

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 кафедры)

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

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

## ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему Оптимизация передаточного числа главной передачи  
автомобиля «Формула Студент»

Студент

Г.А. Васильев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Л.А. Черепанов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

С.А. Гудкова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

О.М. Сярдова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Тема данной дипломной работы – «Оптимизация передаточного числа главной передачи автомобиля “Формула Студент”».

Целью дипломного проекта является оптимизация передаточного числа главной передачи болида для преодоления эффекта пробуксовки при начале движения. В основной части преимущественное внимание уделяется тяговым расчетам, подробно освещаются различные виды трансмиссий, а также их достоинства и недостатки.

Исследование заключается в оптимизации передаточного числа главной передачи “Формула Студент” для того чтобы преодолеть буксование болида при начале движения.

Также был произведен расчет экономической эффективности проекта, а также безопасность и экологичность проекта.

Данная работа содержит 90 страниц пояснительной записки, включая 13 рисунков и 17 таблиц, введения, списка 25 источников, включая 5 источника на иностранном языке, 17 листов приложений, чертежей на 8 листах А1.

## **ABSTRACT**

The name of the graduation project - "Optimization of the gear ratio of the main gear in "Formula Student" car".

The aim of the graduation project is to determine the gear ratio so at the beginning of the movement the car doesn't slip.

In the main part, special attention is paid to traction calculations.

More details about the various types of transmissions, as well as their strengths and weaknesses. The research aim is to optimize the gear ratio of the main gear "Formula Student" so that the car wouldn't slip at the beginning of the movement. Also, the calculation of the economic efficiency of the project was made, and also safety and environmental friendliness of the project. The cost of this work is amounted to 32500 rubles. This work contains 90 pages of the explanatory note, including 13 drawings and 17 charts, the introduction, the list of 25 sources, including 5 source in a foreign language, 17 application sheets, drawings on 8 sheets of an A1 format.

In this study we found out that the car will lose its power, but it won't slip while moving, when the gear ratio is optimized.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Состояние вопроса.....	8
1.1 Назначение, состав, виды трансмиссии.....	8
1.2 Назначения, требования и виды главной передачи .....	12
1.3 Передаточные числа.....	18
2 Конструкторская часть.....	20
2.1 Тягово-динамический расчет.....	20
2.2 Подготовка исходных данных для тягового расчета.....	22
2.3 Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя...23	
2.4 Определение передаточного числа главной передачи.....	24
2.5 Силовой баланс автомобиля.....	25
2.6 Динамическая характеристика автомобиля.....	28
2.7 Разгон автомобиля.....	29
2.8 Время и путь разгона.....	28
2.9 Мощностной баланс автомобиля.....	32
2.10 Расчет топливно-экономической характеристики автомобил....34	
3 Исследовательская часть.....	36
3.1 Расчет основных параметров исследуемого объекта.....	36
3.2 Анализ результатов расчета .....	38
4 Экономическое обоснование и эффективность проведения НИР....39	
4.1 Сетевой график проведения НИР.....	39
4.2 Расчет затрат на проведения НИР.....	45
4.2.1 Расчет стоимости сырья, материалов.....	45
4.2.2 Расчет основной заработной платы разработчиков.....	46
4.2.3 Расчет дополнительной заработной платы разработчиков....48	
4.2.4 Расчет отчислений на социальные нужды .....	49

4.2.5 Расчет прямых расходов.....	50
4.2.6 Расчет накладных расходов .....	51
4.2.7 Расчет затрат на проведения НИР.....	51
4.3 Расчет капитальных вложений .....	53
4.4 Расчет общих экономических показателей .....	54
5 Безопасность и экологичность проекта.....	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	70
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	71
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	74

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность в потребности средства передвижения всегда волновала умы людей и продолжает волновать по сегодняшний день.

Наше, современное общество, невозможно представить без транспортного средства, будь то легковая машина, грузовая или же спортивный болид

Ежедневно, согласно данным Международной ассоциации производителей автомобилей (OICA) в мире производится около 165 тыс. транспортных средств. Каждый из них на этапе проектирования претерпевает множество изменений, исходя из потребностей общества.

Так, в гонке за скоростью и стремлением обуздать новые возможности автомобиля, разрабатываются новые технологии по их модернизации, а так же с целью обеспечения конкурентоспособности машин, конструкции и улучшения характеристики машин, а так же трансмиссии.

Одним из направлений деятельности считается отбор подходящего ряда передаточных чисел агрегатов трансмиссии, которые разрешают достичь увеличение характеристики показателей динамики ,а при отсутствии потребности уменьшение пользования горючего (топлива).

Таким образом, данным родом деятельности занимается и команда студентов-непрофессионалов, перед которыми ставится цель не только выиграть в технических дисциплинах, но и в инженерной защите разработанного проекта.

С данными задачами благополучно справляется команда Тольяттинского государственного университета “Formula Student TSU”, где молодые инженеры модернизируют болид “Formula Student”, используя свои знания по функциональному значению изделия, в нашем случае этот болид “Formula Student”, предъявляя к нему определенные требования.

Основной целью данной дипломного проекта является улучшения тягово-скоростных свойств автомобиля при трогании с места за счет

оптимизации передаточного числа главной передачи автомобиля “Formula Student”.

# 1 Состояние вопроса

## 1.1 Назначение трансмиссии. Состав трансмиссии. Виды трансмиссии.

Этот вопрос всегда интересовал как конструкторов, так и исследователей автомобилестроения. Изучая научную литературу, пособий, было обнаружено несколько сходств в определении трансмиссии автомобиля.

Например в учебнике М. Г. Шаторва, В. Х. Вахламова “Автомобили: теория и конструкция автомобиля и двигателя” указано, что «“трансмиссией называется – силовая передача, осуществляющую связь двигателя с ведущими колесами автомобиля ”.»[8] В пособии «Руктешель О. С, Дыко Г. А., Молибошко Л. А., Якутович С. Г.“Конструкция автомобилей.»[9] «Трансмиссия », говорится: “Трансмиссия автомобиля предназначена для передачи крутящего момента от двигателя к ведущим колесам, изменения их оборотов и подводимого к ним крутящего момента по величине и направлению, а также для отсоединения двигателя от ведущих колес ”.

Прежде всего, это набор узлов и механизмов, которые передают мощность двигателя на ведущие колеса, которые изменяют его параметры , есть крутящий момент, а так же частоту и направления вращения.

Трансмиссия»[10] включает в себя следующие узлы и механизмы , такие как: Сцепление; Коробка передач; Раздаточная коробка; Главная передача; Дифференциал; Карданная передача;

Сцепление служит для непродолжительного отсоединения движка от трансмиссии и последующего плавного соединения этих элементов после переключения передачи, а также защиты деталей от избыточных нагрузок.



Коробка передач изменяет крутящий момент, скорость и направление движения, а также разъединяет на продолжительное время двигатель и трансмиссию

Коробки бывают механические, гидротрансформатор — планетарные передачи)

«Раздаточная коробка — агрегат для распределения крутящего момента от двигателя на несколько приводных механизмов, которые в большинстве случаев также увеличивают число передач в трансмиссии.»[11]

Необходимость главной передачи заключается в том, чтобы достигнуть увеличения крутящего момента, изменить направление и передать его на полуоси. Обычно в авто применяют гипоидную главную передачу, при этом зубы передачи радиальные.

В процессе поворота транспортного средства дифференциал раздает крутящий момент по ведущим колесам, и позволяет полуосям вращаться с отличными друг от друга угловыми скоростями.

«Карданная передача служит для трансляции крутящего момента со вторичного вала коробки на вал главной передачи, которые находятся под углом друг относительно друга»[11]



Рисунок 1-Виды трансмиссии

Как показано на рисунке, они разделяются по изменению крутящего момента и по конструкции.

## Трансмиссия механического типа

Легковые автомобили, оборудованные механической трансмиссией у большинства автопроизводителей и потребителей пользуются максимальной популярностью. При передаче мощности от двигателя к ходовой части в трансмиссии данного вида участвуют шестерни с зубчатым зацеплением и фрикционные элементы, позволяющие данной системе обладать следующими преимуществами:

- высоким КПД;
- компактными габаритами;
- сравнительно небольшим весом;
- простотой обслуживания
- компактными габаритами

## Основные недостатки механических трансмиссий:

- сложность управления коробкой механического типа при смене передач
- отсутствие плавности при переходе на другую скорость;
- нерациональный расход мощности силового агрегата;

## Гидромеханическая трансмиссия

Трансмиссия автомобиля подобного типа включает в себя и механическую, и гидравлическую системы. При ее работе передаточные числа и момент вращения плавно изменяются без участия оператора. Нажимая на педаль газа, водитель воздействует на количество и время подачи топливной смеси.

В трансмиссии автомат функцию сцепления выполняет специальный агрегат – гидротрансформатор. Он замещает привычный фрикционный дисковый механизм и размещается непосредственно перед коробкой передач. Благодаря гидротрансформатору автомобиль плавно переходит на другую скорость во время движения, что существенно увеличивает эксплуатационный срок трансмиссии, силового агрегата и всего транспортного средства. При управлении автомобилем с автоматической

трансмиссией водителю не нужно часто отвлекаться на механическое переключение передач, такое вождение признается более комфортным и безопасным.

Основные минусы трансмиссии гидромеханического типа:

- сложная конструкция;
- сравнительно большая масса;
- дорогостоящий ремонт;
- высокая стоимость.

«Для передачи мощности в гидростатической (гидрообъемной) трансмиссии используются аксиально-плунжерные гидромашины. Достоинства такой трансмиссии — малые габариты машин, малая масса и отсутствие механической связи между ведущим и ведомым звеньями трансмиссии, что позволяет разносить их на значительные расстояния и придавать большое число степеней свободы. Существенный недостаток гидрообъемной передачи — значительное давление в гидролинии и высокие требования к чистоте рабочей жидкости»[14]

«Гидростатическая передача используется на дорожно-строительных машинах (особенно катках — из-за необходимости обеспечивать очень большое передаточное число, а также зачастую приводить вальцы с торца, построение механической передачи затруднено), как вспомогательная — на тепловозах, авиационной технике (благодаря малой массе и возможности размещать мотор далеко от насоса), металлорежущих станках.

Электромеханическая трансмиссия состоит из электрического генератора, тягового электродвигателя (или нескольких), электрической системы управления, соединительных кабелей. Основным достоинством электромеханических трансмиссий, является обеспечение наиболее широкого диапазона автоматического изменения крутящего момента и силы тяги, а также отсутствие жёсткой кинематической связи между агрегатами электротрансмиссии, что позволяет создать различные компоновочные схемы.

Относительно большие габариты, масса и стоимость (особенно если используются электрические машины постоянного тока), сниженный КПД (по сравнению с чисто механической) являются недостатком, препятствующим широкому распространению электрических трансмиссий. Однако, с развитием электротехнической промышленности, массовым распространением асинхронного, синхронного, вентильного, индукторного и др. видов электрического привода, открываются новые возможности для электромеханических трансмиссий.

Такие трансмиссии применяются в тепловозах, карьерных самосвалах, некоторых морских судах, тракторах, самоходных механизмах, военной технике — на танках ЭКВ (СССР) и немецких военных машинах «Фердинанд» и «Мышонок»), автобусах (которые с таким видом трансмиссии правильнее называются теплоэлектробус, например ЗИС-154»[12]

## **1.2 Назначения, требования и виды главной передачи.**

Главная передача автомобиля – элемент трансмиссии, в наиболее распространенном варианте состоящий из двух шестерен (ведомой и ведущей), призванный преобразовывать крутящий момент, поступающий от коробки передач, и передавать его на ведущую ось. От конструкции главной передачи зависят тягово-скоростные характеристики автомобиля и расход топлива. Рассмотрим устройство, принцип действия, виды и требования к механизму трансмиссии.

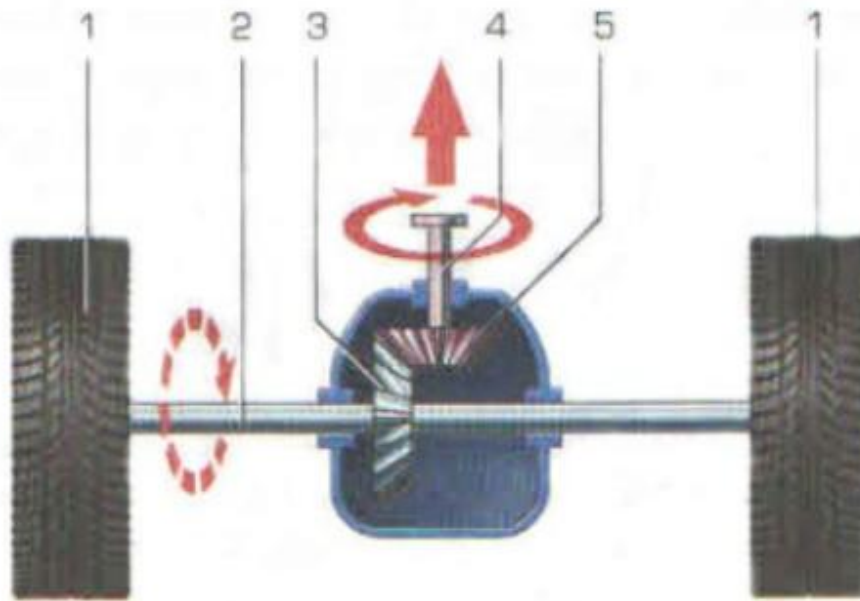


Схема главной передачи ведущего моста автомобиля: 1 – ведущие колеса; 2 – полуось; 3 – ведомая шестерня; 4 -ведущий вал; 5 -ведущая шестерня

Рисунок 2- Схема главной передачи

Рассмотрим основные требования, предъявляемые к главной передаче:

- высокий КПД;
- минимальный расход топлива;
- минимальный уровень шума и вибраций при работе;
- обеспечение высоких тягово-динамических характеристик;
- минимальные габаритные размеры (чтобы увеличить клиренс и не повышать уровень пола в автомобиле);
- технологичность;
- минимальная масса;
- минимальная необходимость в обслуживании.
- высокая надежность;

Увеличить КПД главной передачи можно. Повысив качество изготовления зубьев обеих шестерен, а также увеличив жесткость деталей и применив в конструкции подшипники качения можно увеличить КПД главной передачи. При этом максимально сокращать вибрации и шум при

работе чаще всего требуется для зубчатых редукторов легковых автомобилей. вибрацию Шум, вибрацию можно минимизировать, обеспечив надежное смазывание зубьев, повысив точность зацепления зубчатых колес, увеличив диаметр валов, а также прочими мерами, которые повышают жесткость элементов механизма.

По числу пар зацеплений

- Одинарная — имеет в составе одну пару шестерен: ведомую и ведущую.
- Двойная — имеет в составе две пары зубчатых колес. Делится на двойную центральную или двойную разнесенную. Двойная центральная располагается только в ведущем мосту, а двойная разнесенная еще и в ступице ведущих колес. Применяется на транспорте, перевозящем различные грузы, так как на нем требуется повышенное передаточное число.

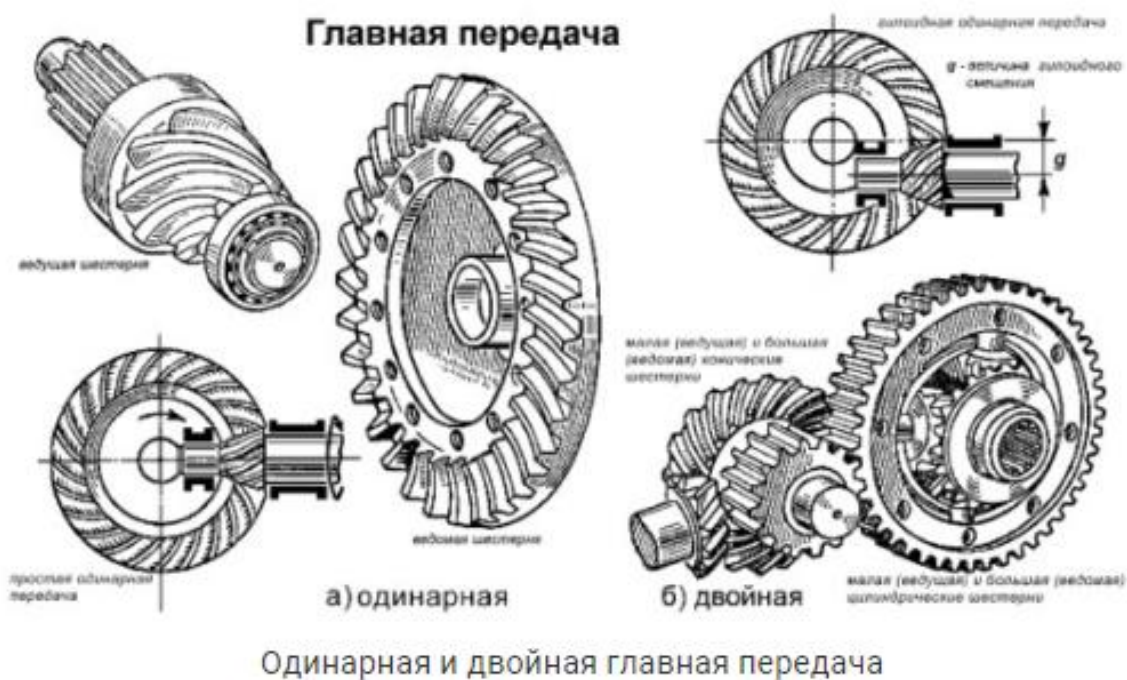


Рисунок 3-Одинарная и двойная главная передача

По виду зубчатого соединения

- Цилиндрическое. Широкое применение получило на машинах с передним приводом, в которых двигатель и коробка переключения передач

имеют поперечное расположение. В этом типе соединения применяются шестерни с шевронными и косыми зубьями.

- Коническое. Используется на тех заднеприводных машинах, в которых не важны размеры механизмов и нет ограничений на уровень шума.
- Гипоидное — самый популярный и применимый вид зубчатого соединения для автомобилей с задним приводом.
- Червячное -в конструкции трансмиссии автомобилей практически не используется.



Цилиндрическая главная передача

Рисунок 4-Цилиндрическая главная передача

По компоновке

- Размещенные в коробке передач либо в силовом агрегате. На переднеприводных автомобилях главная передача расположена непосредственно в корпусе КПП.

- Размещенные отдельно от КПП. В машинах с задним приводом главная пара шестерен располагается в картере ведущего моста вместе с дифференциалом.

Отметим, что в полноприводных автомобилях расположение главной пары зубчатых колес зависит от разновидности привода.



Коническая главная передача

Рисунок 5-Коническая главная передача

Каждый из типов зубчатых соединений имеет свои как положительные, так и отрицательные стороны. Рассмотрим их:

- Цилиндрическая главная передача. Максимальное передаточное число ограничено значением 4,2. Дальнейшее увеличение отношения числа зубьев ведет к существенному увеличению размера механизма, а также повышению уровня шума.

- Гипоидная главная передача. Этот тип отличается низкой нагрузкой на зубья и пониженным уровнем шума. При этом из-за смещения в зацеплении шестерен повышается трение скольжения и понижается КПД, но в то же время появляется возможность опустить карданный вал максимально



низко. Передаточное число для легковых автомашин – 3,5-4,5; для грузовых – 5-7;.

- Коническая главная передача. Применяется довольно редко из-за большого размера и шумности.
- Червячная главная передача. Данный тип зубчатого соединения из-за трудоемкости изготовления и высокой стоимости производства практически не используется.

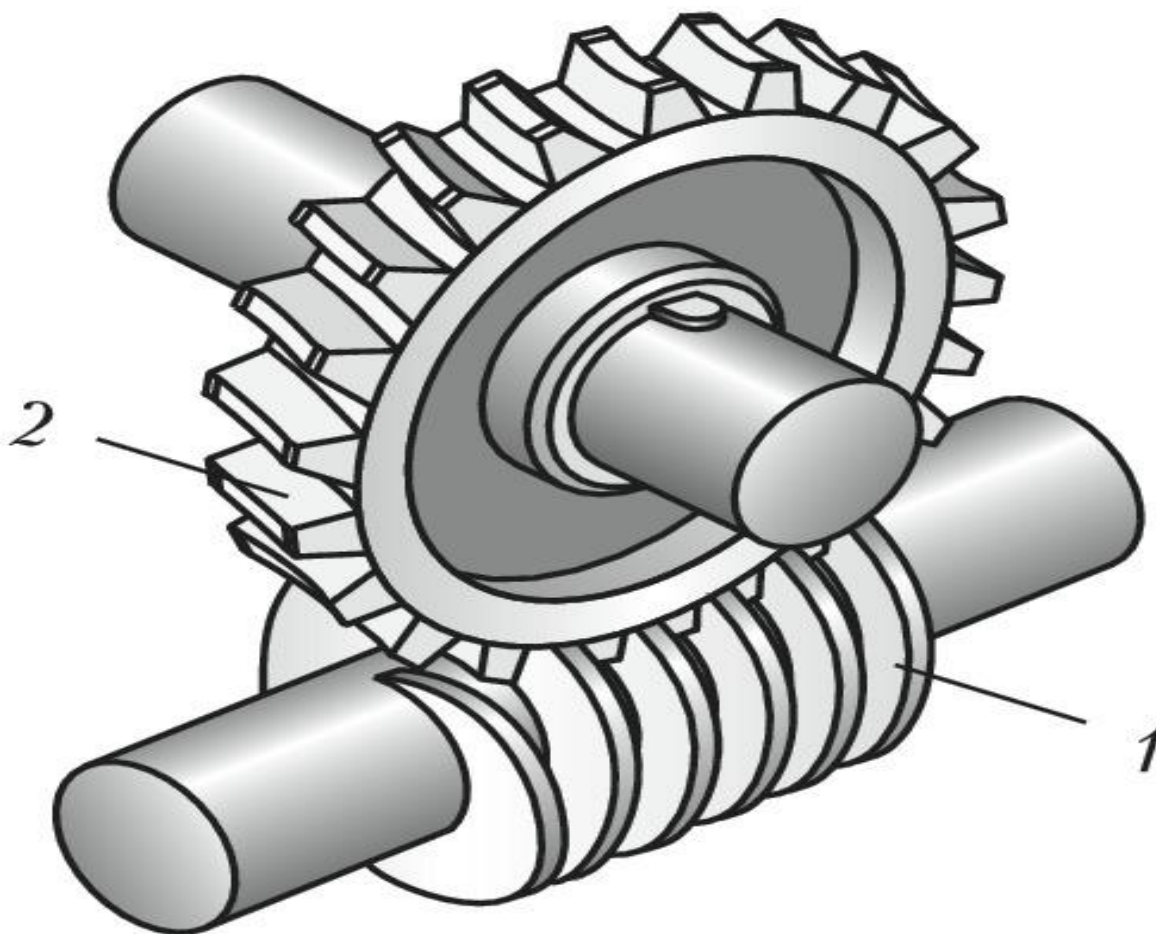


Рисунок 6-Коническая главная передача

Главная передача — это неотъемлемая часть трансмиссии, от которой зависит расход топлива, максимальная скорость и время разгона машины. Именно поэтому при тюнинге трансмиссии пару зубчатых колес часто меняют на улучшенный вариант. Это помогает снизить нагрузку на КПП и сцепление, а также улучшить разгонную динамику

Устройство рассматриваемого механизма не сложное: главная передача состоит из двух шестерен (зубчатый редуктор). Ведущая шестерня имеет меньший размер, при этом она имеет связь с вторичным валом коробки передач. Ведомая шестерня больше ведущей, а связана она с дифференциалом и, соответственно, с колесами машины

### 1.3 Передаточные числа

Требуемые свойства коробки передач: динамические и экономичные, определяются значениями передаточных чисел и количеством передач. При использовании ускоряющих передач с передаточным числом 0.65-0.8, которые используются при движении по проезжей части с хорошим покрытием, число оборотов вала двигателя уменьшается на 1 км, что способствует не только снижению износа, но и так же снижает расход топлива.

В «передаче из двух»[8] шестерен, в «которых меньшая – ведущая, а большая – ведомая,»[8] «крутящий момент на ведомой шестерне будет больше во столько раз, во сколько число зубьев ведомой шестерни будет больше числа зубьев ведущей. При этом частота вращения,»[8] то есть «угловая скорость, ведомой шестерни будет соответственно меньше, чем ведущей. Действие коробки передач»[8] базируется прежде всего «на том, что вращение от коленчатого вала двигателя передается на ведущие колеса через зубчатые шестерни с»[8] разным передаточными числами.

Не стоит забывать, что передаточным именуется значение, которое получается «от деления числа зубьев ведомой шестерни] на число зубьев ведущей шестерни»[8]. «Если в передаче участвуют несколько пар»[8] шестерен, «то общее передаточное число»[8] выходит «при перемножении передаточных чисел всех пар»[8] шестерен, которые участвуют в передаче. В конечном же счете, коробка передач изменяет крутящий момент, силу отталкивающегося от дороги колеса, а также скорость движения автомобиля.

«Следовательно, передаточное число – это отношение «зубьев ведомой шестерни к числу зубьев ведущей шестерни есть КПП или редуктора. К примеру, если одна шестерня имеет 60 зубьев, а другая 30, то передаточное число данной пары равно 2, то есть передаточное число равно отношению 60/30.

Стоит отметить, что одна из основных характеристик зубчатых колес, обеспечивающая крутящий момент от двигателя до привода другого устройства, позволяет механизму изменять, т.е. увеличивать или уменьшать передаваемый крутящий момент. Например, если вы измените количество зубьев на шестернях, то появится возможность увеличить или уменьшить крутящий момент, передаваемый от двигателя так называемому потребителю»[15]. В транспортных средствах, например, легковых автомобилях, момент, который передается от двигателя внутреннего сгорания на ведущие колеса через коробку передач, за исключением 4-й, 5-й, 6-й, передач и редуктора ведущей оси, увеличивается.

Значение передаточного числа в коробке передач главным образом «влияет на такие характеристики, как динамика ускорения и максимальная скорость автомобиля.

Величина передаточного числа в коробке передач часто»[6] «влияет на характеристики: разгонная динамика и максимальная скорость автомобиля, на пробуксовку колес при трогании с места. Говоря о разных передаточных числах, стоит отметить, что чем больше данное число( то есть передаточное), тем “короче” и “тяговитее” передача. Мотор при разгоне как можно быстрее раскручивается, достигает максимальных оборотов, следовательно, автомобиль интенсивнее набирает скорость, то есть ускоряется. Таким образом, возникает необходимость»[6] в выборе такого передаточного числа главной передачи, что бы предотвратить пробуксовку ведущих колес при трогании с места.

Модернизируя болид, студенты-инженеры Опорного Вуза Тольяттинского Государственного Университета, которым не безразлично

будущее автомобилестроения, сталкиваются с проблематикой подбора передаточных чисел.

Для решения данной проблемы, студенты проводят испытания болида на различных этапах его проектирования, а также рассчитывают тягово-динамические характеристики конструируемого болида расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя, пример которых представлен ниже

## 2 Конструкторская часть

### 2.1 Тягово-динамический расчет

Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета заднеприводного легкового автомобиля «Формула Студент» сведем в таблицу 2.1.1 Расчет производился в соответствии с методикой описанной в источнике [3]

Тяговый расчет был рассчитан по методическому пособию Л.А. Черепанов. ВСХ предоставили студенты “Формула Студент”, которые были сняты со стенда.

Таблица 2.1 - Первостепенные значения для тягово-динамического расчета

Параметр	Значение
Колесная формула	4x2
Количество мест	1
Снаряженная масса $m_0$ , кг	235
Максимальная скорость $V_{max}$ , км/ч (м/с)	200(55,56)
Угловая скорость коленчатого вала $\omega_e^{max}$ , рад/с (об/мин)	838 (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 $C_x$	0,3
Величина максимального преодолеваемого уклона $i$	0,34
КПД трансмиссии $\eta_{тр}$	0,91
Габаритная ширина автомобиля $B$ , мм	2695
Габаритная высота автомобиля $H$ , мм	1138
Коэффициент сопротивления качению $f_0$	0,02
Передаточные числа:	
2 первой передачи коробки передач $U_1$	2,5

Продолжение таблицы 2.1-Первостепенные значения для тягово-динамического расчета

Параметр	Значение
3 второй передачи коробки передач $U_2$	1,75
4 третьей передачи коробки передач $U_3$	1,33
5 четвертой передачи коробки передач $U_4$	1,095
6 пятой передачи коробки передач $U_5$	0,95
7 шестой передачи коробки передач $U_6$	0,87
8 главной передачи $U_0$	3,46

## 2.2 Подготовка исходных данных для тягового расчета

Полная масса автомобиля:

$$m_a = m_0 + m_{ч} \cdot n + m_6 \cdot n \quad (2.1)$$

$m_{ч} = 75$  кг – масса одного человека;

$$m_a = 235 + 75 \cdot 1 = 310 \text{ кг}$$

Полный вес автомобиля:

$$G_a = m_a \cdot g \quad (2.2)$$

$$G_a = 310 \cdot 9,81 = 3059,7 \text{ Н}$$

У болида колесная формула 4x2 (задний привод) развесовка болида рассчитана в отношении: 46% на переднюю ось и 54% - на заднюю ось.

Вес, находящийся на передних колесах:

$$G_1 = 0,46 \cdot G_a = 0,46 \cdot 3059,7 = 1407,5 \text{ Н};$$

Вес, находящийся на приводных колесах:

$$G_2 = 0,54 \cdot G_a = 0,54 \cdot 3059,7 = 1652,2 \text{ Н}$$

Аэродинамика болида:

Коэффициент обтекаемости

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2}, \quad (2.3)$$

где:  $\rho = 1,293$  – плотность воздуха в нормальных условиях,  $\text{кг/м}^3$ .

$$k = \frac{0,3 \cdot 1,293}{2} = 0,193$$

Лобовая площадь автомобиля

$$F = 0,8 \cdot B \cdot H, \quad (2.4)$$

$$F = 0,8 \cdot 2,695 \cdot 1,138 = 2,453 \text{ м}^2$$

По данной ширине 200/75R13, радиус качения данного колеса рассчитывается по формуле:

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (2.5)$$

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

### 2.3 Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя

Мощность двигателя при максимальной допустимой скорости следования:

$$N_V = N_{\max} \cdot a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3, \quad (2.6)$$

$$\lambda = \frac{\omega_{\max}}{\omega_N} = \frac{838}{733} = 1,14.$$

$$N_V = 43000 \cdot 1,14 + 1,14^2 - 1,14^3 = 41196 \text{ Вт.}$$

Расчет ВСХ двигателя рассчитывается по следующей формуле:

$$N_e = N_{\max} \frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^3, \quad (2.7)$$

Для построения кривой эффективного момента  $M_e$  (Н·м) применяем формулу:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}, \quad (2.8)$$

Зависимость получается следующая  $N_e(\omega_e)$  и  $M_e(\omega_e)$ . Полученные данные переносим в таблицу (см. табл.6) и получаем график.

Таблица 2.2 – Результаты расчетов

$n_e$ , об/мин	$\omega_e$ , рад/с	$N_e$ , кВт	$M_e$ , Н·м
3000	314	14	45,8
3500	366,5	17	46,3
4000	419	19,5	47,3
5000	523,6	29,6	57,23
5500	576	35	62,3
6000	628	37,6	61
6500	681	41,4	62
7000	733	43	59,5
8000	838	43	52

По данным таблицы 2.2 строим внешнюю скоростную характеристику двигателя, представленную в Приложении А на рисунке А.1.

#### 2.4 Определение передаточного числа главной передачи

Главная передача – ее передаточное число  $U_0$  рассчитывается, основываясь на максимальную скорость болида  $V_{\max}$ :



$$U_0 = \frac{r_k \cdot \omega_{\max}}{U_k \cdot V_{\max}}, \quad (2.9)$$

где:  $U_k = U_6 = 0,87$  – передаточное число высшей передачи в коробке передач автомобиля, на которой обеспечивается максимальная скорость;

Чтобы продолжить расчёты, берем значение главной передачи принятой в задании на курсовой проект  $U_0=4,63$ .

Последующие расчеты проводим по повышенному ряду передаточных чисел (повышенная передача в раздаточной коробке).

## 2.5 Силовой баланс автомобиля

Уравнение силового баланса:

$$F_T = F_D + F_B + F_{\text{и}}, \quad (2.10)$$

Силу тяги на разных передачах рассчитывают по формуле:

$$F_{mi} = \frac{U_{ki} \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \quad (2.11)$$

Сила аэродинамического сопротивления воздуха:

$$F_a = k \cdot F \cdot V_a^2, \quad (2.12)$$

Сила дорожного сопротивления автомобиля (без учета сопротивления

подъему):

$$F_d = G_a \cdot f , \quad (2.13)$$

Используем выбранные при расчете ВСХ значения  $\omega_e$ , приводя в соответствие с ними скорости автомобиля на разных передачах.

Результаты расчетов занесем в таблицу 2.3

Таблица 2.3-Силовой баланс автомобиля

$\omega_e$	314	366,5	419	523,6	576	628	681	733	838	
$M_e$	45,8	46,3	47,3	57,23	62,3	61	62	59,5	52	
1 передача	V	7,2	8,5	9,7	12,1	13,3	14,5	15,7	16,9	19,3
	$F_m$	1787,0	1806,5	1845,5	2232,9	2430,8	2380,0	2419,0	2321,5	2028,9
	$f$	0,0205	0,0207	0,0209	0,0215	0,0218	0,0221	0,0225	0,0229	0,0237
	$F_B$	11,5	15,7	20,6	32,1	38,8	46,2	54,3	62,9	82,2
	$F_d$	62,8	63,4	64,1	65,7	66,6	67,6	68,7	69,9	72,6
2 передача	V	10,3	12,1	13,8	17,3	19,0	20,7	22,4	24,2	27,6
	$F_m$	1250,9	1264,5	1291,8	1563,1	1701,5	1666,0	1693,3	1625,1	1420,2
	$f$	0,0211	0,0215	0,0219	0,023	0,0236	0,0243	0,025	0,0258	0,0276

Продолжение таблицы 2.3-Силовой баланс автомобиля

$\omega_e$	314	366,5	419	523,6	576	628	681	733	838
$M_e$	45,8	46,3	47,3	57,23	62,3	61	62	59,5	52

3 передача	V	13,6	15,9	18,2	22,7	25,0	27,2	29,5	31,8	36,3
	$F_m$	950,7	961,0	981,8	1187,9	1293,2	1266,2	1286,9	1235,0	1079,4
	$f$	0,0219	0,0225	0,0233	0,0252	0,0262	0,0274	0,0287	0,0301	0,0303
4 передача	$f$	0,0227	0,0237	0,0249	0,0276	0,0292	0,0309	0,0329	0,0349	0,0395
	$F_B$	60,2	82,0	107,1	167,3	202,5	240,7	283,0	327,9	428,5
	$F_D$	69,6	72,6	76,1	84,5	89,3	94,7	100,5	106,8	120,8
5 передача	V	19,1	22,2	25,4	31,8	35,0	38,1	41,3	44,5	50,9
	$F_m$	679,0	686,5	701,3	848,5	923,7	904,4	919,2	882,2	771,0
	$f$	0,0236	0,0249	0,0265	0,0301	0,0322	0,0345	0,0371	0,0398	0,0459
	$F_B$	79,9	108,9	142,3	222,3	269,0	319,7	376,0	435,6	569,3
	$F_D$	72,3	76,3	81,0	92,1	98,6	105,7	113,5	121,8	140,4
6 передача	V	20,8	24,3	27,8	34,7	38,2	41,6	45,1	48,6	55,5
	$F_m$	621,9	628,7	642,2	777,1	845,9	828,2	841,8	807,9	706,0

По данным таблицы 2.3 строим тяговый баланс автомобиля, представленную в Приложении А на рисунке А.2

## 2.6 Динамическая характеристика автомобиля

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_a}, \quad (2.14)$$

По этой формуле и данным силового баланса рассчитываем и строим динамическую характеристику автомобиля, являющейся графическим изображением зависимости динамического фактора D от скорости движения при различных передачах в коробке передач и при полной загрузке автомобиля.

Данные расчета заносим в таблицу 2.6.1 и представляем графически.

Чтобы учесть влияние буксования ведущих колес, определяем динамический фактор по сцеплению:

$$D_{\text{сц}} \approx \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi}{G_a} = \frac{1792,6 \cdot 0,7}{3059,7} = 0,41.$$

Таблица 2.4 - Данные расчета динамической характеристики

Передача	Динамический фактор D								
	а								
I	0,58	0,59	0,60	0,72	0,78	0,76	0,77	0,74	0,64
II	0,40	0,40	0,41	0,49	0,53	0,51	0,52	0,49	0,41
III	0,30	0,30	0,30	0,35	0,38	0,36	0,36	0,33	0,26
IV	0,24	0,23	0,23	0,26	0,28	0,26	0,25	0,23	0,00
V	0,20	0,19	0,18	0,20	0,21	0,19	0,18	0,15	0,07
VI	0,17	0,16	0,15	0,17	0,17	0,15	0,13	0,09	0,01

По данным таблицы 2.4 строим динамическую характеристику двигателя, представленную в Приложении А на рисунке А.3.

## 2.7 Разгон автомобиля

Во время разгона ускорение определяем для случая движения автомобиля по горизонтальной дороге с твердым покрытием хорошего качества при максимальном использовании мощности двигателя и отсутствии буксования ведущих колес. Ускорение находим из выражения:

$$j = \frac{D-f \cdot g}{\delta_{вр}}, \quad (2.15)$$

где:  $\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_K^2)$  – коэффициент учета вращающихся масс двигателя, который определяем для каждой передачи в отдельности по формулам:

$$\delta_{вр1} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_1^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 2,5^2 = 1,362$$

$$\delta_{вр2} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_2^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 1,75^2 = 1,203$$

$$\delta_{вр3} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 1,33^2 = 1,138$$

$$\delta_{вр4} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_4^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 1,095^2 = 1,110$$

$$\delta_{вр5} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_5^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 0,95^2 = 1,095$$

$$\delta_{вр6} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_6^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 0,87^2 = 1,088$$

Определяем ускорение разгона, вносим результаты в таблицу 2.5 и строим график зависимости  $j = f(V)$

Таблица 2.5 – Значения ускорение разгона

Передача	Ускорение j, м/с <sup>2</sup>								
	I	4,00	4,02	4,09	4,94	5,37	5,21	5,26	4,98
II	3,03	3,01	3,02	3,60	3,89	3,70	3,67	3,38	2,60
III	2,24	2,18	2,13	2,44	2,59	2,34	2,22	1,87	0,99
IV	1,69	1,57	1,45	1,54	1,56	1,24	1,01	0,59	-0,35
V	1,27	1,10	0,92	0,81	0,72	0,32	-0,01	-0,52	-1,74
VI	1,01	0,80	0,57	0,32	0,15	-0,31	-0,73	-1,31	-2,68

По данным таблицы 2.5 строим ускорение автомобиля, представленную в Приложении А на рисунке А.4.

После чего определяем значения обратных ускорений ( $1/j$ ) и заносим их в таблицу 2.6. Так как при скоростях  $V$ , близких к максимальной, ускорение стремится к нулю, то для расчета обратных ускорений ограничиваются скоростью  $V = (0,8 \dots 0,9) V_{\max}$ .

Таблица 2.6 – Значения обратных ускорений.

Передача	Величина, обратная ускорению $1/j$ , $\text{с}^2/\text{м}$								
I	0,25	0,25	0,24	0,20	0,18	0,19	0,19	0,19	0,23
II	0,32	0,32	0,32	0,26	0,24	0,25	0,25	0,26	0,32
III	0,42	0,42	0,42	0,36	0,33	0,35	0,35	0,39	0,52
IV	0,53	0,54	0,55	0,48	0,45	0,49	0,51	0,59	-2,87
V	0,65	0,68	0,71	0,64	0,61	0,71	1,00	1,05	5,57
VI	0,75	0,81	0,88	0,82	0,81	1,02	1,26	2,19	-2,64

По данным таблицы 2.6 строим обратные ускорения автомобиля, представленную в Приложении А на рисунке А.5.

## 2.8 Время и путь разгона

Время и путь разгона автомобиля определяем графоаналитическим способом. Смысл этого способа в замене интегрирования суммой конечных величин:

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \frac{1}{j_{\text{CP } i+1}} \cdot V_{i+1} - V_i, \quad (2.16)$$

Для этого кривую обратных ускорений разбивают на интервалы и считают, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным ускорением  $j = \text{const}$ , которому соответствуют значения  $(1/j) = \text{const}$ .

$$\frac{1}{j_{CP\ k}} = \frac{1 j_{k-1} + 1 j_k}{2}, \quad (2.17)$$

Заменяя точное значение площади под кривой  $(1/j)$  в интервале  $\Delta V_k$  на значение площади прямоугольника со сторонами  $\Delta V_k$  и  $\frac{1}{j_{CP\ k}}$ , переходим к приближенному интегрированию:

$$\Delta t = \frac{1}{j_{CP\ k}} \cdot V_k - V_{k-1}, \quad (2.18)$$

$$t_1 = \Delta t_1, \quad t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, \quad t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k.$$

Результаты расчета сводим в таблицу 2.7

Таблица 2.7 – Значения скорости и времени

$V_a$ , м/с	$t$ , с
20,8	1,81
24,3	2,73
27,8	2,95
34,7	3,85
38,2	4,9
41,6	6,1
45,1	7,11
48,6	7,81

«По данным таблицы 2.7 строим график время разгона автомобиля, представленную в Приложении А на рисунке А.6»[13]

«Аналогичным образом проводится графическое интегрирование зависимости  $t=f(V)$  для получения зависимости пути разгона  $S$  от скорости автомобиля.

В данном случае кривая  $t=f(V)$  разбивается на интервалы по времени, для»[14]по этому «каждого из которых находятся соответствующие значения  $V_{\text{срк}}$ .

Площадь элементарного прямоугольника в интервале  $\Delta t_k$  есть путь, который проходит автомобиль от отметки  $t_{k-1}$  до отметки  $t_k$ , двигаясь с постоянной скоростью  $V_{\text{срк}}$ .

Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом:

$$\Delta S = V_{\text{срк}} \cdot t_k - t_{k-1} = V_{\text{срк}} \cdot \Delta t_k, \quad (2.19)$$

Путь разгона от скорости  $V_0$  до скорости  $V_1$ :  $S_1=\Delta S_1$ , до скорости  $V_2$ :

$$S_2=\Delta S_1+\Delta S_2, \text{ до скорости } V_n: S_n = \sum_{k=1}^n \Delta S_k.$$

Все результаты расчета заносим в таблицу 2.8»[14]

Таблица 2.8 – Значения пути разгона и скорости

$V_a, \text{ м/с}$	$S, \text{ м}$
22,55	20,74
26,05	26,47
31,25	54,6
36,45	92,87
39,9	140,75
43,35	184,54
46,85	217,33

По данным таблицы 2.8 строим путь разгона автомобиля, представленную в Приложении А на рисунке А.7.

## 2.9 Мощностной баланс автомобиля

Уравнение мощностного баланса:



$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_n + N_B + N_D, \quad (2.20)$$

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

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

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

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

Для выбранных ранее интервалов по угловой скорости коленчатого вала двигателя и скорости автомобиля рассчитываем значения мощностного баланса, заполняем таблицу 2.9 и строим графики.

Вверх от кривой  $N_f$  откладываем значения мощности сопротивления воздуха  $N_B$ .

Таблица 2.9 – Рассчитанные значения мощностного баланса

$\omega_e$		314	366,5	419	523,6	576	628	681	733
$M_e$		45,8	46,3	47,3	57,23	62,3	61	62	59,5
1 передача	V	7,2	8,5	9,7	12,1	13,3	14,5	15,7	16,9
	$F_T$	1787,0	1806,5	1845,5	2232,9	2430,8	2380,0	2419,0	2321,5
	$f$	0,0205	0,0207	0,0209	0,0215	0,0218	0,0221	0,0225	0,0229
	$F_B$	11,5	15,7	20,6	32,1	38,8	46,2	54,3	62,9
	$F_D$	62,8	63,4	64,1	65,7	66,6	67,6	68,7	69,9
2 передача	V	10,3	12,1	13,8	17,3	19,0	20,7	22,4	24,2
	$F_T$	1250,9	1264,5	1291,8	1563,1	1701,5	1666,0	1693,3	1625,1
	$f$	0,0211	0,0215	0,0219	0,023	0,0236	0,0243	0,025	0,0258
	$F_B$	23,6	32,1	41,9	65,5	79,3	94,2	110,8	128,4
	$F_D$	64,5	65,7	67,0	70,3	72,2	74,3	76,6	79,0
3 передача	V	13,6	15,9	18,2	22,7	25,0	27,2	29,5	31,8
	$F_T$	950,7	961,0	981,8	1187,9	1293,2	1266,2	1286,9	1235,0
	$f$	0,0219	0,0225	0,0233	0,0252	0,0262	0,0274	0,0287	0,0301
	$F_B$	40,8	55,6	72,6	113,4	137,2	163,1	191,8	222,2

По данным таблицы 2.9 строим мощностной баланс, представленную в Приложении А на рисунке А.8.

## 2.10 «Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля»

Для получения топливно-экономической характеристики следует рассчитать расход топлива при движении автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге с заданными постоянными скоростями от минимально устойчивой до [13] максимальной. Расход топлива определяется по формуле:

$$Q_s = \frac{1,1 \cdot g_{\text{emin}} \cdot K_{\text{И}} \cdot K_{\text{Е}} \cdot N_{\text{д}} + N_{\text{в}}}{36000 \cdot V_{\text{а}} \cdot \rho_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{ТР}}}, \quad (2.21)$$

$K_{\text{И}} = 1,152 \cdot I^2 - 1,728 \cdot I + 1,523$  – коэффициент, учитывающий изменения величины удельного эффективного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности

$$I = \frac{N_{\text{д}} + N_{\text{е}}}{N_{\text{м}}};$$

$K_{\text{Е}} = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227$  – коэффициент, учитывающий изменения величины удельного эффективного расхода топлива в зависимости от  $\omega_{\text{е}}$ .

$$E = \frac{\omega_{\text{е}}}{\omega_{\text{еН}}}, \quad (2.22)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 2.10

Таблица 2.10 – Результаты расчета топливно-экономической характеристики автомобиля

$\omega_e$ , рад/с	$V_a$ , м/с	$Q_s$ , л/100 км
366,5	24,3	0,81
419	27,8	1,2
523,6	34,7	2,8
576	38,2	4
628	41,6	5,6
681	45,1	7,74
733	48,6	10,53
838	55,5	19

По данным таблицы 2.10 строим путевой расход топлива, представленную в Приложении А на рисунке А.9.

### 3 Исследовательская работа

#### 3.1 Расчет основных параметров исследуемого объекта.

Методы оптимизации часто используются в разных областях человеческой деятельности. Наиболее значительный успех был достигнут при проектировании, анализе больших технических систем

С ускорением темпов внедрения теоретических разработок в инженерную практику стало наблюдаться более интенсивное совершенствование компьютерных технологий.

В наши дни для инженера необходимым условием его успешной “навигации” в мире проектирования, эксплуатации и анализа функционирования объектов инженерного проектирования, разработки вычислительной техники, является знание методов оптимизации.

Оптимизация( от латинского Оптимум – лучший) – это процесс выбора оптимального варианта из большого выбора возможных альтернатив.

Перед оптимизации в дизайне ставится следующая задача: выбор оптимального технического решения из множества возможных вариантов.

Классификаций методов оптимизации в конструировании очень много. Одна из них представлена на рисунке 10.

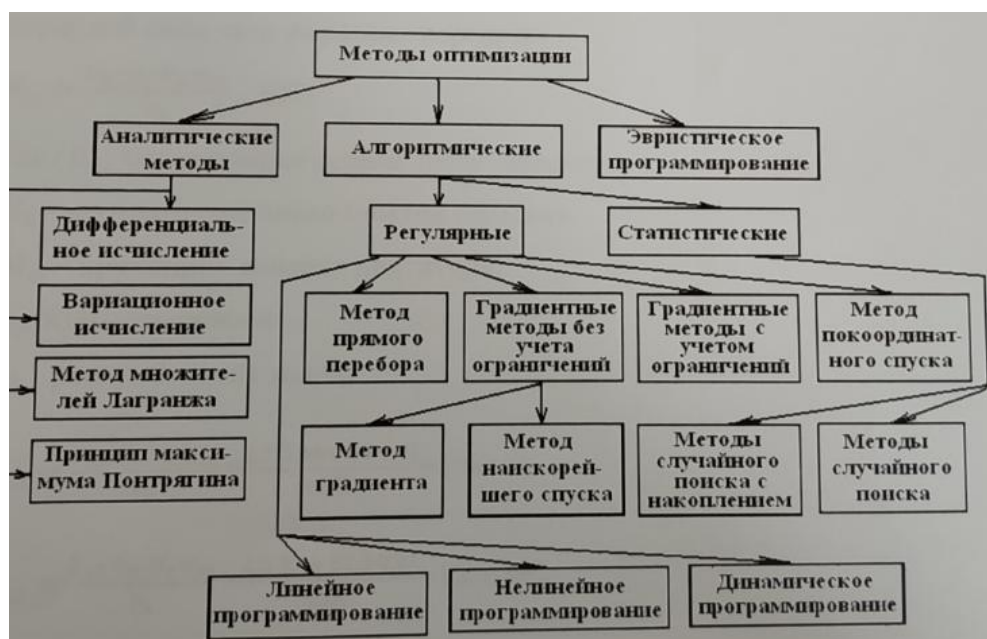


Рисунок 7 - Методы оптимизации

Для оптимизации первого передаточного числа мы используем метод Гаусса-Зейделя. Метод координатного спуска, подразумевает постоянно не градиентный метод, широко используемый «при оптимизации технологических процессов, когда число независимых переменных»[14] меньше пяти, в противном случае количество экспериментов увеличивается. Этот метод является одним из самых распространенных, который прост и удобен в использовании на практике, Одним из основных недостатков является медленное движение к экстремуму, особенно когда количество входных переменных достаточно велико.

В этом методе продвижение к экстремуму осуществляется путем замены одной из переменных в каждой серии экспериментов, а остальные остаются неизменными. Анализируя исходные данные, мы находим движение начальной точки. Точность оптимальной точки зависит от шага изменения переменной, в некоторых случаях для повышения его точности используется метод уменьшения размера шага при приближении к экстремуму. В качестве целевой функции были приняты максимальные величины тяговой силы на первой передаче. Для проведения оптимизации по данному методу воспользуемся формулой силы тяги на разных передачах движение к экстремуму, особенно когда количество входных переменных достаточно велико.

$$F_{t1} = \frac{2.7 * 4.63 * 62.3 * 0.91}{0.267} = 2655 \text{ Н}$$

$$F_{t2} = \frac{2.7 * 3.63 * 62.3 * 0.91}{0.267} = 2064 \text{ Н}$$

$$F_{t3} = \frac{2.7 * 2.63 * 62.3 * 0.91}{0.267} = 1491 \text{ Н}$$

$$F_{t4} = \frac{2.7 * 1.63 * 62.3 * 0.91}{0.267} = 917 \text{ Н}$$

Рассчитаем предельную силу по сцеплению по формуле

$$F_{tc} = m_2 * g * \varphi \quad (24)$$

$$F_{tc} = m_2 * g * \varphi = 170 * 9,8 * 0,8 = 1250 \text{ Н}$$

По полученным значениям построим график 3,1 зависимости  $F_{ti}(U_{ki})$  представленную в Приложении А на рисунке А.10

### **3.2 Анализ результатов расчета**

Исходя из данных, полученных при оптимизации передаточного числа главной передачи методом Гаусса-Зейделя и по максимальному ускорению были построены графики по которым можно сделать вывод о том, что с уменьшением передаточного числа главной передачи до 1.9, полученным методом Гаусса-Зейделя, уменьшается тяговая сила, но оно не влияет на потерю динамических характеристик, так как время затраченное на пробуксовку ведущих колес, при трогании с места, уменьшается по сравнению с временем затраченным на пробуксовку ведущих колес при большом передаточном числе. Таким образом, это время компенсируется и время разгона почти не изменится. Графики представлены в приложение А.

## **4 Экономическое обоснование и эффективность проведения НИР**

Целью данного раздела является построение и расчет параметров сетевого графика процесса проектирования данного устройства, расчет затрат на разработку и изготовление данного устройства, а также расходов по его эксплуатации.

В состав экономического раздела входят:

- расчет и построение сетевого графика;
- расчет затрат на проведение НИР;
- расчет эксплуатационных расходов;
- расчет экономического эффекта от внедрения результатов НИР.

### **4.1 Сетевой график проведения НИР**

В ряде организационно-экономических задач, решаемых в процессе создания устройства наиболее важное значение имеют вопросы планирования работы, предполагающие «четкую постановку целей и задач и доведение их до конкретных исполнителей,»[17] взаимосвязь «всей совокупности проектных работ в единый целевой комплекс, разработку путей реализации поставленных задач с наименьшими затратами.»[20]

«Сетевые графики в дипломном проектировании предполагают лишь предварительное и исходное планирование. Предварительное планирование включает в себя следующие этапы:

- составление библиотеки событий;
- составление библиотеки работ;
- построение сетевого графика;
- определение трудоемкости работ;
- установление категорий и количества исполнителей по каждой работе;

- расчет продолжительности работ;
- расчет продолжительности всех путей сетевого графика и выявление критического;
- расчет временных параметров событий сетевого графика;
- расчет временных параметров работы сетевого графика.

Построение сетевого графика при разработке программы начинается с составления библиотеки событий, приведенной в таблице 4.1»[22]

Таблица 4.1 - Библиотека событий

Код события	Наименование события
00	Информация к выдаче технического задания подготовлена
01	Техническое задание получено
02	Техническое задание изучено
03	Литература подобрана и изучена
04	Аналоги изучены
05	Архитектура устройства разработана
06	Структурная схема разработана
07	Элементная база выбрана
08	Принципиальная схема разработана
09	Схема алгоритма функционирования разработана
10	Программа функционирования разработана
11	Конструкторско-технологические расчеты выполнены
12	Топология печатной платы разработана
13	Сборочный чертеж платы выполнен
14	Схема сборки разработана

На основании библиотеки событий составляем библиотеку работ (таблица 4.2).

Таблица 4.2 - Библиотека работ

Шифр работ	Наименование работ	Кол-во исполн.	Трудоем. в часах
00-01	Получение технического задания	2	10



Продолжение таблицы 4.2-Библиотека работ

Шифр работ	Наименование работ	Кол-во исполн.	Трудоем. в часах
01-02	Изучение технического задания	1	24
02-03	Подбор и изучение литературы	1	72
02-04	Изучения аналогов	1	24
04-05	Разработка архитектуры устройства	1	24
03-05	Фиктивная работа	0	0
05-06	Разработка структурной схемы	1	24
06-07	Выбор элементной базы	1	10
07-08	Разработка принципиальной схемы	1	72
06-09	Разработка схемы алгоритма	1	15
09-10	Разработка программы функционирования	1	24
08-11	Выполнение конструкторско-технологических расчетов	1	48
11-12	Разработка топологии ПП	1	24
10-11	Фиктивная работа	0	0
12-13	Выполнения сборочного чертежа	1	40
11-14	Разработка схемы сборки	1	24
13-14	Фиктивная работа	0	0
14-15	Исследование надежности узлов ПП	1	15
15-16	Разработка методика настройки узлов устройства	1	72
15-21	Корректировка конструкторско-технологических расчетов	2	10
17-20	Корректировка методика настройки узлов	2	10
18-20	Корректировка монтажных схем устройства	2	10
19-20	Корректировка конструкторской документации на детали и узлы	2	10
20-21	Оформление конструкторской документации	1	48
21-22	Сдача устройства заказчику	1	3
<b>Итого суммарная трудоемкость</b>			<b>641</b>

На основании библиотеки событий и библиотеки работ (таблицы 4.1 и 4.2) строится первичная модель сетевого графика (рисунок 7).

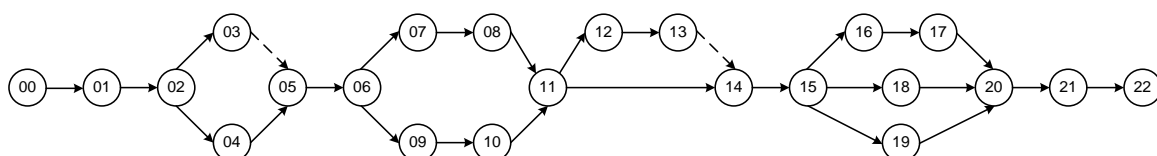


Рисунок 8 – Первичная модель сетевого графика

Также на основании библиотеки событий и библиотеки работ (таблицы 4.1 и

Таблица 4.) с помощью компьютерных технологий могут быть определены средняя продолжительность каждой работы, критический путь, параметры сетевого графика, временные параметры работ. Результаты расчетов, выполненных программой, приведены в таблицах 4.

Определяем продолжительность каждой работы, исходя из ее трудоемкости и количества исполнителей.

Таблица 4.3 - Расчет продолжительности работ

Шифр работ	Трудоемк. работ в час, $t_{ij}$	Кол – во исполн.	$t_{ij}^{\max}$ , В ДНЯХ	$t_{ij}^{\min}$ , В ДНЯХ
00-01	10	2	0,63	0,50
01-02	24	1	3,00	2,40
02-03	72	1	9,00	7,20
02-04	24	1	3,00	2,40
04-05	24	1	3,00	2,40
03-05	0	0	0	0
05-06	24	1	3,00	2,40
06-07	10	1	1,25	1,00
07-08	72	1	9,00	7,20
06-09	15	1	1,88	1,50
09-10	24	1	3,00	2,40
08-11	48	1	6,00	4,80
11-12	24	1	3,00	2,40
10-11	0	0	0	0
12-13	40	1	5,00	4,00
11-14	24	1	3,00	2,40
13-14	0	0	0	0
14-15	15	1	1,88	1,50
15-16	72	1	9,00	7,20
16-17	10	1	1,25	1,00
15-18	10	1	1,25	1,00

Таблица 4.4 - Расчет продолжительности путей сетевого графика

№ пути	Продолж. работ, в днях	№ пути
1	51,9	17
2	49,3	18

Продолжение таблицы 4.4-Расчет продолжительности путей сетевого графика

№ пути	Продолж. работ, в днях	№ пути
5	47,5	21
6	44,9	22
7	37,5	23
8	34,9	24
9	44,0	25
10	41,4	26
11	34,0	27
12	31,4	28
13	39,6	29
14	37,0	30
15	29,6	31
16	27,0	32

Из таблицы 4.4 самый продолжительный путь – путь №1, который и является критическим.

Состав работ критического пути

00-01-02-03-05-06-07-08-11-12-13-14-15-16-17-20-21-22

Исходя из полученных результатов, может быть составлена окончательная модель сетевого графика с учетом критического пути (рисунок Рисунок ).

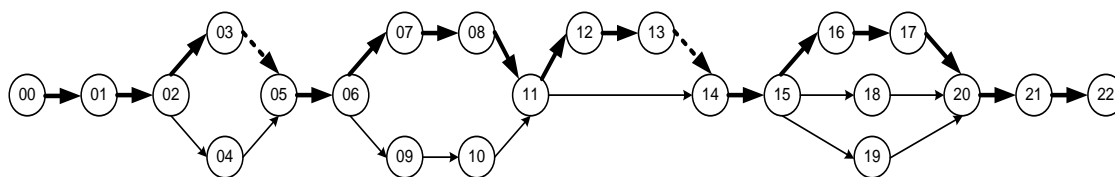


Рисунок 9 – Модель сетевого графика с учетом критического пути

Таблица 4.5 - Расчет временных параметров событий

Код событий	Ранний срок свершения событий, в днях, $t_i^P$	Поздний срок свершения событий, в днях, $t_j^H$
00	0,0	0,0
01	0,6	0,6
02	3,2	3,2
03	11,1	11,1
04	5,8	8,5
05	11,1	11,1

Продолжение таблицы 4.5-Расчет временных параметров событий

Код событий	Ранний срок свершения событий, в днях, $t_i^p$	Поздний срок свершения событий, в днях, $t_i^n$
06	13,8	13,8
07	14,8	14,8
08	22,8	22,8

Таблица 4.6 - Расчет временных параметров работ

Шифр работ	Ранний срок начала работ, в днях, $t_{ij}^{pn}$	Ранний срок окончан. работ, в днях, $t_{ij}^{po}$	Поздний срок начала работ, в днях, $t_{ij}^{nn}$	Поздний срок окончан. работ, в днях, $t_{ij}^{nn}$	Полный резерв времени работ, в днях, $R_{ij}^n$
00-01	0,00	0,55	0,00	0,55	0,00
01-02	0,55	3,19	0,55	3,19	0,00
02-03	3,19	11,11	3,19	11,11	0,00
02-04	3,19	5,83	5,83	8,47	2,63
04-05	5,83	8,47	8,47	11,11	2,63
03-05	11,11	11,11	11,11	11,11	0,00
05-06	11,11	13,75	11,11	13,75	0,00
06-07	13,75	14,85	13,75	14,85	0,00
07-08	14,85	22,77	14,85	22,77	0,00
06-09	13,75	15,40	23,76	25,41	10,0
09-10	15,40	18,04	25,41	28,05	10,0
08-11	22,77	28,05	22,77	28,05	0,00
11-12	28,05	30,69	28,05	30,69	0,00
10-11	18,04	18,04	28,05	28,05	10,0
12-13	30,69	35,09	30,69	35,09	0,00
11-14	28,05	30,69	32,45	35,09	4,40
13-14	35,09	35,09	35,09	35,09	0,00
14-15	35,09	36,74	35,09	36,74	0,00
15-16	36,74	44,66	36,74	44,66	0,00

Продолжение таблицы 4.6-Расчет временных параметров работ

Шифр работ	Ранний срок начала работ, в днях, $t_{pn}^{ij}$	Ранний срок окончан. работ, в днях, $t_{po}^{ij}$	Поздний срок начала работ, в днях, $t_{nn}^{ij}$	Поздний срок окончан. работ, в днях, $t_{nn}^{ij}$	Полный резерв времени работ, в днях, $R_n^{ij}$
16-17	44,66	45,76	44,66	45,76	0,00
15-18	36,74	37,84	44,66	45,76	7,92
15-19	36,74	37,84	44,66	45,76	7,92
15-21	36,74	37,29	51,04	51,59	14,30
17-20	45,76	46,31	45,76	46,31	0,00
18-20	37,84	38,39	45,76	46,31	7,91
19-20	37,84	38,39	45,76	46,31	7,91
20-21	46,31	51,59	46,31	51,59	0,00
21-22	51,59	51,92	51,59	51,92	0,00

## 4.2 Расчет затрат на проведение НИР

«Затраты на проведение НИР представляют собой совокупную стоимостную оценку использованных в процессе разработки сырья, материалов, расходов на приобретение специального оборудования, оплату труда занятых разработкой схем и выбора элементной базы.

Затраты на разработку устройства могут быть рассчитаны по следующей формуле»[19]

$$Z_{PZY} = M + P_{ок} + P_{об} + Z_o + Z_d + O_{сн} + P_{пр} + P_n, \text{ (руб.)} \quad (4.1)$$

### 4.2.1 Расчет стоимости сырья, материалов

В расходы по этой статье включается стоимость используемых в процессе»[22] «проведения НИР сырья и материалов, необходимых для исследований, экспериментов, опытов, испытаний и т.д.

Стоимость сырья и материалов рассчитывается по следующей формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot C_i \cdot K_{Ti}, \text{ (руб.)} \quad (4.2)$$

Расчет стоимости используемых материалов представлен в таблице 4.7»[18]

Таблица 4.7 - Расчёт стоимости сырья, материалов

Наименов. материала	Единица измерения	Цена за единицу, руб.	Расходы на разраб.	Коэффиц. $K_{Ti}$	Сумма, руб.
Бумага	лист	0,30	500	1,1	165,00
Ватман	лист	20,00	10	1,1	220,00
Карандаш	шт.	7,00	3	1,1	23,10
Ручка	шт.	8,5	2	1,1	18,70
Ластик	шт.	7,00	1	1,1	7,70
Диск CD	шт.	9,00	1	1,1	9,90
<b>Итого:</b>					<b>444,40</b>

Стоимость сырья и материалов для разработки устройства составила  $M = 444,40$  (руб.)

#### 4.2.2 Расчет основной заработной платы разработчиков

В «состав основной заработной платы включаются выплаты за фактически выполненную работу в соответствии с окладами, тарифными ставками и расценками всему персоналу, принимающему участие в разработке данного механизма: научных работников, инженерно-технических работников, лаборантов и служащих исследовательских и проектных подразделений и др»[19]

«В общем виде основная заработная плата разработчиков узла ( $Z_0$ , руб.) может быть рассчитана по формуле:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n T_i \cdot l_i^y \text{ (руб.)}, \quad (4.3)$$

В разработке узла ввода в условиях дипломного проектирования принимают участие разработчики двух категорий:

- консультант (руководитель дипломного проекта);
- инженер-конструктор (дипломник).

Часовая тарифная ставка определяется по формуле»[19]

#### 4.2.3 Расчет дополнительной заработной платы разработчиков

$$l_i^ч = \frac{ЗП_{мес.i}}{F_{мес}} \text{ (руб./час)}, \quad (4.4)$$

Для данных расчетов примем  $F_{мес} = 168$  час.

Месячный оклад консультанта 35000 руб.

Стипендия разработчика 2500 руб.

Тарифная часовая ставка консультанта составляет (4.4):

$$l_{конс.}^ч = \frac{35000}{168} = 208,33 \left( \frac{\text{руб.}}{\text{ч}} \right)$$

Часовая тарифная ставка инженера-программиста составляет (4.4):»[14]

$$l_{разраб.}^ч = \frac{2500}{168} = 14,88 \left( \frac{\text{руб.}}{\text{ч}} \right)$$

«Расчет основной заработной платы осуществляется на основе исходных данных трудоемкости проектных работ из сетевого графика и тарифных ставок исполнителей. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.8»[23]

Таблица 4.8 - Расчёт основной заработной платы разработчиков

№ п/п	Шифр работ	Инженер-программист			Консультант			Всего по работе, руб.
		Т, ч	L, руб./ч	Сумма, руб.	Т, ч	L, руб./ч	Сумма, руб.	
1	00-01	5	14,88	74,40	5	208,33	1 041,65	1 116,05
2	01-02	24	14,88	357,12		208,33		357,12
3	02-03	72	14,88	1 071,36		208,33		1 071,36
4	02-04	24	14,88	357,12		208,33		357,12
5	04-05	24	14,88	357,12		208,33		357,12
6	03-05	0	14,88	0,00		208,33		0,00
7	05-06	24	14,88	357,12		208,33		357,12
8	06-07	10	14,88	148,80		208,33		148,80
9	07-08	72	14,88	1 071,36		208,33		1 071,36
10	06-09	15	14,88	223,20		208,33		223,20
11	09-10	24	14,88	357,12		208,33		357,12
12	08-11	48	14,88	714,24		208,33		714,24
13	11-12	24	14,88	357,12		208,33		357,12
14	10-11	0	14,88			208,33		0,00
15	12-13	40	14,88	595,20		208,33		595,20
16	11-14	24	14,88	357,12		208,33		357,12
17	13-14	0	14,88			208,33		0,00
18	14-15	15	14,88	223,20		208,33		223,20
19	15-16	72	14,88	1 071,36		208,33		1 071,36
20	16-17	10	14,88	148,80		208,33		148,80
21	15-18	10	14,88	148,80		208,33		148,80
22	15-19	10	14,88	148,80		208,33		148,80
23	15-21	4	14,88	59,52	6	208,33	1 249,98	1 309,50
27	20-21	48	14,88	714,24		208,33		714,24
28	21-22	3	14,88	44,64		208,33		44,64
<b>ИТОГО:</b>			<b>9 136,32</b>			<b>6 041,57</b>	<b>15 177,89</b>	



#### 4.9 Расчет дополнительной заработной платы разработчиков

«В состав дополнительной заработной платы включаются все виды выплат, надбавок и доплат из фонда заработной платы за проработанное время.

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:»[23]

$$Зд = Зо \cdot \frac{K_d \%}{100 \%} \text{ (руб.)}, \quad (4.5)$$

Следовательно»[20], из (4.5) величина «дополнительной заработной платы равна»[19]

$$Зд = Зо \cdot \frac{K_d \%}{100 \%} = 15177.89 \cdot \frac{20\%}{100 \%} = 3035.58 \text{ (руб.)}$$

#### 4.2.4 Расчет отчислений на социальные нужды

«Отчисления на социальные нужды рассчитываются по формуле:

$$Осн = (Зо + Зд) \cdot \frac{K_{сн} \%}{100 \%} \text{ (руб.)}, \quad (4.6)$$

Следовательно, из (4.6) величина отчислений на социальные нужды равна»[19]

$$Осн = (Зо + Зд) \cdot \frac{K_{сн} \%}{100 \%} = (15177.89 + 3035.58) \cdot \frac{30.2\%}{100 \%} = 5500.47 \text{ (руб.)}$$

#### 4.2.5 Расчет прочих прямых расходов

«В состав расходов по этой статье включаются затраты, непосредственно связанные с разработкой данного объекта техники (аренда

или прокат оборудования, вычислительной техники, транспорта, приобретение специальной научно-технической литературы и т. д.) по их фактической стоимости. Статьи расхода»[18] и расчет общей суммы прямых расходов приведены в таблице Таблица 4..

Таблица 4.10 - Прочие прямые расходы

Наименование статьи расхода	Стоимость за единицу потребления	Потребленное количество, ч	Сумма, руб.
Аренда ПК	30 руб. / час	200	6000
<b>Итого</b>			<b>6000</b>

#### 4.2.6 Расчет накладных расходов

«В состав накладных расходов включаются затраты, которые не вошли в состав предыдущих расходов и могут быть рассчитаны прямым путем.

К ним относятся амортизация, ремонт, содержание зданий и других основных производственных фондов общего назначения.

Они рассчитываются по формуле»[19]

$$P_n = Z_o \frac{K_n \%}{100 \%} \text{ (руб.)}, \quad (4.7)$$

Для расчета накладных расходов в данном дипломном проекте  $K_n$  берется равным 65%.

Следовательно, из (4.7):

$$P_n = Z_o \cdot \frac{K_n \%}{100 \%} = 15177.89 \cdot \frac{65\%}{100 \%} = 9865.63 \text{ (руб.)}$$

#### 4.2.7 Расчет затрат на проведение НИР

Все расчеты затрат сведены в таблицу Таблица 4., в которой определяется общая сумма затрат на разработку.

Таблица 4.11 - Общие затраты на проведение НИР

№ п/п	Наименование статьи расходов	Сумма, руб.	Удельный вес, %
1	Материалы	444,40	1,11
3	Основная заработная плата разработчиков	15 177,89	37,92
4	Дополнительная заработная плата разработчиков	3 035,58	7,58
5	Отчисления на социальные нужды (единый социальный налог)	5 500,47	13,74
6	Прочие прямые расходы	6 000,00	14,99
7	Накладные расходы	9 865,63	24,65
	<b>ИТОГО:</b>	<b>40 023,97</b>	<b>100,00</b>

Следовательно, затраты на проведение НИР составят 40 023,97 руб.»[25]

Рассчитаем показатели экономической эффективности от результатов проведения НИР.

### 4.3 Расчет капитальных вложений

Единовременные затраты «включают предпроизводственные затраты  $K_T$  и капитальные вложения в производственные фонды завода-изготовителя  $K_{пф}$ :

$$K = K_m + K_{пф} \text{ (руб.)}. \quad (4.8)$$

Предпроизводственные затраты определяются по формуле

$$K_{пф} = Z_{НИОКР} + K_{осв} \text{ (руб.)}, \quad (4.9)$$

$$K_{п.ф.} = K_{о.ф.} + K_{о.с.} + K_{проч} \text{ (руб.)}, \quad (4.10)$$

«где  $K_{o.ф.}$  — стоимость всех видов основных производственных фондов, непосредственно связанных с изготовлением проектируемого изделия. При этом если изготовление новых изделий возможно на имеющемся оборудовании, должна быть учтена среднегодовая остаточная стоимость основных производственных фондов изготовителя;  $K_{o.c.}$  - пополнение оборотных средств. В состав оборотных средств включаются запасы сырья, материалов, топлива и полуфабрикатов, а также незавершенное производство;  $K_{проч}$  — прочие капитальные вложения»[19]  
 «связанные с предотвращением отрицательных социальных, экологических и других последствий, созданием социальной инфраструктуры» [14]

«Капиталовложение в освоение производства возьмем в размере 100% от себестоимости проведения НИР:

$$K_{осв} = 40023.97 \cdot \frac{100\%}{100\%} = 40023.97 \text{ (руб.)}$$

Предпроизводственные затраты рассчитываются согласно (4.9):

$$K_m = 40023.97 + 40023.97 = 80047.94 \text{ (руб.)}$$

Капиталовложения в основные фонды с учетом того, что производство идет на имеющемся оборудовании, приблизительно оценены в 10000 руб. ( $K_{o.ф.} = 10000$  руб.).

Оборотные средства возьмем в размере 150% от себестоимост»[18] проведения НИР.

$$K_{o.c.} = 1.5 \cdot 40023.97 = 60035,96 \text{ (руб.)}$$

Прочие капиталовложения принимаем 20% от  $K_{o.ф.} + K_{o.c.}$ :

$$K_{проч} = 0,20 \cdot (10000 + 60035,96) = 14007,19 \text{ (руб.)}$$

Капиталовложения в производственные фонды определяются по (4.10)

$$K_{нф} = 10000 + 60035,96 + 14007.19 = 84043,15 \text{ (руб.)}$$

Полные капиталовложения — по (4.8)

$$K = 80047.94 + 84043.15 = 164091,09 \text{ (руб.)}$$

#### 4.4 Расчет общих экономических показателей

«Чистые денежные поступления получают как разность валовой прибыли  $\Pi_v$  и налога на прибыль НП, с учетом амортизационных отчислений  $A$ , которые являются частью прибыли, не облагаемой налогом:

$$\Pi = (\Pi_v - A) \left(1 - \frac{НП}{100}\right) + A \text{ (руб.)}. \quad (4.11)$$

Амортизационные отчисления можно упрощенно вычислить по формуле:»[12]

$$A = \sum_{f=1}^{\Phi} K_f \cdot \frac{a_f}{100} \text{ (руб.)}, \quad (4.12)$$

$$A = 10000 \cdot \frac{10}{100} = 1000 \text{ (руб.)}.$$

Чистые годовые денежные поступления от реализации разработки вычисляются по (4.11)

$$\Pi_{z1,z2} = (10023.97 \cdot 3 - 1000) \left(1 - \frac{20}{100}\right) + 1000 = 96257,53 \text{ (руб.)}$$

Аналитическое выражение для определения чистого дисконтированного дохода имеет следующий вид:

$$ЧДД = -K + \frac{\Pi_{z1}}{(1+E)^1} + \frac{\Pi_{z2}}{(1+E)^2} + \dots + \frac{\Pi_{zn}}{(1+E)^n} \text{ (руб.)}, \quad (4.13)$$

Чистый дисконтированный доход по (4.13) при норме дисконта  $E = 0,2$  составит

$$ЧДД = \sum_{m=1}^2 \frac{\Pi_m}{(1+0,2)^m} - K = \frac{96257,53}{1+0,2} + \frac{96257,53}{(1+0,2)^2} + \frac{96257,53}{(1+0,2)^2} - 164091.09 = 38673.61 \text{ (руб.)}.$$

Поскольку чистый дисконтированный доход больше 0, «можно говорить об эффективности»[10] «проекта

Рассчитаем также срок окупаемости капиталовложений с учетом дисконтирования. Величины дисконтированных годовых эффектов по годам расчетного периода равны»[19]

$$\mathcal{E}_1 = \frac{96257,53}{1 + 0,2} = 80214,61 \text{ (руб.)};$$

$$\mathcal{E}_2 = \frac{96257,53}{(1 + 0,2)^2} = 66845,51 \text{ (руб.)}.$$

$$\mathcal{E}_3 = \frac{96257,53}{(1 + 0,2)^3} = 55704,59 \text{ (руб.)}.$$

«За 3 года:  $\sum \mathcal{E} = 202764,70$  (руб.), что больше величины полных капиталовложений»[19]

Тогда срок окупаемости найдется как:

$$T_{ок.р.} = 2 + \frac{164091,09 - 147060,12}{55704,59} = 2,31 \text{ (года)}.$$

Сравним рассчитанный срок окупаемости с нормативным, который при норме дисконта 0,2 составит:

$$T_{ок.норм.} = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ (лет)}.$$

Так как расчетный срок окупаемости меньше нормативного, можно считать, что проведение НИР целесообразно.

## **5 Безопасность и экологичность проекта**

Профессиональная деятельность человека связана с применением оборудования вызывающего различной степени появление возможных рисков.

Охрана труда - система законодательных актов, социально-экономических, технических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающие безопасность, сохранения здоровья и работоспособность человека в процессе труда.

Задача охраны труда в нашей стране и во всем мире – свести к минимуму вероятность поражения или заболевания работающего с одновременным обеспечением комфорта при максимальной производительности труда, т.к. производственные условия во многих сферах деятельности человека характеризуются наличием опасных и вредных производственных факторов.

При выполнении дипломного проекта актуальны решения вопросов обеспечения безопасности проектируемого объекта в процессе его дальнейшей эксплуатации в отношении функционирования инженерно-технического и технологического оборудования осуществления технологического процесса, функционирования устройства как, с точки зрения, негативного воздействия техногенных факторов на человека, так и на среду (рабочую и окружающую), а также включает вопросы учета минимизации содержания в составе материалов деталей технического устройства вредных и опасных веществ, возможность проведения его безопасной утилизации по завершению жизненного цикла проектируемого технического устройства.

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта

Технологический процесс	Технологическая операция	Наименован. Должности работника	Оборудование устройство, приспособление	Материалы вещества
Подготовка колес	Мойка колес	Монтировщик шин	Автоматическая мойка колес	Моющие химические вещества
Демонтаж. работы	Снятие и установка шин на диск колеса	Монтировщик шин	Станок для монтажа и демонтажа	-
Работы по ввозстановлению шин	Вулканизация шин	Монтировщик шин	Вулканизатор	Вулканизирующие агенты
Работа по ввозстановлению дисков	Прокат дисков	Монтировщик	Станок для правки дисков, колес	-

Необходимо определить наличие опасных и вредных производственных факторов и их источник. Все факторы и их источники показаны в таблице 5.2



Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков.

Вулканизация шин	Физические: повышенное значение напряжения в электрической цепи, запыленность воздуха рабочей зоны, повышенный уровень шума на рабочем месте	Вулканизатор, вулканизирующие агенты (сера,пероксид,оксид металлов и т.п.)
Прокатка дисков	Физические: повышенное значение напряжения в электрической цепи, повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и	Станок для правки дисков колес

Далее разрабатываются организационные (организационно - технические) «мероприятия по предотвращению возникновения пожара или опасных факторов способствующих возникновению пожара»[15], которые заносятся в таблицу 5.3

Таблица 5.3 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению безопасности, реализуемые эффекты
Мойка колес	проверка соблюдения противопожарных правил инспектором по пожарной безопасности, проведение периодических чисток аппаратов и рабочих мест	Средства и способы предупреждения пожара возникновения, и взрывов должны исключать возможность возгорания ЛВЖ и ГСМ
Снятие и установка шин	регулярный противопожарный инструктаж рабочих; проверка соблюдения противопожарных правил инспектором по пожарной безопасности, электрооборудование закрыто и заземлено.	Средства и способы предупреждения пожаро возникновения, и взрывов должны исключать возникновение замыкания электроцепи

В данном подразделе «проводится идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при реализации технологического процесса»[14] Вредные факторы показаны в таблице 5.4

Таблица 5.4– Идентификация экологических факторов технического объекта

Технического объекта, процесса				
Подготовка колес	Мойка колес с применением моющих химических средств	выбросы в атмосферу химических веществ	Загрязнение сточных вод моющими средствами, ГСМ и СОЖ	Попадание почвы моющих средств, ГСМ и СОЖ
Работы по восстановлению шин	Вулканизация шин с применением вулканизирующих агентов	пыль ингредиентов и образующиеся при вулканизации газообразные вещества в составе вентиляционных выбросов	Попадание в сточные воды газообразных веществ, образующихся в процессе вулканизации и	Осаживан. Газообраз. выбросов пыли

«Перед использованием оборудования (устройства, установки и т.д.) производитель обязан в полном объеме предоставить потребителю информацию о необходимости соблюдения правил безопасности для предотвращения чрезвычайных (нештатных) ситуаций. Необходимо разработать паспорт безопасности объекта, в нашем случае это опрокидыватель спортивного болида «Формула-студент».

В документе должны отражаться основные характеристики технологического процесса объекта, перечислены технологические операции, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, необходимо для работы на данной установке.

Должны быть идентифицированы профессиональные риски осуществляемого технологического процесса, выполняемых технологических операций, видов производимых работ, определены опасными и вредными производственными факторами.

Указана совокупность»[21] организационнотехнологических «мероприятий для уменьшения профессиональных рисков. Подобраны средства индивидуальной (персональной) и коллективной защиты для использования работниками Должны быть разработаны мероприятия по обеспечению ПБ в гаражной мастерской и выявлены экологически опасности установки, а также проработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности при работе на техническом оборудовании.

Создается и утверждается паспорт безопасности опасного объекта по нормам, установленным Российским законодательством, а также Приказом МЧС РФ. Основные документы, регулирующие разработку и предоставление документа, были утверждены более десятилетия назад, но содержащиеся там рекомендации и правила актуальны и сегодня»[14]

Нужно также упомянуть и о некоторых документах.

«Необходимо разрабатывать паспорт безопасности по следующим причинам: 31 оценка последствий в случае аварийной ситуации или чрезвычайных ситуациях; расчет рисков для персонала, оборудования, производства и населения; установление плана дальнейших действий для восстановления после происшествия; анализ подготовленности персонала на случай аварии, готовность персонала материальной базы к устранению последствий; составление плана действий для увеличения уровня защиты, а также проведение подробного инструктажа среди работников.

В документе фиксируются все вышеуказанные факторы с указанием уровня подготовленности, безопасности и степени риска.

После заполнения один экземпляр остается на предприятии, а другой отправляется в местное самоуправление, которому поручено контролировать данный объект. Некоторые моменты могут вноситься в паспорт дополнительно. Замена документа производится раз в 5 лет, а также в случае смены деятельности, реорганизации [17]. Существуют специальные организации, занимающиеся подготовкой, разработкой и согласованием бумаг. К выбору подрядчика стоит подходить с особой ответственностью, чтобы проверка была наиболее полной и достоверной»

Соревнования серии Formula SAE® мотивируют команды студентов и аспирантов университетов разрабатывать, проектировать, изготавливать, разрабатывать и конкурировать с небольшими автомобилями в формульном стиле.

Соревнования дают командам возможность продемонстрировать и подтвердить свои творческие и инженерные навыки по сравнению с командами из других университетов по всему миру

«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.

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.

«Автомобиль должен быть построен согласно регламенту, основная цель которого является обеспечение безопасности на треке, а также помочь найти решение тех проблем, которые возникают при разработке.»[22]

«Средства пожаротушения являются неотъемлемой частью всей системы безопасности.

На производственных объектах и там, где повышенная опасность возникновения аварийных ситуаций, связанных с возгораниями, наличие технических средств для ликвидации пожаров обязательно.

Требования к ним описаны в соответствующем техническом регламенте и отраслевых актах нормативной литературы.

Некоторые правила и их своды выпущены во времена СССР, но продолжают действовать до сих пор.

Для локализации и ликвидации пожаров в помещениях используют стационарные установки пожаротушения. Они состоят из различных технических средств.

Их назначение определяет наполнение огнетушащими веществами. Работа установок построена на принципах объемного или поверхностного тушения пожаров.

Встречаются также установки с локально-объемным, либо локально-поверхностным способом работы [19].

Действие стационарных установок направлено на локализацию возникшего пожара. Предполагается, что с помощью них можно бороться с начальной стадией пожара или небольшими возгораниями.

По принципу включения бывают автоматические с местным или дистанционным управлением.

Они нужны для обеспечения безопасности на крупных объектах, чтобы»[14] а так же, «предотвратить значительный ущерб и снизить риск появления пострадавших. Все установки подобного типа регулярно подвергаются обследованиям и проверкам на исправность.

Тушение должно производиться в любой момент, если есть необходимость. Стационарные установки пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены.

Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики.

Затем происходит включение насосов, подающих воду. При первых признаках пожара необходимо задействовать такие первичные средства пожаротушения, как огнетушители.

Их действие направлено на ликвидацию небольших по площади и силе возгораний. Эффект отсутствует, если масштабы возгорания резко увеличиваются или применение огнетушителя небезопасно в данной ситуации.

Их заряжают водой, порошками из химических соединений, инертными газами. Вид вещества влияет на применение огнетушителя. Не все подходят для ликвидации возгорания электрических устройств с высоким напряжением или для тушения в замкнутых пространствах [20].

Наличие огнетушителя в любых офисных и производственных помещениях обусловлены требованиями законодательства в части пожарной безопасности. В случае возникновения чрезвычайной ситуации ключевую роль играет оперативность донесения информации до лиц, здоровью и жизни которых грозит опасность. Правильная и быстрая оценка вновь возникших обстоятельств позволяет выбрать наиболее оптимальные способы и 34 методы защиты. Время донесения информации не должно превышать пять минут.

За это время должны быть оповещены соответствующие органы и лица, расположенные в месте чрезвычайного происшествия. Своевременное реагирование позволит не только сохранить жизнь и здоровье людей, а также»[15] иначе говоря «минимизировать размер материального ущерба от последствий.

Создание ЛСО на производствах и промышленных предприятиях является первостепенной задачей штаба Гражданской обороны [20].

Локальная система оповещения – представляет собой комплекс технических средств оповещения на потенциально опасных объектах, промышленных предприятиях, производствах.

Первоочередными задачами локальных систем оповещения является: оповещение персонала о чрезвычайном происшествии; доведение до сведения информации руководству потенциально опасного объекта, службам гражданской обороны, спасателям; доведение до сведения информации руководству потенциально опасного объекта, службам гражданской обороны, спасателям.

Практика и анализ происходящих чрезвычайных ситуаций показали, что наибольшее количество происшествий, носящих техногенный характер, в результате которых возникает угроза жизни и здоровью людей, а также приносящих существенный материальный ущерб происходят на промышленных и производственных объектах. Размещение локальных систем оповещения является не просто необходимостью, а требованием действующего законодательства РФ в этой сфере.

Промышленные объекты, на которых высока вероятность аварии, можно разделить на четыре основные группы, которые представляют опасности: химическую, радиационную, пожарную и взрывоопасную, гидродинамическую. 35 Локальная система оповещения зрения представляет собой целостный комплекс взаимосвязанных технических средств. В его структуру входит основной блок управления, как правило, это компьютеризированная система, либо матричный блок управления.

Коммутационный блок сигналов. Источники распространения и усиления звукового оповещения. Полноценная действующая система локального оповещения включает в себя сирены или иные средства подачи тревожных сигналов, приспособления для голосового и речевого оповещения, ламповые или светодиодные индикаторы, маяки и подобные средства визуального сообщения»[15]



Так же речь пойдет и о не. «Звуковая система оповещения, издавая сигналы, информирует людей о произошедшей чрезвычайной ситуации либо аварии. На потенциально опасных объектах разрабатываются положения о порядке действий в случае возникновения аварии, дополнительные рекомендации и инструкции могут сообщаться через громкоговорители [19]. Голосовое оповещение считается наиболее информативным и продуктивным способом оповещения.

Требование к созданию систем оповещения является обязательным на потенциально опасных объектах и регламентируется рядом законодательных актов РФ»[21]

#### Техническая инспекция

Очередность прохождения технической инспекции. Порядок очереди «технической инспекции определяется в зависимости от времени регистрации на месте проведения соревнований. Если команда пропускает свое время прохождения технической инспекции или не смогла пройти техническую инспекцию, то она допускается к повторной технической инспекции только после окончания планового времени инспекции всех команд. Команды обязаны сами следить за очередью и временем прохождения «технической инспекции.

Технический осмотр (Scrutineering) –судьи производят детальную проверку автомобиля, его дополнительного оборудования, а также экипировки водителей.

Тест на наклонном столе – проверка автомобиля на наличие утечек топлива и эксплуатационных жидкостей (при наклоне автомобиля вбок на 45 градусов) и проверка его устойчивости против поперечного опрокидывания (при наклоне на 60 градусов).

Тест на шум – проверка уровня шума автомобиля

Тест на торможение – проверка тормозной системы автомобиля, в которой необходимо доказать, что тормозная систем способна заблокировать

все четыре колеса при сохранении прямолинейного движения автомобиля»[22]

Взвешивание автомобиля-все автомобили будут взвешены на технической инспекции. Все автомобили взвешиваются исключительно в готовом к старту состоянии. Топливный бак должен быть заполнен до максимальной отметки уровня топлива. Все рабочие жидкости должны быть заправлены. Измеренное значение принимается за официальную массу автомобиля. Допустимое изменение массы  $\pm 5$  кг.

Инспекционные отверстия - для проверки толщины стенок труб должны быть сделаны отверстия диаметром 4,5 мм (0,18 дюймов) в не критичных местах главной и передней дуги. Дополнительно технический инспектор может проверить толщину других труб, требования к которым заданы в регламенте. Это может быть сделано ультразвуковым тестированием или сверлением дополнительных отверстий по требованию технического инспектора. Смотровые отверстия должны быть расположены таким образом, чтобы внешний диаметр мог быть измерен вокруг смотрового отверстия штангенциркулем, то есть должен быть доступ для штангенциркуля к смотровым отверстиям и наружной части трубы на сто восемьдесят градусов охвата ( $180^\circ$ ) от смотровых отверстий.

#### Безопасность

При конструкции болида очень важна безопасность, поговорим немного о ней

#### Каркас

Основной безопасностью является сама конструкция, то есть каркас автомобиля.

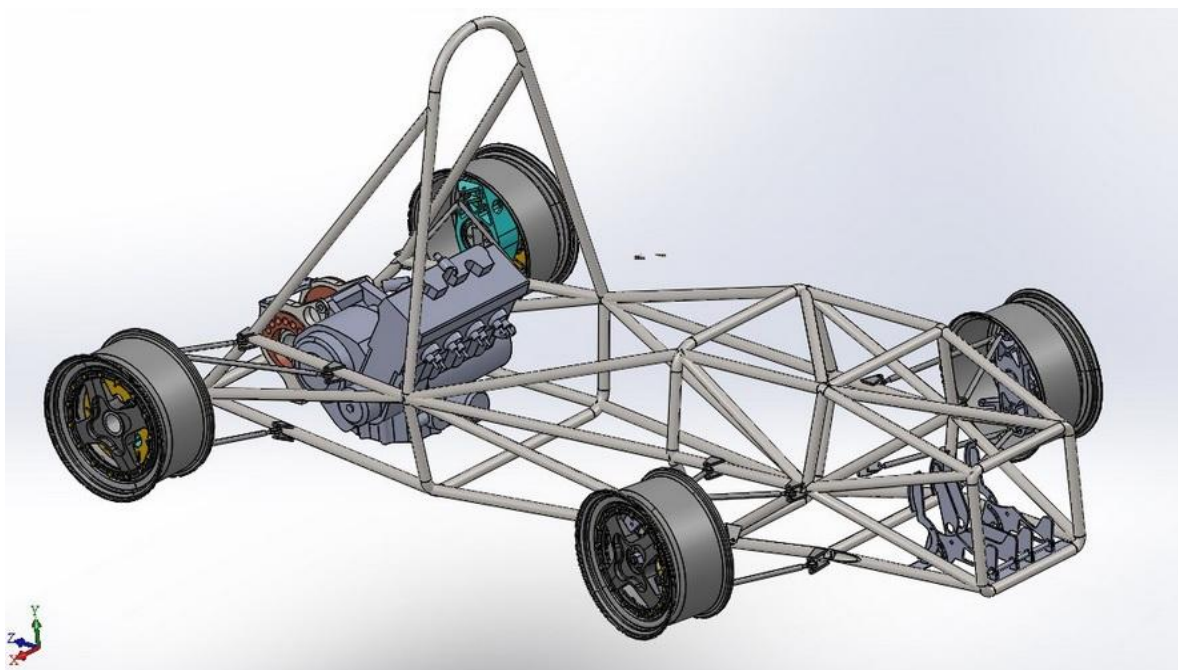


Рисунок 10 – Каркас



Рисунок 11 – Каркас “Формула Студент”

Рулевое управление

Так же входит и рулевое управление

«Ограничители хода рулевой системы должны также предохранять любые»[14] части руглевого механизма. Согласно регламенту SAE выход водителя из автомобиля “Формула Студент” должен быть возможен при любом положении рулевого колеса.

В современных автомобилях может быть предусмотрено правостороннее или левостороннее рулевое управление, что зависит от вида транспортного средства и законодательства отдельных стран. В зависимости от этого руль может располагаться справа (при левостороннем движении) или слева (при правостороннем).

В большинстве стран левостороннее рулевое управление (или правостороннее движение). Основное отличие механизмов не только в позиции руля, но и в рулевом редукторе, который адаптирован под различные стороны подключения. С другой стороны, переоборудование правостороннего руля на левостороннее рулевое управление все же возможно.

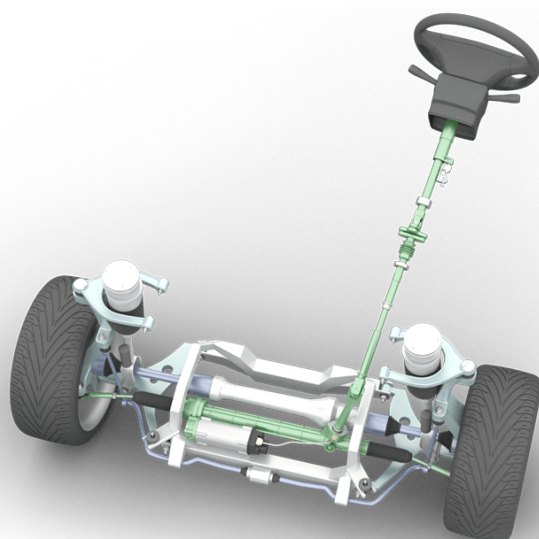


Рисунок 12 – Рулевое управление

А так же рассмотрим рулевое управление болида “Формула Студент”



Рисунок 13- Рулевое управление “Формула Студент”

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе мы провели анализ результатов болида “Формула Студент” передаточного числа главной передачи, так же мы провели экономический расчет, а так же затронули безопасность жизнедеятельности этого болида

Результатом проведенной дипломной работы является анализ результатов расчета .Значение передаточного числа главной передачи для того, что бы болид не буксовал при старте движения. Данное научно исследовании служит для оптимизации передаточного числа главной передачи спортивного болида соответствует тенденциям развития современных автомобилей, с оптимизированным передаточным числом в 1,9

По результатам работы подготовил тезисы для опубликования в сборник “Дни студента ТГУ”

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петин, Ю. П. Техническая эксплуатация автомобилей: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / Ю. П. Петин, Е. Е. Андреева; ТГУ; Институт машиностроения ; каф. "Проектирование и эксплуатация автомобилей". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 116 с. : ил. - Библиогр.: с. 78- 79. - Прил.: с. 80-116. - 65-50.

2. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: Учебное пособие / Составитель Л.А. Черепанов – Тольятти: ТолПИ,2001.-С.40.

3. Скутнев, В.М. Автомобили. Основы конструирования и расчета автомобиля: Методические указания к изучению дисциплины «Автомобили» и выполнение практических работ. Часть 3.-Тольятти: ТГУ,2006.- 48с.

4. Лукин, П. П. Конструирование и расчет автомобиля: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы» / П. П. Лукин, Г. А. Гаспарянц В. Ф. Родионов – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с.

5. Гришкевич, А. И. Проектирование трансмиссии автомобилей: Справочник. / А.И. Гришкевич – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.

6. Вахламов, В.К. Автомобили:Конструкция и элементы расчета:учебник для студентов высших учебных заведений / В.К. Вахламов. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 480 с.

7 Грибков, В. М. Справочник по оборудованию для технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей / В. М. Грибков, П. А. Карпекин. - Москва : Россельхозиздат, 1984. - 223 с.

8 Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация: материалы международной научно-практической 45 конференции. - Санкт-Петербург : СПбФ НИЦ МС, 20 - . - ISSN 2587- 7577. № 1. - 2018. - 236 с. : ил.

9 Краткий каталог современного оборудования для обслуживания автомобилей / Всесоюз. объединение "Союзсельхозтехника" Совета Министров СССР. Гос. всесоюз. науч.-исслед. технол. ин-т ремонта и эксплуатации маш.-тракт. парка "ГосНИТИ". - Москва : [б. и.], 1975. - 118 с. : ил.

10 Бурков, А. А. Проектирование оборудования и систем из него : учеб. пособие / А. А. Бурков, Е. Б. Щелкунов, И. П. Конченкова. - Комсомольск-на-Амуре : КНАГТУ, 2006 (Комсомольск-на-Амуре). - 92 с. : ил.

11 Кузнецов, А. С. Малое предприятие автосервиса : организация, оснащение, эксплуатация / А. С. Кузнецов, Н. В. Белов. - Москва : Машиностроение, 1995. - 303 с.

12 Куклин, Н. Г. Детали машин : учеб. для техникумов / Н. Г. Куклин, Г. С. Куклина, В. К. Житков. - 5-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Илекса, 1999. - 391 с. : ил.

13 Волков, И. А. Основы математического моделирования транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования: метод. пособие для студентов оч. и заоч. обучения спец. 190600.62 "Эксплуатация трансп.-технол. машин и комплексов" / И. А. Волков, А. С. Рукодельцев, И. С. Тарасов ; Волж. гос. акад. вод. трансп., Каф. приклад. механики и подъем.-трансп. машин. - Н. Новгород : ВГАВТ, 2014. - 51 с. : ил. - Библиогр.: с. 50 (9 назв.). - 125 экз. - 20 р.

14 Росс, Т. Приспособления для ремонта автомобилей [Текст] / Т. Росс. - Москва : За рулем, 2004. - 136 с. : ил.

15 Шестаков, В. С. Исследование и совершенствование способов графического представления оборудования в процессе технологической подготовки производства: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.11.14 / В. С. Шестаков. - СПб., 2016. - 23 с. : ил. 46

16 Теория механизмов и машин : респ. междувед. научно-тех. сб. Вып. 36 / [редкол.: С. Н. Кожевников (отв. ред.) и др.]. - Харьков : Вища шк., 1984. - 129 с.



17 Бортяков, Д. Е. Основы проектной деятельности системы автоматизированного проектирования машин и оборудования : учеб. пособие / Д. Е. Бортяков, С. В. Мещеряков, Н. А. Солодилова ; С.-Петерб. политехн. ун-т Петра Великого. - СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. - 150 с. : ил.

18 Голубовский, В. И. Детали машин и подъемное оборудование / В. И. Голубовский, И. М. Ковлер. - Алма-Ата : Мектеп, 1985. - 412 с.

19 Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие с / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.

20 Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста : учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова. - Тольятти, 2012, - 135 с.

21 Konig, R. International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering [Электронный ресурс]. - Electronic text data. - [Б. м.] : John Wiley & Sons, Inc., 1998 - (Ulrich). URL: <http://eu.wiley.com> (publisher's website). : [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1099-047X](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1099-047X) (journal link (full text - НТО-3)). - ISSN 1096-4290. Schmieretechnik 1963. - Nr. - 3. - 1964. - Nr. – 1 (дата обращения 05.06.2018 г.).

22 Werner, E. Schmierungstechnik / E. Werner. - 1976. – p. 134.

23 Niemann, G. Maschinenelemente: Band 1: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen / G. Niemann, H. Winter. - 2005.Springer, - p. 903.

24 Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024. 47

25 Wittel, H. Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung - Lehrbuch und Tabellenbuch / H. Wittel, D. Muhs, D. Jannasch. - Vieweg+Teubner Verlag, 2011. - p. 810

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Тяговый расчет

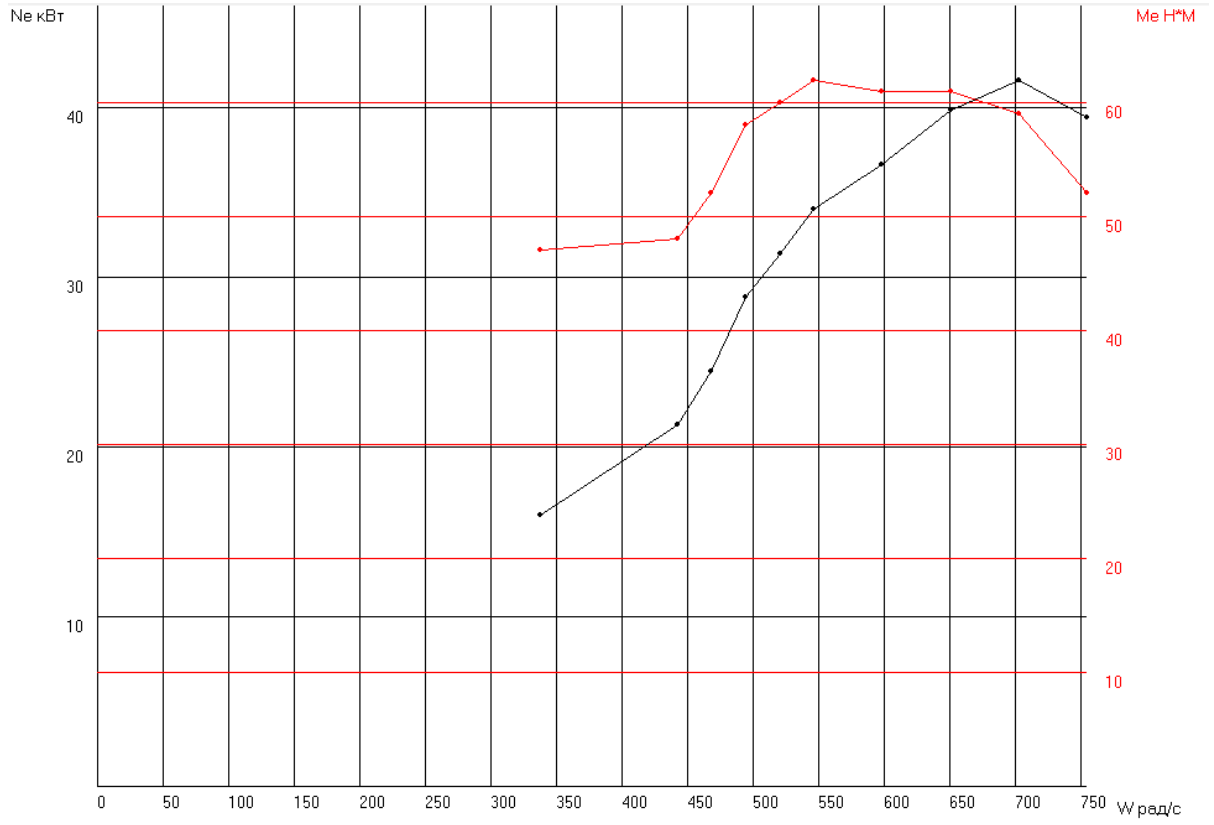


Рисунок А.1 Внешняя скоростная характеристика двигателя

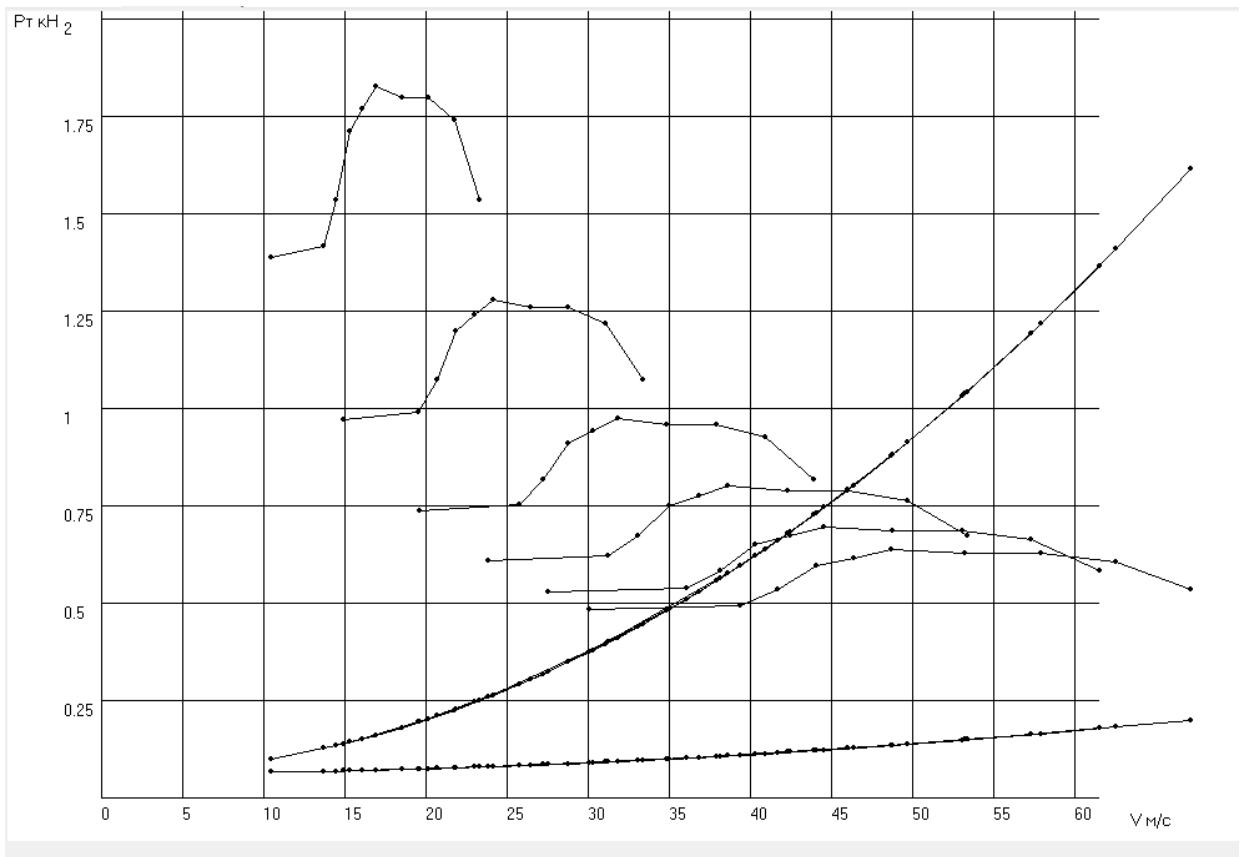


Рисунок А.2 Тяговый баланс автомобиля

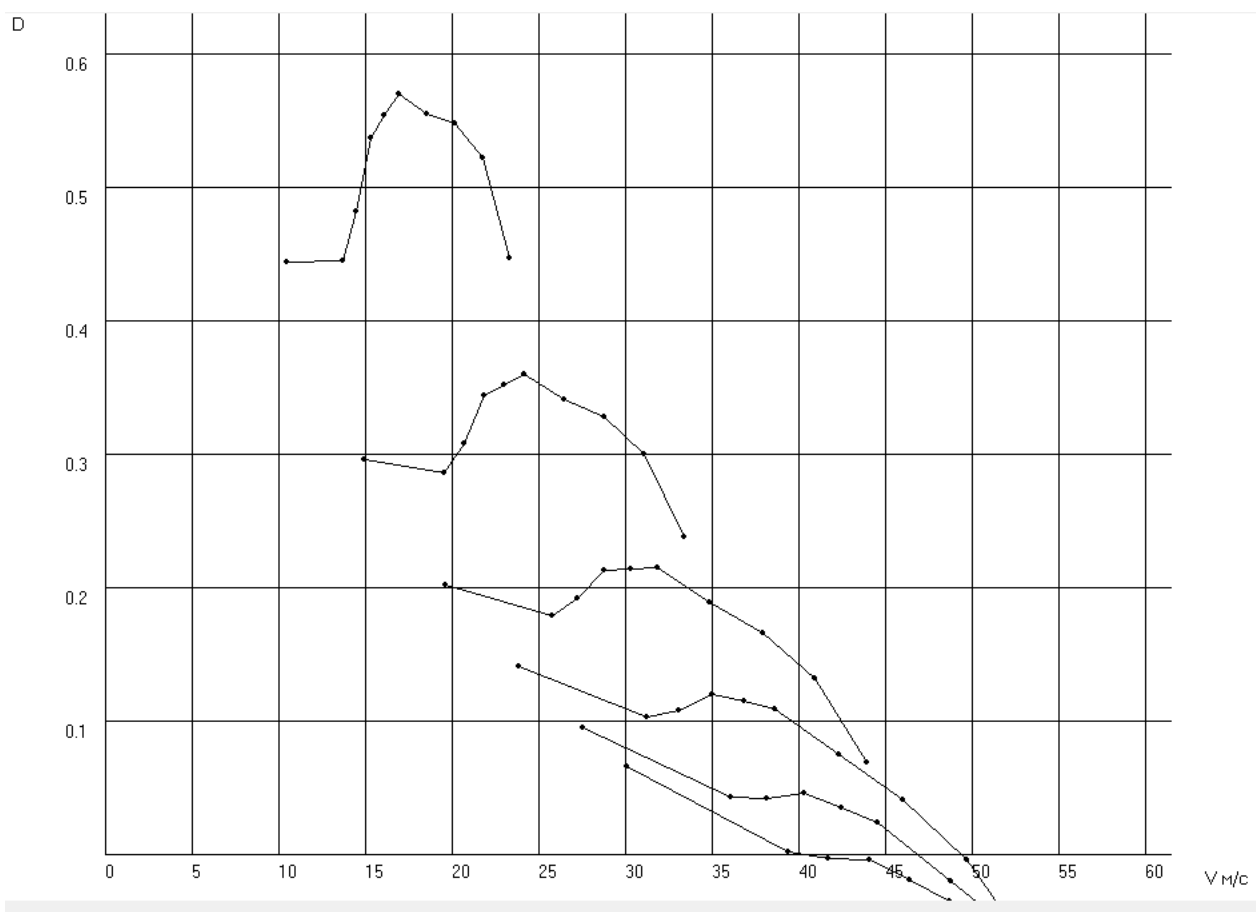


Рисунок А.3 Динамическая характеристика автомобиля

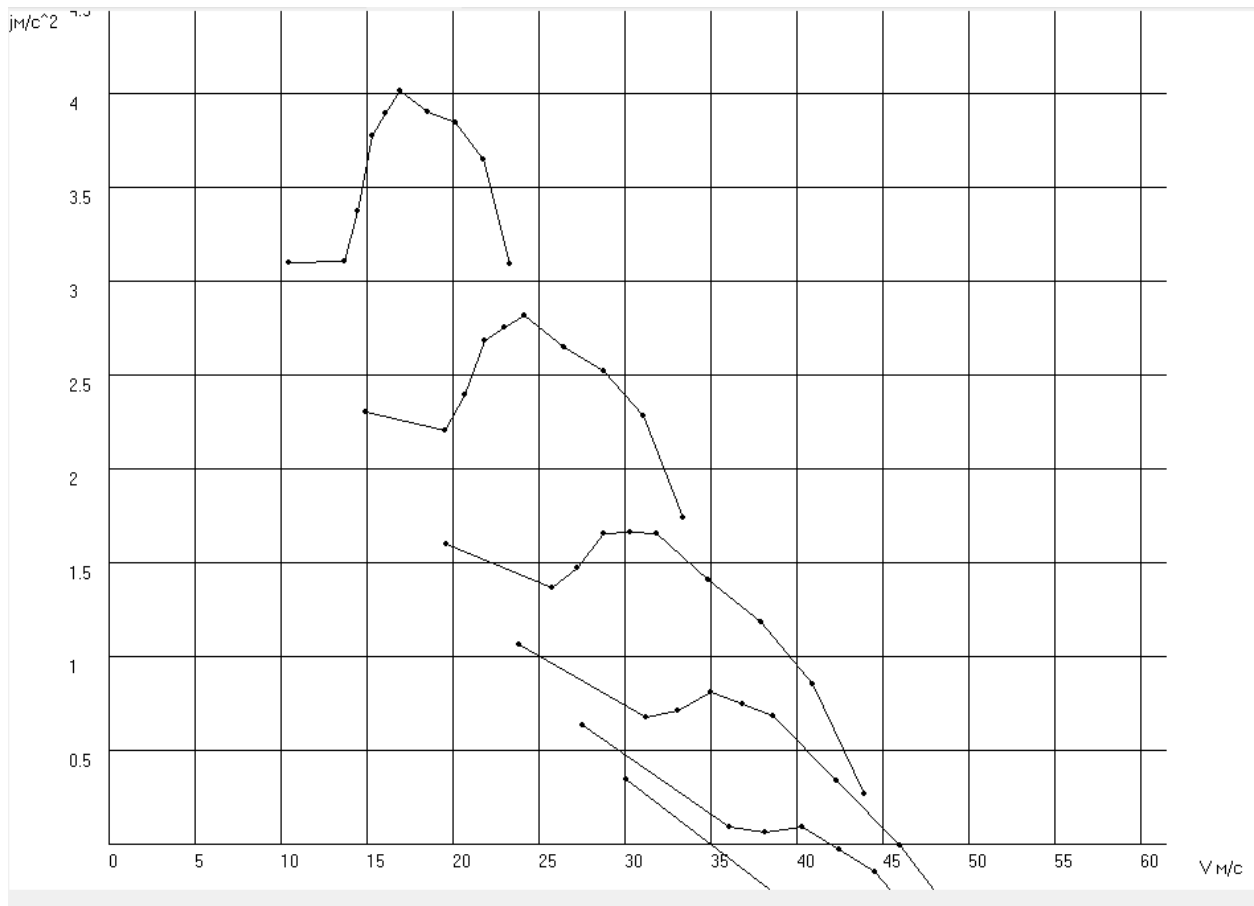


Рисунок А.4 Ускорение автомобиля

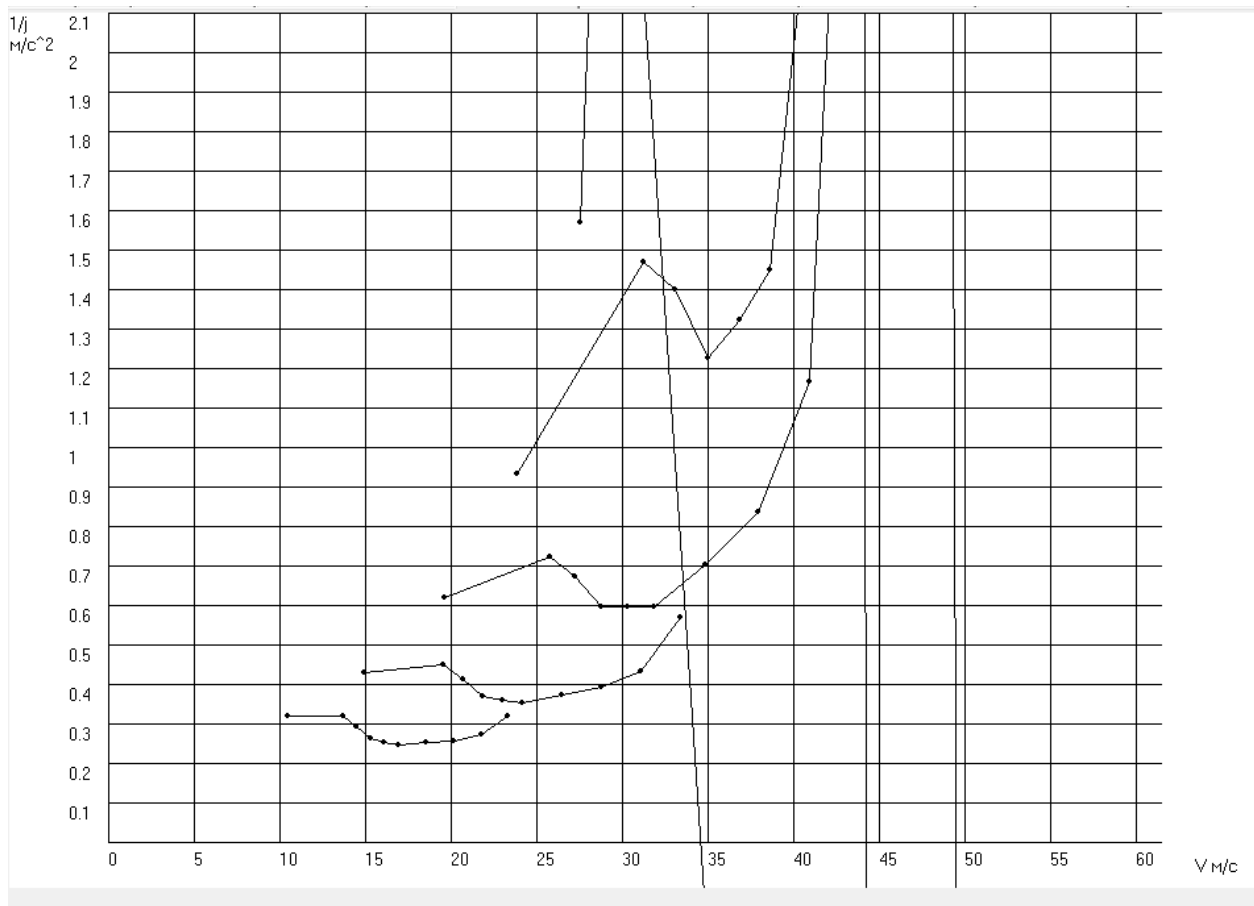


Рисунок А.5 Обратные ускорения автомобиля

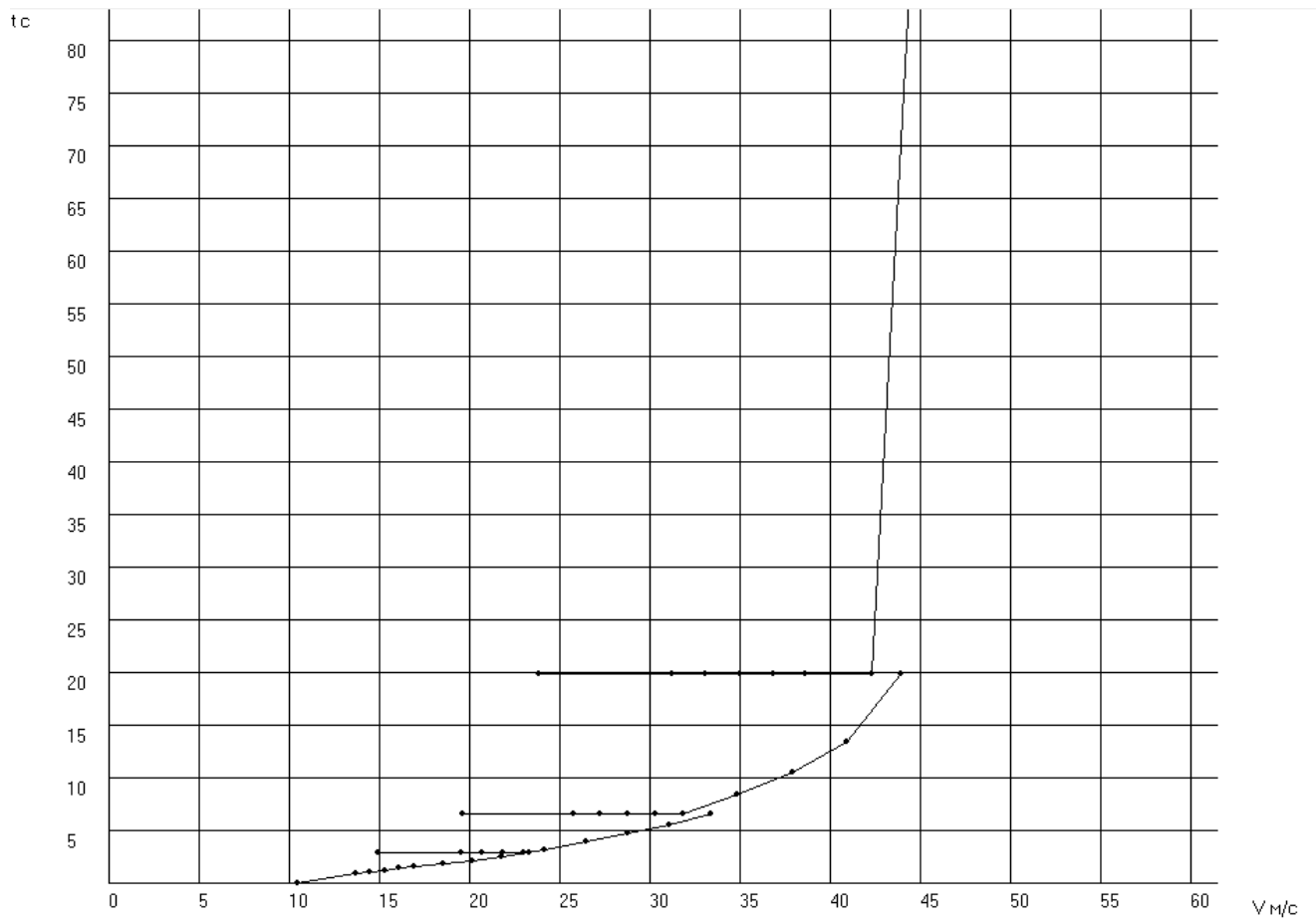


Рисунок А.6 Время разгона автомобиля

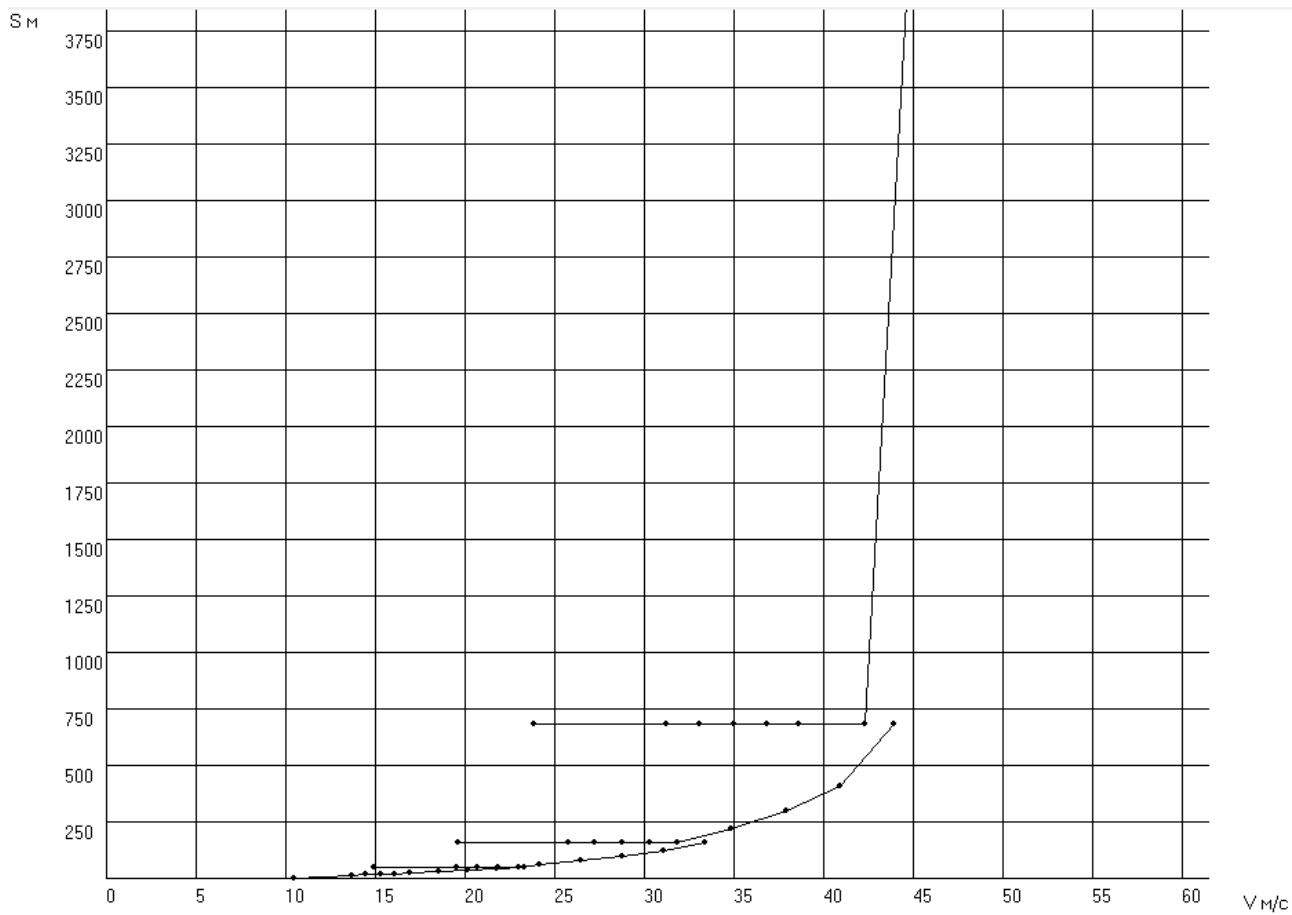


Рисунок А.7 Путь разгона автомобиля



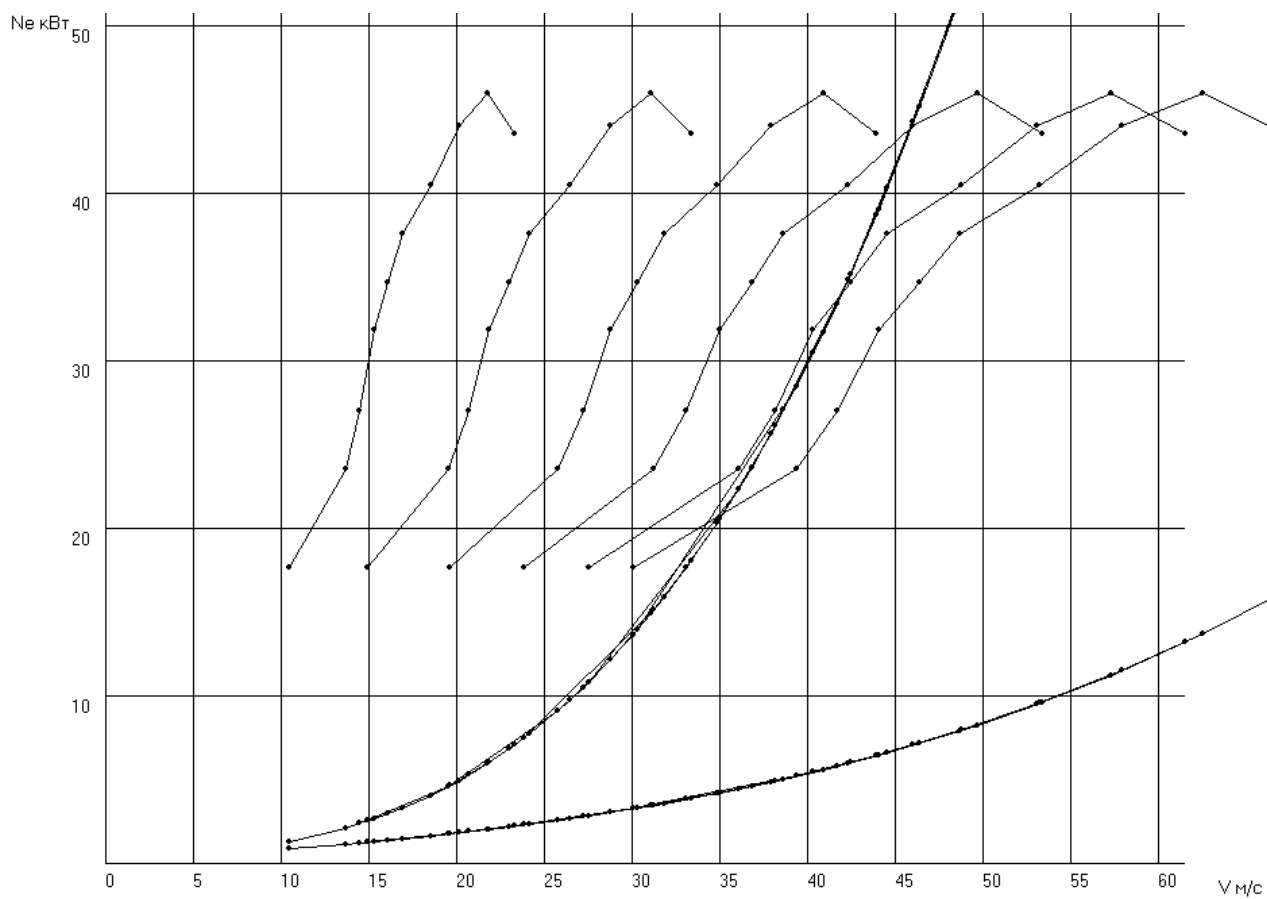


Рисунок А.8 Мощностной баланс

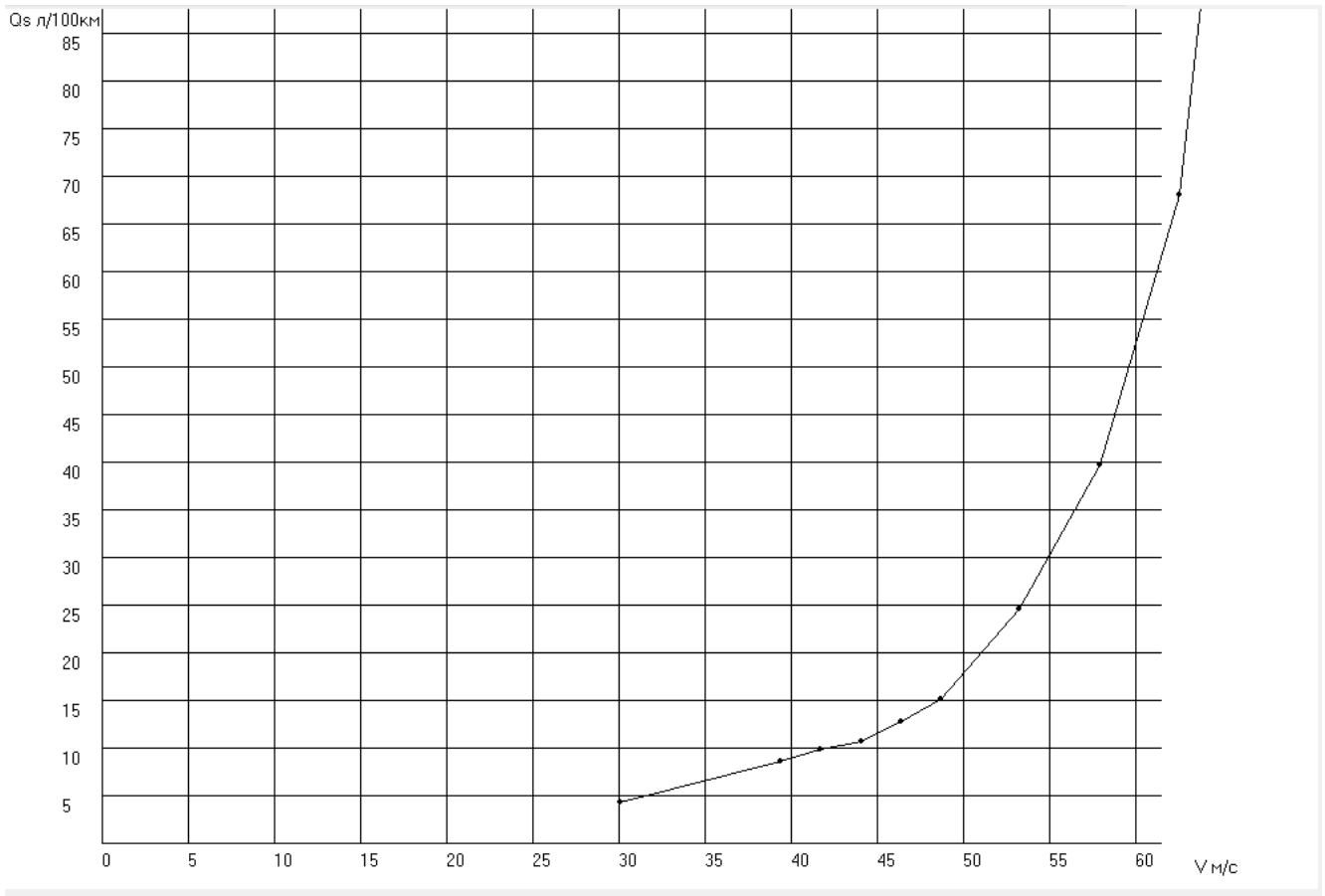


Рисунок А.9 Путь расход топлива

## Оптимизация передаточного числа главной передачи

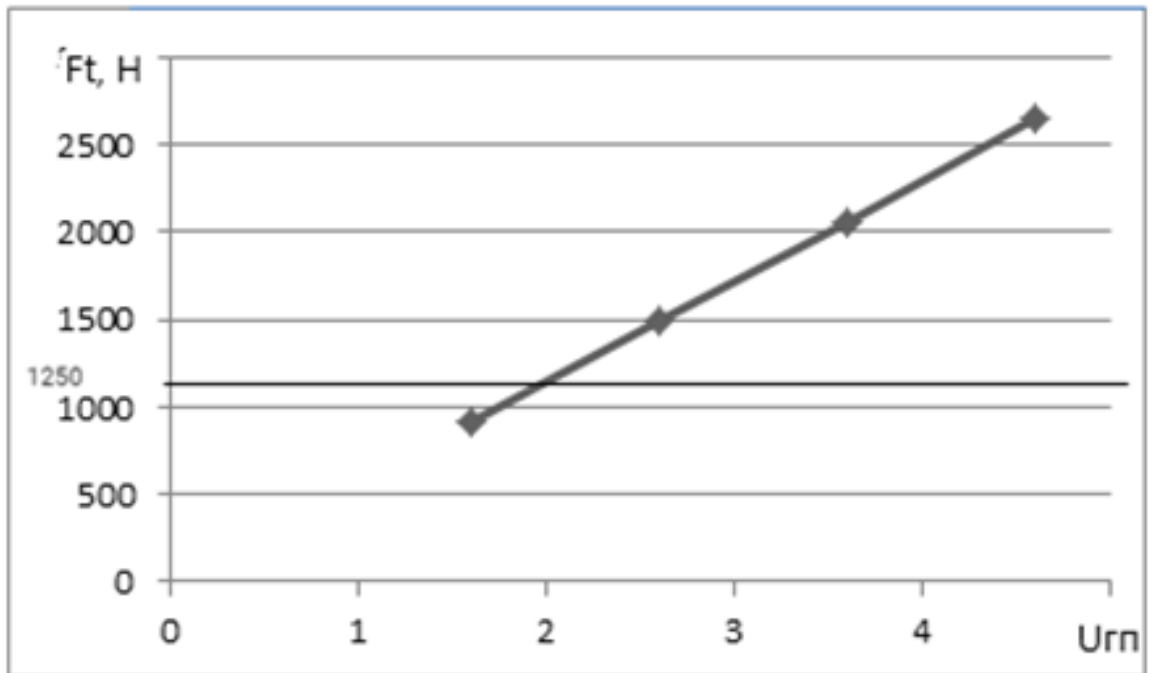


Рисунок А.10 Оптимизация передаточного числа главной передачи

## Тяговый расчет с оптимизированным передаточным числом главной передачи

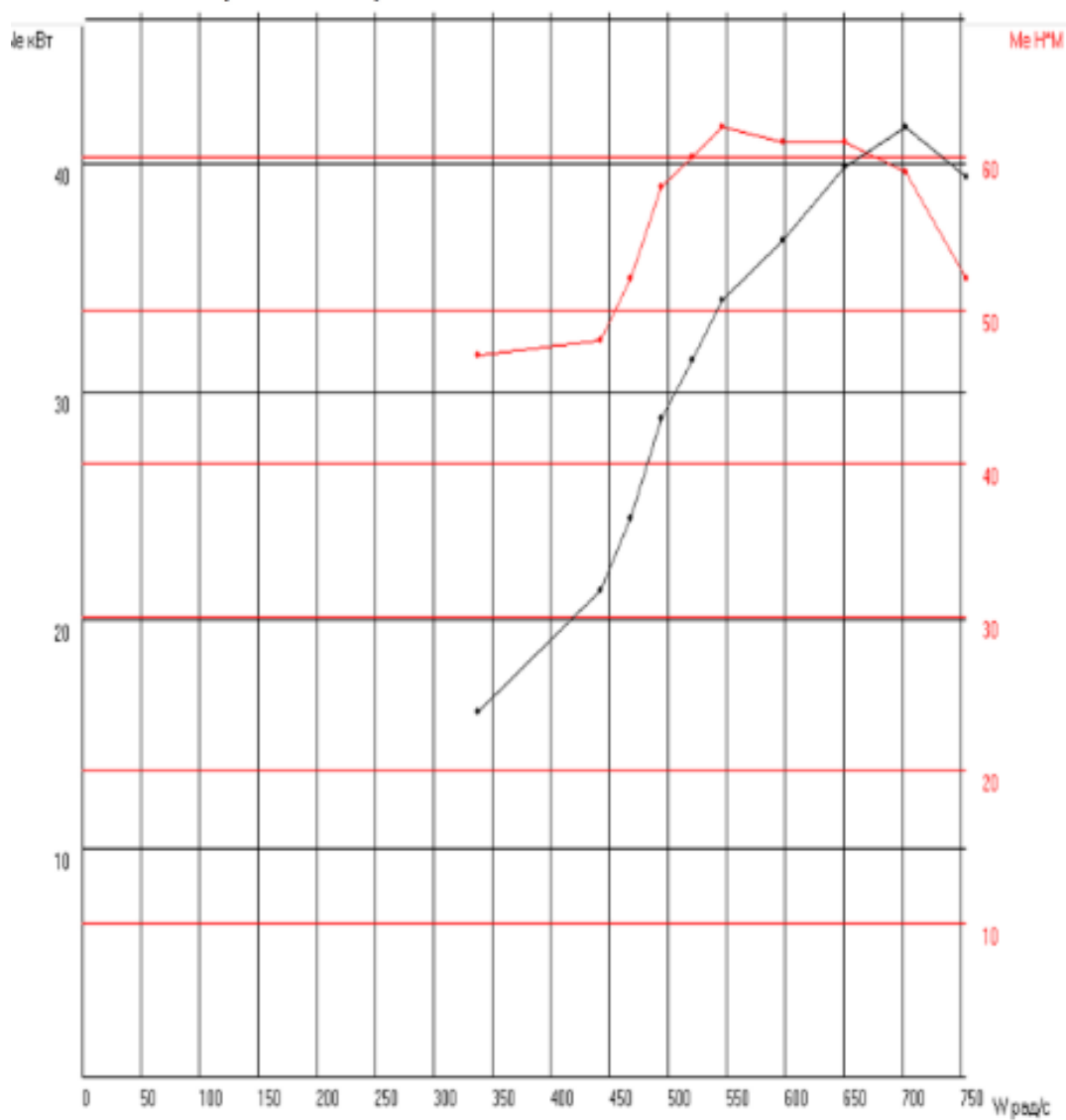


Рисунок А.11 Внешняя скоростная характеристика двигателя

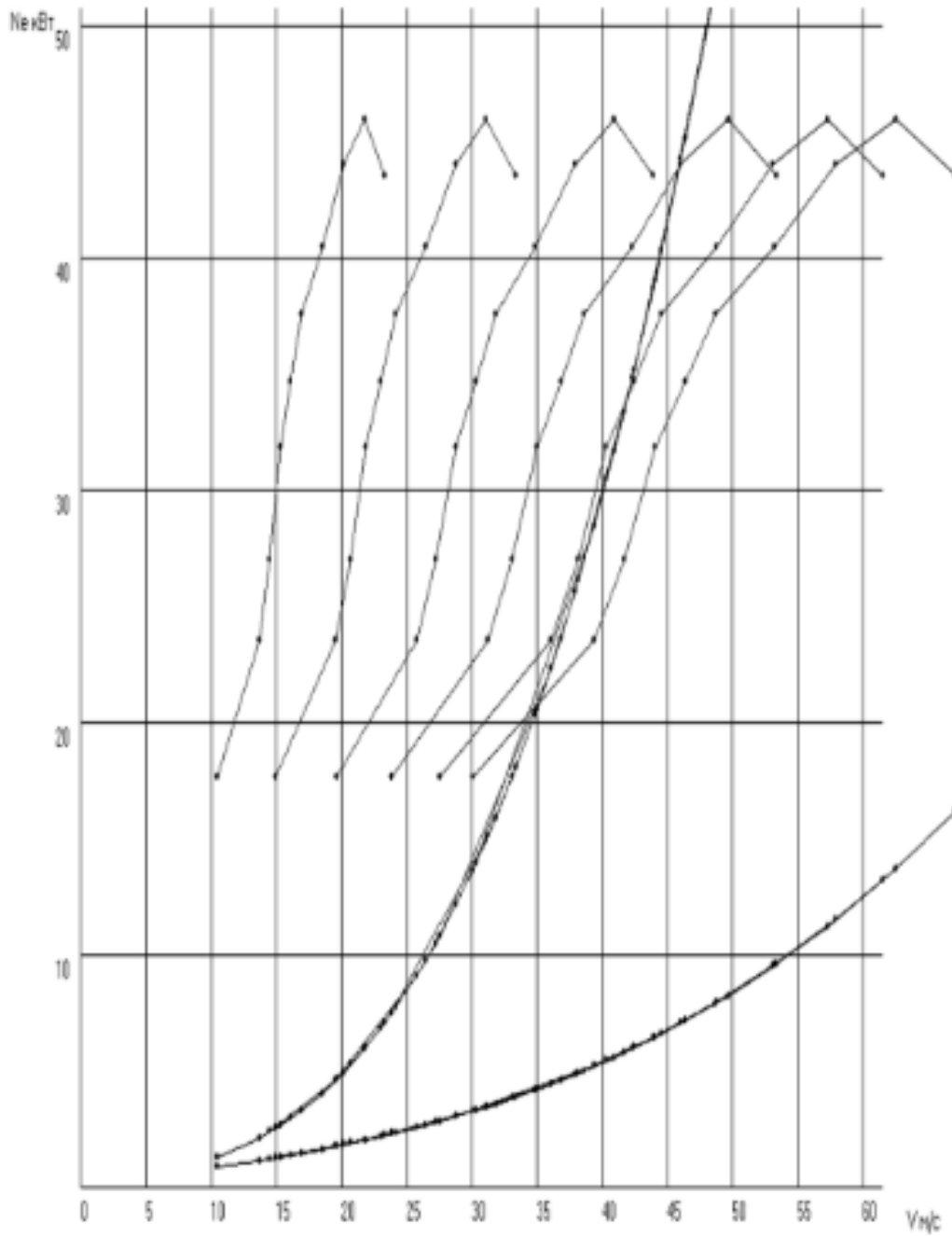


Рисунок А.12 Мощностной баланс автомобиля

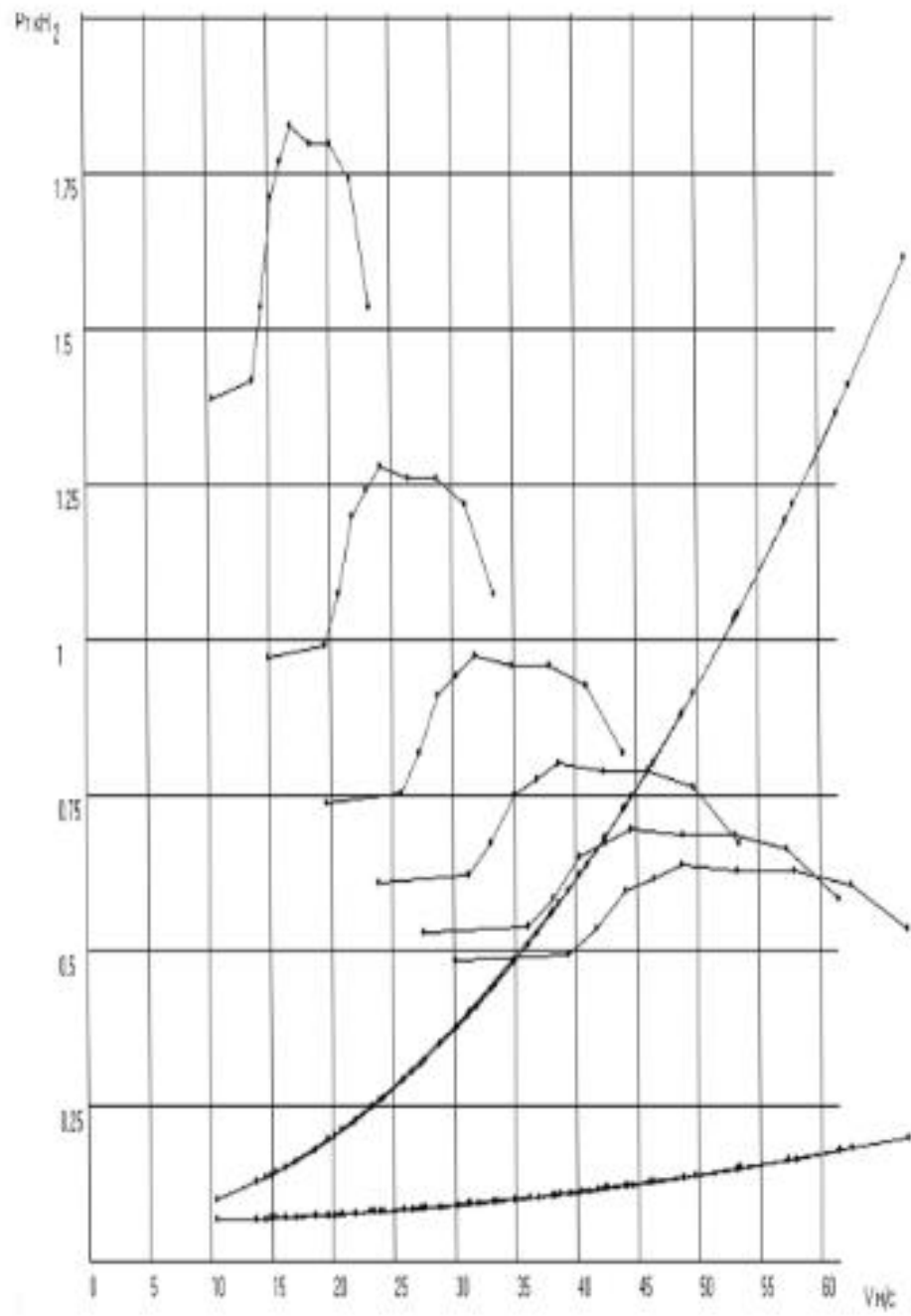


Рисунок А.13 Силовой баланс автомобиля

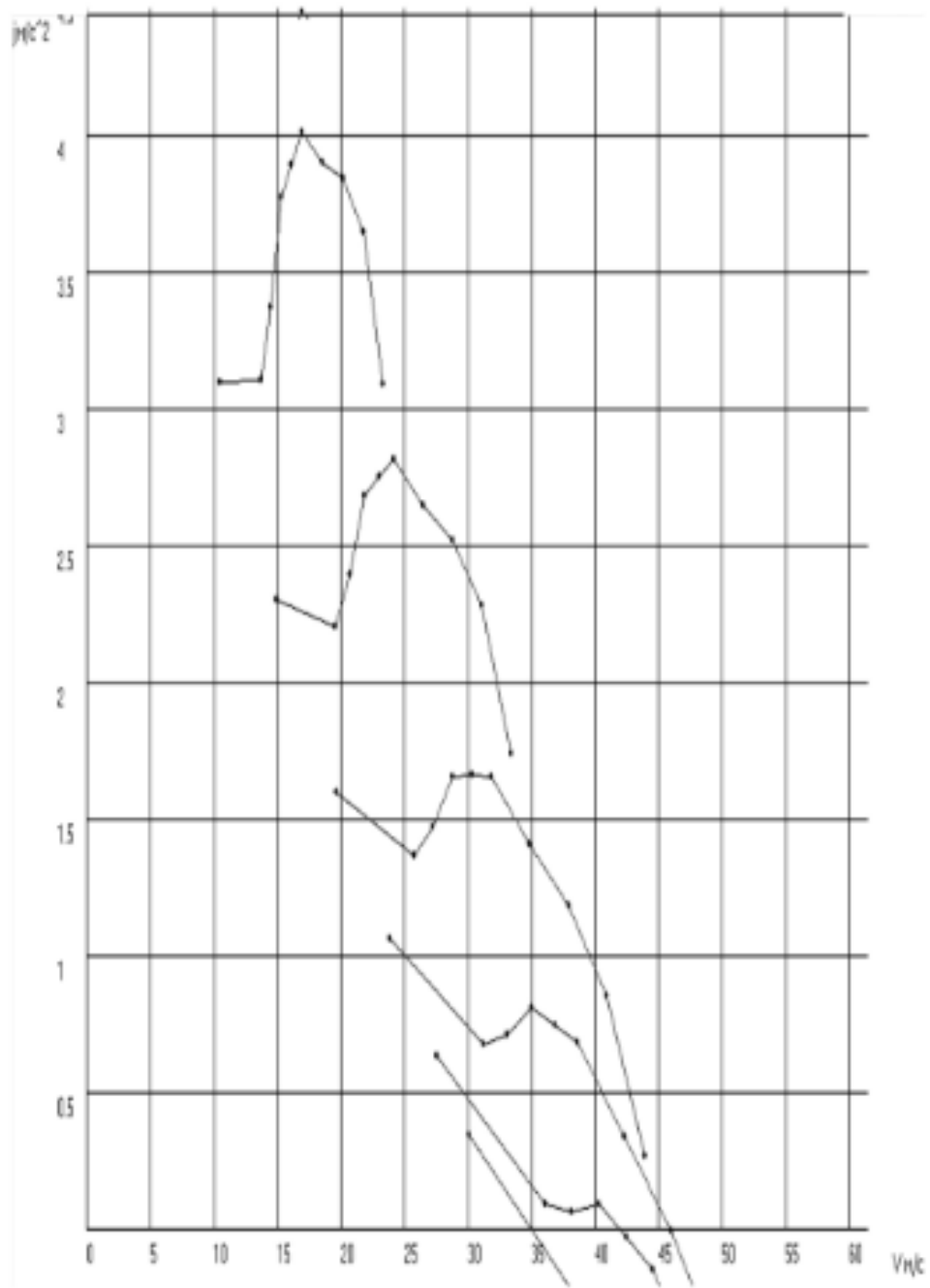


Рисунок А.14 Ускорение автомобиля

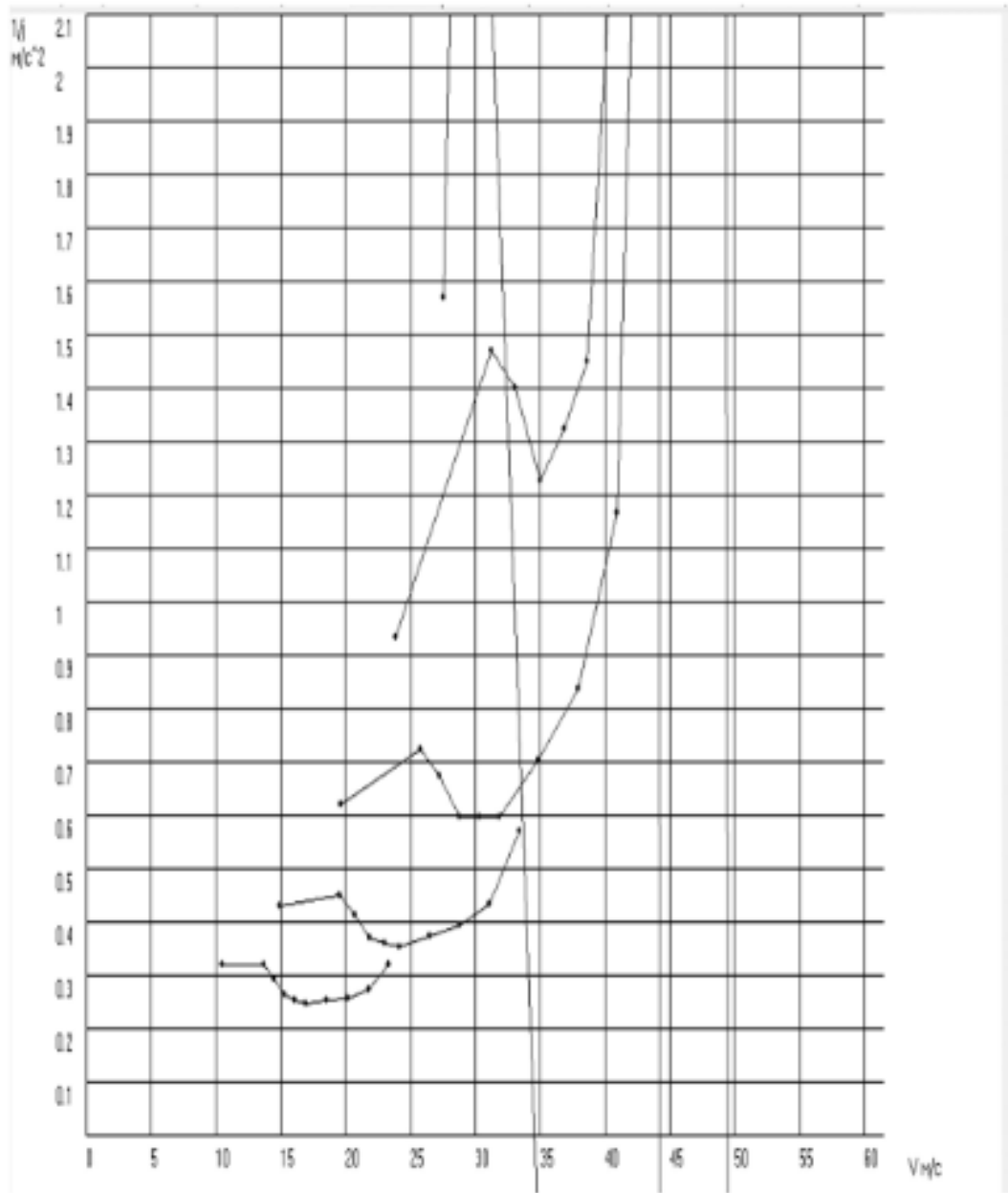


Рисунок А.15 Обратное ускорение автомобиля



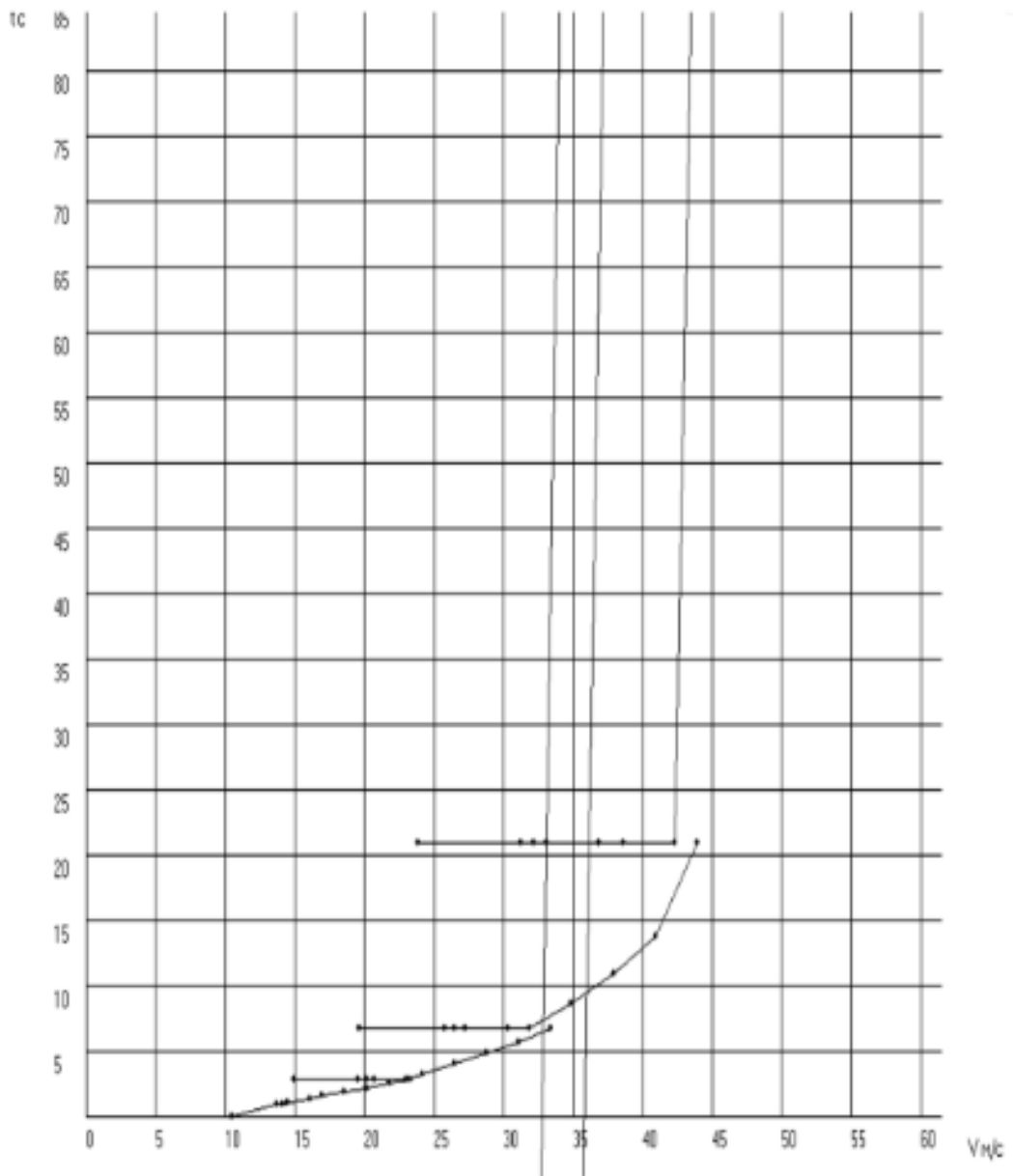


Рисунок А.16 Время разгона

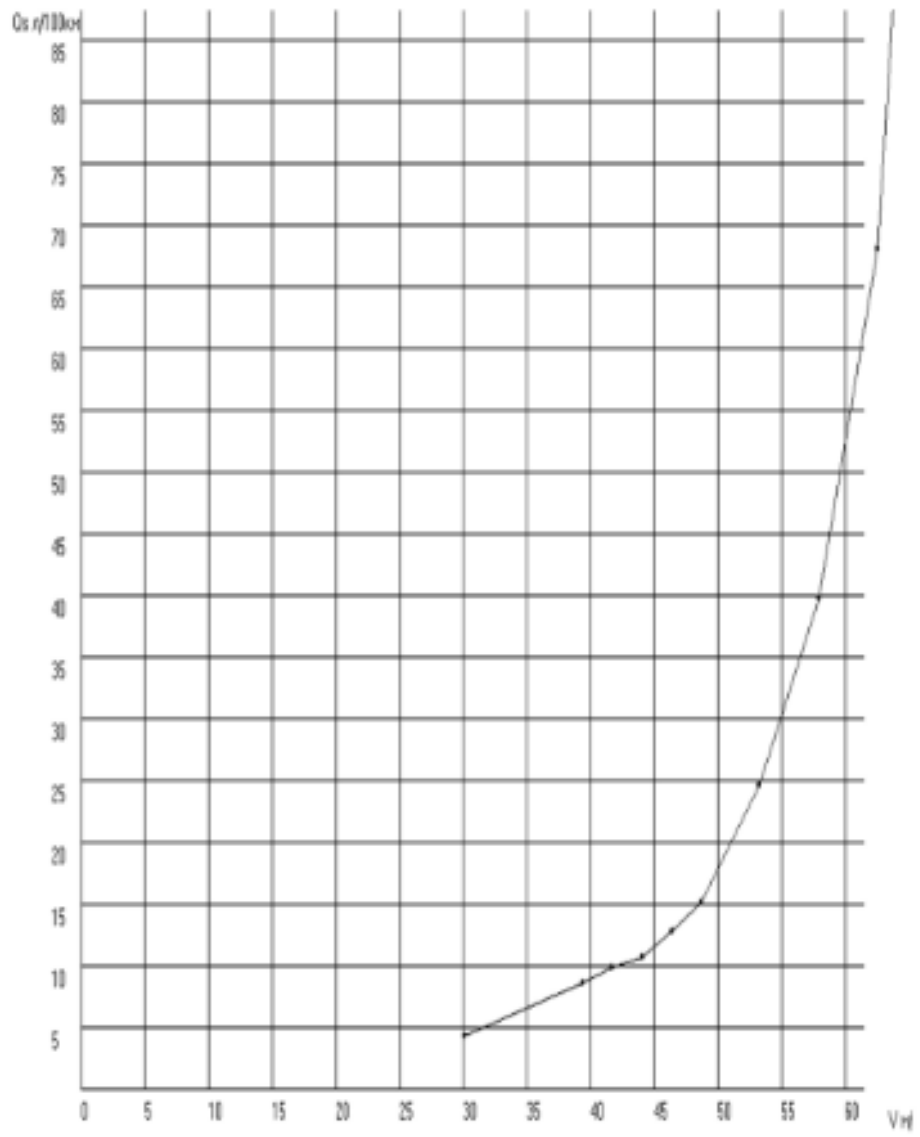


Рисунок А.17 Расход топлива