расчетов

ω_e , рад/с	V_a , м/с	Q_s , л/100 км
314,16	27,91	0,53
366,52	32,56	0,81
418,88	37,21	1,17
523,60	46,51	2,38
575,96	51,16	3,28
628,32	55,82	4,31
680,68	60,47	5,72
733,04	65,12	7,54
837,76	74,42	15,98

Данная характеристика представлена в Приложении А на рисунке А.9.

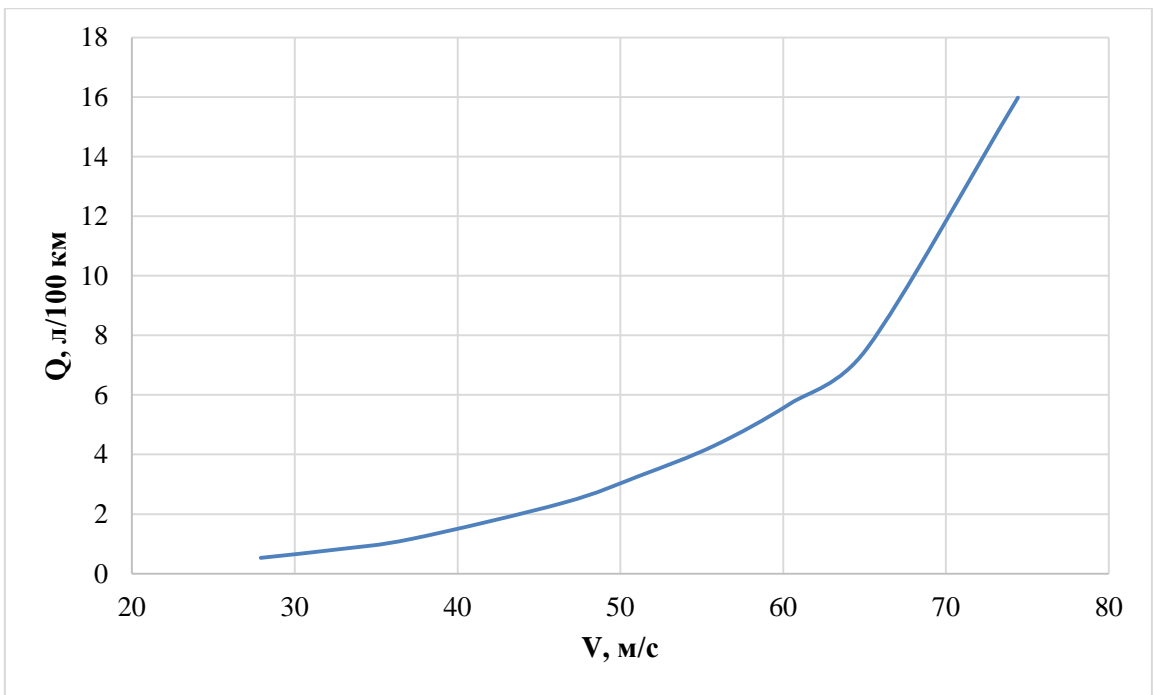


Рисунок 3.10 – Топливо – экономическая характеристика болида

4 Расчет тормозной системы болида «Формула студент»

4.1 Начальные данные для расчета представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Параметр	Обозначение	Величина
<u>Болид</u>		
Масса снаряженного болида	G_0 , кг	225
Полная масса болида	$G_{A\text{ полн}}$, кг	300
Полная нагрузка на фронтальную ось	$G_{A1\text{ полн}}$, кг	138
Полная нагрузка на заднюю ось	$G_{A2\text{ полн}}$, кг	162
Расстояние от центра масс до земли	$h_g\text{ полн}$, мм	560
База болида	L , мм	1550
Радиус качения колеса	r_k , мм	267
<u>Фронтальны тормозные механизмы</u>		
	тормозные диски	
Диаметр поршня тормозного цилиндра	D_1 , мм	31,75
Коэффициент трения между накладкой и тормозным диском	μ_1	0,4
Средний радиус поверхности трения	$R_{\text{ср}}$, мм	94
КПД переднего тормозного цилиндра	η_1	0,95
Изначальное давление срабатывания переднего тормоза	P_{01} , кг/см ²	2
<u>Задние тормозные механизмы</u>		
	тормозные диски	
Диаметр поршня тормозного цилиндра	D_2 , мм	28,45
Коэффициент трения между накладкой и тормозным диском	μ_2	0,4
Средний радиус поверхности трения	$R_{\text{ср}}$, мм	94

КПД заднего тормозного цилиндра	η_1	0,95
Изначальное давление срабатывания заднего тормоза	$P_{01}, \text{кг/см}^2$	2

4.2 Расчет переднего тормозного механизма

Тормозной момент фронтального дискового тормоза можем рассчитать по формуле:

$$M_{T1} = C_1 \cdot F \cdot R_{cp}, (\text{кг} \cdot \text{см}) \quad (3.23)$$

F – поршневое усилие тормозного цилиндра, (кг);

R_{cp} – радиус центра давления, (см);

C_1 – передаточное число переднего тормоза.

$$F = P_1 - P_{01} \cdot S_1 \cdot \eta_1 \cdot n, (\text{кг}) \quad (3.24)$$

P_1 – давление в цилиндрах, (кг/см²);

S_1 – площадь поршня цилиндра, (см²);

η_1 – КПД переднего тормозного цилиндра;

n – количество цилиндров, $n = 4$.

$$S = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4}, (\text{см}^2) \quad (3.25)$$

D_1 – диаметр поршня тормозного цилиндра, (см).

$$S = \frac{3,14 \cdot 3,175^2}{4} = 7,9, (\text{см}^2)$$

$$C_1 = 2 \cdot \mu_1 \quad (3.25)$$

μ_1 – коэффициент трения между колодками и тормозным диском.

$$C_1 = 2 \cdot 0,4 = 0,8$$

$$K_1 = C_1 \cdot S_1 \cdot \eta_1 \cdot n, (\text{см}^3)$$

$$K_1 = 0,8 \cdot 7,9 \cdot 9,4 \cdot 0,95 \cdot 4 = 225,75 (\text{см}^3)$$

$$M_{T1} = K_1 \cdot P_1 - P_{01} = 225,75 \cdot P_1 - 2 (\text{кг} \cdot \text{см})$$

Результаты расчета вносим в таблицу 3.11.

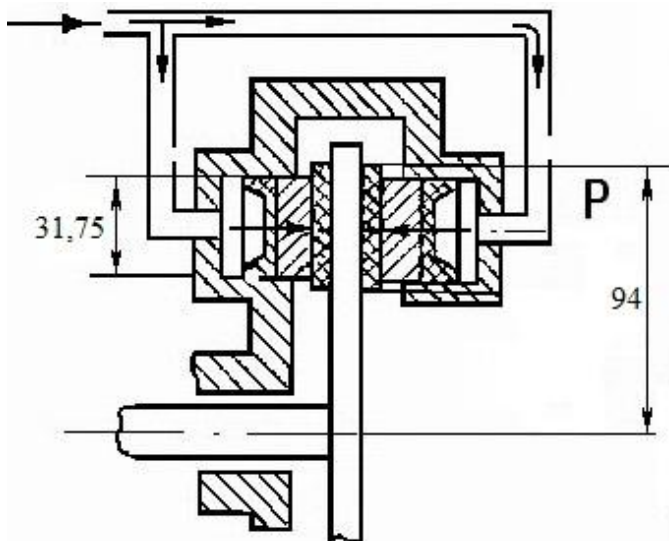


Рисунок 4.1 - Схема переднего дискового тормоза.

4.3 Расчет заднего тормозного механизма

Тормозной момент заднего дискового тормоза можно рассчитать по формуле:

$$M_{T2} = C_2 \cdot F \cdot R_{cp}, (\text{кг} \cdot \text{см}) \quad (3.26)$$

$$F = P_2 - P_{02} \cdot S_2 \cdot \eta_2 \cdot n, (\text{кг}) \quad (3.27)$$

n – количество цилиндров заднего тормоза, $n = 2$.

$$S = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4}, (\text{см}^2) \quad (3.28)$$

D_2 – диаметр поршня тормозного цилиндра, (см).

$$S = \frac{3,14 \cdot 2,845^2}{4} = 6,3, (\text{см}^2)$$

$$K_2 = C_2 \cdot S_2 \cdot \eta_2 \cdot n, (\text{см}^3)$$

$$K_2 = 0,8 \cdot 6,3 \cdot 9,4 \cdot 0,95 \cdot 2 = 90, (\text{см}^3)$$

$$M_{T2} = K_1 \cdot P_2 - P_{02} = 90 \cdot (P_2 - 2) (\text{кг} \cdot \text{см})$$

Результаты расчета вносим в таблицу 3.11.

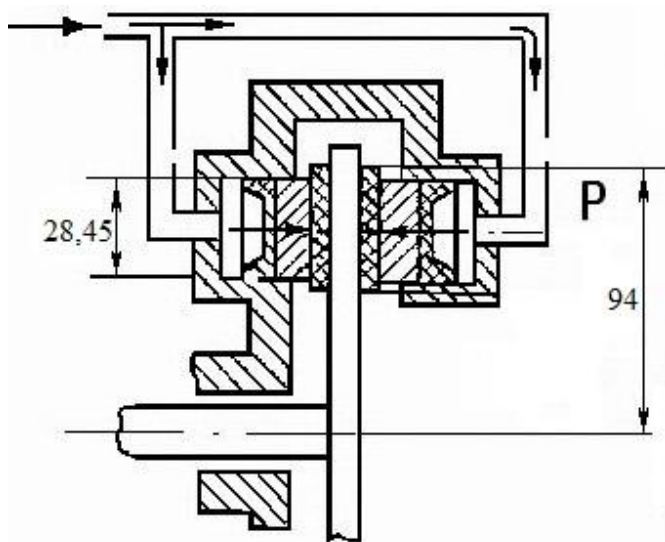


Рисунок 4.2 - Схема заднего дискового тормоза.

4.4 Определение нормальных реакций дороги на ось болида при торможении.

$$R_1 = G_{A1} + \frac{G_A}{g} \cdot \frac{h_g}{L} \cdot j, (\text{кг}) \quad (3.29)$$

$$R_2 = G_{A2} + \frac{G_A}{g} \cdot \frac{h_g}{L} \cdot j, (\text{кг}) \quad (3.30)$$

G_A – полная масса болида, (кг);

G_{A1} – полная нагрузка на фронтальную ось болида, (кг);

G_{A2} – полная нагрузка на заднюю ось болида, (кг);

h_g – высота центра тяжести болида, (см);

L – база болида, (см);

j – замедление болида при торможении, ($\text{м}/\text{с}^2$);

g – ускорение центра тяжести, ($\text{м}/\text{с}^2$), $g = 9,81 (\text{м}/\text{с}^2)$.

При $j=1 \dots 10 (\text{м}/\text{с}^2)$ полученные значения заносим в таблицу 3.11.

4.5 Определение о соотношения давлений

$$P_1 = R_1 \cdot \frac{r_k}{2 \cdot K_1} \cdot \frac{j}{g} + P_{01}, \left(\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}\right) \quad (3.31)$$

$$P_2 = R_2 \cdot \frac{r_k}{2 \cdot K_2} \cdot \frac{j}{g} + P_{02}, \left(\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}\right) \quad (3.32)$$

r_k – радиус качения колеса, (см).

Полученные значения болида заносим в таблицу 3.11.

Таблица 3.11

j, м/с ²	Передняя ось			Задняя ось		
	R ₁ , кг	P ₁ , кг/см ²	M _{T1} , кг·см	R ₂ , кг	P ₂ , кг/см ²	M _{T2} , кг·см
Болид с полной нагрузкой						
1	149	2,9	203,2	173	4,6	234
2	160	3,9	428,9	184,1	7,5	495
3	171,1	5,0	677,3	195,1	10,9	801
4	182,2	6,4	993,3	206,2	14,5	1125
5	193,2	7,8	1309,4	217,2	18,4	1476
6	204,3	9,4	1670,6	228,3	22,7	1863
7	215,3	11,1	2054,3	239,3	27,3	2277
8	226,4	12,9	2460,7	250,4	32,3	2727
9	237,4	14,8	2889,6	261,4	37,5	3195
10	248,5	16,9	3363,7	272,5	43,2	3708

4.6 Расчет регулятора тормозных усилий

Расчет координат центра тяжести автомобиля.

$$a = \frac{G_{A2}}{G_A} \cdot L = \frac{162}{300} \cdot 1,55 = 0,837 \text{ (м)} \quad (3.33)$$

$$b = \frac{G_{A2}}{G_A} \cdot L = \frac{138}{300} \cdot 1,55 = 0,713 \text{ (м)} \quad (3.34)$$

$$F_{T1} = F_a \cdot \varphi \frac{b + \varphi \cdot h_g}{L}, \text{ (Н)} \quad (3.35)$$

$$F_{T2} = F_a \cdot \varphi \frac{a - \varphi \cdot h_g}{L}, \text{ (Н)} \quad (3.36)$$

F_a – полная масса болида, (кг);

a, b, h_g – координаты центра массы болида, (м);

φ – коэффициент сцепления колес с поверхностью дороги;

Для выбора закона кусочно-линейного регулирования тормозных сил определяем оптимальные тормозные силы на колеса переднего и заднего мостов по формуле (3.35), (3.36) и строим график зависимости $F_{T2}=f(F_{T1})$.

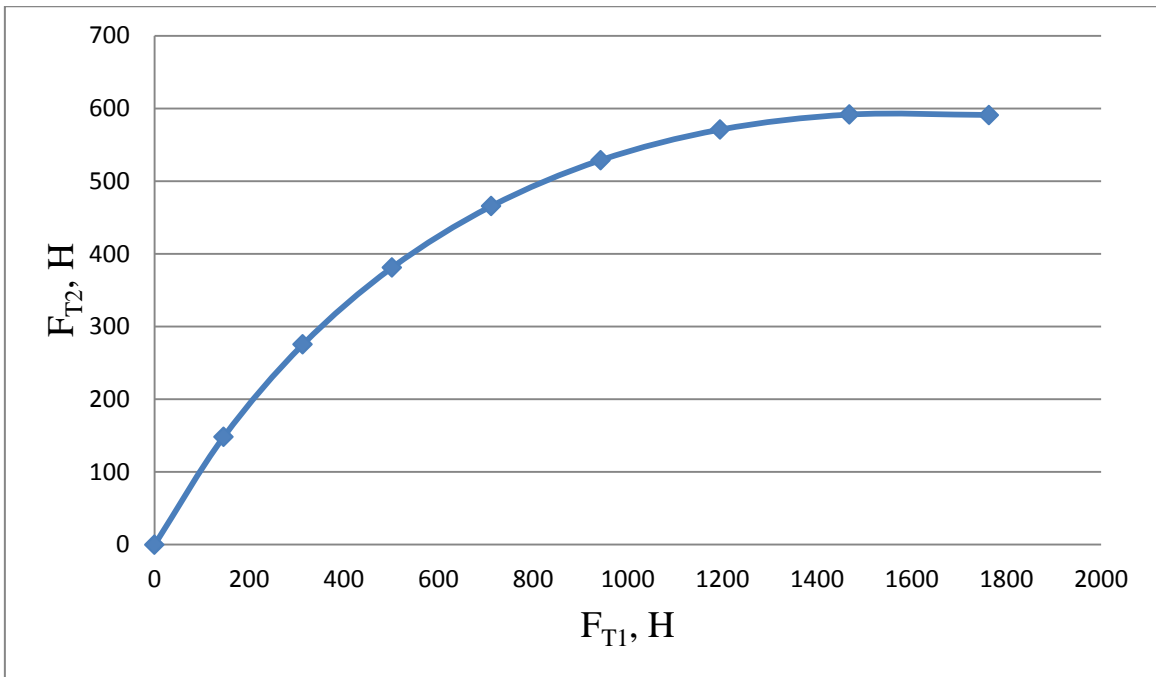
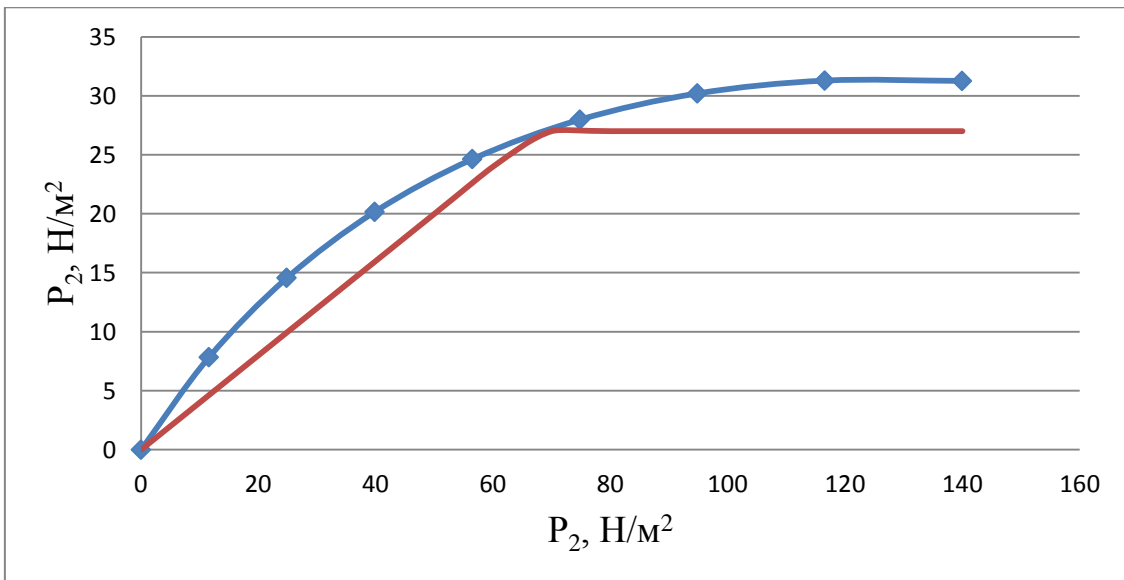


Рисунок 3.1 Характеристика регулирования тормозных сил болида.

По полученным значения давления строим характеристику вида $p_2=f(p_1)$



5. Экономическая часть

Введение

Основными требованиями, предъявляемые к спортивной тормозной системе является способность минимизировать тормозной путь, обеспечение устойчивости во время торможения и минимальное время срабатывания тормозных механизмов.

Целью данной работы является тестирование тормозных характеристик болида, предназначенного для соревнований Формула Студент.

Целью экономического раздела диплома будет являться оценка затратности на создание и реализации проекта.

Чтобы определить показатель затратности, разработка была структурирована на этапы, так же был построен график длительности каждого этапа, так же была составлена ведомость затрат.

5.1 Составление сметы затрат на выполнение НИиОКР

5.1.1 Формирование последовательности перечня работ, выполняемых

в процессе исследования

Таблица 5.1 - Этапы проведения

Наименование работы	Трудоемкость, дни		Должность исполнителя	Кол-во исполнителей	Применяемое оборудование
	t_{\min}	t_{\max}			
Маркетинговые исследования	1	3	Инженер б/к	1	ПК
Разработка программы исследований характеристик регуляторов	3	5	Ведущий инженер, Инженер б/к	2	ПК
Выбор варианта конструкции тормозной системы исследований	2	4	Инженер б/к	1	ПК
Подбор комплектующих	2	4	Ведущий инженер, Инженер б/к	2	ПК
Расчет переднего тормозного механизма	1	2	Инженер б/к	1	ПК
Расчет заднего тормозного механизма	1	2	Инженер б/к	1	ПК
Построение графиков основных характеристик новой тормозной системы	2	4	Ведущий инженер, Инженер б/к	2	ПК
Анализ полученных результатов	1	2	Ведущий инженер, Инженер б/к	2	ПК
Расчёт затрат на проведение НИиОКР	1,5	3	Инженер б/к	1	ПК

Составление отчёта по проделанной работе	1	4	Инженер б/к	1	ПК
Непредвиденные работы	1	3	Инженер б/к	1	
Итого:	18,5	40			

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (5.1)$$

t_{mini} - минимальная трудоемкость i -го этапа

t_{maxi} - максимальная трудоемкость i -го этапа.

5.2 Составление общего процесса НИР

Продолжительность i -го этапа, определяется по формуле:

$$T_{эті} = \frac{t_{ожі}}{\tau_i}, \quad (5.2)$$

кол-во исполнителей.- $i \tau$

Общий процесс НИР (дн), вычисляется по формуле:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m T_{эті} \quad (5.3)$$

Объем производства каждого этапа вычисляется в %, при T_{Σ} за 100%:

$$УД_{эті} = \frac{T_{эті}}{T_{\Sigma}} \cdot 100\% \quad (5.4)$$

Целесообразно будет совместить осуществляемые этапы НИиОКР для того чтобы оптимизировать общую продолжительность научно-исследовательской работы. Обращая внимание на специфичность

выполняемой работы, можно сказать, что совмещение этапов НИР маловероятно [13].

Исходные данные по численности исполнителей и результаты расчетов заносятся в таблицу 5.3, строится план-график:

Таблица 5.2

№ Этапа	Численность исполнителей			T _{эти}	T _Σ	Уд _{эти}	Δ %
	Инженер б/к	Вед. инженер	Всего				
1	1	0	1	1,8	25,9	6,95%	6,95
2	1	0	1	1,8		6,95%	13,9
3	1	0	1	1,8		6,95%	20,85
4	1	1	2	1,8		6,95%	27,8
5	1	0	1	3,8		14,68%	42,48
6	1	1	2	2,8		10,81%	53,29
7	1	0	1	2,8		10,81%	64,1
8	1	1	2	0,7		2,7%	66,8
9	1	1	2	0,7		2,7%	69,5
10	1	1	2	0,7		2,7%	72,2
11	1	0	1	3,4		13,13%	85,33
12	1	0	1	2,4		9,25%	94,7
13	1	0	1	1,4		5,3%	100

График длительности этапов выполнения НИиОКР

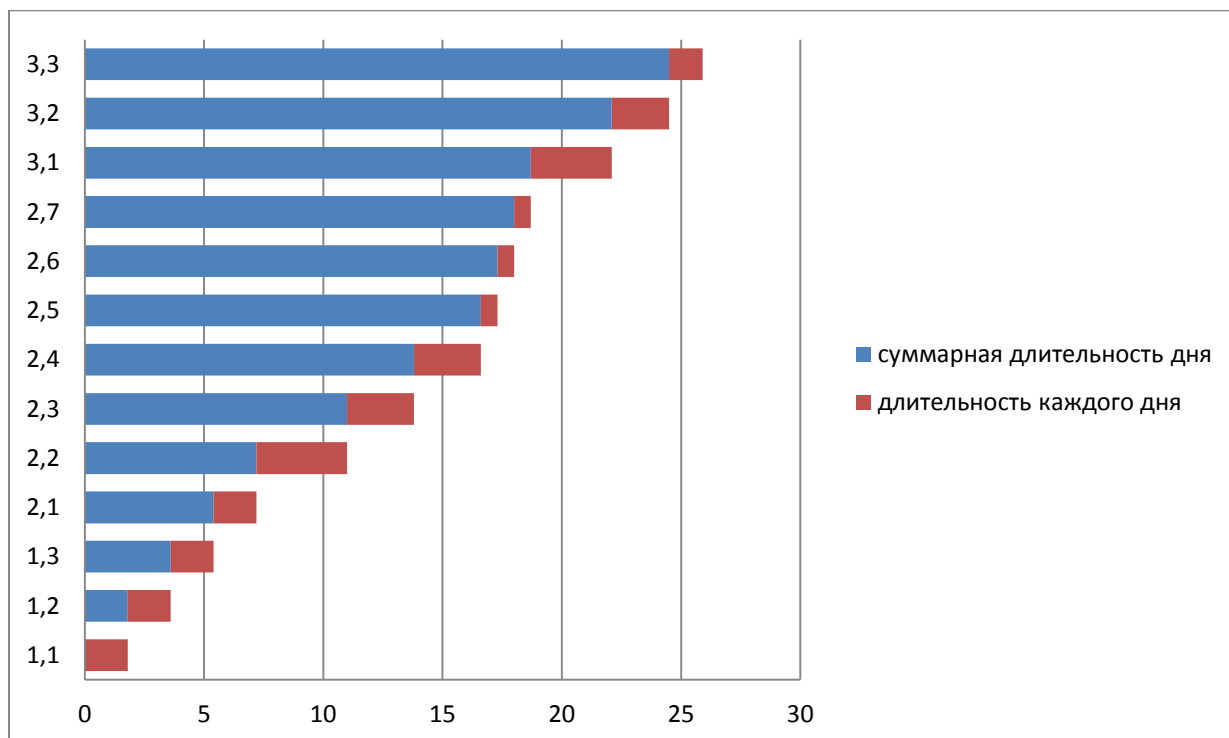


Таблица 5.3 Длительность работ НИиОКР

№ этапа	Исполнители	
	Ведущий инженер	Инженер б/к
1.1		1,8
1.2		1,8
1.3		1,8
2.1	1,8	1,8
2.2		3,8
2.3	2,8	2,8
2.4		2,8
2.5	1,2	1,2
2.6	0,7	0,7
2.7	0,7	0,7
2.8	0,7	0,7
3.1		3,4
3.2		2,4
3.3		1,4
Всего:	7,9	25,9

5.3 Расчет бюджета трат на НИР.

Сметы расходов оформляется для сопоставления базовой и проектной технологии внедрения модель новой техники в производство и для расчета себестоимости изготовления новой техники, определения цены.

Изначальные данные для расчёта расходов на создание и разработку математической модели сведены в таблицу 5.4.

Изначальные данные для расчёта расходов на создание и разработку математической модели

Расчет эффективного годового фонда рабочего времени:

$$F_{\text{эф}} = 365 - \text{Пр} - \text{Вых} - \text{Нев} \cdot q - N_{\text{пр}}, (\text{ч}) \quad (5.5)$$

Пр - праздничные дни;

Вых - выходные дни;

Нев - количество планируемых невыходов;

q - количество часов за смену;

$N_{\text{пр}}$ - количество нерабочих часов в предпраздничные дни.

$$F_{\text{эф}} = 365 - 4 - 30 - 0 \cdot 8 - 0 = 2648 \text{ ч}$$

Среднее количество рабочих дней в месяц округляем до целого числа:

$$D = F_{\text{эф}} / 12q, (\text{дн}) \quad (5.6)$$

$$D = \frac{2648}{12 \cdot 8} = 27,58 \text{ дн}$$

Инженер б/к: $K_{\text{исп}} = 25,9/28 = 0,93 \text{ мес}$

Вед.инженер: $K_{\text{исп}} = 7,9/28 = 0,28 \text{ мес}$

Таблица 5.4 – Заработная плата всех исполнителей

Должность исполнителя	Кол-во исполнителей чел.	Средне месячный оклад, руб.	Время работы, месяцы	Зарботная плата, руб.
1. Ведущий. инженер	1	19500	0,28	5460
2. Инженер б/к	1	15500	0,93	14415
Итого				19875

Расчет заработной платы всех исполнителей:

$$Z_{\text{исп}} = Z_{\text{итр}} = 19875 \quad (5.10)$$

Расчет отчислений страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС:

$$C_{\text{св}} = Z_{\text{исп}} \cdot K_{\text{с.в.}}/100, \text{ (руб)} \quad (5.11)$$

$$C_{\text{св}} = 19875 \cdot 30/100 = 5962,5 \text{ руб}$$

Расчет затрат на электроэнергию:

$$C_{\text{эл}} = N_y \cdot K_{\text{исп}} \cdot K_{\text{загр}} \cdot D_i \cdot n \cdot q \cdot C_{\text{эл}} \quad (5.12)$$

N_y – мощность оборудования;

$K_{\text{исп}}$ – коэффициент использования;

$K_{\text{загр}}$ – коэффициент загрузки;

D_i – время работы $i^{\text{ого}}$ оборудования (определяется из ленточного графика)

В таблице 5.6 рассчитываем затраты на электроэнергию.

Таблица 5.6 - Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	N_y , кВт	$K_{\text{загр}}$	$K_{\text{исп.}}$	D_i , дни	n эксп.	$C_{\text{эл. руб.}}$	$C_{\text{эл. руб.}}$
1.Компьютер	0,08	0,9	1	25,9	9	2,582	43,33
Итого:							43,33

5.4 Расчет амортизационных отчислений.

Затраты на амортизацию определяются только для оборудования используемое в данной НИиОКР.

$$\sum C_{ам} = \frac{C_{об.} \cdot N_{ам.} \cdot \sum t_{м.}}{F_{обор.} \cdot 100}, \text{ руб.} \quad (5.13)$$

$F_{обор.}$ – годовое эффективное время работы оборудования, равное:

$$F_{обор.} = (365 - \Pi - В) \cdot q \cdot n \cdot K_{загр.} \quad (5.14)$$

$$F_{обор.} = (365 - 4 - 30) \cdot 8 \cdot 1 = 2648$$

$N_{ам}$ – величина амортизационных отчислений;

$K_{загр.}$ – коэффициент загрузки i -го используемого оборудования;

$t_{м}$ – общее время работы используемого оборудования:

$$t_{м} = D_{обор.i} \cdot q \cdot n \cdot K_{исп.}, \quad (5.15)$$

$$t_{м} = 25,9 \cdot 8 \cdot 0,9 = 186,48 \text{ час}$$

$D_{обор.i}$ – время работы i -го оборудования;

n – количество экспериментов;

$K_{исп.}$ – коэффициент использования оборудования;

$C_{об}$ - первоначальная стоимость оборудования.

Расчёт затрат на амортизацию сведен в таблицу 6.7.

Таблица 6.7 - Затрат на амортизацию.

Наименование оборудования	$C_{об}$, Руб.	$K_{загр}$ р.	$K_{исп.}$	$N_{ам}$	$\Sigma t_{м}$, час	$F_{обор.}$, Час.	$C_{ам}$, Руб.
1. Компьютер	25000	1	0,9	20	186,48	2648	352,11
Итого:							352,11

Расчет накладных расходов:

$$C_{накл.} = \frac{З_{исп.} \cdot K_{накл.}}{100} = 19875 \cdot 35/100 = 6956,25 \quad (5.16)$$

$K_{накл} = 35$ - коэффициент накладных расходов, %

$З_{исп.}$ - заработная плата исполнителей.

Расчёт затрат на основные материалы с учетом транспортно-заготовительных расходов:

$$M = Ц_{M_i} \cdot V_{M_i} (1 + K_{тзр}/100), \text{ руб.} \quad (5.17)$$

$Ц_{M_i}$ - оптовая цена материала, руб.,

V_{M_i} – норма расхода материала, кг, м.

$K_{тзр}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов, %

$K_{вот}$ – коэффициент возвратных отходов, %.

Наименование материала	Марка размер	Единицы измерения	Норма расхода V_M	Отпускная цена $Ц_M$	Общая сумма S_M
1. Передние колодки		шт	2	625	1250
2. Задние колодки		шт	2	280	560
3. Резервуар для жидкости		шт	2	150	300
4. Разветвитель		шт	4	150	600
5. Разделитель на задние и передние суппорты		шт	2	350	700
Итого					3410

Расчет статьи затрат “Покупные изделия и полуфабрикаты”

$$\Pi_i = \Pi_i \cdot V_{\text{шт}} \cdot (1 + K_{\text{тзр}}/100), \quad (5.18)$$

Π_i – оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида, руб.
 $V_{\text{шт}}$ – количество покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида, шт.

Затраты на покупные материалы и детали Таблица 5.9

№	Наименование	Количество V_{kj}	Цена Π_{kj}	Сумма S_{kj}
1	Передние суппорты	2	5800	11600
2	Задние суппорты	2	2800	5600
3	Главный тормозной цилиндр	2	1500	3000
4	Тормозные магистрали	6	240	1440
ИТОГО				21640

Таблица 5.10 - Смета затрат

№	Статьи	Обозначение	Сумма, руб.
	1. Текущие затраты, $K_{\text{тек}}$.		
1.	Материальные затраты, в т. ч.:		
	- сырье и материалы	М	3410
	- покупные изделия	Π_i	21640
	- энергоносителей	Сэл	43,33
	и т. д.		
2.	Амортизационные отчисления	Сам	352,11
3.	Накладные расходы	Снакл	6956,25
4.	Отчисления на страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС	Ссв	5962,5

5.	Фонд оплаты труда исполнителей	Зисп	19875
	Предпроизводственные затраты, Всего:	С _{предпр.}	58239,19

5.5 Экономическая эффективность НИОКР.

Актуальный чистый доход:

$$\text{ЧД} = \text{С}_{\text{дор.исп}} - \text{С}_{\text{предпр}} = 200000 - 83239,19 = 116760,81 \text{ руб.}$$

С_{дор.исп} = 150000 – затраты на дорожные испытания

$$J_0 = \text{С}_{\text{предпр}} + \text{стоимость тормозной системы (руб.)} \quad (5.19)$$

$$J_0 = 25000 + 58239,19 = 83239,19 \text{ руб.}$$

Индекс доходности:

$$JD = \text{ЧД} / J_0 \quad (5.20)$$

$$JD = 116760,81 / 83239,19 = 1,4$$

Период окупаемости проекта:

$$T_{\text{окуп.}} = J_0 / \text{ЧД} \quad (5.21)$$

$$T_{\text{окуп.}} = 83239,19 / 116760,81 = 0,7$$

В таблице 5.11 приведена коммерческая эффективность.

Таблица 5.11 Коммерческая эффективность

1.	Актуальный чистый доход	ЧД	116760,81
2.	Капиталообразующие инвестиции	J ₀	83239,19
3.	Индекс доходности	JD	1,4
4.	Срок окупаемости проекта	T _{окуп}	0,7

5.6 Классификация вычисленных экономических данных

При расчете коммерческой эффективности дорожные испытания ТС оказались дороже, чем на виртуальной модели.

$$C_{\text{предпр}} < C_{\text{дор.исп}} :$$

Актуальный чистый доход ($ЧД=116760,81$ руб.), отсюда следует, что данная разработка эффективна, а так же вопрос о его принятии становится актуальным.

Высокая инвестиционная эффективность или индекс доходности $JD=1,4>1$. Означает, что данная разработка продуктивна. $JD>1$ говорит о том, что на каждое вложение в проект есть своя отдача.

Сравнительно небольшой период окупаемости $T_{\text{окуп}}=0,7$, говорит о незначительных рисках разработанного проекта.

Отсюда следует, что данная разработка исследования характеристики ТС в лабораторных условиях характеризуется как экономически выгодная и может быть использована на производстве.

6 Безопасность и экологичность цеха сборки болида проекта «Формулы Студент»

6.1 Опасные и вредные производственные факторы, имеющие место при выполнении операции сборки болида.

Вредными производственными факторами являются:

1. Физические факторы:

- температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение;
- неионизирующие электромагнитные поля (ЭМП) и излучения — электростатическое поле; постоянное магнитное поле (в т.ч. гипогеомагнитное);
- электрические и магнитные поля промышленной частоты (50 Гц);
- широкополосные ЭМП, создаваемые ПЭВМ;
- электромагнитные излучения радиочастотного диапазона;
- широкополосные электромагнитные импульсы;
- электромагнитные излучения оптического диапазона (в т.ч. лазерное и ультрафиолетовое);
- ионизирующие излучения; производственный шум, ультразвук, инфразвук; вибрация (локальная, общая);
- аэрозоли (пыли) преимущественно фиброгенного действия;
- освещение — естественное (отсутствие или недостаточность), искусственное (недостаточная освещенность, пульсация освещенности, избыточная яркость, высокая неравномерность распределения яркости, прямая и отраженная слепящая блескость);
- электрически заряженные частицы воздуха.

2. Химические факторы:

- химические вещества, смеси, в т.ч. некоторые вещества биологической природы (антибиотики, витамины, гормоны, ферменты,

белковые препараты), получаемые химическим синтезом и/или для контроля которых используют методы химического анализа;

- микроорганизмы — продуценты, живые клетки и споры, содержащиеся в бактериальных препаратах, патогенные микроорганизмы — возбудители инфекционных заболеваний.

6.2 Влияние производственных моментов на организм рабочих

Травмы полученные механическим путем такие как растяжения, вывихи, ушибы, переломы и поражения кожи приводит к нетрудоспособности рабочих. В зависимости от тяжести полученных травм они могут привести к инвалидности или даже к смерти рабочего. Такие травмы как царапины или легкие порезы без своевременного оказания помощи может вызвать заражение.

Негативные последствия также несет высокий уровень шума. Если уровень шума превышает 70 дБ то у человека может вызвать головные боли, рассеянность, заторможенность реакции и ухудшение слуха. Для сохранения здоровья органов слуха рекомендуется использовать наушники или беруши.

Малая освещенность рабочего места вызывает снижение зрения, некачественное выполнение работы и повышенной утомляемости.

Влияние электрического тока на организм рабочего человека оказывает термическое, электролитическое и био воздействие.

Термическое воздействия могут проявляются в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов, крови.

6.3 Мероприятия по созданию безопасных условий труда

6.3.1. Организационные мероприятия

В целях охраны труда следует проводить инструктаж рабочих и служащих по технике безопасности, производственной санитарии, противопожарной охране и по другим правилам охраны труда.

Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья профессиональных пользователей на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы.

Суммарное время регламентированных перерывов устанавливается в зависимости от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену при работе

6.3.2. Планировочные мероприятия

Это мероприятия должны обеспечивать свободный доступ к рабочему месту, быструю эвакуацию в случае опасности и также ограждения рабочих от вредных факторов.

6.3.3. Технические мероприятия

Рабочие места должны быть оборудованными системой вентиляции и хорошим освещением. Также в сборочном цеху должна поддерживаться комфортная температура. В зимний период от 19 до 24 °С, и в летний период 20-25 °С. Рабочие должны быть ознакомлены с планом эвакуации, знать о расположении средств пожаротушения и эвакуационных выходах.

6.3.4 Разработка и подбор средств персональной защиты

Рабочие должны быть снабжены спец одеждой в том числе защищающей обувью, перчатками, наушниками или берушами, средства для защиты дыхательных путей и органов зрения (при необходимости).

6.4 Обеспечение электро-безопасности на участке сборки болида.

Источниками травмирования электричеством являются:

1. Неосторожное обращение с проводящими ток предметами, инструментами находящимся под напряжением;

2. Возникновение высокого напряжения на электропроводные части конструкции:

- нарушение изоляции электропроводные детали конструкции;
- замыкание сети;

- соприкосновение кабеля под напряжением, на металлические детали разработки.

3. Возникновение напряжения на отключенных электропроводных деталях как результат:

- неосторожного включения выключенной из сети установки;
- замыкания между выключенными и работающими под напряжением электропроводными деталями[15].

4. Появление тока в области земли, где стоит человек, как результат:

- замыкания сети на землю;
- повреждения защитного заземления.

Для обеспечения безопасности при работе с электроинструментом и станком необходимо применять электрозащитные средства. К ним относятся:

- изолирующие штанги;
- указатели напряжения;
- бесконтактные сигнализаторы наличия напряжения;
- изолированный инструмент;
- диэлектрические перчатки, боты, ковры, изолирующие подставки;
- защитные ограждения (щиты, ширмы, изолирующие накладки, колпаки);
- переносные заземления;
- плакаты и знаки безопасности;
- прочие средства защиты, изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ под напряжением в электроустановках.

6.5 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке, рабочем месте.

Для обеспечения пожарной безопасности необходимо выполнять следующие требования:

- соблюдать правила пожарной безопасности
- ведение журнала учета проведенных инструктажей

- обеспечение помещения противопожарными устройствами, сигнализацией, объектами пожаротушения(огнетушители, песок и пожарные рукава).

- сообщить персоналу о расположении эвакуационных выходов, рубильников подачи тревожного сигнала и кнопок включения сигнализации.

- установка в помещении знаков пожарной безопасности, табличек с номерами экстренных служб и телефонных аппаратов для их вызова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом проведенной работы является анализ тормозных характеристик спортивного автомобиля «Формула студент», разрабатываемой командой студентов Тольяттинского Государственного Университета. В представленной работе были проведены расчетные испытания характеристик тормозной системы болида. В ходе работы были выстроены графики и проведена оценка полученных результатов. Для экономической части были рассчитаны расходы на выполнение НИиОКР и разработан план. На основании плана были выведены графики продолжительности этапов. Вместе с этим был разработан ряд действий для сокращения травм полученных при сборке болида. Определены средства индивидуальной защиты для специализированных работ. Выполненная в ходе дипломного проектирования работа по исследованию тормозной системы спортивного болида соответствует тенденциям развития конструкции современных спортивных автомобилей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Борисенко, Г.В. Анализ работы регуляторов давления гидравлических тормозных систем автомобилей [Текст] / Г.В. Борисенко. – Киев: Техника, 1971. – 65 с.
2. Скутнев, В.М. О повышении качества работы регулятора давления задних тормозов автомобилей ВАЗ [Текст] / В.М. Скутнев. – Тольятти: НИИНавтопром, 1978. – 90 с.
3. Скутнев, В.М. Исследование регулирования тормозных сил легковых автомобилей [Текст] / В.М. Скутнев. – Харьков: Канд. Дисс, 1976. – 72 с.
4. Мордашов, Ю.Ф. Вопросы установки регулятора в гидроприводе задних тормозов легкового автомобиля [Текст] / Ю.Ф. Мордашов. – М. : Автомобильная промышленность, 1980. – 30 с.
5. Гредескул, А.Б. Определение параметров тормозной системы автомобиля с регулятором тормозных сил [Текст] / А.Б. Гредескул, А.С. Федосов, В.М. Скутнев. – М. : Автомобильная промышленность, 1975. – 55 с.
6. Скутнев, В.М. Об эффективности применения регулятора тормозных сил легкового автомобиля [Текст] / В.М. Скутнев. – Киев: Техника, 1975. – 32 с.
7. Скутнев, В.М. Тормозные системы легковых автомобилей: учеб. пособие [Текст] / В.М. Скутнев. – М. : КуАИ, 1983. – 63 с.
8. Петров В.А. Расчет регуляторов тормозных сил легковых автомобилей [Текст] / В.А. Петров. – М. : Автомобильная промышленность, 1976. – 62 с.
9. Мордашов, Ю.Ф. К вопросу выбора параметров регулятора давления задних тормозов автомобиля ГАЗ – 24 [Текст] / Ю.Ф. Мордашов. – М. : Автомобильная промышленность, 1976. – 35 с.
10. Родионов, В.Ф. Проектирование легковых автомобилей [Текст] / В.Ф. Родионов. – М. : Машиностроение, 1980. – 200 с.

11. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие [Текст] / Л.А. Черепанов. – Тольятти : ТГУ, 2016 – 39 с.
12. Скутнев, В.М. Регуляторы тормозных сил легковых автомобилей: учеб. пособие [Текст] / В.М. Скутнев. – Куйбышев : КуАИ, 1985. – 48 с.
13. Капрора, В.Г. «Технико – экономическое обоснование дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений». Уч. – методическое пособие [Текст] / В.Г. Капрора. – Тольятти: ТГУ, 2017 – 50 с.
14. Долина, П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: учеб. пособие [Текст] / П.А. Долина. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
15. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч. – методическое пособие [Текст] / Л.Н. Горина. – Тольятти: ТГУ, 2016. – 33 с.
16. Curtis, A. Getting it into proportion [Text] / A. Curtis. – Detroit: Motor, 1977. – 151 p.
17. Doyle, J.C. Essentials of robust control [Text] / J.C. Doyle. – N.Y.: Prentice Hall, 1998. – 100 p.
18. Reimpell, J. Vehicle classic 1 [Text] / J. Reimpell. – Wurzburg : Vogel – Buchverlag, 1983. – 92 p
19. Reimpell, J. Vehicle classic: mechanic of elastic suspension [Text] / J. Reimpell. – Wurzburg: Vogel – Buchverlag, 1983. – 130 p
20. Uspensky, I.N. Design of vehicle suspension [Text] / I.N. Uspensky. – М. : Mashinostroenie, 1976. – 90 p

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графики тягово-динамического расчета

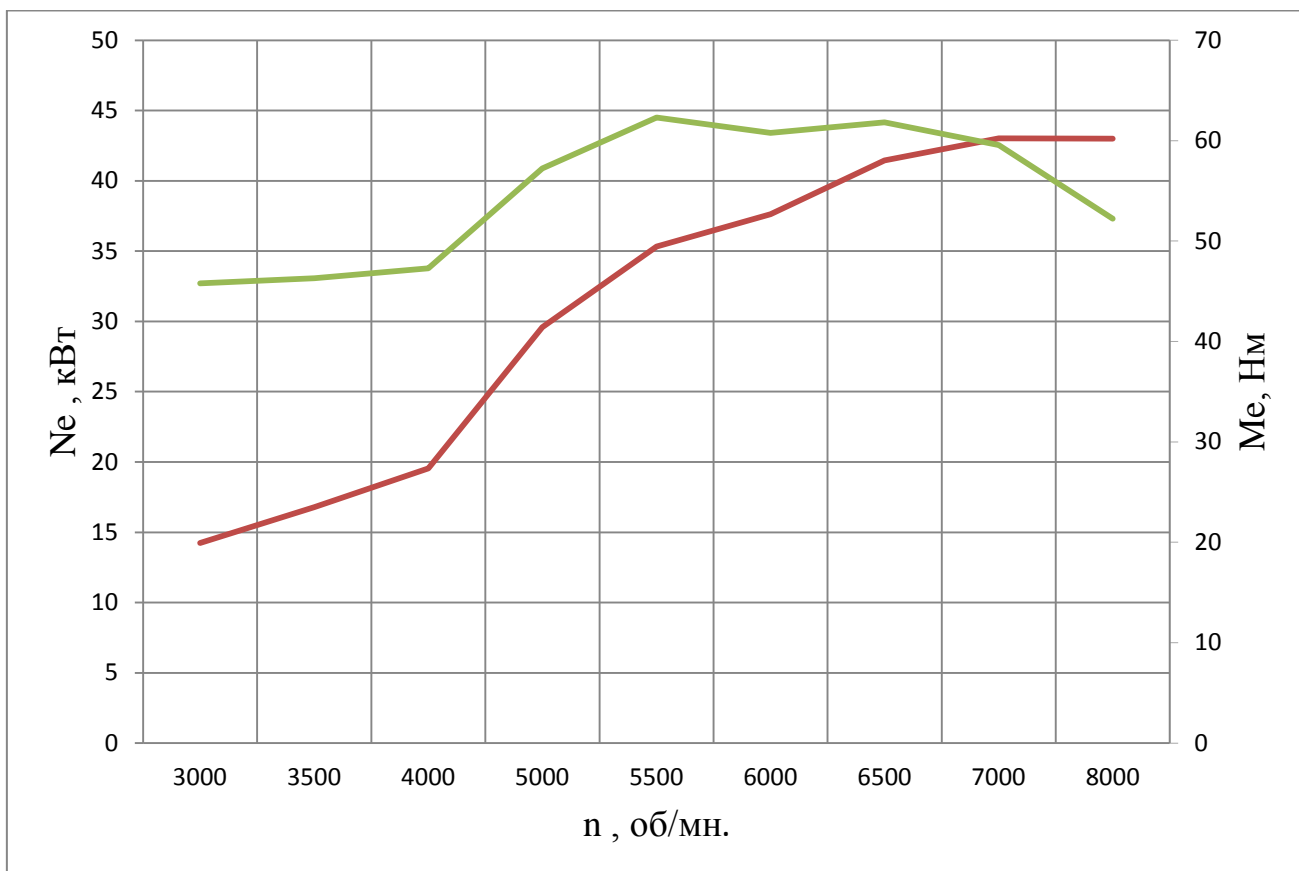


Рисунок А.1 - Внешняя скоростная характеристика двигателя

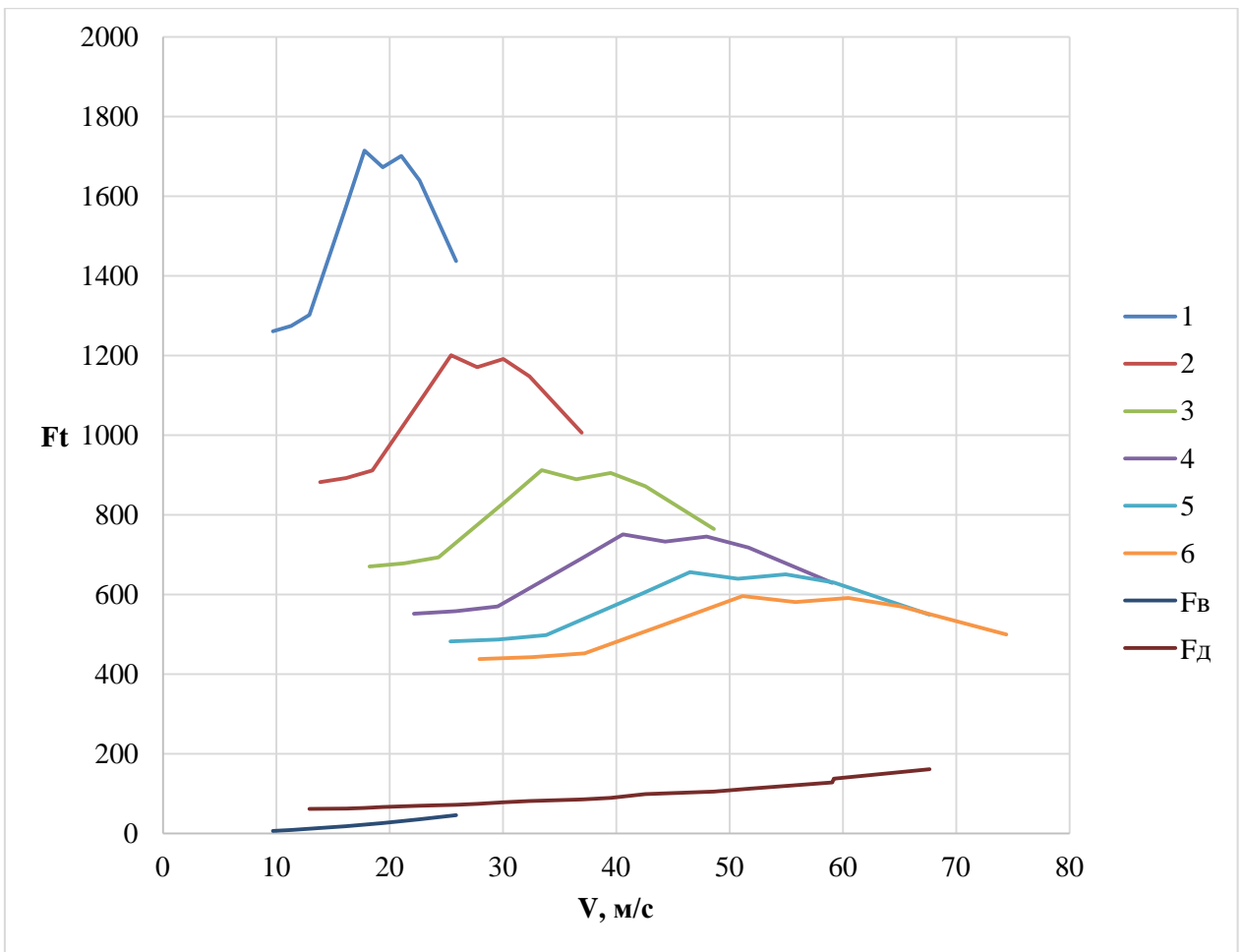


Рисунок А.2 - Тяговый баланс автомобиля

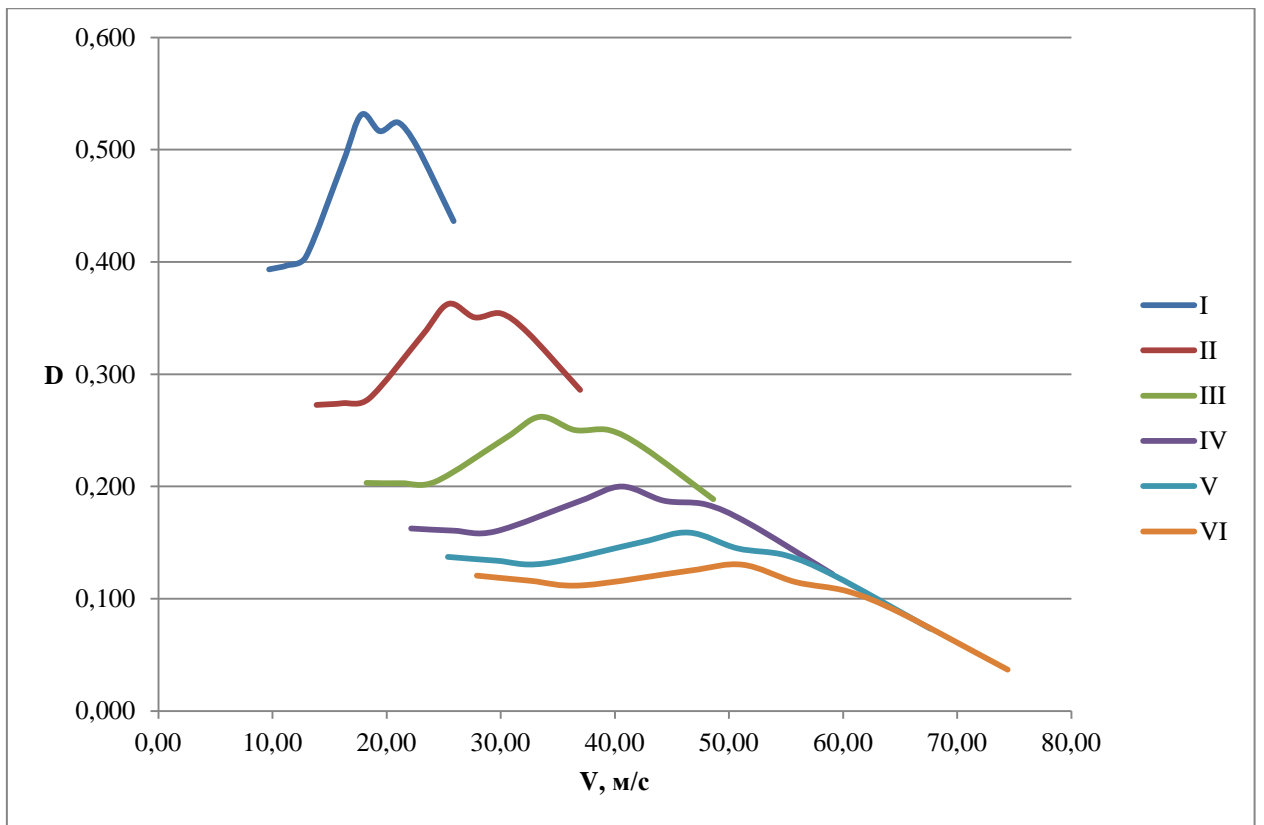


Рисунок А.3 - Динамическая характеристика автомобиля

Ускорения автомобиля

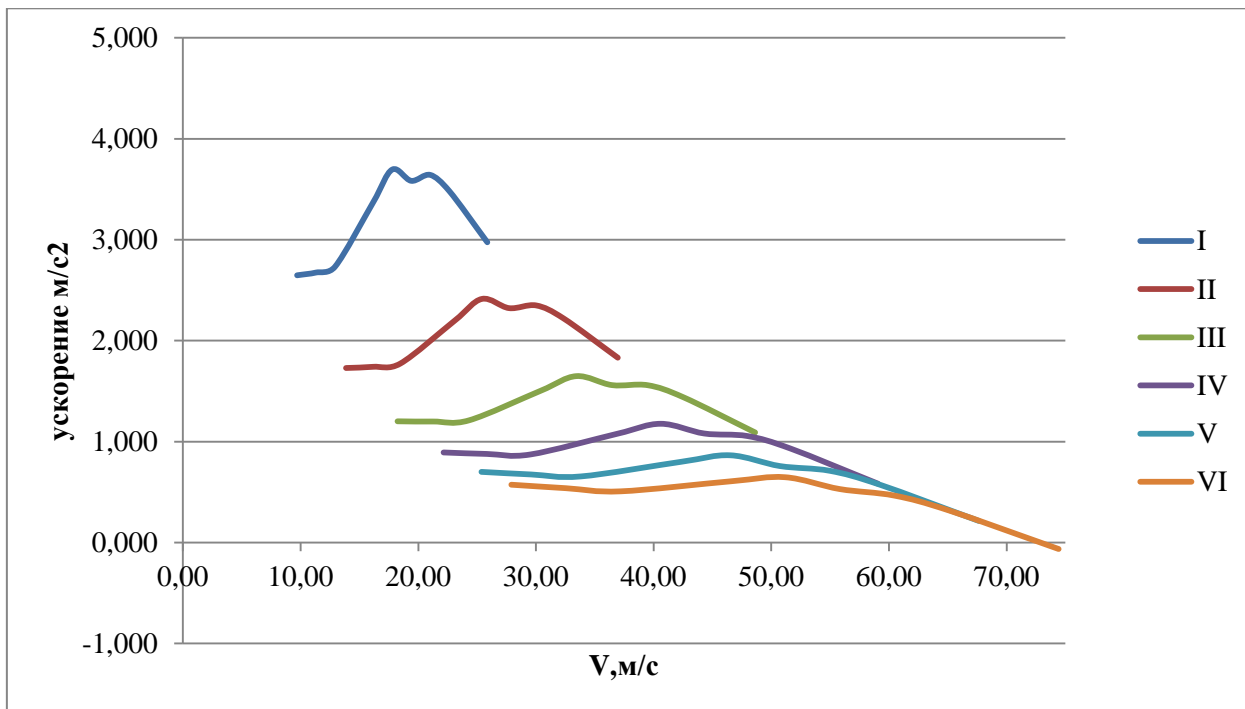


Рисунок А.4 - Ускорения автомобиля

Обратные ускорения автомобиля

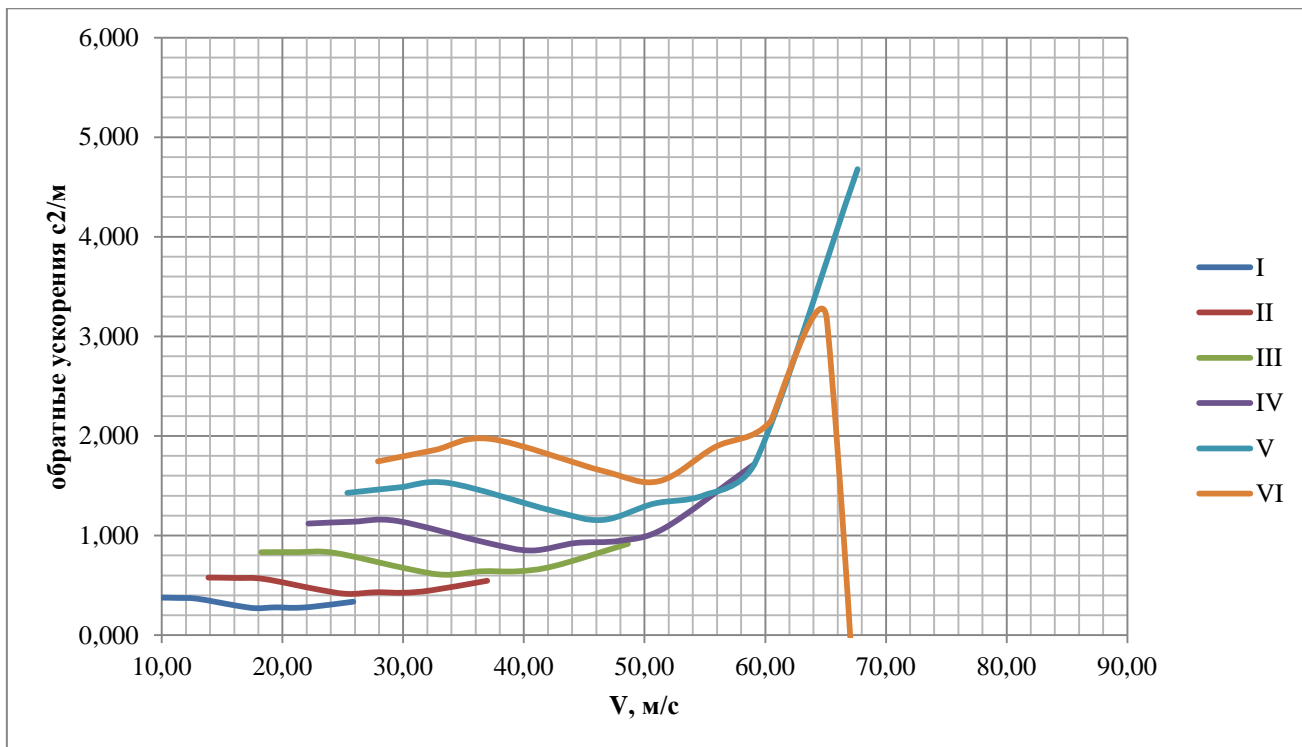


Рисунок А.5 - Обратные ускорения автомобиля

Время разгона автомобиля

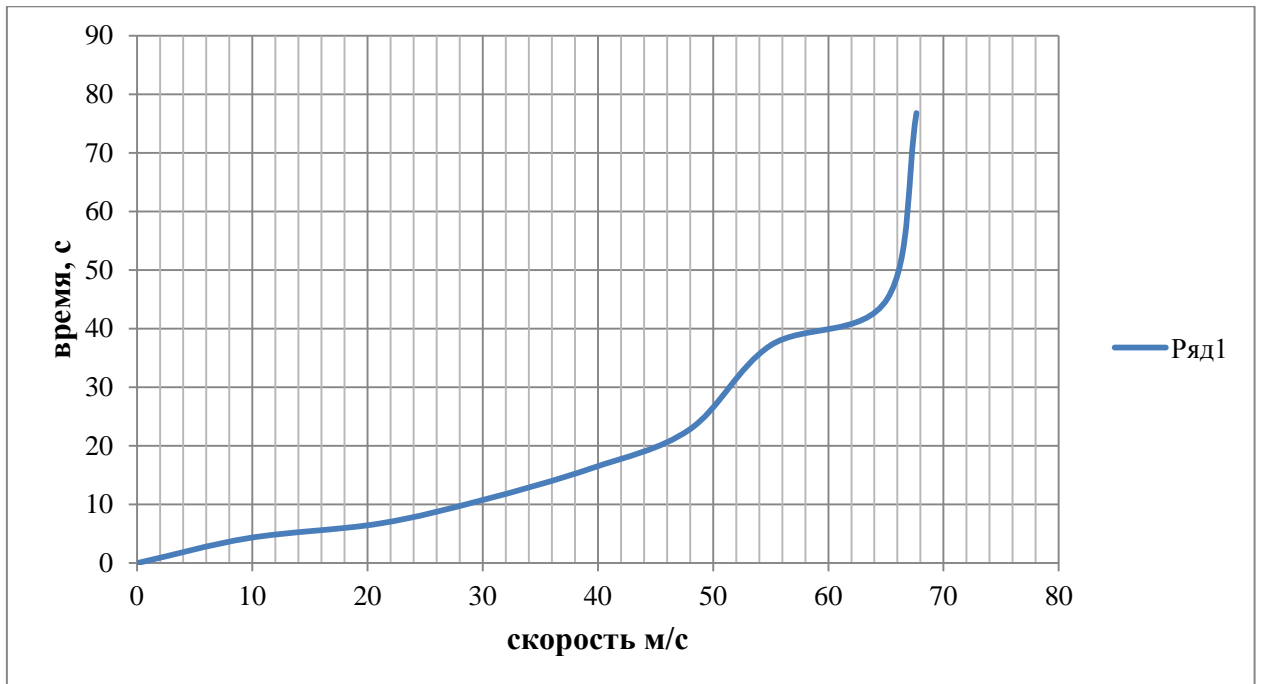


Рисунок А.6 - Время разгона автомобиля

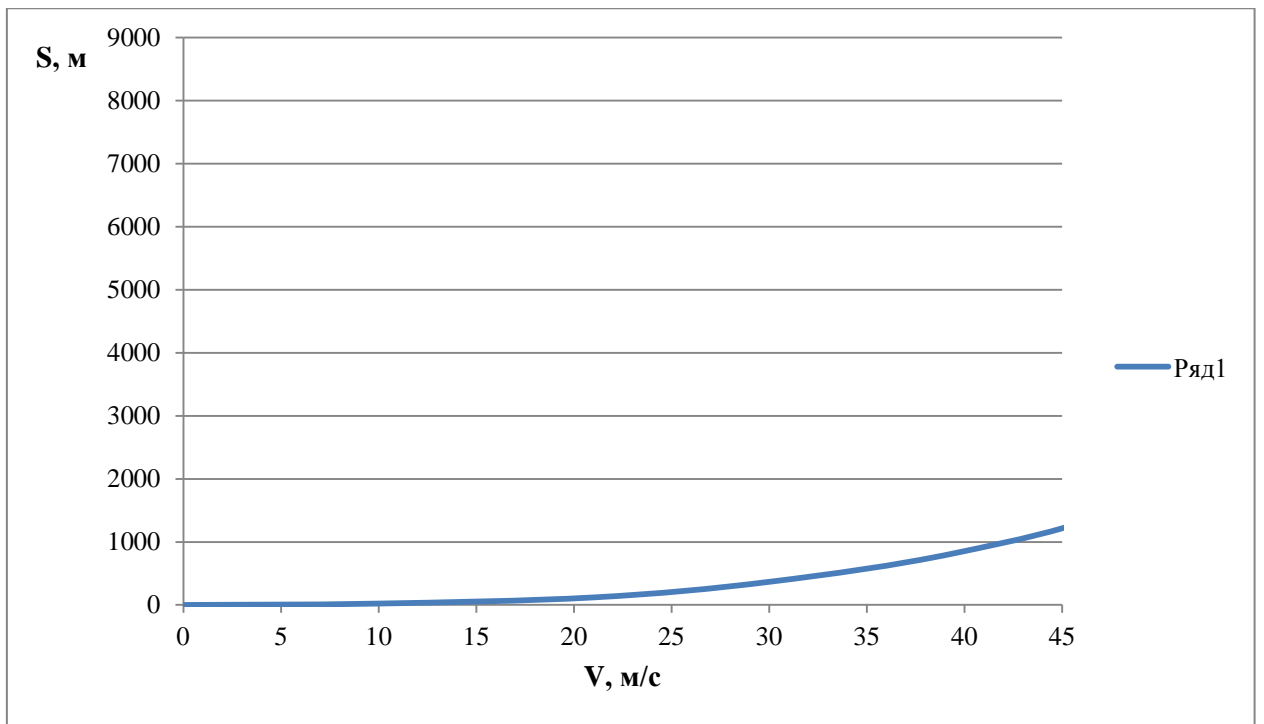


Рисунок А.7 - Путь разгона автомобиля

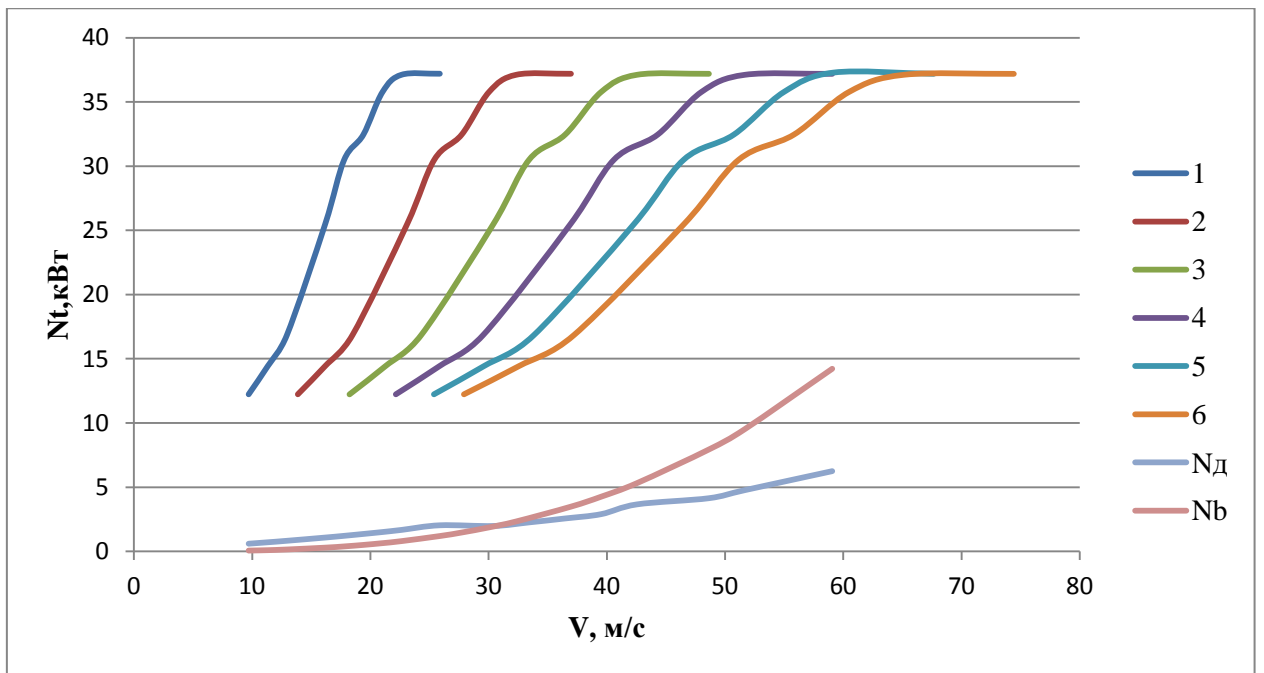


Рисунок А.8 - Мощностной баланс

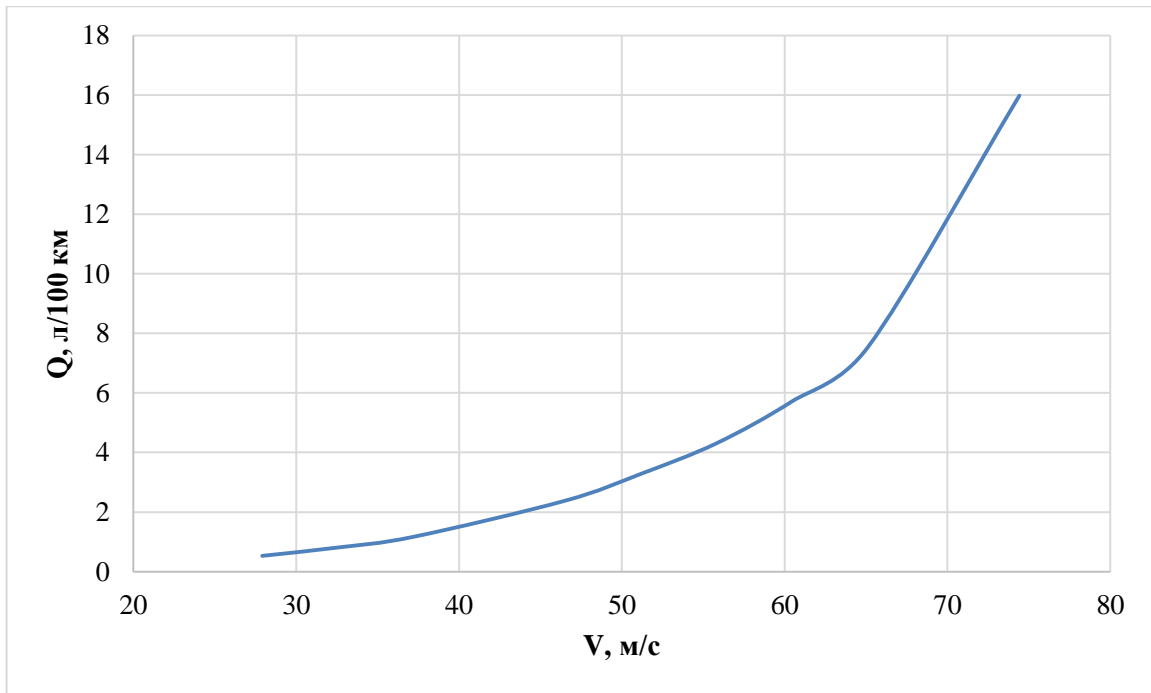


Рисунок А.9 - Путь расход топлива

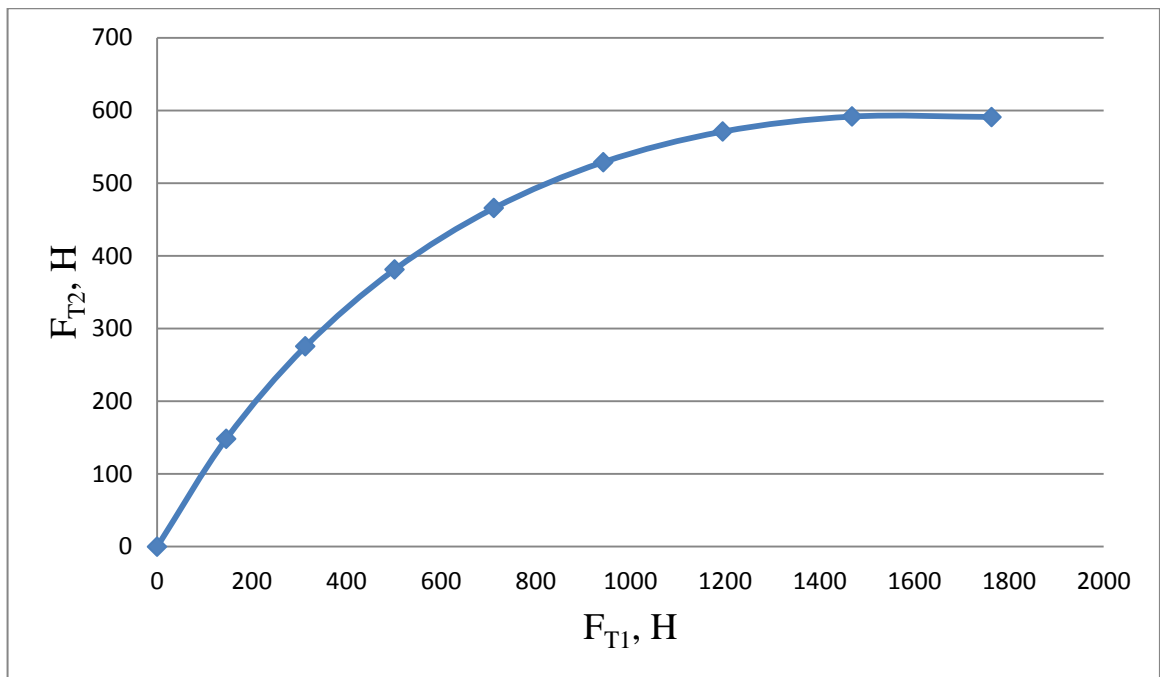


Рисунок А.10 - Графики регулирования тормозных сил

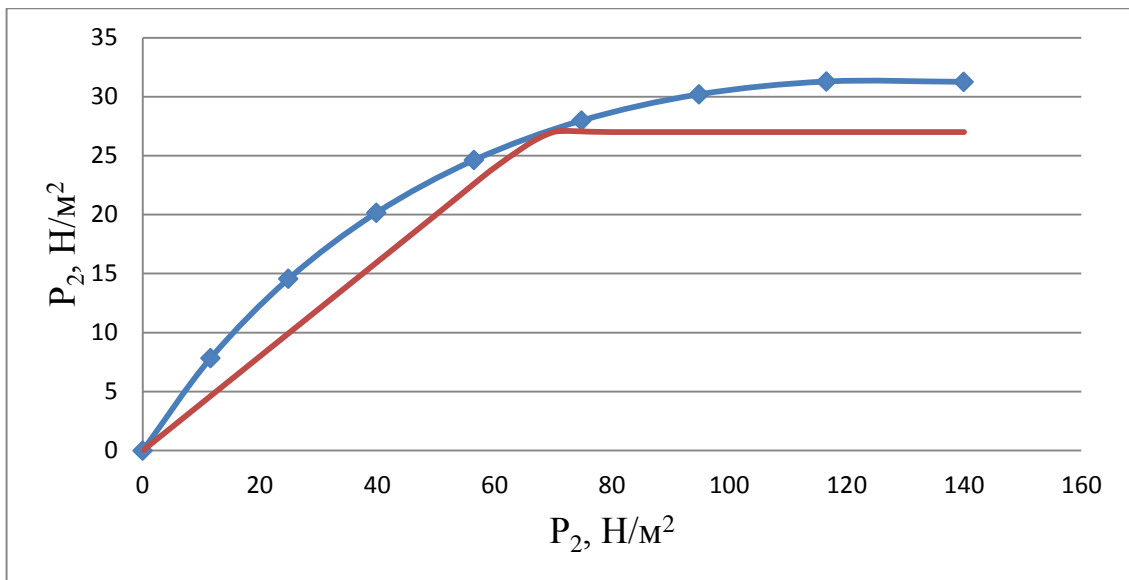


Рисунок А.11 - Значения давления в тормозной системе

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
Перв. примен.									
				<u>Документация</u>					
Сараф. №			18.ДП.ЛиЭА.331.000	Монтажный чертёж					
				<u>Сборочные единицы</u>					
		1	18.ДП.ЛиЭА.331.000	Суппорт	1				
				<u>Детали</u>					
Лист и дата		4	18.ДП.ЛиЭА.331.000-3501015	Колесный цилиндр	1				
		3	18.ДП.ЛиЭА.331.000-3501015	Поршень	1				
		4	18.ДП.ЛиЭА.331.000-3501051	Уплотнительное кольцо	1				
		5	18.ДП.ЛиЭА.331.000-3501058	Защитный колпачек	1				
		6	18.ДП.ЛиЭА.331.000-1602591	Штуцер для прокачки	1				
		7	18.ДП.ЛиЭА.331.000-3501063	Уплотнительное кольцо	1				
Инв. № докум.		8	18.ДП.ЛиЭА.331.000-3506085	Тормозной шланг	1				
		9	18.ДП.ЛиЭА.331.000-3501155	Направляющая колодок	1				
Взам. инв. №									
Лист и дата									
				18.ДП.ЛиЭА.331.000					
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разработка тормозной системы спортивного автомобиля проекта "Формула Студент"	Лит.	Лист	Листов
	Разраб.	Пантелеев Л.Е.							1
	Проб.	Скутнев В.М.							
	Исполн.	Егоров А.Г.					ТГУ, АТ-1301В		
	Чтб.	Бабушкин А.В.							
				Копировал			Формат А4		