

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «Проектирование и
эксплуатация автомобилей»
_____ А.В. Бобровский
«02» февраля 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Мурадов Эмиль Шахинович

1. Тема Разработка привода включения передач КПП спортивного автомобиля класса «Формула Студент»

2. Срок сдачи студентом законченного проекта « 01 » июня 2016 г.

3. Исходные данные к дипломному проекту

Колёсная формула: 4x2; количество мест: 1; снаряженная масса $m_0=240$ кг; максимальная скорость $V_{max}=160$ км/ч; тип и размерность колеса: 205/510R13; коэффициент аэродинамического сопротивления $C_x=0,3$; величина максимального преодолеваемого уклона $i=0,34$; КПД трансмиссии $\eta_{тр}=0,93$; коэффициент сопротивления качению $f_0=0,02$

Цель проекта: Разработка привода включения передач КПП спортивного автомобиля класса «Формула Студент»

4. Содержание дипломного проекта (перечень подлежащих разработке вопросов):

Аннотация

Содержание

Введение

1. Состояние вопроса

1.1. Назначение агрегата или системы

1.2. Требования, предъявляемые к конструкции агрегата или системы.

1.3. Классификация конструкций агрегата или системы

1.4. Обзор и тенденции развития конструкции агрегата или системы.

1.5. Выбор и обоснование принятого варианта конструкции (предварительное).

2. Защита интеллектуальной собственности

(предусмотрено/не предусмотрено) Руководитель _____

3. Конструкторская часть

- 3.1. Тягово-динамический расчет автомобиля
- 3.2. Выбор компоновочной схемы объекта.
- 3.3. Кинематические, динамические и др. расчеты.
- 3.4. Выбор деталей, подлежащих расчету, определение нагрузочных режимов.
- 3.5. Расчет деталей (на прочность, износостойкость, нагрев и т.п.) и выбор материалов деталей.
- 3.6. Разработка вспомогательных механизмов (для охлаждения, обогрева, смазки, защиты от загрязнений, сигнализации предельного значения параметра и т.д.).

4. Технологическая /Исследовательская часть

Разработка технологии сборки механизма переключения передач

5. Анализ экономической эффективности объекта

Расчёт затрат на производство механизма переключения передач и безубыточного объема производства

6. Безопасность и экологичность объекта

Разработка мероприятий по обеспечению требований охраны труда на участке сборки механизма переключения передач

Заключение

Список литературы

Приложения: - **Графики тягово-динамического расчета**
 - **Спецификации**

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала:
- Автомобиль. Общий вид. 1 лист ф. А1
- Графики тягово-динамического расчета 1 лист ф.А1
- Сборочные чертежи2..... листов форматаА1.....
- Детализация1..... листов формата А1
- Технологическая схема сборки разрабатываемого узла 1 лист ф. А1
- Показатели экономической эффективности объекта 1 лист ф. А1
- Обзор существующих приводов переключения передач 1 лист ф. А1
- Принципиальные пневматическая и электрическая схемы 1 лист ф.А1
- Комплектация 1 лист ф. А1

6. Консультанты по разделам
 Технологическая /Исследовательская часть

_____ / _____ /

Анализ экономической эффективности объекта

_____ / _____ /

Безопасность и экологичность объекта

_____ / _____ /

7. Дата выдачи задания «02» февраля 2016 г.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

А.В. Бобровский

Задание принял к исполнению

Э.Ш. Мурадов

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «Проектирование
и эксплуатация автомобилей»

_____ А.В. Бобровский
(подпись) (И.О. Фамилия)

«02» февраля 2016г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения дипломного проекта

Студента Мурадова Эмиля Шахиновича
по теме Разработка привода включения передач КПП спортивного автомобиля класса
«Формула Студент»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Состояние вопроса	14.04.2016			
2. Тяговый расчет	14.04.2016			
3. Патентное исследование	20.04.2016			
4. Расчет проектируемого механизма	25.04.2016			
5. Чертежи деталей механизмов и узлов	25.04.2016			
6. Исследовательская часть	25.04.2016			
7. Экономическая часть	30.04.2016			
8. Безопасность и экологичность объекта	30.04.2016			
9. Сдача готовых ВКР на предварительную проверку	04.05.2016			
10. Предварительная защита	01.06.2016			

Руководитель дипломного проекта _____
(подпись)

А.В. Бобровский
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению _____
(подпись)

Э.Ш. Мурадов
(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

В данной работе был разработан пневматический привод включения передач, целью которого является обеспечение лучшей управляемости и сокращение времени на переключение скоростей на болиде. Был проведен тягово-динамический расчет автомобиля, проработаны вопросы безопасности и экологичности проекта согласно с имеющимися нормами, определена себестоимость.

Дипломный проект состоит из расчетно-пояснительной записки и 10 листов графического материала формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	9
1. Состояние вопроса.....	10
1.1 Назначение привода включения передач	10
1.2 Требования, предъявляемые к конструкции приводов включения передач для болидов Формулы Студент	10
1.3 Классификация конструкций приводов включения передач на болидах Формулы Студент	11
1.4 Обзор и тенденции развития конструкции привода включения передач на болидах Формулы Студент	13
1.5 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции	14
2. Защита интеллектуальной собственности.....	19
3. Конструкторская часть.....	20
3.1 Тягово-динамический расчет	20
3.1.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета.....	20
3.1.2 Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя.....	22
3.1.3 Определение передаточного числа главной передачи.....	23
3.1.4 Силовой баланс автомобиля.....	24
3.1.5 Динамическая характеристика автомобиля.....	26
3.1.6 Разгон автомобиля.....	29
3.1.7 Время и путь разгона.....	32
3.1.8 Мощностной баланс автомобиля.....	34
3.1.9 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля.....	37
3.2 Расчёт пневматического оборудования.....	40
3.2.1 Расчёт пневмоцилиндра.....	41
3.2.2 Расчёт расхода сжатого воздуха.....	42
3.2.3 Расчёт источника сжатого газа.....	43
4. Технологическая часть.....	44

4.1 Анализ исходных данных для разработки технологического процесса.....	44
4.2 Выбор действующего типового, группового технологического процесса или поиска аналога единичного процесса сборки.....	45
4.3 Проведение размерного анализа конструкции собираемого изделия, выбор технологических баз и схем базирования, установление рациональных методов сборки.....	45
4.4 Составление технологического маршрута сборки изделия. Определение типа производства и организационной формы сборки.....	45
5. Анализ экономической эффективности объекта.....	57
5.1 Составление сметы затрат на выполнение НИиОКР.....	57
5.2 Определение суммарной длительности НИиОКР. Нарастание технической готовности по этапам.....	59
5.3 Расчет статей затрат и составление сметы на проведение НИиОКР.....	61
5.4 Расчет амортизационных отчислений.....	65
5.5 Расчет накладных расходов.....	66
5.6 Расчет затрат на материалы, комплектующие и покупные изделия с учетом транспортно-заготовительных расходов.....	66
5.7 Анализ полученных экономических показателей.....	68
6. Безопасность и экологичность технического объекта.....	69
Заключение.....	82
Список использованных источников.....	83
Приложения.....	85
А Графики тягово-динамического расчета.....	85
Б.1 Спецификация привода пневматического в сборе.....	95
Б.2 Спецификация пневмораспределителя в сборе.....	96
Б.3 Спецификация ресивера в сборе.....	97

ВВЕДЕНИЕ

Формула SAE, более известная в Европе как Формула Студент – это студенческие инженерные соревнования, изначально организованные Сообществом Автомобильных Инженеров (Society of Automotive Engineers, SAE) и входящие в Серию Студенческих Инженерных соревнований (Collegiate Design Series) SAE. По замыслу соревнований команда студентов университета является инженерной компанией, которая должна разработать, построить, испытать прототип автомобиля формульного класса для рынка непрофессиональных гоночных автомобилей. Испытанием для команд является сама постройка болида, который сможет успешно пройти все дисциплины на соревнованиях.

Для создания конкурентоспособного автомобиля, каждый год командам приходится усложнять его конструкцию. На сегодняшний день болид, разрабатываемый командой Формулы Студент ТГУ, имеет двигатель и КПП от мотоцикла Honda CBR 600RR. Привод включения передач является полностью механическим и состоит из рычага переключения тяги, соединённой со штоком включения передач КПП. Для того чтобы переключить передачу водителю приходится очень часто убирать руку с рулевого колеса, что уменьшает управляемость и контроль над болидом. А в связи с тем, что трассы соревнований имеют много поворотов, то переключать передачи приходится много и часто. При этом тратятся какие-то лишние секунды на переключение, что также влияет на результат заезда.

1. Состояние вопроса

1.1 Назначение привода включения передач

Привод включения передач предназначен для обеспечения включения требуемой передачи на ходу автомобиля. Специфика переключения скоростей на спортивном автомобиле состоит в необходимости быстрого и четкого включения передач, легкости управления КПП и надежности привода переключения.

1.2 Требования, предъявляемые к конструкции приводов включения передач для болидов Формулы Студент

Согласно пункту T10.1 технического регламента FormulaSAE, системы, использующие сжатый газ как движущую силу, должны соответствовать следующим требованиям:

1. Рабочий газ должен быть невоспламеняемым. Например: воздух, азот, углекислый газ.
2. Баллон с газом должен быть от официального производителя, спроектирован под требуемое давление, сертифицирован аккредитованной испытательной лабораторией страны производителя, иметь соответствующий товарный знак фирмы производителя.
3. Регулятор давления должен быть установлен непосредственно на баллон с газом.
4. Баллон с газом и газовые трубки должны быть защищены от опрокидывания болида, столкновений болида в любых направлениях с другими объектами, повреждений, вызванных неисправностью работы вращающихся деталей.
5. Баллон с газом и регулятор давления должны быть расположены либо за главной дугой болида внутри пространства, создаваемого главной дугой и рамой (см. пункт T3.3), либо в боковом крыле. В любом случае баллон с газом и регулятор давления должны быть защищены элементами

конструкции рамы, которые должны соответствовать пунктам Т3.24 и Т3.33 регламента. Баллон с газом и регулятор давления не должны располагаться в кабине водителя.

6. Баллон с газом должен быть надёжно установлен к раме, двигателю или трансмиссии.

7. Ось баллона с газом не должна быть направлена на водителя.

8. Баллон с газом должен быть изолирован от любых источников высокой температуры, например, системы выхлопа.

9. Газовые трубки и фитинги должны соответствовать максимально возможному рабочему давлению в системе.

1.3 Классификация конструкций приводов включения передач на болидах Формулы Студент

На гоночных болидах Формула Студент в качестве привода к КПП используются гидравлические (рис.1.1), механические (рычажные и тросовые) (рис.1.2 и рис.1.3), электрические, пневматические системы.



Рисунок 1.1– Гидравлическая система переключения передач



Рисунок 1.2– Механическая тросовая система переключения передач



Рисунок 1.3– Механическая рычажная система переключения передач

1.4 Обзор и тенденции развития конструкции привода включения передач на болидах Формулы Студент

Текущий привод включения передач представляет собой металлическую тягу, соединённую с рычагом переключения передач на одном конце и коромыслом переключения передач КПП на другом (Рис. 1.4 и 1.5).



Рисунок 1.4 – Расположение рычага переключения передач и тяги



Рисунок 1.5 – Соединение тяги с коромыслом переключения передач КПП

Переключение передач происходит при смещении рычага вперед или назад благодаря тяге, соединённой непосредственно с КПП болида.

В развитии конструкции приводов включения передач на болидах Формулы Студент наблюдаются следующие тенденции:

- 1) снижение веса конструкции
- 2) применение сервоприводов
- 3) применение кнопок или подрулевых лепестков вместо рычага переключения

1.5 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции

В качестве привода включения передач был выбран поршневой пневмоцилиндрдвухстороннего действия с односторонним штоком (Рис.1.6).

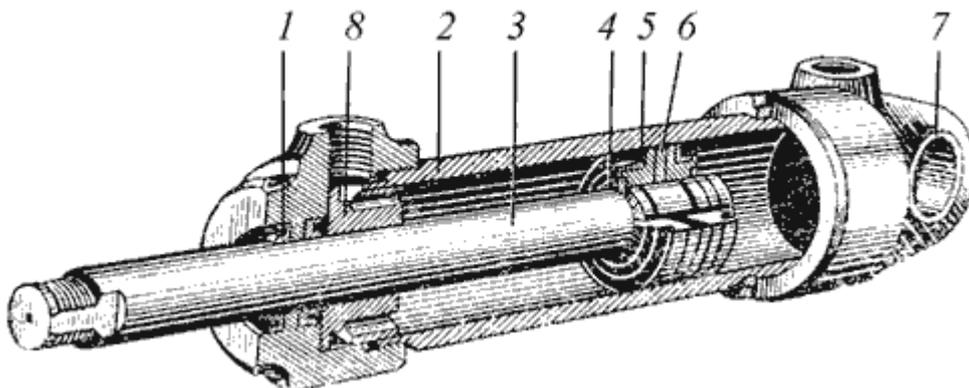


Рисунок 1.6 – Пневмоцилиндр:

1 - грязесъемник; 2 - гильза; 3 - шток; 4 - стопорное кольцо; 5 - манжета; 6 - поршень; 7 - проушина; 8 - грундбукса

Область и масштабы применения пневматического привода обусловлены его достоинствами и недостатками, вытекающими из особенностей свойств воздуха. В отличие от жидкостей, применяемых в гидроприводах, воздух, как и все газы, обладает высокой сжимаемостью и малой плотностью в исходном атмосферном состоянии (около $1,25 \text{ кг/м}^3$), значительно меньшей вязкостью и большей текучестью, причем его вязкость

существенно возрастает при повышении температуры и давления. Отсутствие смазочных свойств воздуха и наличие некоторого количества водяного пара, который при интенсивных термодинамических процессах в изменяющихся объемах рабочих камер пневмомашин может конденсироваться на их рабочих поверхностях, препятствует использованию воздуха без придания ему дополнительных смазочных свойств и влагопонижения. В связи с этим в пневмоприводах имеется потребность кондиционирования воздуха, т.е. придания ему свойств, обеспечивающих работоспособность и продляющих срок службы элементов привода.

С учетом вышеописанных отличительных особенностей воздуха рассмотрим достоинства пневмопривода в сравнении с его конкурентами - гидро- и электроприводом.

1. Простота конструкции и технического обслуживания. Изготовление деталей пневмомашин и пневмоаппаратов не требует такой высокой точности изготовления и герметизации соединений, как в гидроприводе, т.к. возможные утечки воздуха не столь существенно снижают эффективность работы и КПД системы. Внешние утечки воздуха экологически безвредны и относительно легко устраняются. Затраты на монтаж и обслуживание пневмопривода несколько меньше из-за отсутствия возвратных пневмолиний и применения в ряде случаев более гибких и дешевых пластмассовых или резиновых (резинотканевых) труб. В этом отношении пневмопривод не уступает электроприводу. Кроме того, пневмопривод не требует специальных материалов для изготовления деталей, таких как медь, алюминий и т.п., хотя в ряде случаев они используются исключительно для снижения веса или трения в подвижных элементах.

2. Пожаро- и взрывобезопасность. Благодаря этому достоинству пневмопривод не имеет конкурентов для механизации работ в условиях, опасных по воспламенению и взрыву газа и пыли, например в шахтах с обильным выделением метана, в некоторых химических производствах, на мукомольных предприятиях, т.е. там, где недопустимо искрообразование.

Применение гидропривода в этих условиях возможно только при наличии централизованного источника питания с передачей гидроэнергии на относительно большое расстояние, что в большинстве случаев экономически нецелесообразно.

3. Надежность работы в широком диапазоне температур, в условиях пыльной и влажной окружающей среды. В таких условиях гидро- и электропривод требуют значительно больших затрат на эксплуатацию, т.к. при температурных перепадах нарушается герметичность гидросистем из-за изменения зазоров и изолирующих свойств электротехнических материалов, что в совокупности с пыльной, влажной и нередко агрессивной окружающей средой приводит к частым отказам. Благодаря высокой надежности пневмопривод часто используется в тормозных системах мобильных и стационарных машин.

4. Значительно больший срок службы, чем гидро- и электропривода. Срок службы оценивают двумя показателями надежности: гамма-процентной наработкой на отказ и гамма-процентным ресурсом. Для пневматических устройств циклического действия ресурс составляет от 5 до 20 млн. циклов в зависимости от назначения и конструкции, а для устройств нециклического действия около 10-20 тыс. часов. Это в 2 - 4 раза больше, чем у гидропривода, и в 10-20 раз больше, чем у электропривода.

5. Высокое быстродействие. Здесь имеется в виду не скорость передачи сигнала (управляющего воздействия), а реализуемые скорости рабочих движений, обеспечиваемых высокими скоростями движения воздуха. Поступательное движение штока пневмоцилиндра возможно до 15 м/с и более, а частота вращения выходного вала некоторых пневмомоторов (пневмотурбин) до 100 000 об/мин. Это достоинство в полной мере реализуется в приводах циклического действия, особенно для высокопроизводительного оборудования, например в манипуляторах, прессах, машинах точечной сварки, в тормозных и фиксирующих устройствах, причем увеличение количества одновременно срабатывающих

пневмоцилиндров (например в многоместных приспособлениях для зажима деталей) практически не снижает время срабатывания. Большая скорость вращательного движения используется в приводах сепараторов, центрифуг, шлифовальных машин, бормашин и др. Реализация больших скоростей в гидроприводе и электроприводе ограничивается их большей инерционностью (масса жидкости и инерция роторов) и отсутствием демпфирующего эффекта, которым обладает воздух.

6. *Возможность передачи пневмоэнергии на относительно большие расстояния* по магистральным трубопроводам и снабжение сжатым воздухом многих потребителей. В этом отношении пневмопривод уступает электроприводе, но значительно превосходит гидропривод, благодаря меньшим потерям напора в протяженных магистральных линиях.

7. *Отсутствие необходимости в защитных устройствах от перегрузки давлением у потребителей.* Требуемый предел давления воздуха устанавливается общим предохранительным клапаном, находящимся на источниках пневмоэнергии. Пневмодвигатели могут быть полностью заторможены без опасности повреждения и находиться в этом состоянии длительное время.

8. *Безопасность для обслуживающего персонала* при соблюдении общих правил, исключающих механический травматизм. В гидро- и электроприводах возможно поражение электрическим током или жидкостью при нарушении изоляции или разгерметизации трубопроводов

9. *Улучшение проветривания рабочего пространства* за счет отработанного воздуха. Это свойство особенно полезно в горных выработках и помещениях химических и металлообрабатывающих производств.

10. *Нечувствительность к радиационному и электромагнитному излучению.* В таких условиях электрогидравлические системы практически непригодны. Это достоинство широко используется в системах управления космической, военной техникой, в атомных реакторах и т.п.

Несмотря на вышеописанные достоинства, применяемость пневмопривода ограничивается в основном экономическими соображениями из-за больших потерь энергии в компрессорах и пневмодвигателях, а также других недостатков, описанных ниже.

1. *Высокая стоимость пневмоэнергии.* Если гидро- и электропривод имеют КПД, соответственно, около 70 % и 90 %, то КПД пневмопривода обычно 5-15 % и очень редко до 30 %. Во многих случаях КПД может быть 1 % и менее. По этой причине пневмопривод не применяется в машинах с длительным режимом работы и большой мощности, кроме условий, исключающих применение электроэнергии (например, горнодобывающие машины в шахтах, опасных по газу).

2. *Относительно большой вес и габариты пневмомашин* из-за низкого рабочего давления. Если удельный вес гидромашин, приходящийся на единицу мощности, в 5-10 раз меньше веса электромашин, то пневмомашин имеют примерно такой же вес и габариты, как последние.

3. *Трудность обеспечения стабильной скорости движения* выходного звена при переменной внешней нагрузке и его фиксации в промежуточном положении. Вместе с тем мягкие механические характеристики пневмопривода в некоторых случаях являются и его достоинством.

4. *Высокий уровень шума*, достигающий 95-130 дБ при отсутствии средств для его снижения. Наиболее шумными являются поршневые компрессоры и пневмодвигатели, особенно пневмомолоты и другие механизмы ударно-циклического действия. Наиболее шумные гидроприводы (к ним относятся приводы с шестеренными машинами) создают шум на уровне 85-104 дБ, а обычно уровень шума значительно ниже, примерно как у электромашин, что позволяет работать без специальных средств шумопонижения.

5. *Малая скорость передачи сигнала* (управляющего импульса), что приводит к запаздыванию выполнения операций. Скорость прохождения сигнала равна скорости звука и, в зависимости от давления воздуха, составляет примерно от

150 до 360 м/с. В гидроприводе и электроприводе, соответственно, около 1000 и 300 000 м/с.

Перечисленные недостатки могут быть устранены применением комбинированных пневмоэлектрических или пневмогидравлических приводов.

Выбранная пневмосистема представляет собой пневмоцилиндр, два 3-х линейных 2-х позиционных электромагнитных клапана, регулятор давления, баллон с газом, соединительные пневмотрубки и фитинги (Рис.1.7).

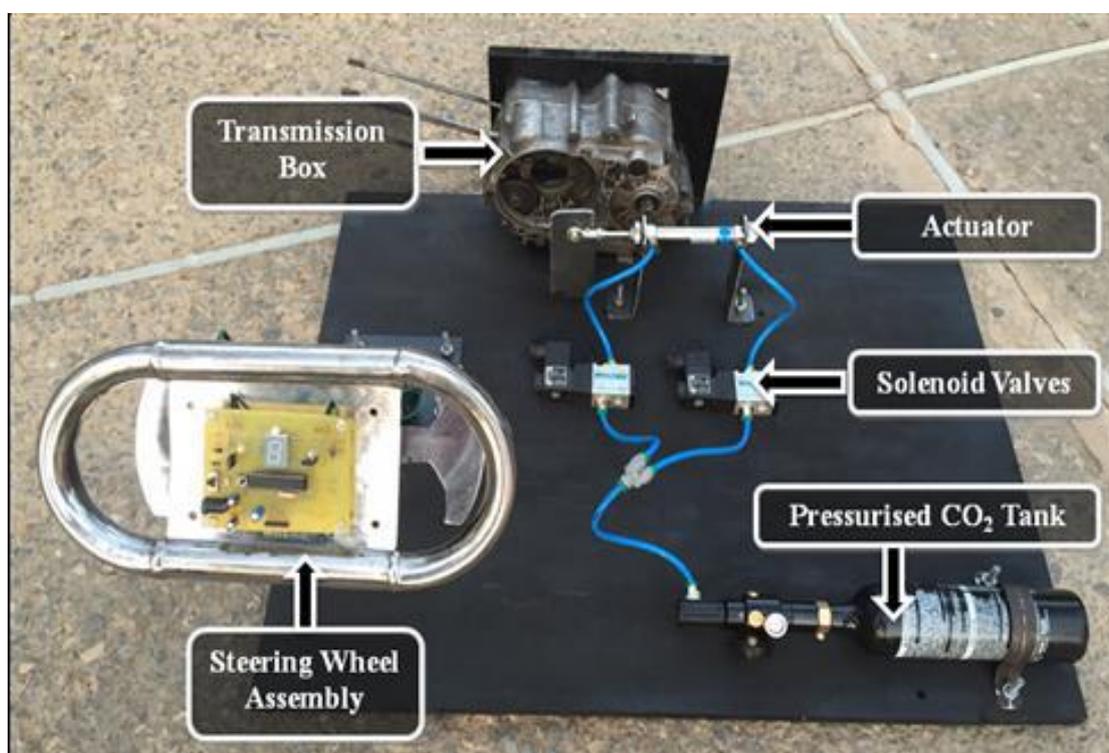


Рисунок 1.7 – Комплектация пневмопривода

2. Защита интеллектуальной собственности

Не предусмотрена заданием на выполнение дипломного проекта.

3. Конструкторская часть

3.1 Тягово-динамический расчет

Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета заднеприводного легкового автомобиля «FormulaStudent» сведем в таблицу 1.

Таблица 3.1 - Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета

Параметр	Значение
Колесная формула	4x2
Количество мест	1
Снаряженная масса m_0 , кг	240
Максимальная скорость V_{max} , км/ч (м/с)	160 (44,44)
Угловая скорость коленчатого вала ω_e^{max} , рад/с (об/мин)	1413,72 (13500)
Максимальная мощность двигателя N_e^{max} , кВт	86,8
Максимальный крутящий момент двигателя M_e^{max} , Н·м	76,76
Тип и размерность колеса	205/510R13
Коэффициент аэродинамического сопротивления C_x	0,3
Величина максимального преодолеваемого уклона i	0,34
КПД трансмиссии $\eta_{тр}$	0,93
Габаритная ширина автомобиля B , мм	1460
Габаритная высота автомобиля H , мм	1160
Коэффициент сопротивления качению f_0	0,02
Передаточные числа:	
– первой передачи коробки передач U_1	5,8
– второй передачи коробки передач U_2	4,22
– третьей передачи коробки передач U_3	3,5
– четвертой передачи коробки передач U_4	3,04
– пятой передачи коробки передач U_5	2,74
– шестой передачи коробки передач U_6	2,53
– главной передачи U_0	2,62

3.1.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета

Полная масса автомобиля:

$$m_a = m_0 + m_ч \cdot n + m_б \cdot n , \quad (3.1.1)$$

где: m_0 – снаряженная масса автомобиля, кг;

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

n – число пассажиров;

$m_{\text{б}}$ – вес багажа.

$$m_a = 240 + 75 \cdot 1 = 315 \text{ кг}$$

Полный вес автомобиля:

$$G_a = m_a \cdot g, \quad (3.1.2)$$

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

$$G_a = 315 \cdot 9,81 = 3090 \text{ Н}$$

Автомобиль имеет заднеприводную компоновку (задние колеса ведущие), принимаем распределение веса по осям в соотношении: 48% на передние колеса и 52% - на задние.

Вес, приходящийся на ведущие колеса:

$$G_1 = 0,48 \cdot G_a = 0,48 \cdot 3090 = 1483 \text{ Н};$$

Вес, приходящийся на ведомые колеса:

$$G_2 = 0,52 \cdot G_a = 0,52 \cdot 3090 = 1607 \text{ Н}$$

Параметры обтекаемости автомобиля

Коэффициент обтекаемости

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2}, \quad (3.1.3)$$

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

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

Лобовая площадь автомобиля

$$F = 0,8 \cdot B \cdot H, \quad (3.1.4)$$

где: B – габаритная ширина автомобиля, м;

H – габаритная высота автомобиля, м.

$$F = 0,8 \cdot 1,46 \cdot 1,16 = 1,345 \text{ м}^2$$

Согласно выбранной ширине 205/510R13, радиус качения данной шины рассчитывается по формуле:

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (3.1.5)$$

где: d – посадочный диаметр шины, дюйм;

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

H – высота профиля шины.

$$r_k = 0,5 \cdot 0,33 + 0,85 \cdot 0,11 = 0,258 \text{ м}$$

3.1.2 Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя

Мощность двигателя при максимальной принятой скорости движения:

$$N_V = N_{\max} \cdot (a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3) , \quad (3.1.6)$$

где: a, b, c – эмпирические коэффициенты ($a = b = c = 1$ для карбюраторного двигателя),

$$\lambda = \frac{\omega_{\max}}{\omega_N} = 1,05.$$

$$N_V = 76760 \cdot (1,05 + 1,05^2 - 1,05^3) = 76367 \text{ Вт.}$$

Рассчитываем ВСХ двигателя по формуле:

$$N_e = N_{\max} \left[\frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] , \quad (3.1.7)$$

где: ω_e – текущее значение угловой скорости коленвала, рад/с;

ω_N – угловая скорость коленвала при максимальной мощности, рад/с (1413,72 рад/с).

N_e – текущее значение эффективной мощности двигателя, Вт.

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

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}, \quad (3.1.8)$$

Рассчитываем зависимости $N_e(\omega_e)$ и $M_e(\omega_e)$. Результаты расчетов сводим в таблицу (см. табл.6) и представляем в виде графика.

Таблица 3.2 – Результаты расчетов

n_e , об/мин	ω_e , рад/с	N_e , Вт	M_e , Н·м
2500	261,8	16,4	62,5
3500	366,52	23,7	64,7
5500	575,95	38,8	67,4
6500	680,67	46,2	67,8

Продолжение таблицы 3.2

8500	890,11	59,6	67
9500	994,83	65,3	65,6
10500	1099,56	70,02	63,7
11500	1204,3	73,6	61,1
13500	1413,72	76,76	54,3

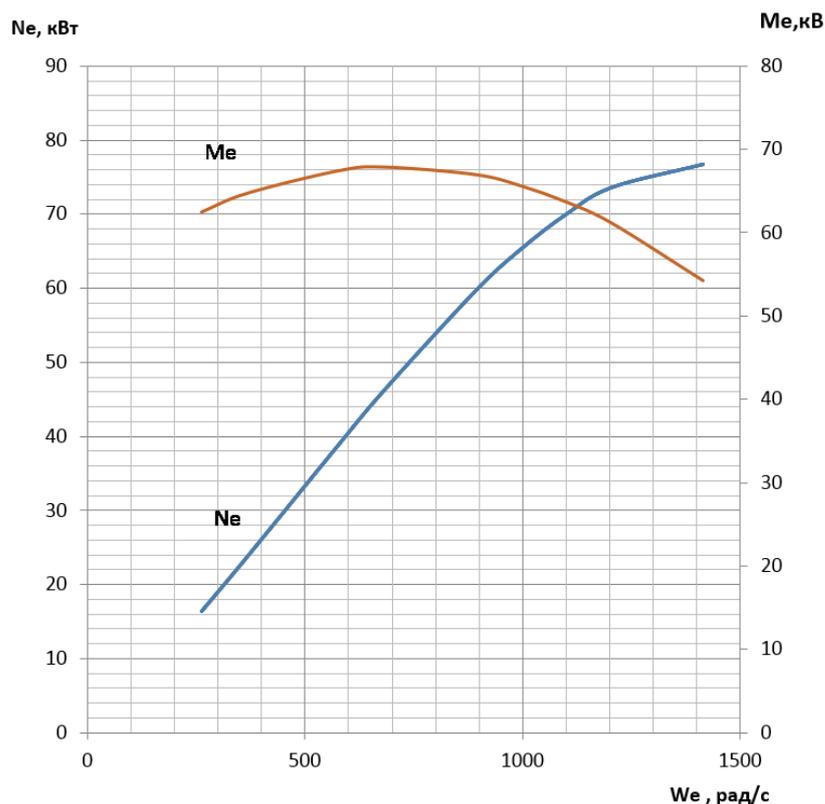


Рисунок 3.1 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

3.1.3 Определение передаточного числа главной передачи

Передаточное число главной передачи U_0 определяется, исходя из заданного значения максимальной скорости автомобиля V_{\max} :

$$U_0 = \frac{r_k \cdot \omega_{\max}}{U_k \cdot V_{\max}}, \quad (3.1.9)$$

где: $U_k = U_3 = 3,5$ – передаточное число высшей передачи в коробке передач автомобиля, на которой обеспечивается максимальная скорость;

$$U_0 = \frac{0,258 \cdot 1413,72}{3,5 \cdot 44,44} = 2,34 .$$

Для дальнейших расчетов принимаем значение главной

передачи принятой в задании на курсовой проект $U_0=2,62$.

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

3.1.3 Силовой баланс автомобиля

Уравнение силового баланса:

$$F_T = F_d + F_v + F_u, \quad (3.1.10)$$

где: F_m – сила тяги ведущих колес, Н;

F_d – сила дорожного сопротивления, Н;

F_v – сила сопротивления воздуха, Н;

F_u – сила сопротивления разгону автомобиля, Н (не учитываем).

Силу тяги на разных передачах рассчитывают по формуле:

$$F_{mi} = \frac{U_{ki} \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \quad (3.1.11)$$

Сила аэродинамического сопротивления воздуха:

$$F_v = k \cdot F \cdot V_a^2, \quad (3.1.12)$$

Сила дорожного сопротивления автомобиля (без учета сопротивления подъему):

$$F_d = G_a \cdot f, \quad (3.1.13)$$

где: $f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_a^2}{2000}\right)$ – зависимость коэффициента трения качения от скорости движения автомобиля.

Пользуемся выбранными при расчете ВСХ значениями ω_e , приводя в соответствие с ними скорости автомобиля на разных передачах.

Результаты расчетов занесем в таблицу 7.

Таблица 3.3 - Результаты расчетов

ω_e	261,7 8	366,48	575,91	680,62	890,05	994,76	1099,4 7	1204,1 8	1413,6 1	
M_e	62,49	64,72	67,40	67,85	66,96	65,62	63,68	61,15	54,30	
Дача	V	4,445	6,222	9,778	11,556	15,111	16,889	18,667	20,445	24,000
	F_m	3422	3545,3	3692,2	3716,7	3667,7	3594,3	3488,3	3349,6	2974,4

Продолжение таблицы 3.3

1 пере-	f	0,020	0,020	0,021	0,021	0,022	0,023	0,023	0,024	0,026
	F_B	7,972	15,625	38,583	53,889	92,153	115,11	140,62	168,69	232,46
	F_D	62,41	62,997	64,755	65,927	68,857	70,615	72,569	74,718	79,602
2 передача	V	6,11	8,55	13,44	15,9	20,8	23,2	25,6	28,1	32,9
	F_m	2490	2579,5	2686,3	2704,2	2668,6	2615,2	2538,0	2437,1	2164,1
	f	0,020	0,021	0,022	0,023	0,024	0,025	0,027	0,028	0,031
3 передача	F_B	15,06	29,516	72,883	101,79	174,07	217,44	265,64	318,65	439,12
	F_D	62,95	64,060	67,381	69,595	75,131	78,452	82,143	86,203	95,428
	V	7,365	10,311	16,203	19,149	25,042	27,988	30,934	33,880	39,772
4 передача	F_m	2065	2139,4	2228	2242,8	2213,3	2169,0	2105,0	2021,3	1794,8
	f	0,021	0,021	0,023	0,024	0,026	0,028	0,030	0,031	0,036
	F_B	21,89	42,908	105,95	147,98	253,06	316,11	386,17	463,24	638,36
5 передача	F_D	63,47	65,086	69,914	73,133	81,180	86,008	91,373	97,276	110,68
	V	8,480	11,872	18,655	22,047	28,831	32,223	35,615	39,006	45,790
	F_m	1794	1858,2	1935,2	1948	1922,4	1883,9	1828,3	1755,6	1558,9
6 передача	f	0,021	0,021	0,023	0,025	0,028	0,030	0,033	0,035	0,041
	F_B	29,01	56,876	140,44	196,15	335,44	419,01	511,88	614,04	846,17
	F_D	64,02	66,156	72,555	76,822	87,488	93,888	101	108,82	126,60
7 передача	V	9,408	13,171	20,698	24,461	31,988	35,751	39,514	43,277	50,804
	F_m	1617	1674,8	1744,2	1755,8	1732,7	1698,0	1647,9	1582,4	1405,1
	f	0,021	0,022	0,024	0,026	0,030	0,033	0,036	0,039	0,046
8 передача	F_B	35,72	70,012	172,88	241,46	412,92	515,79	630,11	755,87	1041,6
	F_D	64,53	67,162	75,039	80,291	93,421	101,30	110,05	119,68	141,56
	V	10,18	14,265	22,416	26,491	34,643	38,718	42,794	46,869	55,021
9 передача	F_m	1493	1546,5	1610,5	1621,2	1599,9	1567,8	1521,6	1461,1	1297,4
	f	0,021	0,022	0,025	0,027	0,032	0,035	0,038	0,042	0,050
	F_B	41,89	82,117	202,77	283,21	484,31	604,97	739,05	886,56	1221,7
10 передача	F_D	65,00	68,089	77,328	83,488	98,889	108,12	118,39	129,69	155,35

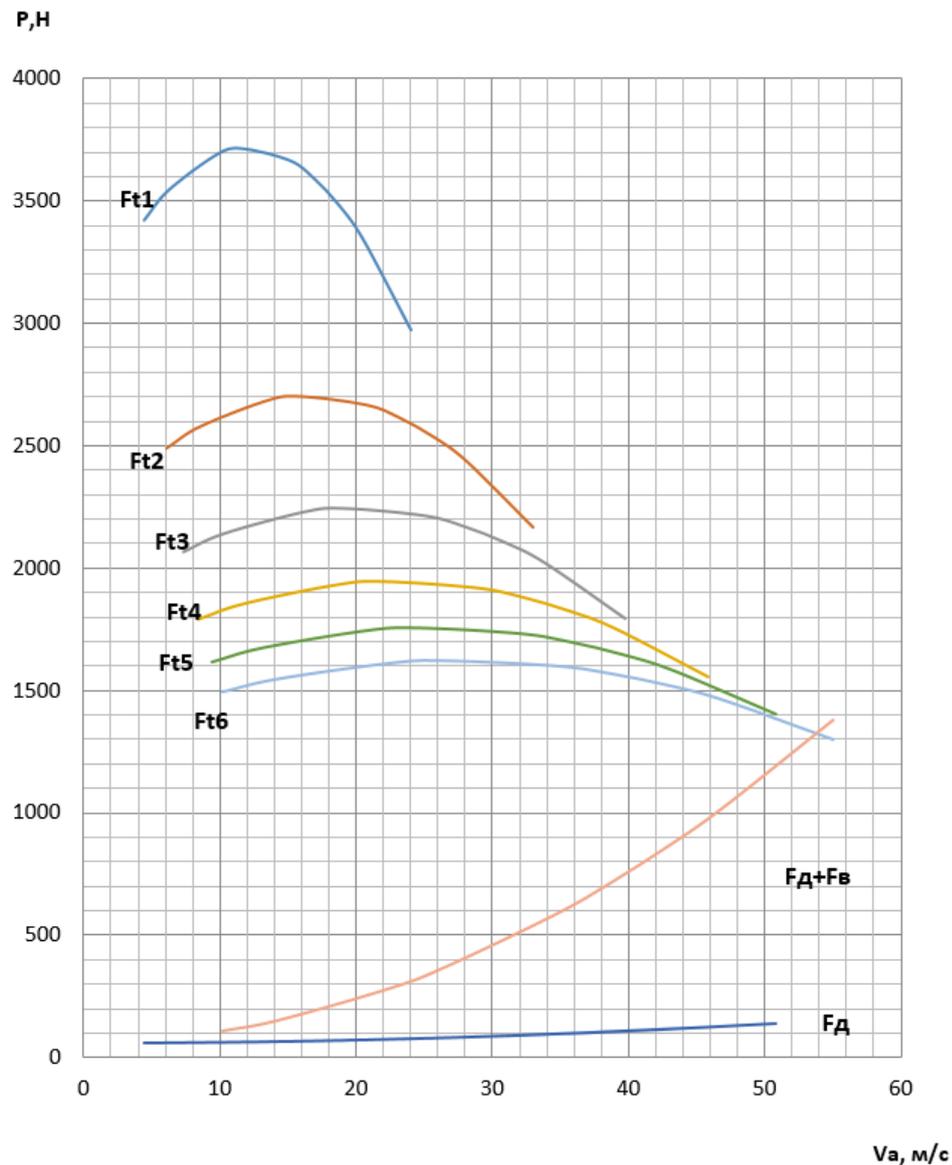


Рисунок 3.2 – Тяговый баланс автомобиля

3.1.4 Динамическая характеристика автомобиля

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_a}, \quad (3.1.14)$$

По этой формуле и данным силового баланса рассчитываем и строим динамическую характеристику автомобиля, которая является 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 8 и представляем графически.

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

$$D_{\text{сц}} \approx \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi}{G_a} = \frac{2062 \cdot 0,8}{3777} = 0,4.$$

Таблица 3.4 - Данные расчета динамической характеристики

ω_e , рад/с	Динамический фактор D					
	I	II	III	IV	V	VI
261,8	1,105	0,801	0,661	0,571	0,512	0,470
366,52	1,142	0,825	0,678	0,583	0,519	0,474
575,95	1,182	0,846	0,687	0,581	0,509	0,456
680,67	1,185	0,842	0,678	0,567	0,490	0,433
890,11	1,157	0,807	0,634	0,514	0,427	0,361
994,83	1,126	0,776	0,600	0,474	0,383	0,312
1099,56	1,083	0,735	0,556	0,426	0,329	0,253
1204,3	1,029	0,686	0,504	0,369	0,267	0,186
1413,72	0,887	0,558	0,374	0,231	0,118	0,024

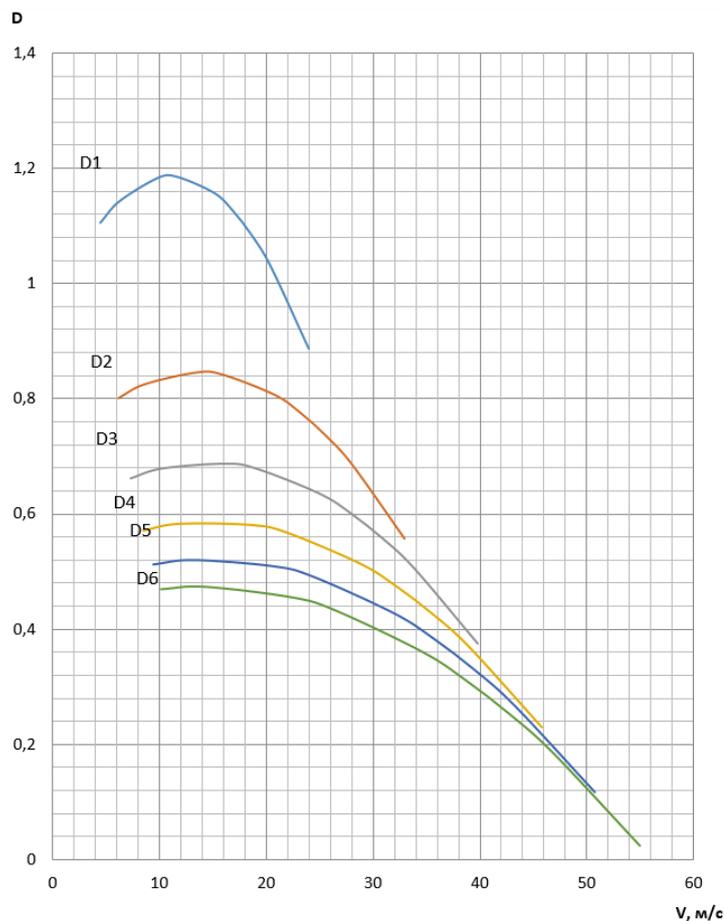


Рисунок 3.3 – Динамическая характеристика автомобиля

3.1.5 Разгон автомобиля

Ускорение во время разгона 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:

$$j = \frac{(D-f) \cdot g}{\delta_{вр}}, \quad (3.1.15)$$

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:

$$\delta_{вр1} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_1^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 5,8^2) = 2,732$$

$$\delta_{вр2} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_2^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 4,22^2) = 1,940$$

$$\delta_{вр3} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 3,5^2) = 1,663$$

$$\delta_{вр4} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 3,04^2) = 1,512$$

$$\delta_{вр5} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 2,74^2) = 1,425$$

$$\delta_{вр6} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 2,53) = 1,370$$

Определяем ускорение разгона, вносим результаты в таблицу 9 и строим график зависимости $j = f(V)$

Таблица 3.5 – Значения ускорение разгона

ω_e , рад/с	Ускорение j , м/с ²					
	I	II	III	IV	V	VI
261,8	3,896	3,947	3,781	3,572	3,378	3,212
366,52	4,029	4,067	3,879	3,643	3,425	3,236
575,95	4,170	4,166	3,919	3,616	3,333	3,083
680,67	4,180	4,144	3,861	3,517	3,194	2,907
890,11	4,075	3,958	3,588	3,148	2,731	2,356
994,83	3,961	3,795	3,374	2,879	2,407	1,981
1099,56	3,8058	3,583	3,108	2,552	2,022	1,539
1204,3	3,609	3,325	2,789	2,168	1,574	1,031
1413,72	3,094	2,666	1,997	1,231	0,494	0,185

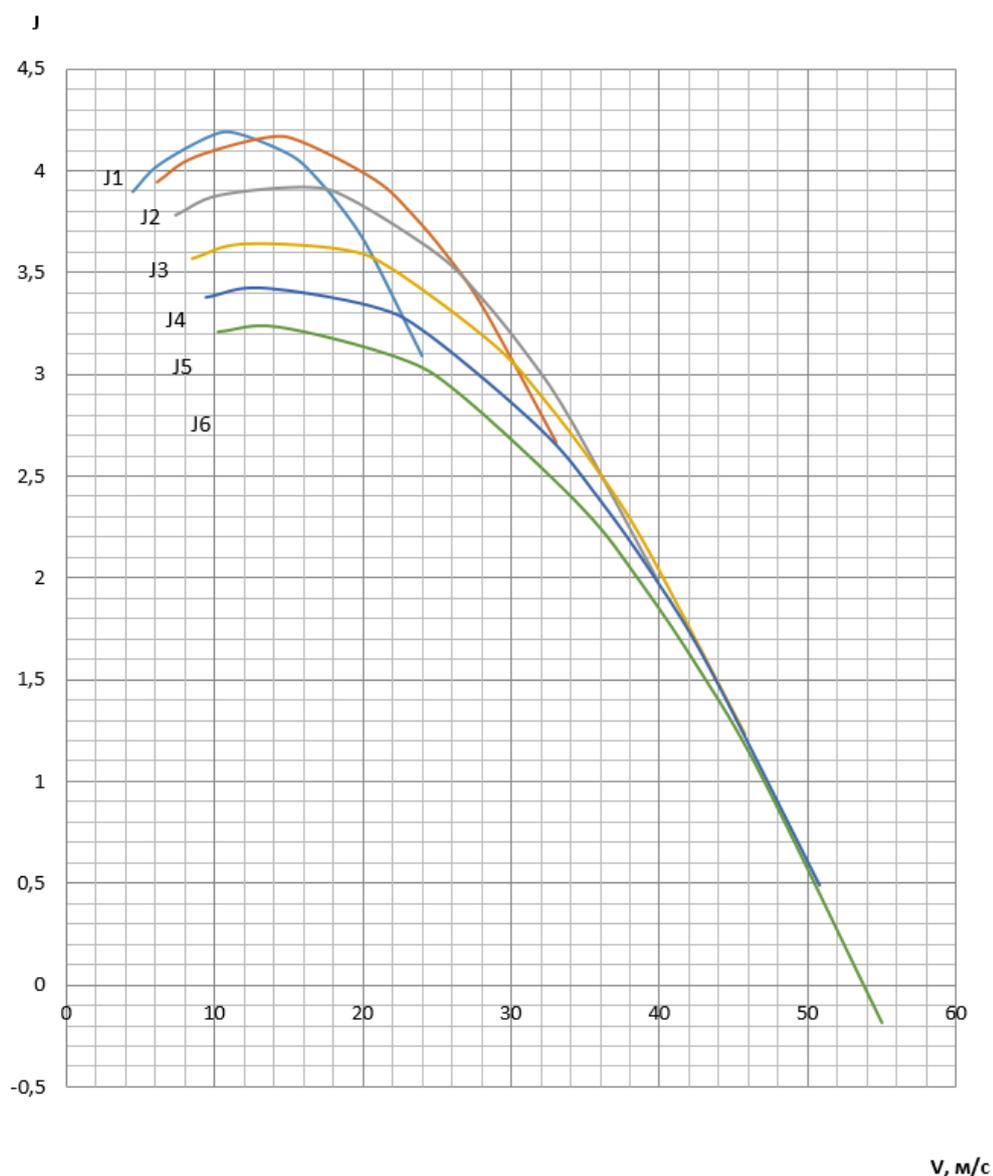


Рисунок 3.4 – Ускорения автомобиля

Затем определяем значения обратных ускорений ($1/j$) и заносим их в таблицу 3.6. Поскольку 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 3.6 – Значения обратных ускорений

ω_e , рад/с	Величина, обратная ускорению $1/j$, $\text{с}^2/\text{м}$					
	I	II	III	IV	V	VI
261,8	0,257	0,253	0,264	0,280	0,296	0,311
366,52	0,248	0,246	0,258	0,274	0,292	0,309
575,95	0,240	0,240	0,255	0,277	0,300	0,324
680,67	0,239	0,241	0,259	0,284	0,313	0,344
890,11	0,245	0,253	0,279	0,318	0,366	0,424

Продолжение таблицы 3.6

994,83	0,252	0,264	0,296	0,347	0,415	0,505
1099,56	0,263	0,279	0,322	0,392	0,495	0,650
1204,3	0,277	0,301	0,358	0,461	0,635	0,970
1413,72	0,323	0,375	0,501	0,813	2,024	2,156

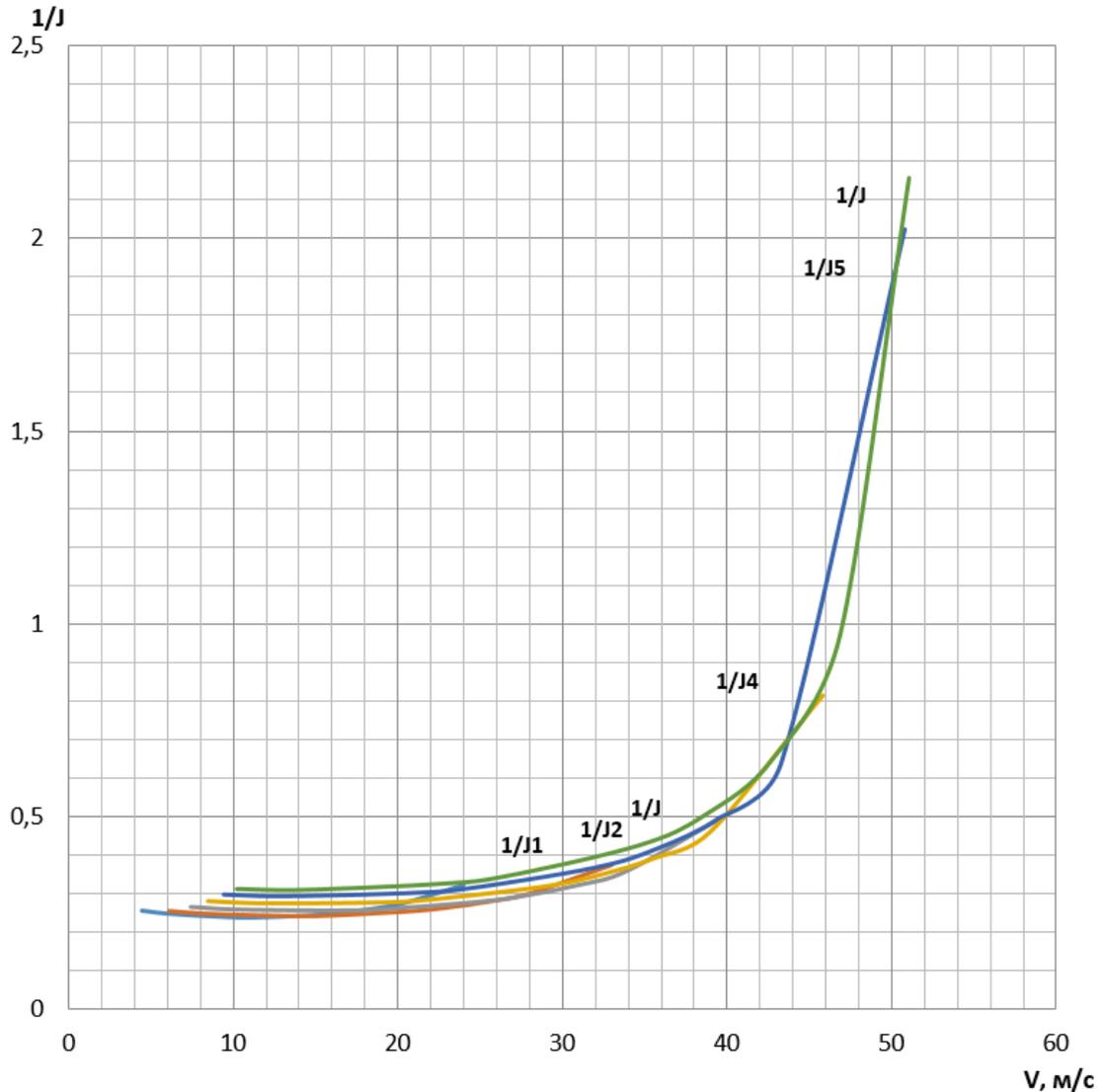


Рисунок 3.5 – Обратные ускорения автомобиля

3.1.6 Время и путь разгона

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

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i), \quad (3.1.16)$$

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 $(1/j) = \text{const}$. Эти величины можно определить следующим образом:

$$\left(\frac{1}{j_{\text{CP}}}\right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2}, \quad (3.1.17)$$

где: k – порядковый номер интервала.

Заменяя точное значение площади под кривой $(1/j)$ в интервале ΔV_k на значение площади прямоугольника со сторонами ΔV_k и $\left(\frac{1}{j_{\text{CP}}}\right)_k$, переходим к приближенному интегрированию:

$$\Delta t = \left(\frac{1}{j_{\text{CP}}}\right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}), \quad (3.1.18)$$

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

где: t_1 – время разгона от скорости V_0 до скорости V_1 ;

t_2 – время разгона до скорости V_2 .

Результаты расчета сводим в таблицу 11

Таблица 3.7 – Значения скорости и времени

$V_a, \text{ м/с}$	$t, \text{ с}$
4,445	0,570
6,223	1,019
9,779	1,887
11,557	2,320
15,112	3,281
25,043	5,974
38,721	9,824
42,797	11,051
46,874	10,981

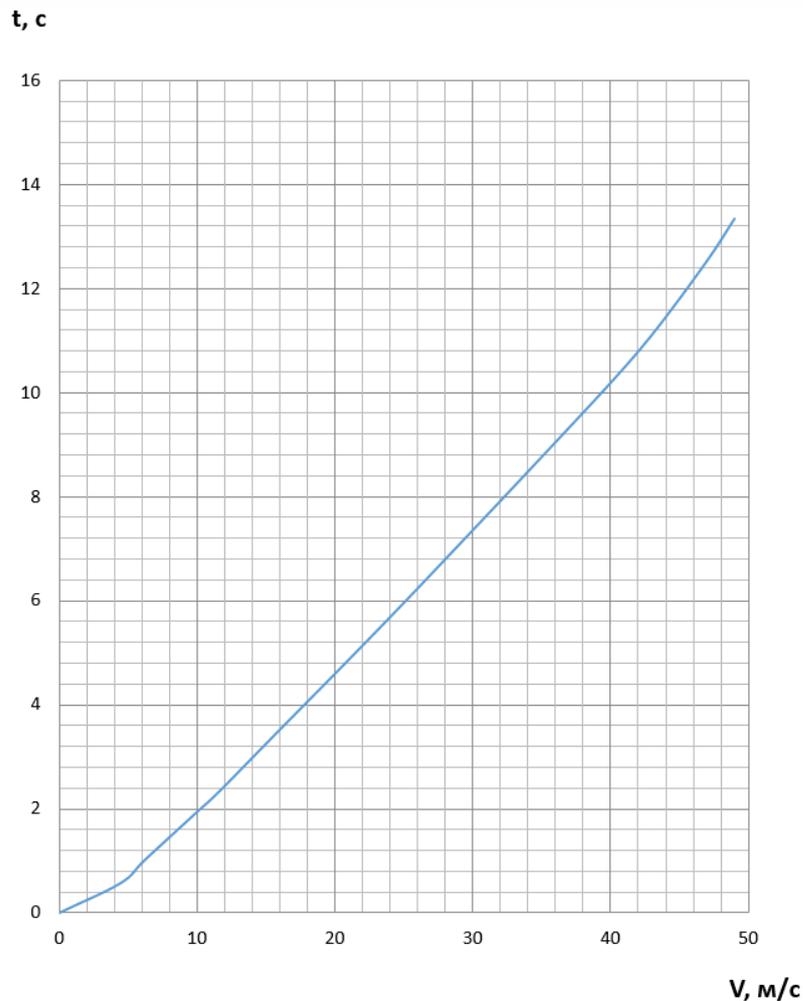


Рисунок 3.6– Время разгона автомобиля

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 каждого из которых находятся соответствующие значения $V_{срк}$.

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

Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом:

$$\Delta S = V_{срк} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{срк} \cdot \Delta t_k, \quad (3.1.19)$$

где: $k=1 \dots m$ – 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 : $S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k$.

Все результаты расчета заносим в таблицу 12

Таблица 3.8 – Значения пути разгона и скорости

$V_a, \text{ м/с}$	$S, \text{ м}$
5,333	2,084
8,000	8,122
10,667	12,140
13,334	23,265
20,077	70,911
31,880	180,448
40,756	224,783
44,832	279,952

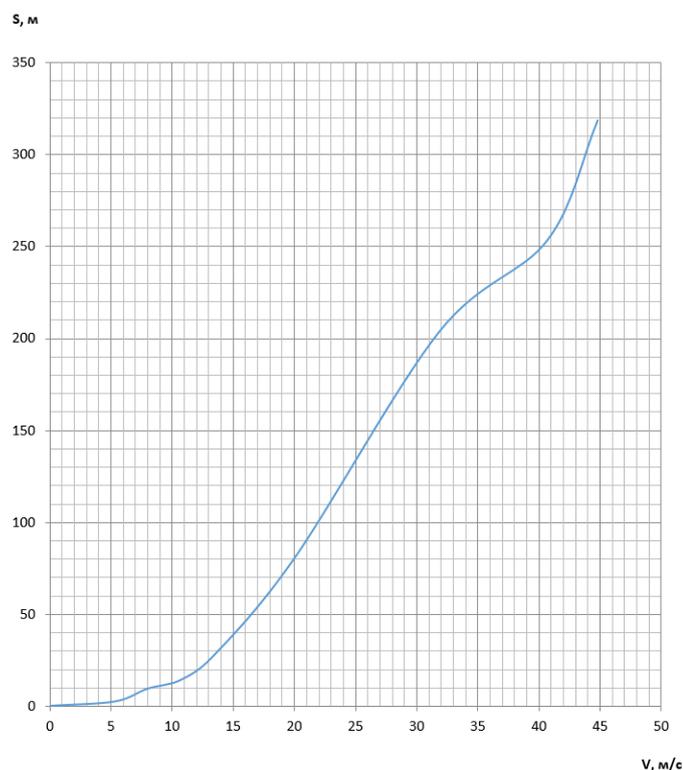


Рисунок 3.7 – Путь разгона автомобиля

3.1.7 Мощностной баланс автомобиля

Уравнение мощностного баланса:

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_n + N_B + N_{и}, \quad (3.1.20)$$

где: N_T – тяговая мощность, подводимая к ведущим колесам, Вт;

$$N_T = N_e \cdot \eta_{тр} = N_e \cdot 0,91 ,$$

$N_{тр}$ – мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии, Вт;

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

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

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

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

Для выбранных ранее интервалов по угловой скорости коленвала двигателя и скорости автомобиля рассчитываем значения мощностного баланса, заполняем таблицу 3.9 и строим графики.

Вверх от кривой N_f откладываем значения мощности сопротивления воздуха N_b .

Таблица 3.9 – Рассчитанные значения мощностного баланса

ω_e , рад/с	2500	3500	5500	6500	8500	9500	10500	11500	13500	
Вт	16,3	23,7	38,82	46,18	59,60	65,2	70,02	73,6	76,7	
1 передача	V , м/с	4,44	6,22	9,779	11,55	15,11	16,9	18,66	20,44	24
	N_T , кВт	15,2	22,0	36,10	42,95	55,42	60,7	65,12	68,48	71,38
	N_b , кВт	0,03	0,09	0,377	0,623	1,393	1,94	2,625	3,449	5,580
	N_{∂} , кВт	0,27	0,39	0,633	0,762	1,041	1,19	1,355	1,528	1,911
	V , м/с	6,11	8,55	13,44	15,8	20,7	23,2	25,65	28,10	32,98
редача	N_T , кВт	15,21	22,0	36,10	42,95	55,42	60,71	65,12	68,48	71,3

Продолжение таблицы 3.9

2 пе-	$N_B, кВт$	0,09	0,252	0,98	1,617	3,616	5,048	6,816	8,955	14,48
	$N_D, кВт$	0,38	0,548	0,90	1,105	1,561	1,821	2,108	2,422	3,148
3 передача	$V, м/с$	7,36	10,31	16,2	19,15	25,04	27,99	30,93	33,88	39,77
	$N_T, кВт$	15,2	22,06	36,1	42,95	55,43	60,72	65,12	68,48	71,38
	$N_B, кВт$	0,16	0,442	1,71	2,834	6,338	8,848	11,94	15,69	25,39
	$N_D, кВт$	0,46	0,671	1,13	1,401	2,033	2,407	2,827	3,296	4,403
4 передача	$V, м/с$	8,48	11,87	18,6	22,04	28,83	32,22	35,61	39,01	45,79
	$N_T, кВт$	15,2	22,06	36,1	42,95	55,42	60,70	65,12	68,48	71,38
	$N_B, кВт$	0,24	0,675	2,62	4,325	9,672	13,50	18,23	23,95	38,75
	$N_D, кВт$	0,54	0,785	1,35	1,694	2,523	3,026	3,597	4,245	5,798
5 передача	$V, м/с$	9,40	13,17	20,6	24,46	31,99	35,75	39,51	43,28	50,80
	$N_T, кВт$	15,2	22,06	36,1	42,95	55,42	60,70	65,12	68,48	71,38
	$N_B, кВт$	0,33	0,922	3,57	5,907	13,20	18,44	24,90	32,71	52,92
	$N_D, кВт$	0,60	0,885	1,55	1,964	2,989	3,622	4,349	5,180	7,193
6 передача	$V, м/с$	10,2	14,26	22,4	26,49	34,64	38,72	42,79	46,87	55,02
	$N_T, кВт$	15,2	22,06	36,1	42,95	55,42	60,70	65,12	68,48	71,38
	$N_B, кВт$	0,42	1,171	4,546	7,503	16,77	23,425	31,63	41,55	67,22
	$N_D, кВт$	0,66	0,971	1,733	2,212	3,426	4,187	5,067	6,079	8,549

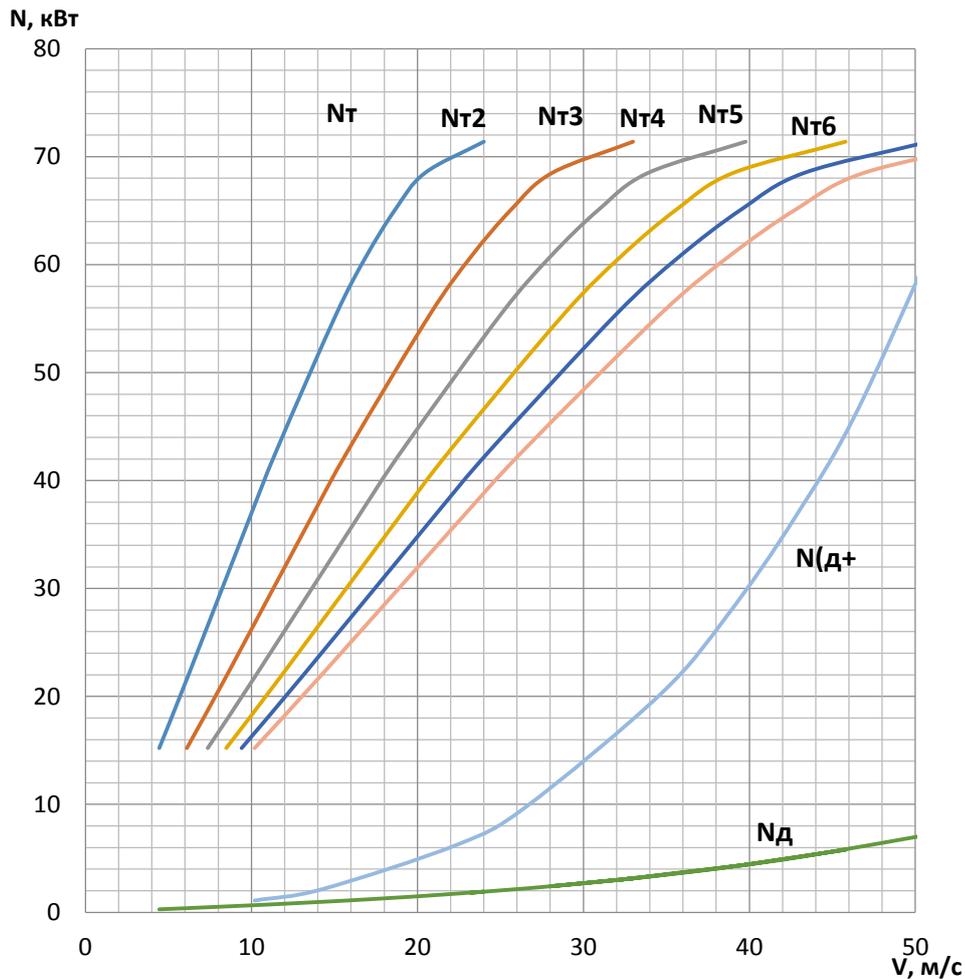


Рисунок 3.8 – Мощностной баланс

3.1.8 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 максимальной. Расход топлива определяется по формуле:

$$Q_s = \frac{1,1 \cdot g_{emin} \cdot K_{И} \cdot K_E \cdot (N_{д} + N_{в})}{36000 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}}, \quad (3.1.21)$$

где: $g_{emin} = 240$ г/(кВт · ч) – минимальный удельный эффективный расход топлива;

$\rho_T = 0,72$ кг/л – плотность топлива;

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

зависимости от степени использования мощности

$$I = \frac{\square_{\partial} + \square_e}{\square_m};$$

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

$$E = \frac{\omega_e}{\omega_{eN}}, \quad (3.1.22)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 14

Таблица 3.10 – Результаты расчета топливно-экономической характеристики автомобиля

ω_e , рад/с	V_a , м/с	Q_s , л/100 км
261,8	4,44	0,5
366,52	9,78	0,84
575,95	15,11	1,27
680,67	18,67	1,73
890,11	24,00	2,26
994,83	25,66	2,5
1099,56	32,9	3,7
1204,3	33,88	3,9
1413,72	39,77	4,86

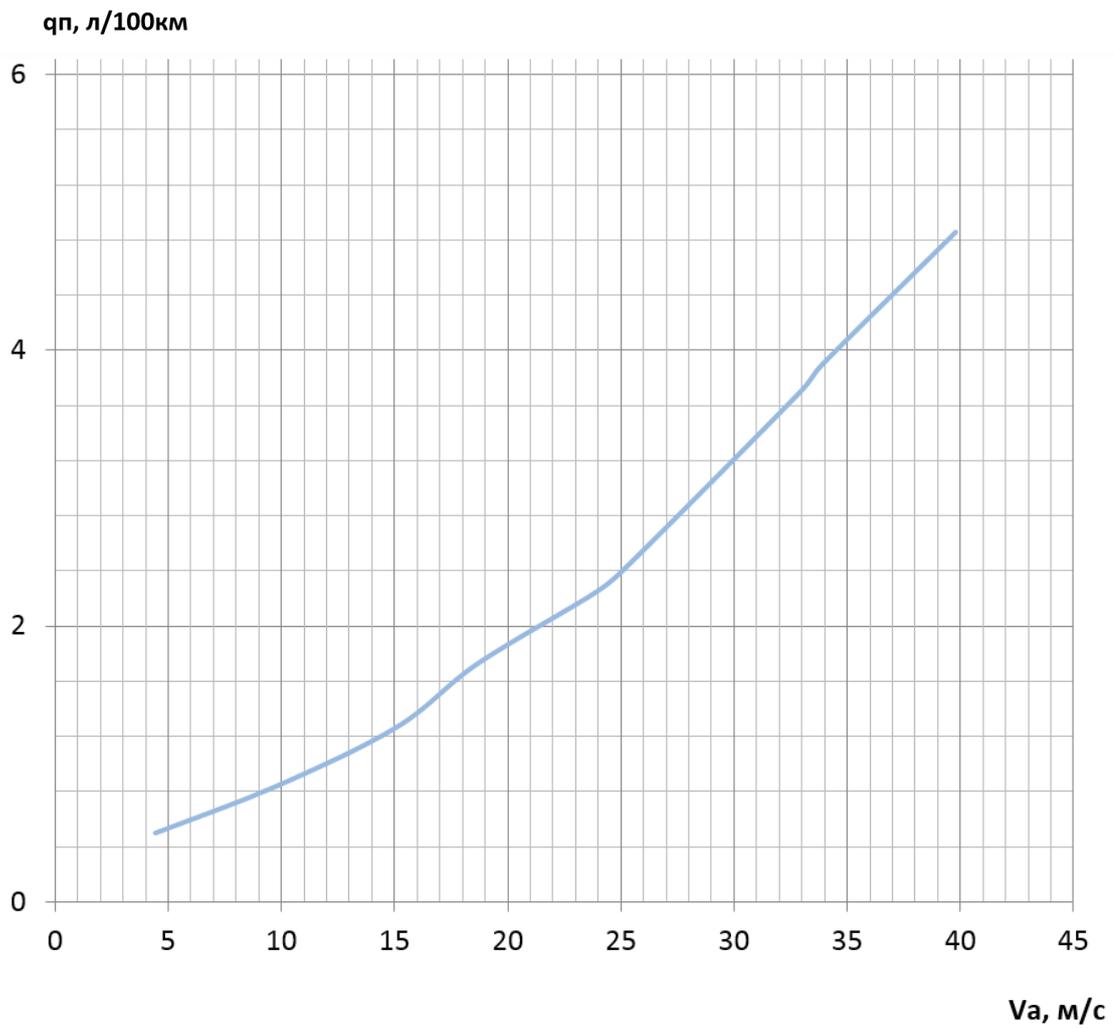


Рисунок 3.9 – Путь расход топлива

3.2 Расчёт пневматического оборудования.

Прежде чем приступить к расчётам пневматического оборудования, было принято решение провести предварительные замеры. С помощью динамометра было установлено, что сила, необходимая для включения передачи, равна 90 Н. Следующим шагом было определение длины хода штока пневмоцилиндра, которая необходима для перемещения коромысла до нужного угла. Для этого замерили плечо коромысла КПП и угол, при котором происходит включение передачи. В результате, плечо – $R=31$ мм и угол – $\theta = 0,314$ рад. Искомая длина хода штока пневмоцилиндра:

$$L = R \cdot \theta \quad (3.2.1),$$

$$L = 31 \cdot 0,314 = 9,7 \text{ мм}$$

Определив усилие и длину хода штока, можно начинать расчёт необходимого диаметра пневмоцилиндра. Зная, что давление численно равно силе, действующей на единицу площади поверхности перпендикулярно этой поверхности;

$$P = F/S \quad (3.2.2)$$

$$S = \pi \cdot r^2 \quad (3.2.3)$$

можно найти искомый диаметр пневмоцилиндра. Как видно из рисунка 3.2.1 достаточное усилие на штоке пневмоцилиндра можно получить при диаметре поршня в 20 мм и при давлении сжатого воздуха в 3 бар.

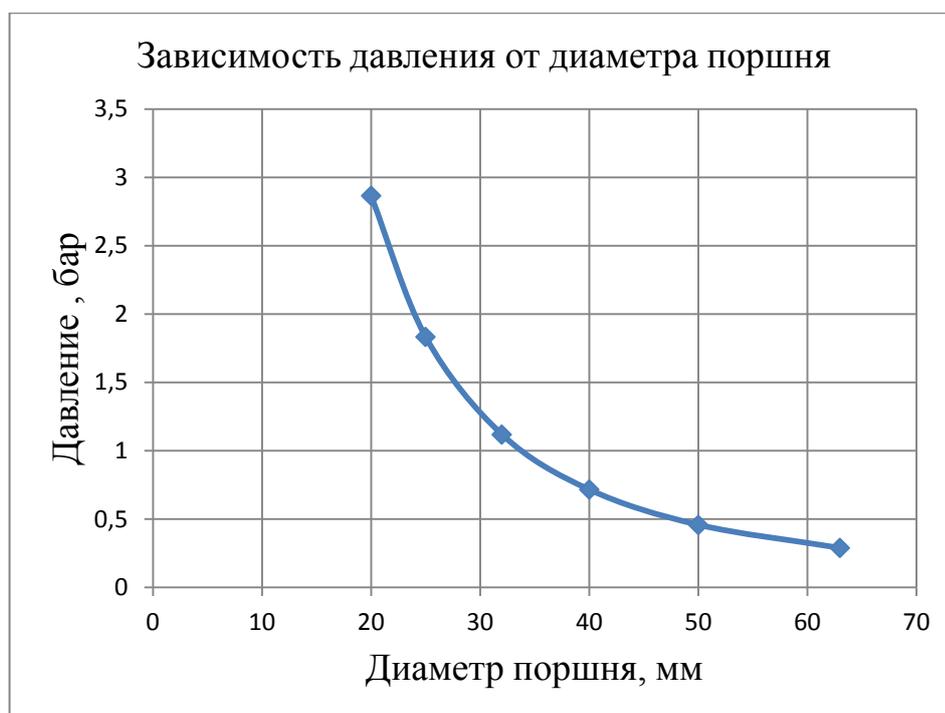


Рисунок 3.2.1 – Зависимость давления от диаметра поршня

3.2.1 Расчёт пневмоцилиндра

Основной параметр, определяющий возможность пневмоцилиндра, выполнять заданную работу – это развиваемое усилие, а так же длина и скорость перемещения штока. Расчёт главных параметров пневматического оборудования: сила и расход сжатого воздуха.

1. Расчёт усилия. В теории сила, с которой шток будет выполнять механическую работу совершая движение, имеет простую расчётную формулу:

$$F = S \cdot P \quad (3.2.4)$$

где S – рабочая площадь поршня;

P – давление сжатого воздуха в камере пневмоцилиндра.

Определим рабочие площади поршня и штока:

$$S_1 = \frac{\pi D^2}{4} \quad (3.2.5)$$

Где D – диаметр поршня;

$$S_1 = \frac{\pi 20^2}{4} = 314,16 \text{ мм}^2$$

$$S_2 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \quad (3.2.6)$$

где d – диаметр штока;

$$S_2 = \frac{\pi(20^2 - 14^2)}{4} = 160,14 \text{ мм}^2$$

Следовательно, преобразовав формулу (3.2.1), определим силы при прямом и обратном движении штока

$$F_1 = \frac{\pi(D^2)}{4} \cdot P \quad (3.2.7)$$

$$F_1 = \frac{\pi(D^2)}{4} \cdot P = 314,16 \cdot 3 = 94,2 \text{ Н}$$

$$F_2 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot P \quad (3.2.8)$$

$$F_2 = 160,14 \cdot 3 = 48,04 \text{ Н}$$

Усилие при обратном движении штока всегда будет меньше усилия при прямом движении, так как рабочая площадь поршня уменьшается на диаметр штока. Следовательно, нужно поднять давление сжатого воздуха в системе до значения, при котором усилие при обратном ходе штока пневмоцилиндра будет удовлетворять минимуму в 90 Н.

3.2.2 Расчёт расхода сжатого воздуха.

$$Q = S_p \cdot L_{\text{ход}} \cdot P_{\text{абс раб}} \cdot \eta \quad (3.2.9)$$

где Q – расход воздуха, S_p – площадь поршня,

$L_{\text{ход}}$ – реальная длина хода поршня при работе,

$P_{\text{абс раб}}$ – абсолютное рабочее давление сжатого воздуха (давление сжатого воздуха + атмосферное давление),

η – число циклов за требуемый период времени.

В итоге нам надо узнать объём цилиндра, который получится при совершении этой работы.

$$V=S \cdot L \quad (3.2.10)$$

$V=S \cdot L= 314,16 \cdot 10 = 3141,6 \text{ мм}^3 = 0,003 \text{ дм}^3$ (считаем в дециметрах, потому что 1 дм³ соответствует 1 литру воздуха атмосферного давления).

В данном случае пневмоцилиндр двухсторонний, а значит сжатый воздух расходуется при работе цилиндра в обе стороны, поэтому $\eta = 25 \cdot 2 = 50$
 $Q = 0,003 \text{ дм}^3 \cdot (6 \text{ атм} + 1 \text{ атм}) \cdot 50 \cdot 1/60 = 0,0175 \text{ л/мин.}$

3.2.3 Расчёт источника сжатого газа.

В качестве источника сжатого газа был выбран пейнтбольный баллон с углекислым газом, в виду своей низкой стоимости и меньшем весе по сравнению с баллонами с азотом или воздухом. Учитывая найденный по формуле 3.2.9 расход воздуха пневмоцилиндра, было принято решение использовать баллон объёмом в 0,27 литров.

4. Технологическая часть

4.1 Анализ исходных данных для разработки технологического процесса

Анализ исходных данных при сборке обычно проводят по следующим пунктам:

- анализ чертежей изделия и деталей, технических требований на сборку и приемку изделия;
- предварительный выбор организационных форм сборки;
- классификация видов соединения деталей;
- выбор метода сборки;

По последовательности выполнения различают:

- Узловая сборка – сборка сборочных единиц изделия;
- Общая сборка – сборка изделия в целом.

По организации производства назначаем единичное.

Метод сборки определяет конструктор изделия на сборочном чертеже изделия.

По наличию перемещений собираемых изделий - стационарная сборка. Сборка изделия или основной его части на одном рабочем месте;

По характеру разбираемости – разъёмные неразъёмные соединения. Собираются при помощи сварки и болтовых соединений. Без повреждения собираемых деталей их разобрать невозможно (в данном случае рама болида). Разъёмные - могут быть полностью разобраны без повреждения соединяемых деталей.

Метод сборки – метод неполной взаимозаменяемости. Предусматривает, что ряд соединений не могут собираться без дополнительной доработки деталей.

4.2 Выбор действующего типового, группового технологического процесса или поиска аналога единичного процесса сборки

Выбор осуществляется путем формирования технологического кода собираемого изделия с помощью технологического классификатора и отнесения собираемого изделия по его технологическому коду к действующему типовому, групповому или единичному технологическому процессу сборки.

4.3 Проведение размерного анализа конструкции собираемого изделия, выбор технологических баз и схем базирования, установление рациональных методов сборки

При проведении размерного анализа конструкции собираемого изделия выявляют и строят все сборочные размерные цепи и проводят соответствующие расчеты размерных параметров. При сборке всегда происходит материализация заложенных конструктором размерных цепей.

При выборе технологических баз используют принципы совмещения технологических баз с измерительными и конструкторскими базами с целью повышения точности. Также реализуется возможность обеспечения постоянства и рациональной последовательности смены баз при выполнении сборки. При выборе баз дополнительно учитывают удобство и установки и снятия собираемого изделия, его устойчивость и надежность закрепления, удобство установки присоединяемых компонентов и подвода сборочного инструмента и т. п.

4.4 Составление технологического маршрута сборки изделия.

Определение типа производства и организационной формы сборки

Каждая операция проводится на своем месте, что позволяет ускорить процесс сборки и увеличить надежность и качество работы. Учитывая то, что основные элементы привода являются готовыми и покупаются заранее, технология сборки довольно проста.

На этом этапе определяют последовательность выполнения технологического маршрута, которую представляют в наглядной форме в виде технологических схем сборки узлов и изделия в целом. Технологические схемы сборки составляются на основе сборочных чертежей изделия.

Процесс общей сборки изображают на схеме горизонтальной линией. Её проводят в направлении от базового элемента изделия к собираемому объекту. Сверху в порядке последовательности сборки располагают условные обозначения всех непосредственно входящих в изделие деталей, снизу – сборочных единиц.

После составления технологических схем сборки составляется перечень работ, оформляемый в виде таблицы 4.1, содержащей наименование сборочных работ в последовательности, диктуемой технологической схемой общей и узловой сборки, и данные по нормированию всех необходимых видов работ. Подробность, с которой записывают эти работы, должна обеспечивать возможность их нормирования по имеющимся нормам.

Обязательным условием при определении времени сборки является увеличение табличных норм по количеству деталей, если количество одинаковых изделий превышает одну. При заполнении этой таблицы суммируется время каждого узла и изделия в целом.

В соответствии с перечнем работ, приведенным в плане сборки, проводится нормирование работ. В нормативах приводятся нормы оперативного времени $T_{оп}$ на сборочные и вспомогательные переходы. Результаты нормирования работ сводят в соответствующую графу таблицы 4.1

Общее оперативное время на все виды работ при сборке изделия определяется как сумма оперативных времен отдельных переходов:

$$T_{оп}^{общ} = \sum T_{оп}.$$

Таблица 4.1 –Таблица описания действий при сборке с указанием времени

Номер операции	Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, Т _{оп} , мин
1	Взять нижнюю стенку кронштейна и осмотреть	0,05
2	Взять боковую стенку кронштейна и осмотреть	0,05
3	Приварить боковую стенку кронштейна к нижней стенке кронштейна	0,15
4	Взять боковую стенку кронштейна и осмотреть	0,05
5	Приварить боковую стенку кронштейна к нижней стенке кронштейна	0,15
6	Взять заднюю стенку кронштейна и осмотреть	0,03
7	Приварить заднюю стенку кронштейна к боковым стенкам кронштейна	0,15
8	Взять верхнюю стенку кронштейна и осмотреть	0,05
9	Приварить верхнюю стенку кронштейна	0,15
10	Взять крепёжную шпильку и осмотреть	0,03
11	Приварить крепёжную шпильку к верхней стенке кронштейна	0,1
12	Установить кронштейн в сборе к раме	0,05
13	Приварить кронштейн в сборе к раме	0,5
14	Взять пневмоцилиндр и осмотреть	0,08
15	Прикрутить к штоку пневмоцилиндра сферический наконечник	0,05
16	Прикрутить фитинги во входные каналы пневмоцилиндра	0,05
17	Установить пневмоцилиндр на крепёжную шпильку кронштейна	0,05
18	Закрепить сферический наконечник штока пневмоцилиндра на лапке переключения скоростей КПП	0,1
19	Взять шайбу и установить на крепёжную шпильку кронштейна пневмоцилиндра	0,03

Продолжение таблицы 4.1

20	Взять гайку и установить на крепёжный болт кронштейна пневмоцилиндра	0,03
21	Затянуть гайку	0,05
22	Взять верхнюю муфту кронштейна пневмораспределителя и осмотреть	0,03
23	Приварить две крепёжные шпильки к верхней муфте кронштейна	0,15
24	Взять пневмораспределитель и осмотреть	0,05
25	Прикрутить фитинги в линию питания и линию потребителя пневмораспределителя	0,04
26	Установить пневмораспределитель на крепёжные шпильки верхней муфты кронштейна	0,05
27	Установить шайбы на каждую крепёжную шпильку	0,03
28	Установить гайки на каждую крепёжную шпильку	0,03
29	Затянуть гайки на каждой крепёжной шпильке	0,07
30	Взять нижнюю муфту кронштейна и осмотреть	0,02
31	Установить верхнюю муфту кронштейна с пневмораспределителем в сборе на левую (от водителя) распорку главной дуги	0,02
32	Зафиксировать верхнюю муфту на распорке главной дуги с помощью нижней муфты	0,03
33	Установить по болту в каждое крепёжное отверстие кронштейна крепления пневмораспределителя в сборе	0,1

Продолжение таблицы 4.1

34	Установить по шайбе на каждый болт	0,1
35	Установить по гайке на каждый болт	0,1
36	Затянуть гайки	0,2
37	Повторить пункты 24-38 с установкой второго пневмораспределителя	1,02
38	Взять рессивер и осмотреть	0,08
39	Взять регулятор давления и осмотреть	0,05
40	Прикрутить регулятор давления на баллон с газом	0,04
41	Взять манометр и осмотреть	0,02
42	Прикрутить манометр с газом к регулятору давления	0,04
43	Прикрутить фитинг во входной канал регулятора давления	0,04
44	Приварить два кронштейна крепления баллона к раме	1,3
45	Установить баллон в сборе на кронштейны	0,06
46	Установить по болту на каждый кронштейн	0,04
47	Установить по шайбе на каждый болт	0,05
48	Установить по гайке на каждый болт	0,05
49	Затянуть гайки	0,1
50	Соединить один конец пневмотрубки с регулятором давления, а другой с соответствующим отверстием тройного фитинга	0,04
51	Соединить пневмотрубками линии питания каждого пневмораспределителя и соответствующие отверстия тройного фитинга	0,08
52	Соединить пневмотрубкой первое входной канал пневмоцилиндра и линию потребителя одного из пневмораспределителей	0,05
53	Соединить пневмотрубкой второй входной канал пневмоцилиндра и линию потребителя второго пневмораспределителя	0,05
Итого		5,73

Таблица 4.2 – Составление технологического маршрута сборки изделия

№ операции	Операция	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время T _{оп} , мин
Узловая сборка кронштейна пневмоцилиндра				
005	Сборка кронштейна пневмоцилиндра	<ol style="list-style-type: none"> 1. Взять нижнюю стенку кронштейна и осмотреть 2. Взять боковую стенку кронштейна и осмотреть 3. Приварить боковую стенку кронштейна к нижней стенке кронштейна 4. Взять боковую стенку кронштейна и осмотреть 5. Приварить боковую стенку кронштейна к нижней стенке кронштейна 6. Взять заднюю стенку кронштейна и осмотреть 7. Приварить заднюю стенку кронштейна к боковым стенкам кронштейна 8. Взять верхнюю стенку кронштейна 	Сварочный аппарат	0,96

Продолжение таблицы 4.2

		<p>и осмотреть</p> <p>9. Приварить верхнюю стенку кронштейна</p> <p>10. Взять крепёжный болт и осмотреть</p> <p>11. Приварить крепёжный болт к верхней стенке кронштейна</p>		
Узловая сборка пневмоцилиндра				
010	Сборка пневмоцилиндра	<p>1. Взять пневмоцилиндр и осмотреть</p> <p>2. Прикрутить к штоку пневмоцилиндра сферический наконечник</p> <p>3. Прикрутить фитинги во входные каналы пневмоцилиндра</p>	Гаечный ключ	0,18
Узловая сборка пневмораспределителей				
015	Сборка пневмораспределителей	<p>1. Взять верхнюю муфту кронштейна пневмораспределителя и осмотреть</p> <p>2. Взять верхнюю муфту кронштейна</p>	Сварочный аппарат, гаечный ключ	1,14

Продолжение таблицы 4.2

		<p>пневмораспределителя и осмотреть</p> <ol style="list-style-type: none">3. Приварить две крепёжные шпильки к верхней муфте кронштейна4. Взять пневмораспределитель и осмотреть5. Прикрутить фитинги в линию питания и линию потребителя пневмораспределителя.6. Установить пневмораспределитель на крепёжные шпильки верхней муфты кронштейна7. Установить шайбы на каждую крепёжную шпильку8. Установить гайки на каждую крепёжную шпильку9. Затянуть гайки на каждой крепёжной шпильке10. Повторить пункты		
--	--	---	--	--

Продолжение таблицы 4.2

		1-8 для второго пневмораспределителя		
Узловая сборка баллона с газом				
020	Сборка баллона с газом	<ol style="list-style-type: none"> 1. Взять баллон с газом и осмотреть 2. Взять регулятор давления и осмотреть 3. Прикрутить манометр с газом к регулятору давления 4. Прикрутить фитинг во входной канал регулятора давления 	Гаечный ключ	0,27
Общая сборка пневмосистемы				
025	Установка пневмоцилиндра на раму	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить пневмоцилиндр на крепёжный болт соответствующего кронштейна 2. Закрепить сферический конец штока пневмоцилиндра на 	Гаечный ключ	0,26

Продолжение таблицы 4.2

		<p>коромысле переключения скоростей КПП</p> <p>3. Взять шайбу и установить на крепёжный болт кронштейна пневмоцилиндра</p> <p>4. Взять гайку и установить на крепёжный болт кронштейна пневмоцилиндра</p> <p>5. Затянуть гайку</p>		
030	Установка пневмораспределителей на раму	<p>1. Взять нижнюю муфту кронштейна и осмотреть</p> <p>2. Установить верхнюю муфту кронштейна с пневмораспределителем в сборе на левую (от водителя) распорку главной дуги</p> <p>3. Зафиксировать верхнюю муфту на распорке главной дуги с помощью нижней муфты</p> <p>4. Установить по болту в каждое крепёжное отверстие кронштейна крепления</p>	Гаечный ключ	1,1

Продолжение таблицы 4.2

		<p>пневмораспределителя в сборе</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Установить по шайбе на каждый болт 6. Установить по гайке на каждый болт 7. Затянуть гайки 8. Повторить пункты 1-7 для второго пневмораспределителя 		
035	Установка баллона с газом на раму	<ol style="list-style-type: none"> 1. Приварить два кронштейна крепления баллона к раме 2. Установить баллон в сборе на кронштейны 3. Установить по болту на каждый кронштейн 4. Установить по шайбе на каждый болт 5. Установить по гайке на каждый болт 6. Затянуть гайки 	Гаечный ключ	1,6

Продолжение таблицы 4.2

040	Соединение пневмотрубками всех элементов системы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Соединить один конец пневмотрубки с регулятором давления, а другой с соответствующим отверстием тройного фитинга 2. Соединить пневмотрубками линии питания каждого пневмораспределителя и соответствующие отверстия тройного фитинга 3. Соединить пневмотрубкой первое входной канал пневмоцилиндра и линию потребителя одного из пневмораспределителей 4. Соединить пневмотрубкой второй входной канал пневмоцилиндра и линию потребителя второго пневмораспределителя 	-	0,22
-----	--	---	---	------

В результате проведенной работы разработан технологический процесс сборки пневмопривода включения передач. Такт и ритм не рассчитывался, т.к. наше производство единичное. Сама система является технологичной, что ведет к экономии времени и средств на сборку. Время сборки пневмоприводасоставляет 5,73 мин. При сборке пневмопривода использовалась дуговая сварка.

5. Анализ экономической эффективности объекта

Величина экономического эффекта главным образом будет зависеть от общественной значимости проекта, так как технические решения не позволяют снизить производственную стоимость модернизированной коробки передач, в связи с возникновением дополнительных затрат, обусловленных внедрением новой техники.

Обоснованием общественной значимости проекта будет повышение управляемости, а следовательно, и безопасности болида.

5.1 Составление сметы затрат на выполнение НИиОКР

Составление логически последовательного перечня работ, выполняемых в процессе исследования

Перечень стадий и этапов выполнения НИиОКР сведен в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень стадий и этапов выполнения НИиОКР

№ п/п	Наименования работ	Трудоемкость, дн		Должность исполнителя	Количество исполнителей, чел.	Применяемое оборудование
		мин	макс			
1. Маркетинговые исследования						
1.1	Сбор информации и анализ рынка по методам исследования сопротивления качению	1	3	Инженер б/к	1	ПК

Продолжение таблицы 5.1

1.2	Разработка собственного прогноза конъюнктуры рынка	1	4	Инженер б/к	1	ПК
1.3	Оценка эффективности использования результатов прогноза	1	5	Инженер б/к	1	ПК
2. Конструкторская подготовка						
2.1	Выбор и составление эскиза варианта конструкции	1	3	Ведущий инженер, инженер б/к	2	ПК
2.2	Подбор и закупка материалов	3	5	Инженер б/к	1	ПК
2.3	Подготовительные и обрабатываемые операции (резка, сварка,)	3	6	Слесарь 4-го разряда, слесарь 5-го разряда, инженер б/к	3	УШМ, свароч- ное обору- дование
2.4	Установка приборов	1	2	Инженер б/к	1	УШМ, свароч- ное обору- дование

Продолжение таблицы 5.1

2.5	Предварительные испытания	0,5	1	Ведущий инженер, инженер б/к	2	ПК, стенд
2.6	Доработка привода	0,5	1	Ведущий инженер, инженер б/к	2	-
2.7	Окончательные испытания	1	2	Ведущий инженер, инженер б/к	2	ПК, стенд
3. Оформление результатов НИиОКР						
3.1	Составление отчётной документации	3	4	Инженер б/к	1	ПК
3.2	Расчет затрат на проведение НИиОКР	2	3	Инженер б/к	1	ПК
3.3	Непредвиденные работы	1	2	Инженер б/к	1	-
	Итого	19	41			

5.2 Определение суммарной длительности НИиОКР. Нарастание технической готовности по этапам

На основании оптимистической и пессимистической трудоемкости определим ожидаемую трудоёмкость выполнения каждой работы и каждого этапа:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}, \quad (5.1)$$

где t_{min} – оптимистическая оценка трудоемкости выполнения работы в чел./дн.; t_{max} – пессимистическая оценка трудоемкости выполнения работы в чел./дн.

Зная ожидаемую трудоёмкость по этапам и численность исполнителей, определим длительность каждого этапа, суммарную длительность НИиОКР, удельный вес каждого этапа и нарастание технической готовности по этапам. Длительность этапа или работы определим по формуле:

$$T_{эти} = \frac{t_{ожі}}{P_i}, \quad (5.2)$$

где P_i – численность исполнителей, чел.

Суммарная длительность НИиОКР:

$$T_{\Sigma} = \sum T_{эти} \quad (5.3)$$

Удельный вес каждого этапа определяется в %, принимая T_{Σ} за 100%:

$$У_{Дэти} = \frac{T_{эти}}{T_{\Sigma}} \cdot 100\% \quad (5.4)$$

Результаты расчетов занесем в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Длительность выполнения этапов НИиОКР

№ этапа	Численность исполнителей				Всего, чел.	Ожидаемая трудоемкость, чел/дн	Длительность этапа, дн.	Удельный вес, %
	Ведущий инженер	Инженер б/к	Слесарь					
			4 разряд	5 разряд				
1.1	0	1	0	0	1	1,8	1,8	7,92
1.2	0	1	0	0	1	2,2	2,2	9,69
1.3	0	1	0	0	1	2,6	2,6	11,45
2.1	1	1	0	0	2	1,8	0,9	3,96
2.2	0	1	0	0	1	3,8	3,8	16,74
2.3	0	1	1	1	3	4,2	1,4	6,16
2.4	0	1	0	0	1	1,4	1,4	6,16
2.5	1	1	0	0	2	0,7	0,35	1,54
2.6	1	1	0	0	2	0,7	0,35	1,54
2.7	1	1	0	0	2	1,4	0,7	3,08
3.1	0	1	0	0	1	3,4	3,4	14,97
3.2	0	1	0	0	1	2,4	2,4	10,57
3.3	0	1	0	0	1	1,4	1,4	6,16
						сумма	22,7	

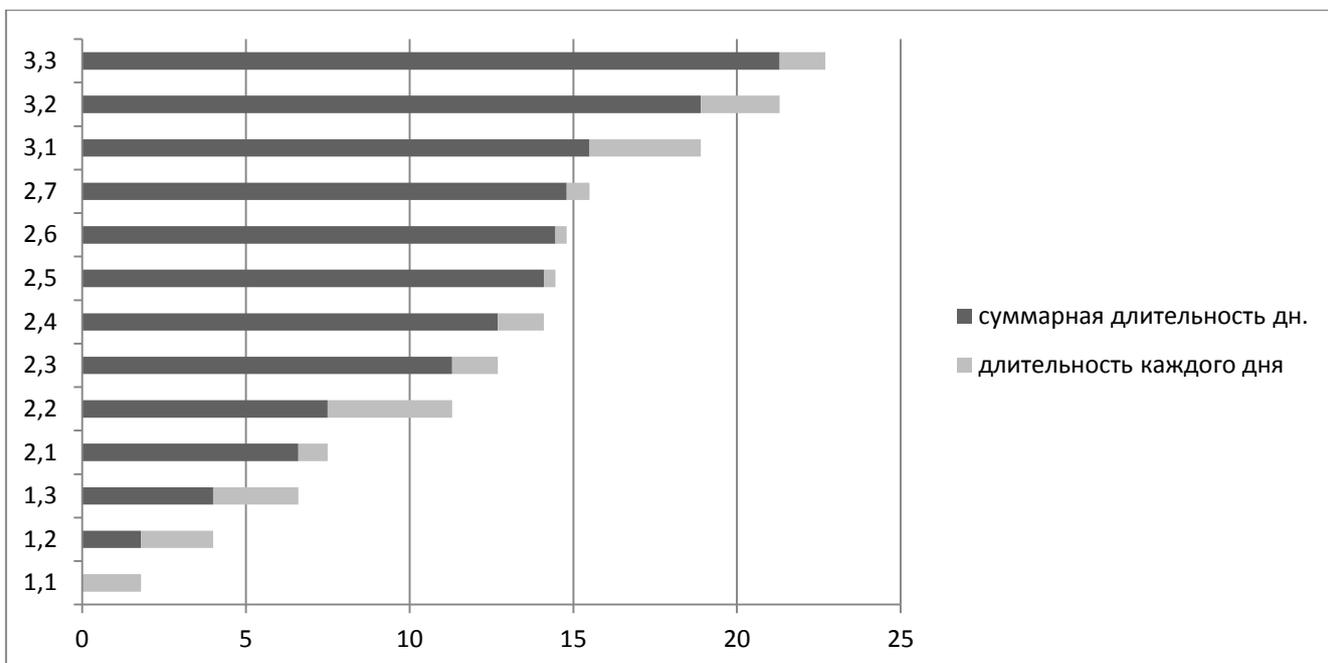


Рис. 5.1 – График длительности выполнения НИиОКР

5.3 Расчет статей затрат и составление сметы на проведение НИиОКР

Расчет текущих затрат

Произведем расчет расходов на заработную плату научного и производственного персонала, принимающего участия в НИиОКР.

Определим эффективный годовой фонд времени:

$$F_{\text{эф}} = (365 - [П + В] - H)q - H_{\text{пр}}, \quad (5.5)$$

Где П- праздничные дни, 4д; В – выходные дни, 3д; H - количество планируемых невыходов, 0д; q - количество часов в смену, 8ч; H_{пр} - количество нерабочих часов в предпраздничные дни, 0ч.

$$F_{\text{эф}} = (365 - [4 + 30]) \cdot 8 - 0 = 2648 \text{ часов.}$$

Расчет среднего количества рабочих дней в месяце:

$$Д = \frac{F_{\text{эф}}}{12q} \quad (5.6)$$

$$Д = \frac{2648}{12 \cdot 8} = 28$$

Расчет времени работы *i*-го исполнителя, дн.:

$$K_{\text{исп}i} = \frac{F_i}{D}, \quad (5.7)$$

где F_i – количество отработанных дней *i*-м исполнителем, данные возьмем из таблицы 3.

Занесем в таблицу 5.3 данные по рабочему времени исполнителей НИиОКР.

Таблица 5.3 – Табель учета рабочего времени выполнения НИиОКР

№ работы	Исполнители			
	Ведущий инженер	Инженер б\к	Слесарь 4 разряда	Слесарь 5 разряда
1.1	-	1,8	-	-
1.2	-	2,2	-	-
1.3	-	2,6	-	-
2.1	0,9	0,9	-	-
2.2	-	3,8	-	-
2.3	-	1,4	1,4	1,4
2.4	-	1,4	-	-
2.5	0,35	0,35	-	-
2.6	0,35	0,35	-	-
2.7	0,7	0,7	-	-
3.1	-	3,4	-	-
3.2	-	2,4	-	-
3.3	-	1,4	-	-
ИТОГО	2,3	22,7	1,4	1,4

Тогда время работы *i*-го исполнителя, мес.:

$$K_{\text{вед.инж.}} = \frac{2,3}{28} = 0,082$$

$$K_{\text{инж.без кат.}} = \frac{22,7}{28} = 0,81$$

$$K_{\text{слесарь(4р)}} = K_{\text{слесарь(5р)}} = \frac{1,4}{28} = 0,05$$

Расчет заработной платы исполнителей с должностными окладами:

$$Z_{итр} = K_{испi} \cdot O_{кл} \cdot N, \quad (5.8)$$

где $K_{испi}$ – время работы i -го исполнителя, мес.; $O_{кл}$ – должностной оклад i -го исполнителя, руб.; N – количество исполнителей, чел.

Расчет заработной платы исполнителей с должностными окладами сведем в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Заработная плата исполнителей с должностными окладами

Должность исполнителя	Количество исполнителей, чел.	Среднемесячный оклад, руб.	Время работы, мес.	Заработная плата, руб.
1. Ведущий инженер	1	13000	0,082	1066
2. Инженер без категории	1	6600	0,81	5346
Итого	2			6043

Расчет заработной платы производственных рабочих, руб.:

$$Z_{пр.тар} = \sum (S_{стi} \cdot q \cdot t_i), \quad (5.9)$$

где $S_{стi}$ – тарифная ставка i -го рабочего; q – продолжительность рабочего дня, час; t_i – время работы i -го рабочего, дн.

Расчет заработной платы производственных рабочих сведем в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Заработная плата производственных рабочих

Специальность	Тарифная ставка, руб.	Продолжительность рабочего дня, час	Время работы, дн.	Заработная плата, руб.
1. Слесарь 4 разряда	51,7	8	0,98	405,32
2. Слесарь 5 разряда	57,38	8	0,98	449,86
Итого				855,18

Расчет основной заработной платы производственных рабочих, руб.:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{пр.тар.}} \cdot \left(1 + \frac{K_{\text{пр}}}{100}\right), \quad (5.10)$$

где $K_{\text{пр}} = 0,23$ - коэффициент премии.

$$З_{\text{осн}} = 855,18 \cdot (1 + 0,23) = 1051,87 \text{ руб.}$$

Расчет дополнительной заработной платы дополнительных рабочих, руб.:

$$З_{\text{доп}} = \frac{З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}}}{100}, \quad (5.11)$$

где $K_{\text{доп}} = 1,12$ коэффициент дополнительной заработной платы.

$$З_{\text{доп}} = 1051,87 \cdot 1,12 = 1178,09 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы всех исполнителей, руб.:

$$З_{\text{исп}} = З_{\text{итр}} + З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} \quad (5.12)$$

$$З_{\text{исп}} = 6412 + 1051,87 + 1178,09 = 8641,96 \text{ руб.}$$

Расчет отчислений в страховые взносы, руб.:

$$С_{\text{соц}} = \frac{З_{\text{исп}} \cdot K_{\text{соц}}}{100}, \quad (5.13)$$

где $K_{\text{соц}} = 30\%$ - коэффициент отчислений в страховые взносы.

$$С_{\text{соц}} = \frac{8641,96 \cdot 30}{100} = 2592,588 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на электроэнергию, руб.:

$$С_{\text{эл}} = \frac{N_y \cdot K_{\text{исп}} \cdot T_{\text{м.}i} \cdot Ц_{\text{эл}} \cdot K_{\text{заг}}}{60}, \quad (5.14)$$

где N_y - мощность оборудования, кВт.; $K_{\text{исп}}$ - коэффициент использования оборудования; $T_{\text{м.}i}$ - машинное время работы i -го оборудования, мин; $Ц_{\text{эл}}$ - стоимость кВт*ч, принимаем равным 2,73 руб.; $K_{\text{заг}}$ - коэффициент загрузки оборудования.

Машинное время работы ПК найдем из таблицы 2 с учетом 8-ми часового рабочего дня:

$$T_{\text{м.ПК}} = 14,35 \text{ дн} \cdot 8 \text{ час} \cdot 60 \text{ мин} = 6888 \text{ мин.}$$

Расчет затрат на электроэнергию сведем в таблицу 5.6.

Таблица 5.6 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Ny, кВт	Кзаг	Кисп	Tм, мин.	Цэл, руб.	Сэл, руб.
ПК	0,46	0,9	0,8	6888	2,73	103,79
УШМ	0,78		0,9	336		9,65
Сварочное оборудование	4,95		0,9	336		61,29
					Итого	174,73

5.4 Расчет амортизационных отчислений

Величину амортизационных отчислений определим по формуле:

$$C_{ам} = \frac{C_{об} \cdot N_{ам} \cdot T_{м.i}}{F_{обор} \cdot 100}, \quad (5.15)$$

где $C_{об}$ – первоначальная стоимость оборудования с учетом транспортировки и монтажа; $N_{ам}$ – амортизационные отчисления; $T_{м.i}$ – общее время работы оборудования; $F_{обор}$ – годовой эффективный фонд времени работы оборудования.

Годовой эффективный фонд времени работы вычислим по формуле:

$$F_{обор} = F_{раб} \cdot q \cdot K_{загр}, \quad (5.16)$$

где $F_{раб}$ – число рабочих дней в году, на 2013 год составляет 247 дней, q – продолжительность смены, час; $K_{загр}$ – коэффициент загрузки.

$$F_{обор} = 247 \cdot 8 \cdot 0,95 = 1877,2 \text{ часа.}$$

Общее время работы оборудования найдем по формуле:

$$T_{м.i} = D_{обор} \cdot q \cdot K_{исп}, \quad (5.17)$$

где $D_{обор}$ – суммарное время работы оборудования, дни; $K_{исп}$ – коэффициент использования работы оборудования.

$$T_{мПК} = 14,35 \cdot 8 \cdot 0,8 = 91,84; \quad T_{мУШМ} = 4,48$$

$$T_{мСвар.оборуд} = 4,48$$

Расчет затрат на амортизацию сведем в таблицу 5.7.

Таблица 5.7 – Величина амортизационных отчислений

Наименование оборудования	Соб, руб.	Кзагр	Кисп	Нам, %	тм, час	Фобор, час	Сам, руб.
ПК	30000	0,95	0,8	20	91,84	1877,2	127,20
УШМ	5000		0,9		4,48		4,77
Сварочное оборуд.	15000		0,9		4,48		10,50
Итого							142,47

5.5 Расчет накладных расходов

$$C_{\text{накл}} = \frac{Z_{\text{исп}} \cdot K_{\text{накл}}}{100}, \quad (5.18)$$

где $K_{\text{накл}}$ - коэффициент накладных расходов, 35%.

$$C_{\text{накл}} = \frac{8272,96 \cdot 35}{100} = 2895,53 \text{ руб.}$$

5.6 Расчет затрат на материалы, комплектующие и покупные изделия с учетом транспортно-заготовительных расходов

$$M_i = C_{Mi} \cdot Q_{Mi} \cdot K_{\text{тзр}} - B_{\text{отх}} \cdot C_{\text{отх}i} + C_{\text{пиз}i} \cdot Q_{\text{пиз}i} \cdot K_{\text{тзр}}, \quad (5.19)$$

где C_{Mi} - оптовая цена единицы веса материала i -го вида, руб/кг; Q_{Mi} - норма расхода данной марки материала i -го вида, кг, м; $K_{\text{тзр}}$ - коэффициент транспортно-заготовительных расходов, равен 1,45; $B_{\text{отх}i}$ - вес реализуемых отходов материала данной марки (составляют около 8% от нормы расхода материала); $C_{\text{отх}i}$ - цена единицы отходов материала данной марки, руб/кг; $C_{\text{пиз}i}$ - отпускная цена покупных изделий и комплектующих, руб; $Q_{\text{пиз}i}$ - необходимое количество комплектующих и покупных изделий, шт.

Расчет затрат на материалы, комплектующие и покупные изделия сведем в таблицу 5.8.

Таблица 5.8 – Затраты на материалы, комплектующие и покупные изделия

Наименование материала	Марка, размер	Вес или необходимое количество		Средняя цена за единицу, руб.	Сумма, руб.	Вес или количество реализованных отходов		Сумма отходов, руб.	Стоимость материалов и комплектующих за вычетом отходов, руб.
		м	шт			кг	шт		
Пневмоцилиндр	Ø20мм	1		2194,97	2194,97	-	-	-	2194,97
Газовый баллон		1		2490,00	2490,00	-	-	-	2490
Регулятор давления		1		6016,00	6016,00	-	-	-	6016,00
Манометр		1		1565,13	1565,13	-	-	-	1565,13
Пневмотрубки		5		55,32	276,60	-	-	-	276,60
Пневмораспределители		2		3120,62	6241,24	-	-	-	6241,24
Перчатки рабочие	Перчатки рабочие 10 кл ХБ с ПВХ	4		15,00	87,00	-	-	-	87,00
Фитинги		10		85,36	853,6	-	-	-	853,6
Металлические компоненты для сборки кронштейнов		15		500,00	7500,00	-	-	-	7500,00
Оборудование для сварки		1		300,00	435,00	-	-	-	435,00
Прочее (болты, гайки, шайбы)		30		150,00	4500,00	-	-	-	4500,00
Итого									31659,54

Капитальных вложений по данной НИиОКР не планируется.

На основании проведенных расчетов составим смету затрат на выполнение НИиОКР, результаты сведем в таблицу 5.9.

Таблица 5.9 – Смета затрат на выполнение НИиОКР

№ п/п	Статьи	Обозначение	Сумма, руб.
	Текущие затраты	$K_{тек}$	
1	Материальные затраты, в том числе:		
	- на материалы, комплектующие и покупные изделия	M_i	31659,54
	- на электроэнергию	$C_{эл}$	174,73
2	Фонд оплаты труда исполнителей	$Z_{исп}$	8272,96
3	Отчисления в единый социальный налог	$C_{соц}$	2481,88
4	Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	142,47
5	Накладные расходы	$C_{накл}$	2895,53
	Всего затрат на НИиОКР		45627,11

5.7 Анализ полученных экономических показателей.

Проект не является экономически выгодным с точки зрения получения прибыли, но является общественно значимым, так как данная модернизация увеличивает безопасность управления болидом и увеличивает скоростные показатели. Помимо этого, проект изначально не направлен на получение прибыли или внедрение его в производство. Это связано с тем, что любая модернизация на болидах Формулы Студент является, по сути, единичным производством, требующим определённых затрат на материалы и оборудование.

6. Безопасность и экологичность технического объекта

Таблица 6.1 – Технологический паспорт объекта

№ оп	Наименование операции	Вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего техоперацию	Оборудование	Материалы вещества
1	2	3	4	5	6
000	Дуговая сварка	Сварка	Сварщик	Сварочный аппарат РИКОН	Углекислый газ, электрод
005	Углошлифовальная машина	Шлифование	Шлифовщик	Углошлифовальная машина bosch	Абразивный круг

Таблица 6.2 –Идентификация профессиональных рисков

№ оп	Наименование операции	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
000	Сварка	- Поступление в зону дыхания сварочных аэрозолей, содержащих в составе твердой фазы оксиды различных металлов (марганца, хрома, никеля, железа и др.) и токсичные газы (СО, ОЗ, HF, NO2 и др.); сварочный аэрозоль относится	Сварочный аппарат

Продолжение таблицы 6.2

		<p>к аэрозолям конденсации и представляет собой дисперсную систему, состоящую из твердой фазы и газа или смеси газов.</p> <p>- чрезмерная запыленность и загазованность воздуха вследствие попадания пыли флюсов, подгорания масла и т.п.;</p> <p>- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов и воздуха в рабочей зоне (РЗ), особенно при сварке с подогревом изделий; рабочая зона - пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, где находятся рабочие места.</p>	
--	--	--	--

Продолжение таблицы 6.2

		<p>- излишняя яркость сварочной дуги, УФ- и ИК-радиация;</p> <p>- воздействие переменных магнитных полей при КС и высокочастотных ЭМП - при сварке ТВЧ;</p> <p>- действие ионизирующих излучений при ЭЛС, проведении γ- и рентгенографии сварных швов, использовании торированных вольфрамовых электродов;</p> <p>- влияние шума (см. Средства защиты от шума) и вибраций имеет место при плазменной и газовой резке, работе пневмопривода (КС), различного оборудования (вакуум-насосов, вентиляторов, сварочных трансформаторов и др.), а также ультразвука и высокочастотного шума - при УЗС.</p>	
--	--	--	--

Продолжение таблицы 6.2

005	Шлифование	<p>Факторы, приводящие к механическому травмированию. Широкое распространение травмирования при шлифовании связано с возникновением опасных факторов, большинство из которых обусловлено наличием в станках подвижных неогражденных элементов. К опасным факторам относят шлифовальные шпиндели, патроны для крепления заготовок, абразивно-металлическую пыль [при обработке без смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ)], острые кромки и грани, заусенцы на поверхности обрабатываемых заготовок,</p>	Шлифовальный станок
-----	------------	--	---------------------

Продолжение таблицы 6.2

		<p>подвижные части индивидуальных грузоподъемных устройств, используемых станочниками. При установке и закреплении абразивного инструмента, а также обрабатываемых деталей возможно механическое травмирование рук станочника. Тяжелые травмы ног имеют место при падении перечисленных предметов. Такие же травмы могут явиться следствием падения станочника из-за скольжения, причиной чего является пролив на пол смазочно-охлаждающей жидкости или смазочного материала. Наконец, механическое травмирование возможно при</p>	
--	--	--	--

Продолжение таблицы 6.2

		<p>проведении вспомогательных операций, особенно при правке абразивного инструмента.</p> <p>Возможны ожоги рук станочников при контакте с обрабатываемыми поверхностями, особенно сильные при скоростном шлифовании, когда температура этих поверхностей очень высокая.</p>	
010	Контрольная	<p>Повышенная яркость света и пульсация светового потока; острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования</p>	<p>Оснастка контрольно-измерительная</p>

Таблица 6.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов.

№	Опасный и вредный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3	4
1	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	Система вентиляции и кондиционирования воздуха	Специальная одежда, респиратор
2	Повышенная температура оборудования, материала	Система охлаждения активных органов оборудования; охлаждение зоны обработки; система вентиляции и кондиционирования атмосферного воздуха	Специальная одежда
3	Повышенная яркость света и пульсация светового потока	Рациональная организация освещения рабочих мест	-
4	Повышенные уровни шума, вибрации	Экранирование рабочей зоны оборудования; виброизоляция оборудования; акустическая обработка помещения	Беруши, специальная одежда
5	Повышенные значения напряжения в электрической цепи	Заземление, экранирование опасных зон	Специальная одежда

Таблица 6.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№	Участок, подразделения	Оборудование	Класс пожара	Опасный факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5	6
1	Участок механической обработки	Шлифовальный станок	В	Пламя и искры	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества
2	Цех для термообработок	Сварочный аппарат	В, Е	Пламя и искры; тепловой поток	Осколки, части разрушившихся установок, транспортных средств, изделий, агрегатов
3	Отдел контроля	Контрольный стол	В	Пламя и искры	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 6.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизованный и немеханизованный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Огнетушитель ручной углекислотный ОУ-2	Передвижные порошковые огнетушители ОП-50(з)	Дренчерная водяная система пожаротушения	Системы передачи и извещения о пожаре	Гидрант пожарный	Респиратор, очки, специальная одежда	Щит пожарный ЩП-Б	Локальное оповещение

Таблица 6.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Все этапы технологического процесса	- организацию обучения работающих мерам пожарной безопасности на производстве; - реализацию требований пожарной безопасности, разработку для каждого	Электроустановки должны соответствовать классу пожаро-взрывоопасной зоны, в которой они установлены. Кабели и провода систем

Продолжение таблицы 6.6

	<p>пожаровзрывоопасного и пожароопасного помещения категории производственного и складского назначения, инструкций о мерах пожарной безопасности в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности и настоящего Стандарта, которые вывешиваются на видном месте.</p> <ul style="list-style-type: none"> -изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности; -нормирование численности людей на объекте по условиям безопасности их при пожаре; - разработку мероприятий по действиям администрации, рабочих, служащих на случай возникновения пожара и организацию эвакуации людей; - работу по профилактике и предупреждению пожаров 	<p>противопожарной защиты, средств обеспечения деятельности подразделений пожарной охраны, систем обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, аварийного освещения на путях эвакуации, аварийной вентиляции и противодымной защиты, автоматического пожаротушения, внутреннего противопожарного водопровода, должны сохранять работоспособность в условиях пожара в течении времени, необходимого для полной эвакуации людей в безопасную зону.</p>
--	---	--

Таблица 6.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса	Воздействие технического объекта на атмосферу	Воздействие технического объекта на гидросферу	Воздействие технического объекта на литосферу
Технологическое оборудование – Сварочный аппарат и шлифовальный станок	формирования неразъемных соединений, резание и обработка поверхности заготовки	Пыль, загазованность	-	Окалина, стружка

Таблица 6.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Фильтрация воздуха (Рукавный фильтр ФРИ-30)
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Утилизация на полигонах

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса сборки пневматического привода включения передач, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 6.1).

2. Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу сборки пневматического привода включения передач, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части; повышенная температура оборудования, материала; повышенные уровни шума, вибрации; острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования; статические и динамические перегрузки.

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно: система охлаждения активных органов оборудования, ограждения и разметка зон повышенной опасности; защитный экран рабочей зоны оборудования; система вентиляции и кондиционирования атмосферного воздуха; искусственное подавление светового потока и рациональной организации освещения рабочих мест. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 6.3).

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 6.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 6.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 6.6).

5. Идентифицированы экологические факторы (таблица 6.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 6.8).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был разработан пневматический привод включения передач, целью которого является обеспечение лучшей управляемости и сокращение времени на переключение скоростей на болиде. Был проведен тягово-динамический расчет автомобиля, расчёт пневматического оборудования, проработаны вопросы безопасности и экологичности проекта согласно с имеющимися нормами, определена себестоимость.

В качестве привода был выбран 20 мм пневмоцилиндр с ходом поршня в 10 мм. Развиваемое усилие при рабочем давлении в 6 бар достигает 188,5 Н (19,2 кгс). Имея очень маленькие габариты (чуть более 110 мм в длину), пневмоцилиндр идеально умещается в пространстве рамы болида.

В качестве источника сжатого газа был выбран пейнтбольный баллон с углекислым газом (CO_2) объёмом в 0,27 л. Учитывая, то что газ в баллоне находится под давлением гораздо большим предельных значений давлений пневмоцилиндра, пневмораспределителей и пневмотрубок, было принято решение использовать регулятор давления. Он должен обеспечить падение давления на выходе до 0-14 бар. Управление потоками сжатого газа осуществляется с помощью двух электромагнитных клапана. В качестве магистралей были выбраны полиуретановые пневматические трубки с наружным диаметром 4 мм и внутренним диаметром 2 мм. Производитель заявляет, что давление на разрыв данных пневматических трубок достигает 56 бар, что гораздо больше рабочего давления разрабатываемого привода.

Спроектированы необходимые крепления для установки элементов системы на раму. Общий вес конструкции не превышает двух килограмм, что не создает дополнительных проблем с развесовкой болида.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технический регламент «Формула Студент 2016», 2016. – 182 с.
2. Kai Vecchio, Andrew Sauer, Robert Esperon KAR Quick Shift System Final Report, 2015. – 81 с.
3. Андреев, А.Ф. Гидро- пневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Объемные гидро- и пневмомашин и передачи [Текст] / А.Ф. Андреев, Л.В. Барташевич, Н.В. Боглани др. – Минск: Высшая школа, 1987. – 310 с.
4. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х Т. - 5-е изд., перераб. и доп. Том 3 [Текст] / В.И. Анурьев. - М.: Машиностроение, 1980. – 559 с.
5. Навроцкий, К. Л. Теория и проектирование гидро-и пневмоприводов : Учебник для вузов по специальности "Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика" [Текст] / К. Л. Навроцкий . – М. : Машиностроение, 1991 . – 384 с.
6. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Я.М. Вильнер, Я.Т. Ковалев, Б.Б. Некрасов и др.; Под. ред. Б.Б. Некрасова. - 2-е изд., перераб. и дополн. - Минск: Высшая школа, 1985. - 382 с.
7. Вахламов, В. К. Автомобили : конструкция и эксплуатационные свойства : учеб. пособие для вузов [Текст] / В. К. Вахламов. - М. : Академия, 2009. - 480 с. : ил. - (Высш. проф. образование. Транспорт). - Библиогр.: с. 475. - ISBN 978-5-7695-4202-2.
8. Кузнецов, Б.А. Краткий автомобильный справочник. – 10-е изд [Текст] / Б.А. Кузнецов. – М. : Транспорт, 1984. – 220 с.
9. Родионов, В.Ф. Легковые автомобили [Текст] / В.Ф. Родионов, Б.А. Фиттерман. – М. : Машиностроение, 1973. – 490 с.
10. Гаспарян, Г. А. Конструкция, основы теории и расчета автомобиля [Текст] / Г.А. Гаспарян. – М. : Машиностроение, 1978. – 351 с.
11. Иванов, А.М. Основы конструкции современного автомобиля. [Текст] -М: ООО «Изд. «За рулем», 2012.-336с. ISBN 878-5-903813-06-03.

12. Вахламов, В. К. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей : учеб. Пособие [Текст] / В. К. Вахламов. - Гриф УМО. - Москва: Академия, 2007. - 557 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 551. - ISBN 978-5-7695-3793-6: 323-00.
13. Скутнев, В. М. Эксплуатационные свойства автомобиля : учеб. пособие для студ., обуч. по спец. "Автомобиле- и тракторостроение" [Текст] / В. М. Скутнев. - Гриф УМО ; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2011. - 139 с. : ил. - Библиогр.: с. 130. - 33-11.
14. Исаев, Е.У. Проектирование автомобиля: учебное пособие / [Текст] / Е.У. Исаев, Н.С. Соломатин, Б.В.Кисуленко, В.М. Карпов[и др.] Тольятти: изд-во ТГУ, 2003. – 260 с.:пер
15. Лукин, П.П. Конструирование и расчет автомобиля: Учебник для студентов вузову, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы» [Текст] / П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф.Родионов. – М. : Машиностроение, 1984. –376 с.
16. Черепанов, Л.А. Расчёт тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля [Текст]: учеб. пособие / Л.А. Черепанов ; ТолПИИ.- ТГУ. – Тольятти :ТолПИИ, 2001.– 40 с. : ил. – Библиогр.:с. 39.–ISBN 5-8259-0053-5: 10-00.
17. Щипанов, А.В.Разработка технологических процессов сборки узлов и изделий [Текст] / А.В. Щипанов;Учебно-методическое пособие для выполнения курсовых проектов, работ и технологи-ческой части дипломных проектов. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 56 с.
18. Воронов, Д.Ю. Проектирование технологических процессов сборки: учеб.-метод. пособие [Текст] / Воронов Д.Ю. [и др] – Тольятти,: ТГУ, 2011.- 112 с.
19. Капрова, В.Г. Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы по дисциплине «Организация производства» для студентов специальности 190201 – «Автомобиле –и тракторостроение» всех форм обучения [Текст]. Тольятти: ТГУ, 2007. – 63 с.

20. Горина, Л.Н.Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» [Текст] / Л.Н.Горина; Учебно-методическое пособие. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. –33 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графики тягово-динамического расчета

Внешняя скоростная характеристика

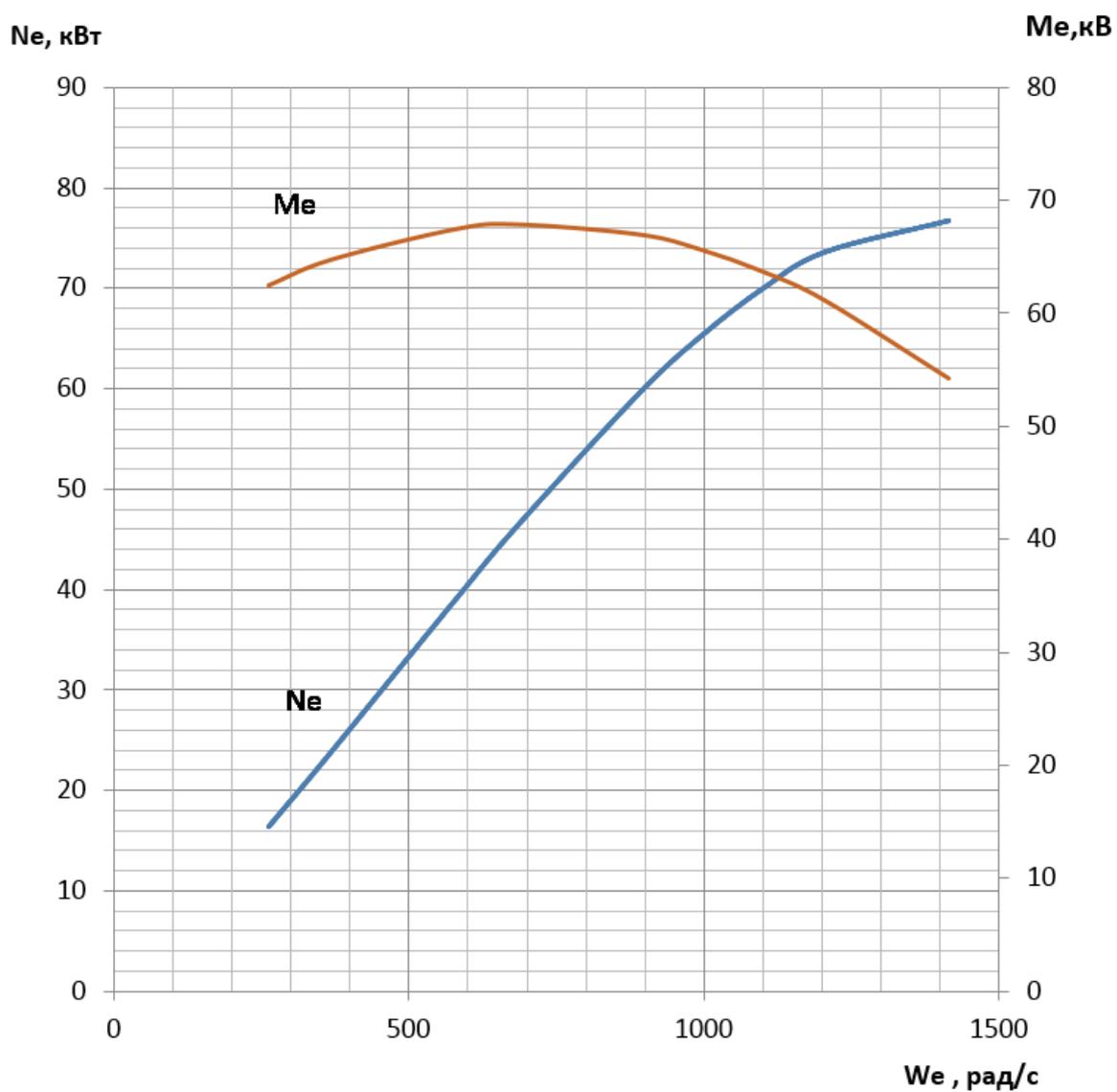


Рисунок А.1

Тяговый баланс

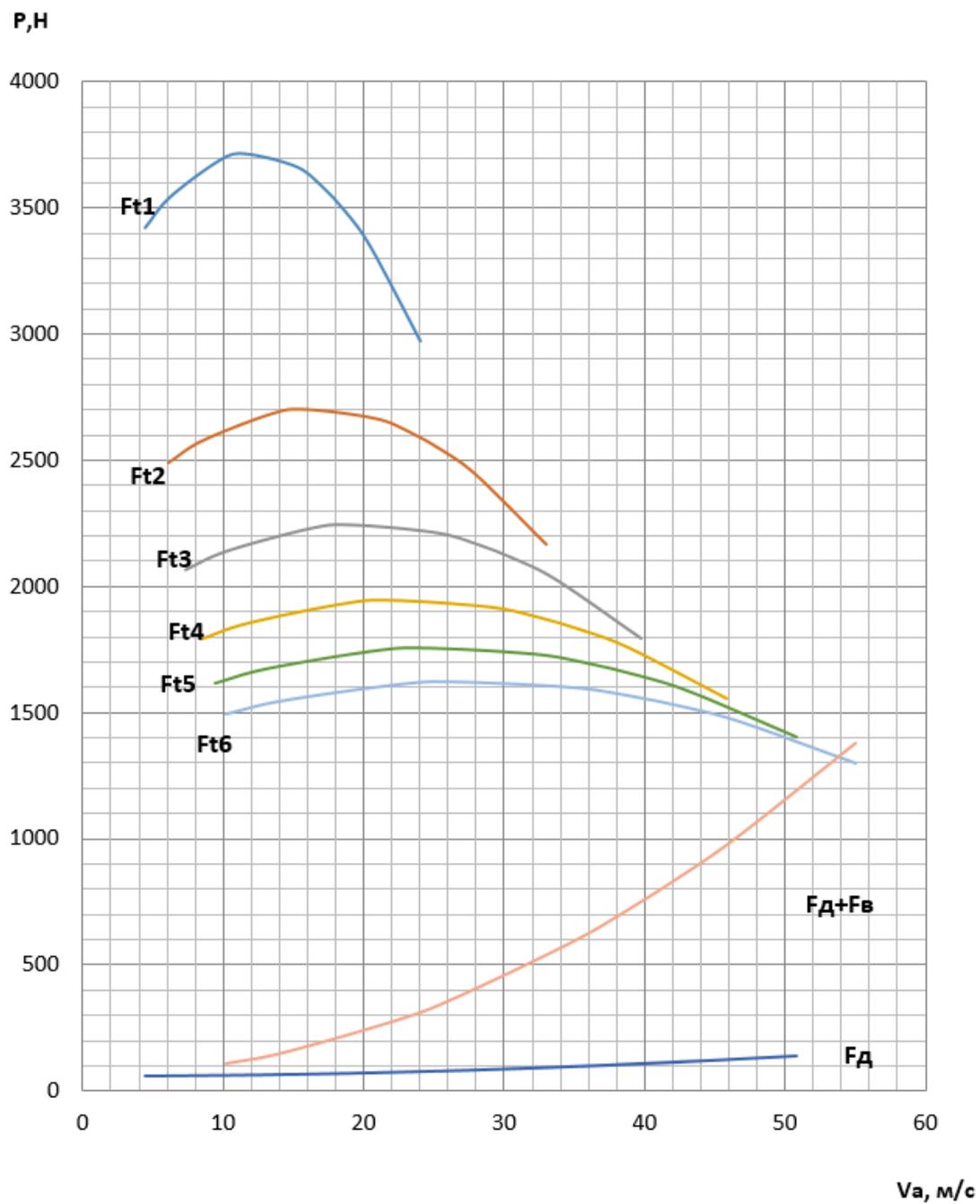


Рисунок А.2

Динамическая характеристика

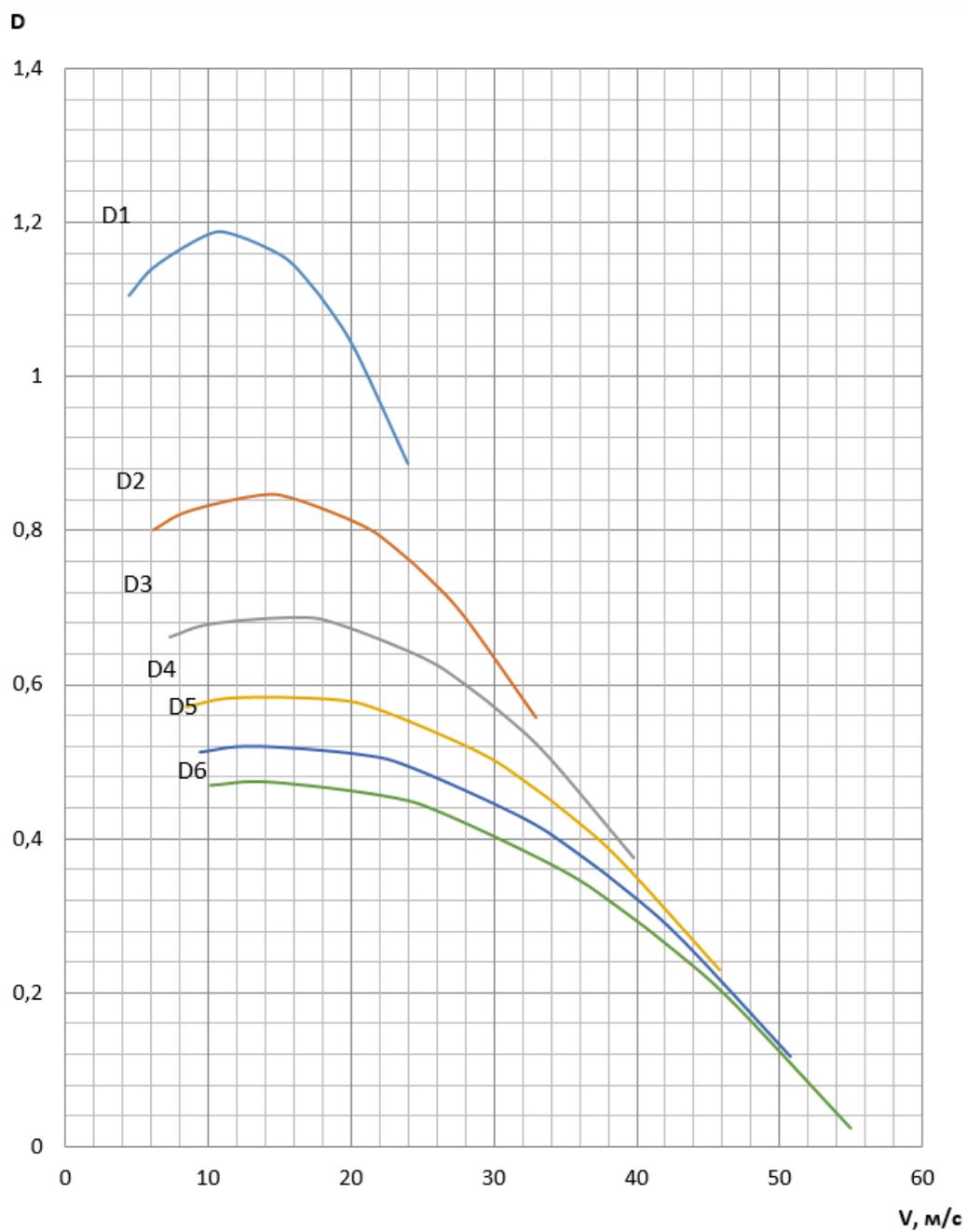


Рисунок А.3

Ускорения на передачах

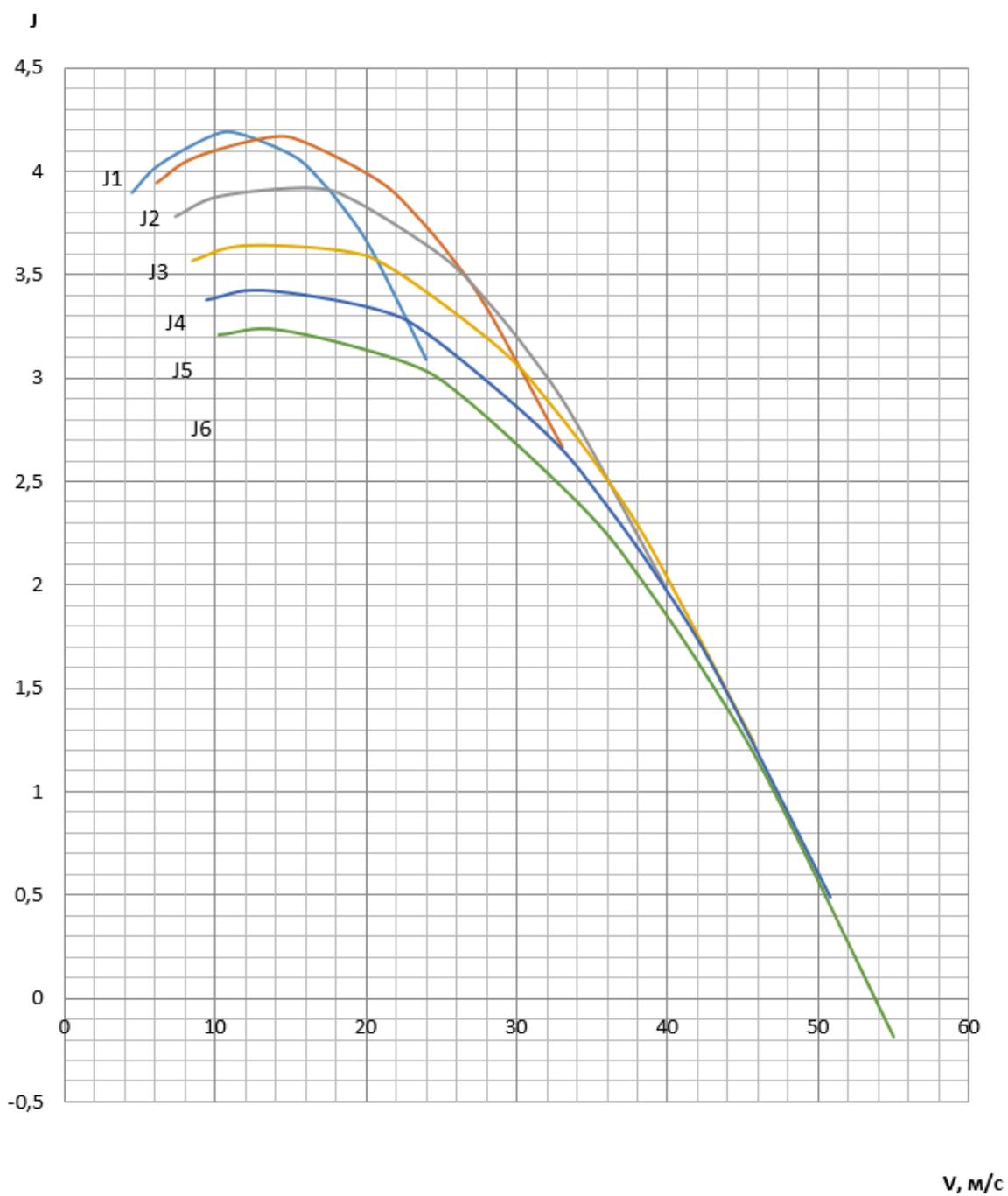


Рисунок А.4

Обратные ускорения на передачах

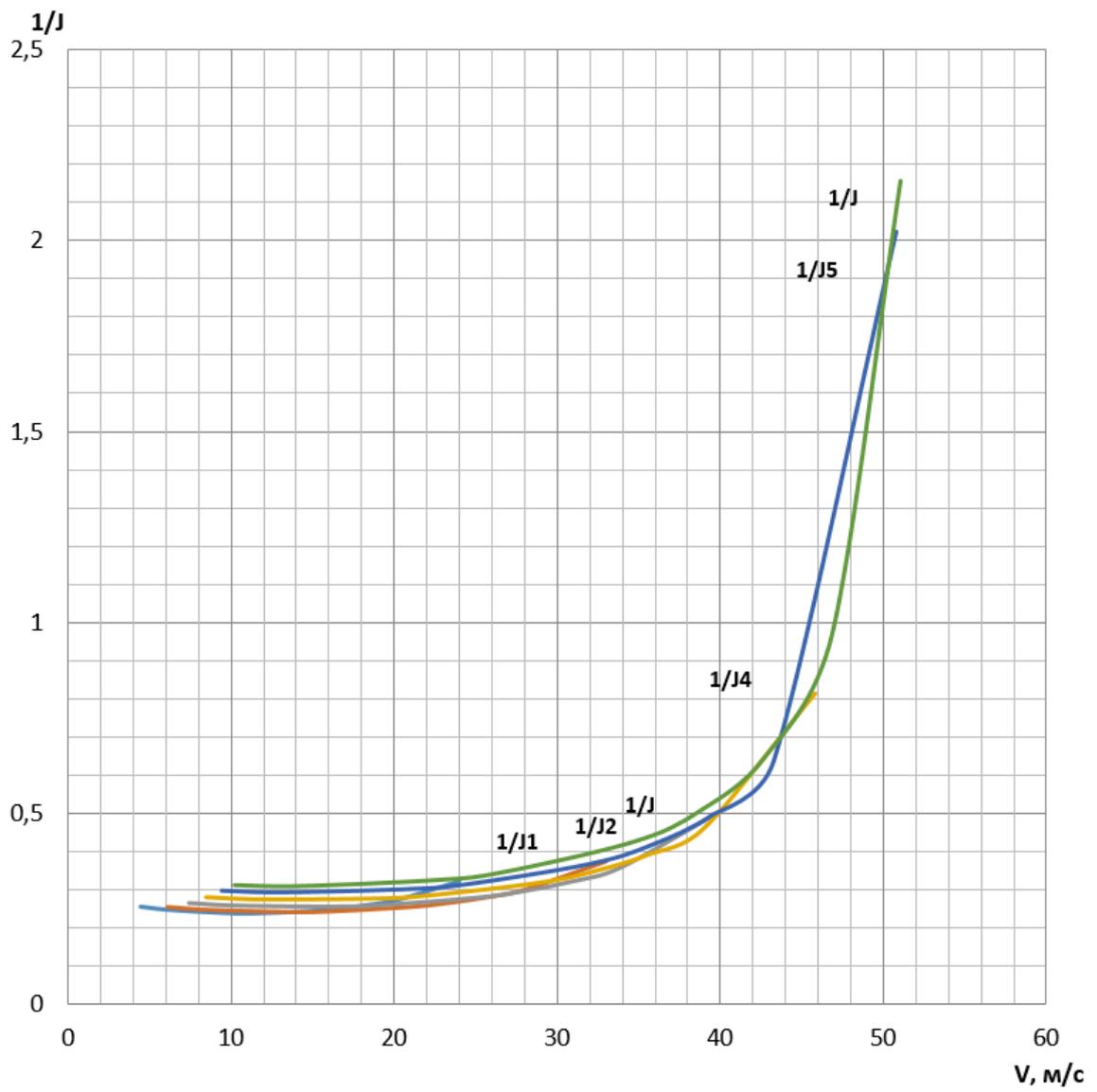


Рисунок А.5

Время разгона

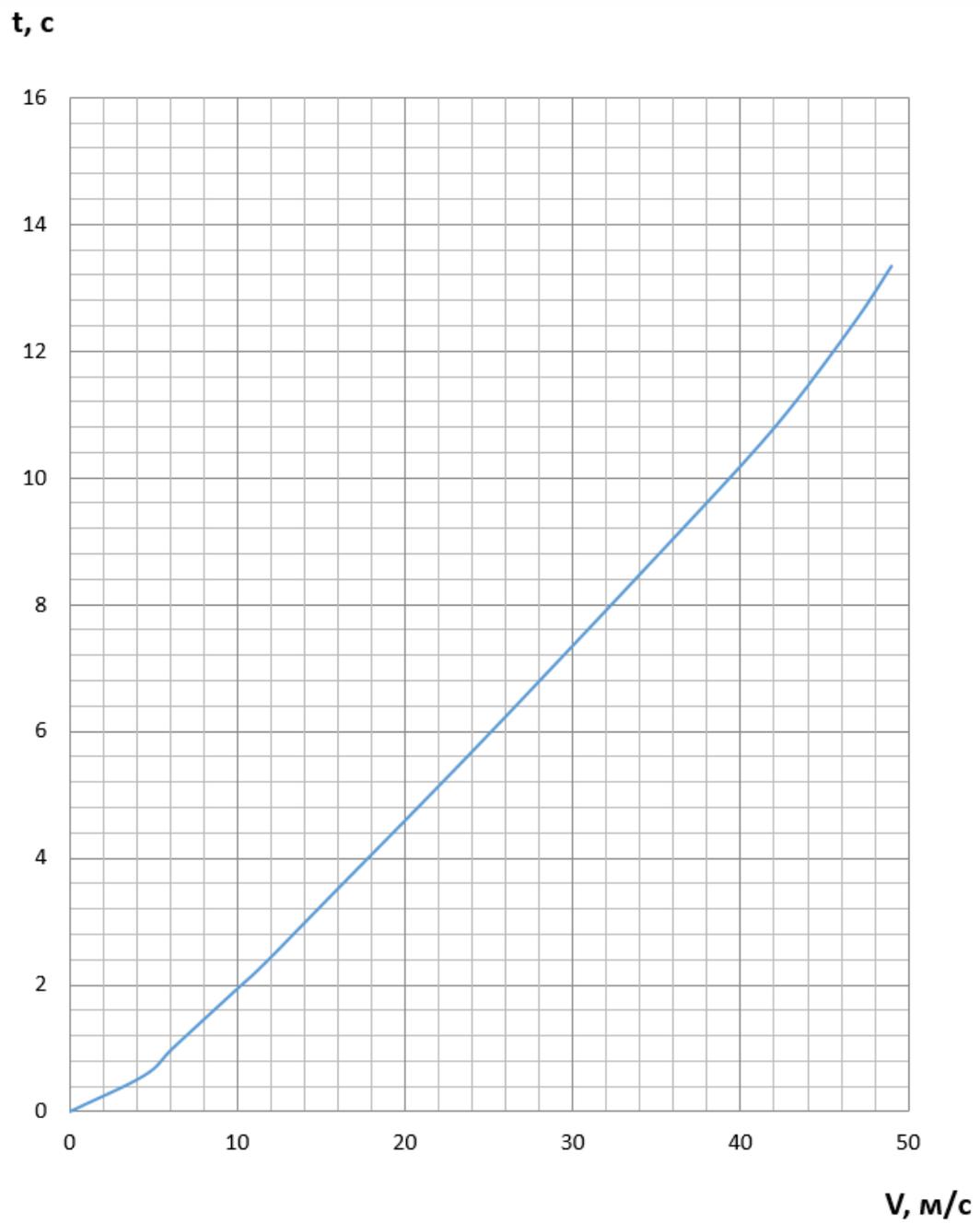


Рисунок А.6

Путь разгона

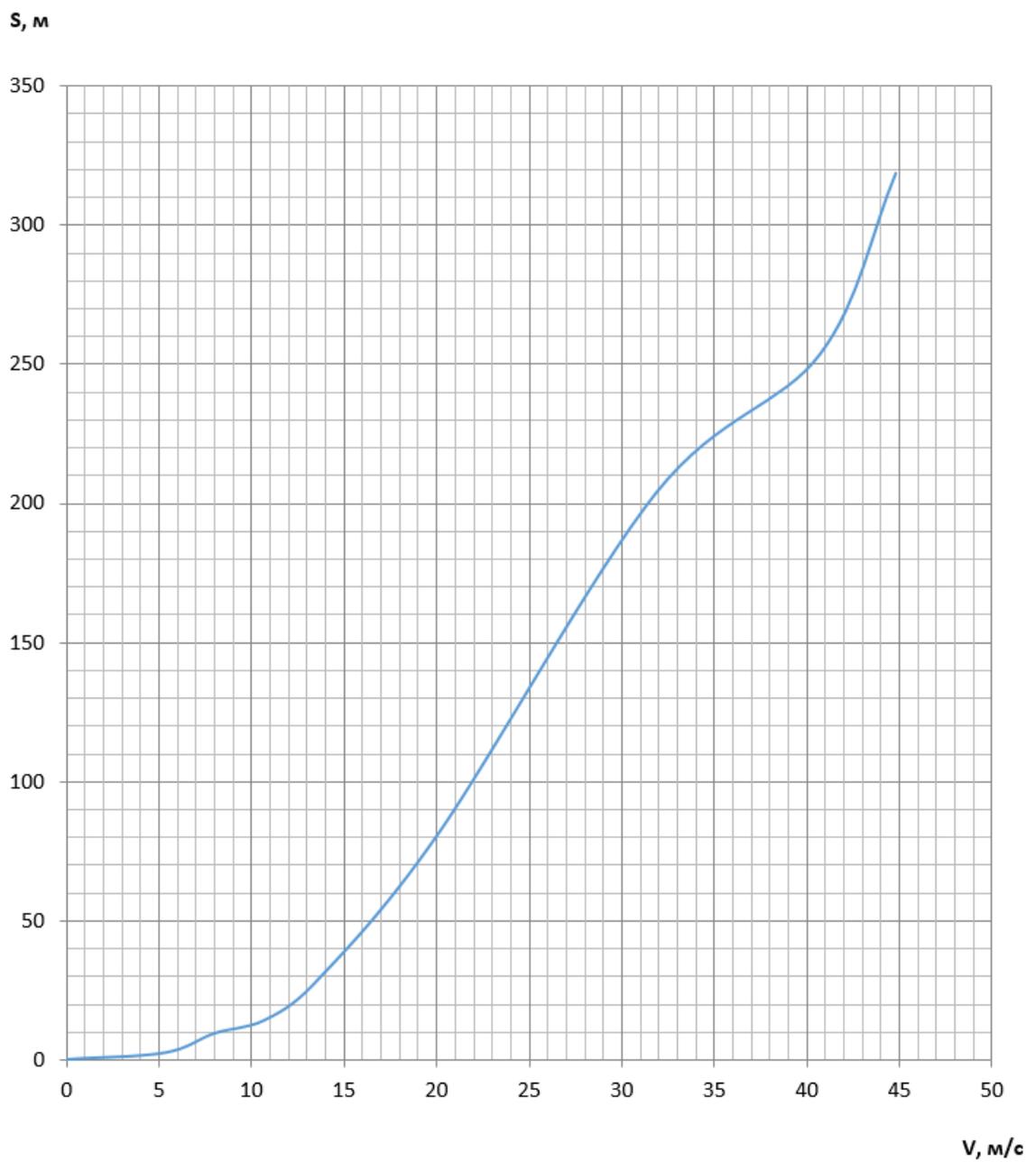


Рисунок А.7

Мощностной баланс

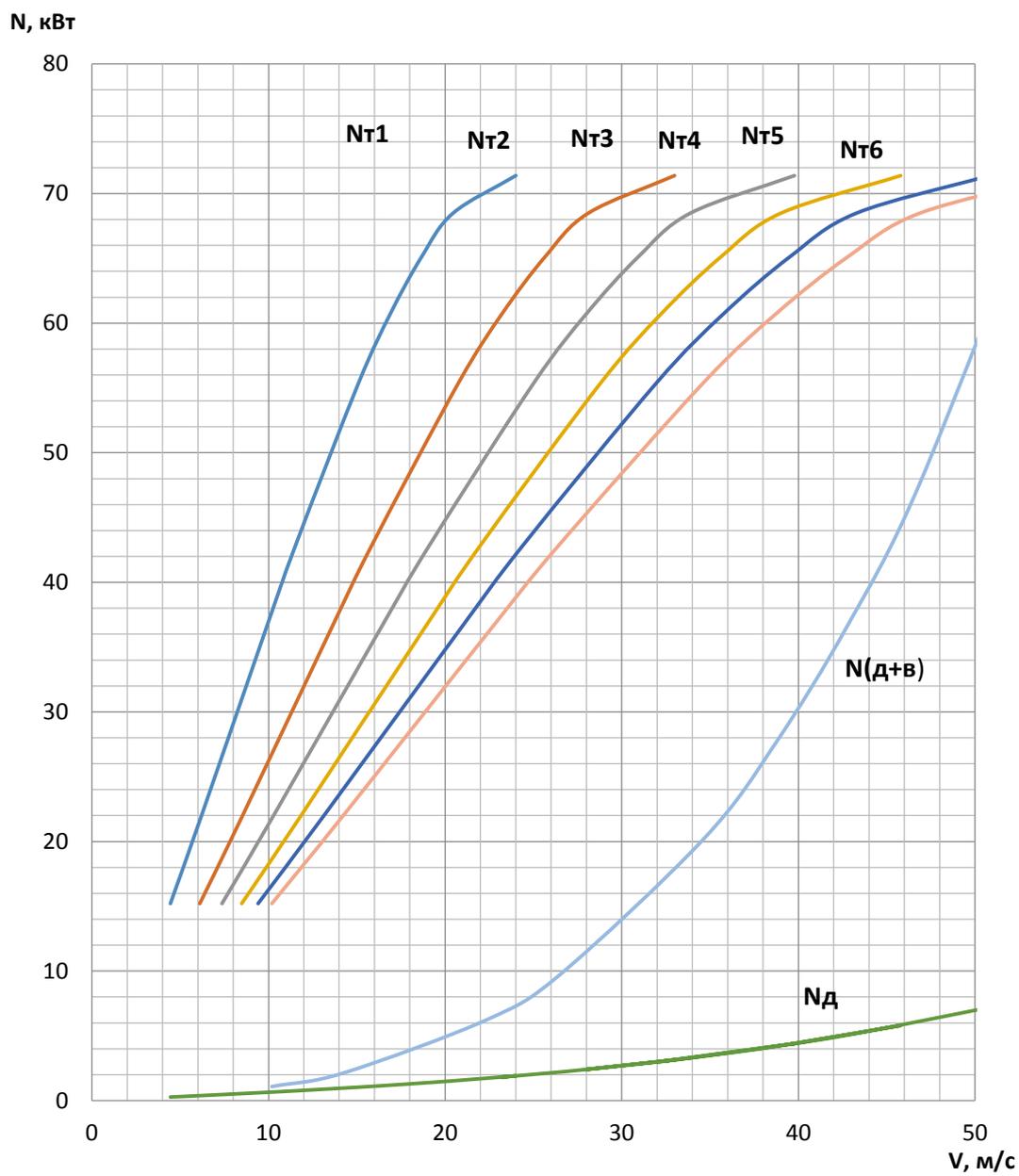


Рисунок А.8

Путевой расход топлива

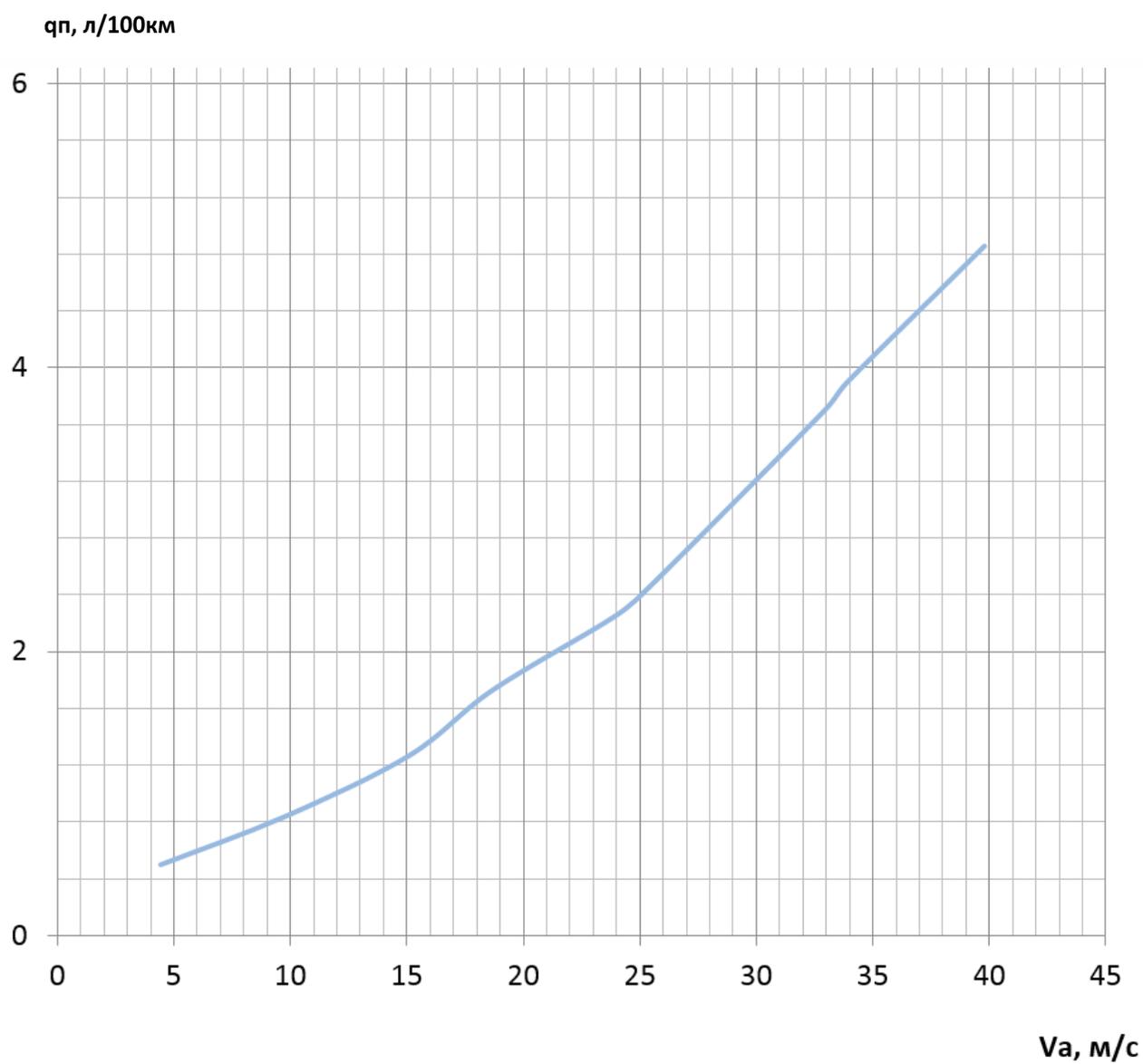


Рисунок А.9

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Пере. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		A4			16 ДПО 1.0 11.00.000.ГЗ	Гьяснительная записка	1	
		A1			16 ДПО 1.0 11.00.000.СБ	Сборочный чертёж	2	
Страв. №						<u>Сборочные единицы</u>		
		A1	1		16 ДПО 1.0 11.6 1.0 1.000.СБ	Привод пневматический в сборе	1	
Подп. и дата						<u>Детали</u>		
			2		16 ДПО 1.0 11.6 1.00.002	Стенка верхняя кронштейна пневмоцилиндра	1	
Име. № дубл.								
			3		16 ДПО 1.0 11.6 1.00.003	Стенка нижняя кронштейна пневмоцилиндра	1	
Взам. инв. №								
			4		16 ДПО 1.0 11.6 1.00.004	Стенка боковая кронштейна пневмоцилиндра	2	
Подп. и дата								
			5		16 ДПО 1.0 11.6 1.00.005	Стенка задняя кронштейна пневмоцилиндра	1	
			6		16 ДПО 1.0 11.6 1.00.006	Болт крепежный кронштейна пневмоцилиндра	1	
Име. № подл.						16 ДПО 1.0 11.6 1.0 1.000.СБ		
		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Привод пневматический в сборе		
Разраб.	Мурадов ЭШ			Лит.	Лист			
Пров.	Бобровский А.В.					1	2	
Нконтр.	Егоров А.Г.			ТГУ, АТ- 1101				
Утв.	Бобровский А.В.							

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Сборочные единицы</i>						
A2		1	16.ДП.01.011.63.01.000.СБ	Ресивер в сборе	1	
<i>Детали</i>						
A4		2	16.ДП.01.011.63.00.002	Кронштейн крепления ресивера	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
		3		Болт М6х20 ГОСТ 15591-70	2	
		4		Гайка 2М6-6Н ГОСТ 5915-70	2	
		5		Манометр	1	
		6		Регулятор давления	1	
		7		Шайба 6.37 ГОСТ 9649-78	2	
16.ДП.01.011.63.01.000.СБ						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разраб. Мурадов ЭШ						
Пров. Бобровский А.В.						
Исполн. Егоров А.Г.						
Утв. Бобровский А.В.						
				Ресивер в сборе		
						Лит. Лист Листов 1
						ТГУ, АТ- 1101

Копировал

Формат А4

Рисунок Б.3 – Спецификация ресивера в сборе