

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

**ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

(институт)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

190201.65 «Автомобиле- и тракторостроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобилестроение

(направленность (профиль))

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

на тему: Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. Модернизация  
тормозной системы

Студент(ка)	<u>Р.А. Мамонов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>И.В. Еремина</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	<u>Л.Л. Чумаков</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>Д.Ю. Воронов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>А.Н. Москалюк</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

\_\_\_\_\_ (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ Г.

Тольятти 2016

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

«10» декабря 2015 г.

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение дипломного проекта**

Студент Мамонов Роман Александрович

1. Тема Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. Модернизация тормозной системы
2. Срок сдачи студентом законченного проекта « 01 » июня 2016 г.
3. Исходные данные к дипломному проекту

Цель проекта: \_\_\_\_\_

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

**Аннотация**

**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**

---

---

#### **5. Анализ экономической эффективности объекта**

---

---

#### **6. Безопасность и экологичность объекта**

---

---

### **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 чертежи ..... листов формата .....

Деталировка ..... листов формата А1

Технологическая схема сборки разрабатываемого узла 1 лист ф. А1

Показатели экономической эффективности объекта 1 лист ф. А1

6. Консультанты по разделам

Технологическая /Исследовательская часть \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/

Анализ экономической эффективности объекта \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/

Безопасность и экологичность объекта \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/

7. Дата выдачи задания «10» декабря 2015 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы

И.В. Еремина

Задание принял к исполнению

Р.А. Мамонов

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)  
«10» декабря 2015г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**  
**выполнения дипломного проекта**

Студента Мамонова Романа Александровича  
по теме Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. Модернизация тормозной системы

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. Технологическая 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)

И.В. Еремина  
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_  
(подпись)

Р.А. Мамонов  
(И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Данный дипломный проект на тему «Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. Модернизация тормозной системы» имеет своей целью внедрение чугунного тормозного барабана на автомобиле LADA 2170 Priora вместо тормозного барабана из алюминиевого сплава с залитым внутри него чугунным кольцом. Подобное решение является целесообразным, поскольку существенно упрощается технологический процесс изготовления тормозного барабана, материал чугун более дешевый в сравнении с алюминием, а также алюминий чувствителен к перепадам температур и такой барабан может повести, что может, в свою очередь, уменьшить активную безопасность автомобиля.

Дипломный проект «Легковой автомобиль 2 класса. Модернизация тормозной системы» состоит из пояснительной записки (объемом 110 страниц) и графической части (объемом 10 листов формата А1).

# СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение	9
1. Состояние вопроса	11
1.1 Тормозная система автомобиля. Назначение и классификация	11
1.2 Требования к тормозным системам	14
1.3 Принцип действия и состав тормозной системы	15
1.4 Дисковые и барабанные тормозные механизмы	21
1.5 Задний тормозной механизм автомобиля LADA-2170 Priora. Анализ недостатков серийного тормозного барабана	27
2 Конструкторская часть	29
2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля	29
2.1.1 Исходные данные	29
2.1.2 Расчет полного веса автомобиля, его распределения по осям	29
2.1.3 Подбор шин	30
2.1.4 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя	30
2.1.5 Расчет передаточного числа главной передачи	32
2.1.6 Расчет передаточных чисел коробки передач	32
2.1.7 Расчет скорости автомобиля в зависимости от включенной передачи и числа оборотов двигателя	34
2.1.8 Расчет тяговой характеристики автомобиля	34
2.1.9 Расчет сил сопротивления движению автомобиля	35
2.1.10 Расчет динамического фактора автомобиля	36
2.1.11 Расчет мощностного баланса автомобиля	37
2.1.12 Расчет ускорений автомобиля при разгоне	39
2.1.13 Расчет времени и пути разгона автомобиля	41
2.1.14 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля	43
2.2 Расчет тормозной системы автомобиля LADA-2170 Priora	46
2.2.1 Исходные данные	46
2.2.2 Расчет переднего тормозного механизма	47

2.2.3	Расчет заднего тормозного механизма	49
2.2.4	Расчет нормальных реакций дороги на ось автомобиля при торможении	50
2.2.5	Расчет оптимального соотношения давлений в передних и задних тормозных механизмах автомобиля при полном использовании сцепления колеса с дорогой	51
2.2.6	Расчет регулятора тормозных сил	52
2.2.7	Расчет вакуумного усилителя тормозов	54
2.2.8	Расчет тормозных сил, действующих на переднюю и заднюю оси автомобиля при торможении	55
2.2.9	Расчет реализуемого сцепления для передней и задней оси автомобиля	59
2.2.10	Расчет эффективности тормозной системы автомобиля при отказе одного из контуров	60
2.2.11	Расчет эффективности тормозной системы автомобиля при отказе вакуумного усилителя тормозов	61
3	Технологическая часть	64
3.1	Анализ технологичности конструкции изделия	64
3.2	Разработка технологической схемы сборки	65
3.3	Техническое нормирование слесарно-сборочных работ	79
3.4	Определение типа производства и формы организации технологического процесса сборки	79
4	Анализ экономической эффективности объекта	81
	Введение	81
4.1	Расчет себестоимости проектируемого заднего тормозного механизма	82
4.2	Расчет точки безубыточности проекта	88
4.3	Расчет коммерческой эффективности проекта	91
4.4	Анализ полученных экономических показателей и выводы	97
5	Безопасность и экологичность объекта	99
5.1	Влияние изменений в конструкции заднего тормозного механизма на безопасность автомобиля	99

5.2 Рабочее место, оборудование и выполняемые операции участка сборки	99
5.3 Опасные и вредные производственные факторы на участке сборки и их воздействие на работающих	102
5.4 Мероприятия по снижению и предотвращению влияния опасных и вредных производственных факторов	104
5.4.1 Обеспечение пожаробезопасности	104
5.4.2 Обеспечение электробезопасности	104
5.4.3 Обеспечение вибробезопасных условий труда	105
5.4.4 Методы защиты от шума	105
5.4.5 Вентиляция производственного помещения	106
5.4.6 Снижение психофизиологических перегрузок	106
5.4.7 Производственное освещение	106
5.5 Экологическая экспертиза проекта	107
5.6 Безопасность в аварийных ситуациях	108
5.7 Выводы	108
Заключение	109
Список использованных источников	110
Приложение А	111



## ВВЕДЕНИЕ

Несколько веков умы ученых людей не покидала мысль о том, как заставить повозку двигаться самостоятельно. Мулы, ослы, конные повозки использовались в качестве средств передвижения с самых древних лет, но настоящая революция в этой области произошла только с появлением механического источника энергии, который можно было использовать в качестве движителя. Сначала это были паровые двигатели, электрические двигатели, и лишь потом появились двигатели внутреннего сгорания, работающие по циклу Отто, которые, претерпев глобальные усовершенствования, повсеместно используются в наше время. Переход на механические движители ознаменовал начало великой гонки, которая продолжается вот уже два столетия – гонка за высокими скоростями. Но одновременно с задачей заставить транспортное средство развить как можно большую скорость перед конструкторами встала задача, противоположная по направлению – заставить автомобиль остановиться тогда, когда это необходимо.

Понятно, что для реализации этой задачи и была создана тормозная система. Хотя первые устройства, предназначенные для остановки транспортных средств, системой можно было назвать лишь с большой натяжкой. Самым первым прообразом тормозной системы можно считать клин, который вставлялся между ободом колеса повозки и корпусом телеги. Такие устройства были очень эффективны, потому как у них присутствовал эффект самоусиления – вращающееся колесо как бы затягивало клин, увеличивая тем самым силу трения между клином и колесом. Однако понятно, что область применения такого тормоза ограничивалась конными обозами и применять его в самобеглых повозках нельзя. Конструкторы вышли из сложившейся ситуации, применив в автомобиле ременные тормоза. Эту систему уже можно считать прообразом современных тормозных систем: неподвижный кожаный ремень, который играл роль фрикционной тормозной ленты, применяемой до сих пор в специальных транспортных средствах и тракторах, при активизации тормозной системы, затягивался вокруг вращающегося шкива или барабана (в зависимости от конструкции), тем самым останавливая вращение колеса. В те годы, когда скорости были небольшими, эффективности такого рода систем было достаточно, чего не скажешь о ресурсе.

Так или иначе, тормозные системы постоянно совершенствовались, но по сути каких-то устоявшихся решений не было до тех пор, пока не появились барабанные тормоза, ставшие «законодателями моды» на долгое время. Высокая эффективность и высокий ресурс таких тормозов заставили конструкторов повсеместно применять именно такую схему в автомобилях. Конструкция оказалась настолько удачной, что практически все последующие изменения касались в основном привода. Такая ситуация продолжалась вплоть до Второй мировой войны, спровоцировавшей резкий рост технического прогресса, правда в основном касающегося военной техники. Тяжелые условия эксплуатации потребовали повышенного запаса прочности и мощности практически всех систем, в том числе и тормозной. В таких условиях выявился один из самых существенных недостатков барабанной тормозной системы – склонность к перегреву при повышении нагрузки, и следующая за этим потеря эффективности.

В это время на арену выходит принципиально другая – дисковая тормозная система. Главное отличие такой системы от барабанной – открытая всем ветрам рабочая поверхность и форма – диск вместо внутренней поверхности барабана. При движении автомобиля и его торможении рабочая поверхность диска очень эффективно охлаждается потоком набегающего воздуха, таким образом безболезненно «переваривая» повышенные нагрузки. Именно эта особенность (повышенная стойкость к перегреву и как следствие более высокая эффективность в экстремальных режимах) стала решающей в вопросе применения такой конструкции.

И вот до сегодняшнего дня эти две системы борются за место под солнцем, и борьба эта идет с переменным успехом: сразу после войны лейтмотивом всех выпускающихся автомобилей была дешевизна и простота конструкции – разоренная фашистами Европа не могла позволить себе никаких излишеств. Практически все автомобили, выпускающиеся в то время, комплектовались барабанной тормозной системой. Но с течением времени и с ростом скоростей ситуация менялась, и сейчас уже дисковая схема начинает вырываться вперед – барабанные тормоза используются в основном на задней оси автомобилей малого и среднего классов.

# 1 Состояние вопроса

## 1.1 Тормозная система автомобиля. Назначение и классификация

Тормозная система автомобиля – это важнейшая система, предназначенная для:

- снижения скорости движения автомобиля;
- остановки автомобиля;
- удержания стоящего автомобиля на месте.

Существует несколько видов тормозных систем, которыми должен обладать современный автомобиль:

- рабочая тормозная система;
- запасная тормозная система;
- стояночная тормозная система;
- вспомогательная тормозная система.

Каждая из вышеуказанных систем предназначена для своих целей, но при этом они конструктивно пересекаются, то есть имеют общие элементы.

Все автомобили, без исключений, обязаны быть оборудованы первыми тремя тормозными системами (рабочей, запасной и стояночной).

Вспомогательная тормозная система обязательна для установки на грузовых автомобилях массой свыше 16 т и на больших междугородных автобусах.

Рабочая тормозная система – основная и наиболее эффективная тормозная система автомобиля. Она воздействует на все тормозные механизмы, ее применяют для рабочего или экстренного торможения. Система приводится в действие усилием ноги водителя, прикладываемым к педали ножного тормоза.

Запасная тормозная система – это система, дублирующая рабочую тормозную систему в случае выхода ее из строя, эту систему называют еще аварийной. Чаще всего ею является исправная (не вышедшая из строя) часть рабочей тормозной системы, например, первичный или вторичный контур гидравлической тормозной системы. Она менее эффективна в сравнении с рабочей системой.

Стояночная тормозная система служит для удержания на месте неподвижного автомобиля, чаще всего управляется рукой водителя через специальный рычаг.

Вспомогательная тормозная система – это тормоз-замедлитель на большегрузных автомобилях, необходимый для уменьшения нагруженности рабочей тормозной системы в условиях длительного ее использования (например, при затяжном спуске в горной или холмистой местности).

Каждая тормозная система состоит из:

- тормозного привода;
- тормозных механизмов.

Тормозной привод – это совокупность устройств, осуществляющих связь органа управления с тормозными механизмами.

Тормозной механизм – это устройство, непосредственно реализующее процесс торможения автомобиля.

Тормозной привод автомобиля может быть:

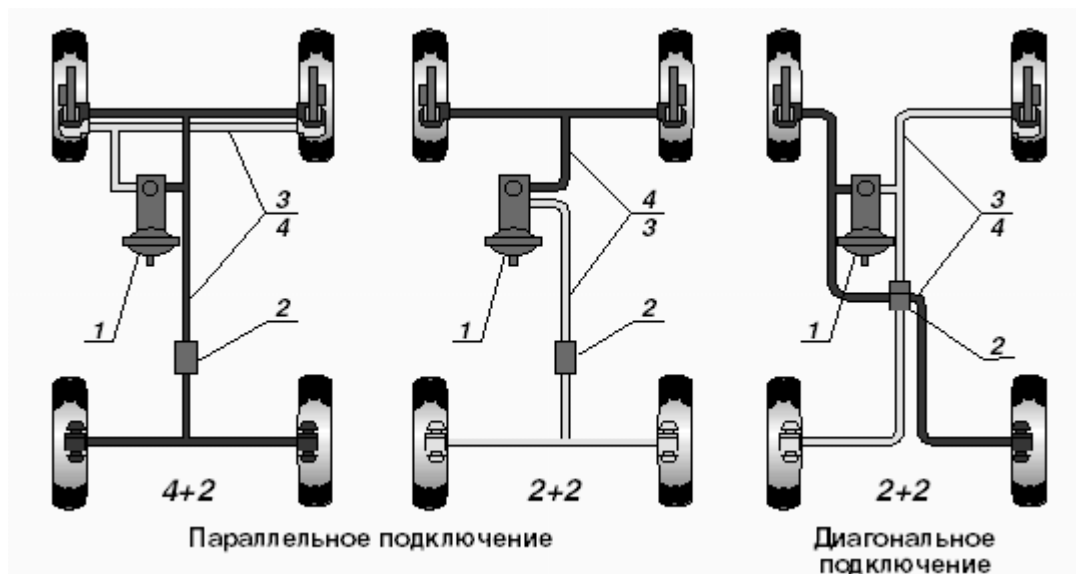
- механическим;
- гидравлическим;
- пневматическим;
- электрическим;
- комбинированным.

Механический тормозной привод наиболее часто применяется в качестве стояночной тормозной системы, он представляет собой систему тяг, рычагов и тросов, связывающих орган управления с разжимным устройством механического типа колесных или трансмиссионных тормозов.

Гидравлический тормозной привод чаще всего используется в тормозной системе легковых автомобилей и грузовых автомобилей малой и средней грузоподъемности в качестве рабочей тормозной системы. Этот тип привода – гидростатический, в нем передача энергии осуществляется давлением специальной несжимаемой жидкости в замкнутом объеме. Конструктивно – это система трубопроводов, заполненных специальной тормозной жидкостью, передающей усилие от тормозной педали к тормозным механизмам.

Гидравлический тормозной привод всегда состоит из двух независимых контуров. Это делается для того, чтобы в случае какой-либо неисправности из строя выходил не весь привод, а только его проблемная часть. Исправный контур в данном случае является аварийной тормозной системой, которая останавливает автомобиль, хотя и с меньшей эффективностью.

Наиболее часто применяемые схемы компоновки гидравлической тормозной системы представлены на рисунке 1.1.



1 – главный тормозной цилиндр с вакуумным усилителем;

2 – регулятор давления жидкости в задних тормозных механизмах; 3,4 – рабочие контуры

Рисунок 1.1 – Схемы компоновки гидравлической тормозной системы

В конструкции тормозной системы легкового автомобиля чаще всего используется схема компоновки с диагональным подключением.

Пневматический тормозной привод главным образом используется в тормозной системе грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности, тягачей, автобусов. В данном типе привода используется энергия сжатого воздуха.

Электрический привод необходим на автопоездах, поскольку при его применении достигается наиболее простой способ передачи энергии на большие расстояния при весьма малом времени, нужном для срабатывания тормозной системы.

Комбинированный тормозной привод – это сочетание нескольких типов приводов, в котором максимально используются преимущества каждого отдельного привода и минимизируются недостатки, присущие им в отдельности.

Тормозной механизм бывает:

- механическим (фрикционным);
- гидравлическим;
- электрическим.

Фрикционные тормозные механизмы бывают дисковыми и барабанными. Их принцип действия основан на создании регулируемой силы трения между вращающимися и неподвижными частями тормозных механизмов. Подобный тип тормозных механизмов наиболее часто применяется в конструкции тормозных систем автомобилей (за исключением вспомогательной тормозной системы).

Гидравлические и электрические тормозные механизмы применяются в роли вспомогательной тормозной системы (в качестве тормоза-замедлителя).

## 1.2 Требования к тормозным системам

Тормозная система автомобиля играет главную роль в обеспечении активной безопасности, в связи с чем к ней предъявляются повышенные требования, которые регламентируются российскими и международными нормативными документами, такими как, например, Правила №13 ЕЭК ООН «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств категорий М, N и O в отношении торможения» и Правила №13Н ЕЭК ООН «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей в отношении торможения», на базе которых составлены отечественные ГОСТ Р 41.13-99 и ГОСТ Р 41.13Н-99.

Если говорить конкретно, то тормозная система автомобиля должна:

- обеспечивать минимальный тормозной путь или максимальное замедление при торможении;
- сохранять устойчивость автомобиля при торможении;

- сохранять стабильность тормозных свойств при неоднократных торможениях;
- обеспечивать минимальное время срабатывания при торможении;
- обеспечивать пропорциональность между усилием на тормозной педали и тормозными силами на колесах автомобиля;
- обеспечивать легкость управления;
- обладать повышенной надежностью.

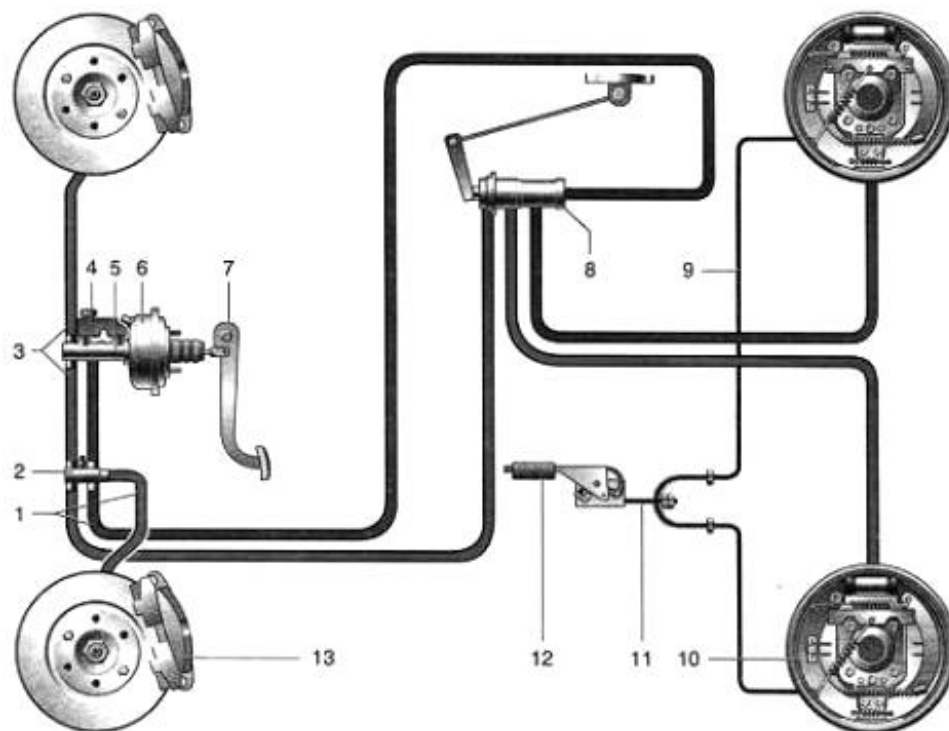
### 1.3 Принцип действия и состав тормозной системы автомобиля

Основными элементами типичной тормозной системы являются:

- тормозная педаль;
- главный тормозной цилиндр;
- вакуумный усилитель;
- передние дисковые тормозные механизмы;
- задние барабанные тормозные механизмы;
- регулятор давления задних тормозов;
- трубопроводы;
- рычаг привода стояночного тормоза;
- троса стояночного тормоза.

Принципиальная схема тормозной системы автомобиля представлена на рисунке 1.2.

Принцип действия рабочей тормозной системы автомобиля следующий: усилие от приложения нагрузки к педали тормоза передается на поршень главного тормозного цилиндра, тормозная жидкость по трубопроводам вытесняется из полостей главного тормозного цилиндра в полости колесных цилиндров передних и задних тормозных механизмов. Поршни колесных цилиндров выдвигаются и приводят в действие тормозные механизмы колес (прижимают колодки к барабанам и дискам). Чем большая нагрузка прикладывается к тормозной педали, тем сильнее прижимаются колодки, создавая тормозной момент на колесах.



- 1 – трубопровод контура «левый передний-правый задний тормозные механизмы»;  
 2 – сигнальное устройство;  
 3 – трубопровод контура «правый передний - левый задний тормозные механизмы»;  
 4 – бачок главного цилиндра; 5 – главный тормозной цилиндр;  
 6 – вакуумный усилитель тормозов; 7 – педаль тормоза; 8 – регулятор давления;  
 9 – задние троса стояночного тормоза; 10 – тормозной механизм заднего колеса;  
 11 – передний трос стояночного тормоза; 12 – рычаг привода стояночного тормоза;  
 13 – тормозной механизм переднего колеса

Рисунок 1.2 – Принципиальная схема тормозной системы автомобиля

Принцип действия стояночной тормозной системы автомобиля следующий: водитель прикладывает нагрузку к рычагу ручного привода тормоза. Эта нагрузка через систему тросов передается к приводным рычагам задних тормозных механизмов, каждый из которых, в свою очередь, одной своей стороной соединен с тормозной колодкой, а через распорную планку и с другой колодкой. При прикладывании нагрузки к органу управления приводные рычаги поворачиваются и разводят колодки, прижимая их к барабанам.

Далее рассмотрим принцип действия некоторых элементов тормозной системы автомобиля.



Вакуумный усилитель тормозов – наиболее распространенный тип усилителя, применяемый в конструкции тормозной системы современного автомобиля. Он увеличивает усилие, передаваемое в гидропривод с тормозной педали за счет разряжения. Использование вакуумного усилителя значительно облегчает процесс управления торможением автомобиля, тем самым уменьшая усталость водителя.

Главный тормозной цилиндр необходим для преобразования усилия, прикладываемого к педали тормоза, в избыточное давление тормозной жидкости и распределения его по рабочим контурам тормозной системы.

Колесные тормозные цилиндры (рабочие цилиндры) устанавливаются на щите тормоза барабанного типа или в скобе тормоза дискового типа и предназначены для приведения в действие тормозных механизмов.

Регулятор давления предназначен для ограничения тормозных сил на задних колесах на уровне, не превышающем тормозные силы на передних колесах, с целью недопущения их блокировки и возможного заноса автомобиля.

Основной недостаток регуляторов давления заключается в том, что их использование в тормозной системе автомобиля связано с частичной потерей тормозной эффективности (на 10...15%), потому что недопущение блокировки задних колес достигается их недотормаживанием.

В настоящее время регуляторы давления в конструкции тормозных систем почти не применяются, а все более и более широкое распространение получают электронные системы помощи при торможении. Рассмотрим некоторые из них.

Система ABS. При возникновении неожиданного препятствия или при иных обстоятельствах, водитель, как правило, инстинктивно изо всей силы давит на педаль тормоза, чтобы остановить машину. Но если автомобиль не оборудован никакими «умными» тормозными системами, то можно получить неконтролируемый занос, так как полное нажатие на тормоз вызывает блокировку колес. И может оказаться так, что под одним колесом чистый асфальт, под другим колесом – асфальт с песком, и, соответственно, у колес разное сцепление с дорогой. К тому же износ тормозных колодок на разных колесах разный, вот и

возникают разнонаправленные силы, которые превращают автомобиль в неуправляемый снаряд, летящий неизвестно куда.

Для предотвращения подобных ситуаций была разработана система ABS – Antilock Brake System, – антиблокировочная система. Это уже достаточно «старая» система, ей уже более тридцати лет. Состоит система из датчиков скорости вращения колес, модулятора тормозного давления и электронного блока управления. Датчики должны вовремя подать сигнал о блокировке колес. Этот сигнал поступает на блок управления, который, в свою очередь, подает сигнал модулятору, для понижения давления жидкости в тормозной системе. После того, как колесо разблокировалось, подается сигнал о восстановлении давления жидкости. Этот процесс происходит циклически пока датчики подают сигнал о блокировке колес, то есть пока водитель нажимает педаль тормоза чрезмерно, до состояния блокировки колес. Циклы схватывания и отпускания колеса происходят в доли секунды. Работу системы ABS водитель ощущает по толчкам педали тормоза. Также слышен характерный стук, словно проезд через неровности.

Еще одной особенностью системы ABS является улучшенная управляемость во время торможения. Так, когда колеса то тормозят, то катятся, автомобиль не только скользит на покрышках по асфальту в случае блокировки колес, но в некоторые промежутки времени едет на колесах, тем самым у него есть возможность менять траекторию движения. В случае, когда колеса заблокированы, то управление автомобилем при торможении очень проблематично, он из-за сил инерции просто скользит по прямой траектории.

Система TCS. Наиболее часто колеса могут сорваться в скольжение в момент начала движения, при начале разгона, при попадании автомобиля на участки дороги с разными сцепными свойствами. Чтобы избавиться от этого была разработана и внедрена система TCS или Traction Control System – система тягового контроля. В случае когда, ведущие колеса начинают вращаться быстрее, чем ведомые, это воспринимается как пробуксовка. И тут все зависит от настройки блока управления. В одном варианте, электроника как бы «придушивает» двигатель, хотя водитель давит на педаль газа, или притормаживает

ведущими колесами, пока не кончится пробуксовка. Хотя возможен вариант, когда работают одновременно оба алгоритма. Система TCS позволяет легче тронуться автомобилю, обеспечивая сцепление с дорогой, также позволяет избежать пробуксовки по льду.

Система ESP. Дальнейшим развитием тормозных систем стала разработка системы ESP – Electronic Stability Program, электронной системы стабилизации. Конечно, у предыдущих систем были свои недостатки. При использовании ABS система помогала предотвратить блокировку колес, но выходить из критической ситуации водитель должен был сам, в каком бы паническом состоянии он не был. Типичным примером является вход в вираж на большой скорости, и автомобиль или сносит в кювет или на полосу встречного движения, а действия водителя еще часто усугубляют ситуацию торможением с поворотом руля в сторону заноса.

При наличии в автомобиле системы ESP – она бы автоматически уменьшила подачу топлива, что снизило бы скорость автомобиля, а также выбрала такие тормозные усилия на каждом колесе, которые бы компенсировали момент сил направленных на разворот автомобиля вокруг своей оси, и удержала бы автомобиль на траектории движения.

При том же повороте, когда сносится задняя ось, ESP подтормаживает наружное переднее колесо, что позволяет стабилизировать момент сил и возвращает автомобиль на траекторию движения. Но для того, чтобы ESP работала, к имеющимся датчикам на колоссах, необходимо добавить датчики поперечного ускорения, курсового отклонения, и датчики положения рулевого колеса, ну, и конечно, поставить более мощный микропроцессор с более обширным программным обеспечением. Конечно, установка ESP дело не дешевое, но массовость производства машин позволяет их удешевлять и использовать на все более дешевых моделях автомобилей.

Система EBD. Название данной системы расшифровывается, как электронная система распределения тормозного усилия.

Суть работы системы заключается в увеличении эффективности замедления движения, основанное на том, какие из колес имеют более высокий коэффициент сцепления с дорогой.

При проскальзывании одного из колес, система перераспределяет тормозное усилие по разным колесам. Кроме того, система оценивает загрузку колес и также меняет тормозное усилие. К примеру, при спуске с горы, более эффективно притормаживаются передние колеса. Кроме того, если загружен багажник и полный салон, то притормаживаются задние колеса. В результате машина останавливается очень быстро, даже если колеса находятся на разных видах покрытия.

Система BAS. Brake Assist System. Это можно перевести как «помощник» при торможении. Суть ее заключается в том, что если система оценивает начало нажатия на педаль тормоза, как резкое, то она сама сразу же создает максимальное давление в тормозной системе на все последующее время торможения. Также данная система включается во взаимодействие с круиз-контролем, и когда, по мнению системы, расстояние между автомобилями, или автомобилем и препятствием критически малое, то система сама тормозит автомобиль.

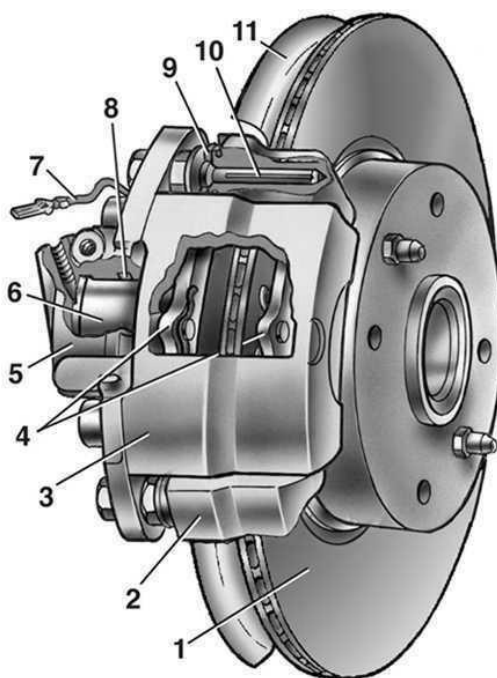
Система VSC. Одна из самых сложных систем торможения. Система VSC (Vehicle Stability Control ) контролирует с помощью множества датчиков следящими за параметрами автомобиля. Это и режим работы двигателя, вращение колес, давление в тормозной системе, поперечное ускорение, положение рулевого колеса, работу трансмиссии. Все эти данные обрабатываются и далее посылаются команды на работу механизмов в данной конкретной ситуации. Эта система пытается исправить ситуацию, которая возникла из-за самоуверенности водителя, или, наоборот, из-за недостатка опыта.

К примеру, тот же поворот на высокой скорости. Водитель видит, что сходит с траектории и может оказаться в кювете или на встречке. Он усугубляет ситуацию торможением или поворотом руля в сторону заноса. Система VSC «придушит» двигатель, не даст заблокировать колеса, перераспределит тормозные усилия так, чтобы противодействовать поперечной силе, вводящей автомобиль во вращение, пытаясь направить машину на свою полосу. Пока такие си-

стемы ставятся на дорогие автомобили, но все меняется, и когда-нибудь она станет штатным оборудованием.

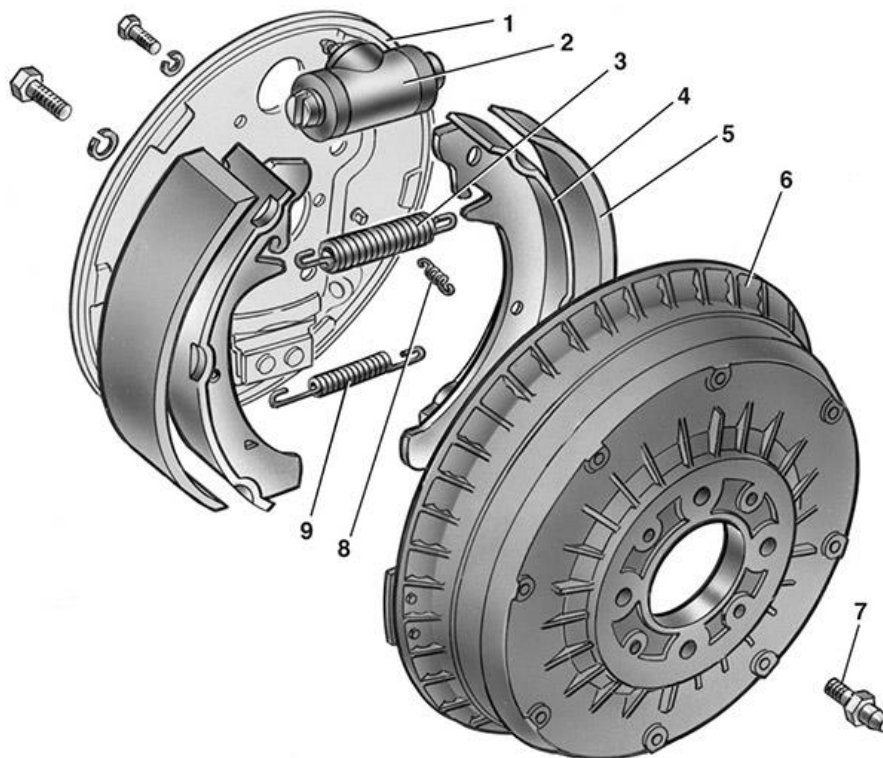
#### 1.4 Дисковые и барабанные тормозные механизмы

Колесные тормозные механизмы обеспечивают служебное и экстренное торможение, а также удержание на месте неподвижного автомобиля. Применяемые колесные тормозные механизмы различных категорий автотранспортных средств бывают двух типов конструкции: дисковые (рисунок 1.3) и барабанные (рисунок 1.4). В настоящее время на преобладающем большинстве легковых автомобилей используются дисковые тормозные механизмы на передних колесах и барабанные колодочные – на задних. На грузовых автомобилях и автобусах, как правило, устанавливают барабанные колодочные тормоза, обладающие эффектом самоусиления и конструктивно совместимые с пневматическим приводом.



- 1 – тормозной диск; 2 – направляющая колодок; 3 – суппорт; 4 – тормозные колодки;  
5 – колесный цилиндр; 6 – поршень; 7 – сигнализатор износа колодок;  
8 – уплотнительное кольцо; 9 – защитный чехол направляющего пальца;  
10 – направляющий палец; 11 – защитный кожух.

Рисунок 1.3 – Дисковый тормозной механизм



- 1 – тормозной щит; 2 – колесный цилиндр; 3 – стяжная пружина колодки (верхняя);  
 4 – тормозные колодки; 5 – накладка колодки; 6 – тормозной барабан;  
 7 – установочный штифт; 8 – направляющая пружина;  
 9 – стяжная пружина колодки (нижняя);

Рисунок 1.4 – Барабанный тормозной механизм

Все большее распространение на автомобилях (в том числе грузовых) получают дисковые тормозные механизмы. Это обусловлено, в первую очередь, их высокой эксплуатационной стабильностью. В этих тормозных механизмах обеспечивается незначительное падение эффективности торможения при нагреве тормоза или попадании воды на поверхности трения. Кроме того, у них меньше время срабатывания, меньше масса и лучше охлаждение (открытая конструкция, вентилируемые диски) по сравнению с барабанными тормозными механизмами. Однако из-за меньшей площади фрикционных накладок дискового тормоза давление на них больше в 3...4 раза, механизм открыт для попадания пыли и грязи. Поэтому интенсивность износа накладок дискового тормозного механизма больше, чем у барабанного. При этом частицы износа выбрасываются беспрепятственно при движении в атмосферу.

В барабанном тормозе основная часть частиц износа остается внутри барабана, закрытого тормозным щитом. Через вентиляционные отверстия барабана в воздух попадает на 10% общей массы продуктов трения. Оборудование автомобиля антиблокировочной системой приводит к тому, что в случае экстренных торможений колеса не блокируются и относительное перемещение тормозных колодок и диска (барабана) сохраняется в течение всего процесса торможения. Это обуславливает увеличение пути трения фрикционных элементов тормоза, а значит, и интенсивности их изнашивания. По результатам исследований автоматизация процесса экстренного торможения способствует снижению ресурса элементов тормозной системы, в том числе тормозных колодок, барабанов и дисков по критерию изнашивания на 10...30%.

К настоящему времени открытые дисковые тормозные механизмы полностью вытеснили барабанные на передних колесах легковых автомобилей и продолжают успешно вытеснять их на задних. С ростом динамических свойств автомобилей тормоза со сплошным диском постепенно заменяются тормозами с вентилируемым диском. Полной замене барабанных тормозов пока препятствуют в основном экономические факторы.

Несмотря на то, что дисковые механизмы лучше, у барабанных тоже есть ряд сильных сторон:

- большой ресурс – он достижим за счет защищенности колодок, спрятанных в барабан, в отличие от наружных на дисках;
- возможность увеличения – увеличивая в габаритах (ширина и высота) барабан, легко достигается высокая эффективность, тогда как размер диска ограничивается ободом;
- простота – несмотря на то, что эта конструкция сложнее дисковой, интегрировать ее со стояночным тормозом проще;
- тепловыделение – оно у барабанных конструкций гораздо ниже, что позволяет применять более дешевые тормозные жидкости;

С течением времени появлялись новые конструкторские решения, использовались различные материалы, однако компоновка тормозов барабанного типа сохранялась. Она состоит из ряда элементов:

- колесный тормозной цилиндр – это чугунный или алюминиевый корпус с расположенными внутри поршнями, оснащенными резиновыми манжетами, которые препятствуют вытеканию тормозной жидкости. Также в нем устанавливается спускной клапан, предназначенный для стравливания воздуха из системы;
- тормозные колодки – элементы, выполненные в форме полумесяца, с фрикционными накладками. Они прижимаются к барабану и останавливают транспортное средство. Фрикционные накладки производятся с добавлением каучука (синтетического), модификаторов, смол, керамики и волокон (минеральных и органических);
- тормозной щит – он монтируется на заднюю балку или ступицу, а к нему подвижно фиксируются тормозные колодки в комплекте с цилиндром;
- пружины (стяжные) – закрепляются к колодкам снизу и сверху. Их задача – работа на сжатие и недопущение расхождения колодок во время движения;
- распорная планка – она используется не во всех тормозных системах, а лишь в тех, где имеется только 1 колесный цилиндр. Представляет собой металлическую пластину со специальными вырезами, которая необходима для работы второй колодки во время натяжения ручки стояночного тормоза, а также для монтажа механизма самоподвода;
- фиксатор – стержень из металла с установленным на него комплектом колодки, пружины и тарелки, создаваемый именно в такой последовательности. В данном случае во время прижимания колодки к тормозному диску останется возможность для ее перемещения по вертикали;
- подвод колодок – пара эксцентриков, помещенных в корпус тормозного щита. Эксцентрики во время вращения способствуют более плотному контакту колодки с барабаном. Ранее данная система широко применялась, но сейчас почти не используется;



- механизм самоподвода – он необходим для нивелирования степени износа колодок и их подвода к барабану. Чаще всего реализуется в виде удлиняющейся распорной планки или в виде клина, проваливающегося внутрь распорной планки и разводящего колодки;
- тормозной барабан.

Рассмотрим конструкцию тормозного барабана несколько подробнее.

Поверхность тормозных барабанов должна быть устойчивой к износу, они должны быть достаточно крепкими, чтобы не деформироваться во время давления на них тормозных колодок и обладать хорошими теплопроводными свойствами.

Конструктивно тормозные барабаны бывают:

- составной тормозной барабан (листовая сталь + чугун);
- тормозной барабан из двух металлов (алюминий + чугун);
- чугунный барабан.

Серый чугун, из которого изготавливается большинство тормозных барабанов, является достаточно прочным и устойчивым к износу материалом, в основном благодаря высокому содержанию углерода. По прочности и износостойкости серый чугун практически идеальный материал для тормозных барабанов. Однако это довольно-таки тяжелый материал, поэтому помимо чисто чугунных барабанов для облегчения конструкции их делают комбинированными. Например, у некоторых тормозов центральная секция барабана отштампована из листовой стали и соединена с чугунным барабаном при отливке в неразъемную конструкцию. Также, есть конструкции, где барабаны изготавливают из алюминиевого сплава с залитым внутрь чугунным кольцом. На барабанах иногда делают ребра, увеличивающие жесткость конструкции и улучшающие отвод теплоты. Тормозной барабан обязательно должен базироваться по ступице колеса. Центрирование осуществляется, как правило, по цилиндрическому поясу на ступице.

Теплоотвод – это участок, поглощающий теплоту. Во время работы тормозов теплота накапливается на фрикционной поверхности барабана и колодок. Из-за этой теплоты температура этих двух поверхностей увеличивается или же

переходит на более холодные участки. Если же теплота не будет уходить, то температура этих поверхностей увеличится.

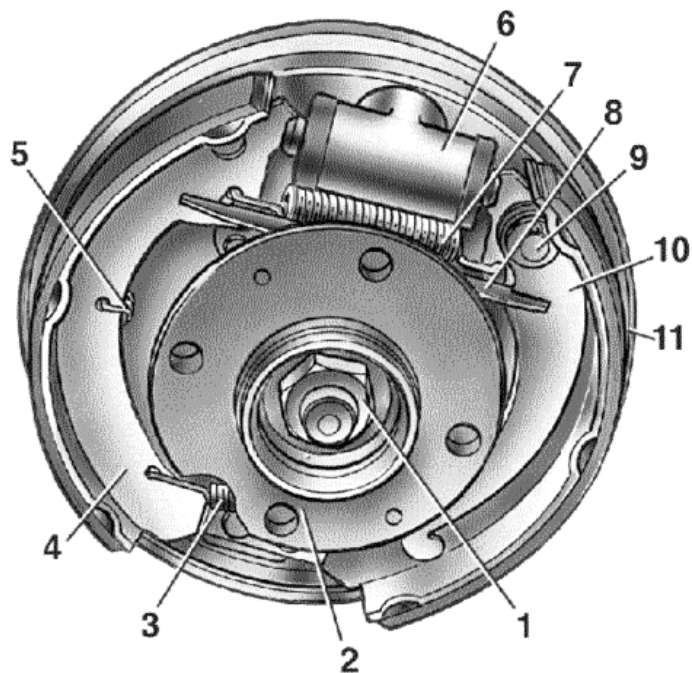
Большой барабан обладает лучшей теплопроводностью. Его температура не будет возрастать быстро по мере поглощения теплоты. Во время торможения определенная часть теплоты переходит в струи воздуха, продувающие барабан, однако скорость перехода теплоты от металла к воздуху довольно низкая. Вот некоторые из способов, благодаря которым можно улучшить охлаждение барабана:

- снабдить барабан ребрами для того, чтобы он лучше продувался воздушной струей;
- сделать его из двух металлов (из алюминия и чугуна) для улучшения теплопроводности;
- сделать колеса с ребрами в центральной секции для того, чтобы улучшить продуваемость барабана воздухом.

Во время эксплуатации внутренняя часть барабана изнашивается обычно очень медленно, однако загрязнения, зернистость тормозной накладки или контакт с заклепками или ребром колодки очень быстро приводят к его повреждениям. Во время замены тормозной колодки поверхность барабана следует тщательно проверить и, в идеальном случае, отремонтировать ее, чтобы быть уверенным в том, что она находится в нормальном, рабочем, состоянии. На всех современных тормозных барабанах имеются указатели максимального износа поверхности, после которого барабан считается негодным к эксплуатации. Любой барабан с большим диаметром, чем тот, что указан на индикаторе, следует заменять. Использование барабанов со слишком большим диаметром может привести к чрезмерному повышению температуры в тормозном механизме, из-за того, что будет нарушена теплопроводность, или к тому, что тормозная педаль будет слишком упругой из-за деформации барабана, которая происходит из-за уменьшения его прочности. Другая проблема, возникающая в процессе эксплуатации тормозных барабанов, это потеря ими круглой формы. Из-за этого тормозная педаль может пульсировать, потому что колодки начнут копировать форму рабочей поверхности барабана.

1.5 Задний тормозной механизм автомобиля LADA-2170 Priora. Анализ недостатков серийного тормозного барабана

Тормозные механизмы задних колес автомобиля LADA-2170 Priora (рисунок 1.5) – барабанного типа, с самоустанавливающимися колодками, с двухпоршневым колесным цилиндром и автоматической регулировкой зазора между колодками и барабаном.



- 1 – гайка крепления ступицы; 2 – ступица колеса; 3 – нижняя стяжная пружина;  
4 – тормозная колодка; 5 – направляющая пружина; 6 – колесный цилиндр;  
7 – верхняя стяжная пружина; 8 – разжимная планка;  
9 – палец рычага привода стояночного тормоза; 10 – рычаг привода стояночного тормоза;  
11 – щит тормозного механизма

Рисунок 1.5 – Тормозной механизм заднего колеса автомобиля LADA 2170 Priora

В корпусе колесного цилиндра установлены два поршня, воздействующие через упоры на колодки тормоза. Поршни уплотнены резиновыми кольцами. В корпусе выполнены два отверстия. В нижнее отверстие ввернут штуцер трубопровода, идущий от главного цилиндра, а в верхнее отверстие – перепускной клапан, предназначенный для удаления воздуха из тормозной системы при заполнении ее жидкостью (прокачка тормозов). Поршень посредством

прямоугольной резьбы соединен с разрезным упорным кольцом, вставленным в корпус цилиндра с натягом, который не позволяет сдвинуть кольцо в осевом направлении усилием стяжной пружины, передающимся от носка колодки через сухарь к поршню. Давление же тормозной жидкости при торможении легко перемещает кольцо в противоположном направлении и обеспечивает надежное прижатие тормозной колодки к рабочей поверхности тормозного барабана. В случае повреждения зеркала цилиндра под действием механических примесей, попавших в тормозную жидкость, или под действием коррозии (наличие воды в тормозной жидкости), кольца могут «закинуть» в цилиндре и один или даже оба поршня потеряют подвижность. Цилиндры в этом случае необходимо заменить.

Тормозной барабан – из алюминиевого сплава с залитым внутрь чугунным кольцом в зоне контакта с рабочей поверхностью тормозных колодок.

У этого тормозного барабана в сравнении с чисто чугунным барабаном можно выделить следующие недостатки:

- цена – алюминий стоит существенно дороже чугуна;
- более сложная технология изготовления;
- чувствительность к перепадам температуры – при резком перепаде температуры алюминий может повести.

В нынешних экономических условиях, когда идет битва за покупателя, каждый лишний сэкономленный в производстве рубль уже удешевляет цену на автомобиль. К тому же сейчас идет процесс удешевления автомобиля LADA-2170 Priora, и на рынок будет выпущена существенно удешевленная версия автомобиля. Поэтому целесообразно оснащать задние тормозные механизмы чисто чугунными барабанами, которые технологически более просты в изготовлении, цены на сырье существенно дешевле, а эксплуатационные качества не хуже алюминиевых барабанов.

## 2 Конструкторская часть

### 2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

#### 2.1.1 Исходные данные

Число ведущих колес	$n_k = 2;$
Снаряженная масса	$m_o = 1088$ кг;
Число мест в автомобиле	5;
Максимальная скорость	$V_{MAX} = 183$ км/ч;
Максимальная частота вращения коленчатого вала	$\omega_{max} = 6000$ об/мин;
Минимальная частота вращения коленчатого вала	$\omega_{min} = 1000$ об/мин;
Коэффициент аэродинамического сопротивления	$C_x = 0,32;$
Величина максимально преодолеваемого подъема	$\alpha_{max} = 0,32;$
Коэффициент полезного действия трансмиссии	$\eta_{TP} = 0,95;$
Площадь поперечного сечения	$H = 1,91$ м <sup>2</sup> ;
Коэффициент сопротивления качению	$f_o = 0,010;$
Число передач в коробке передач	5;
Распределение массы автомобиля по осям	50/50 %;
Плотность воздуха	$\rho = 1,293$ кг/м <sup>3</sup> ;
Плотность топлива	$\rho_m = 0,72$ кг/л.

#### 2.1.2 Расчет полного веса автомобиля, его распределение по осям

$$G_A = G_o + G_{II} + G_B, \text{ (Н)} \quad (2.1)$$

где  $G_o$  – снаряженный вес автомобиля, Н;

$G_{II}$  – вес пассажиров, Н;

$G_B$  – вес багажа, Н.

$$G_o = m_o \cdot g, \text{ (Н)} \quad (2.2)$$

где  $m_o$  – снаряженная масса автомобиля,  $m_o = 1088$  кг.

$$G_o = 1110 \cdot 9,807 = 10670 \text{ (Н)}$$

$$G_{II} = G_{II1} \cdot 5 = m_{II1} \cdot g \cdot 5, \text{ (Н)} \quad (2.3)$$

где  $m_{П1}$  – масса одного пассажира,  $m_{П1} = 75$  кг.

$$G_{П} = 75 \cdot 9,807 \cdot 5 = 3678 \text{ (Н)}$$

$$G_B = G_{Б1} \cdot 5 = m_{Б1} \cdot g \cdot 5, \text{ (Н)} \quad (2.4)$$

где  $m_{Б1}$  – масса одного пассажира,  $m_{Б1} = 10$  кг.

$$G_B = 10 \cdot 9,807 \cdot 5 = 490 \text{ (Н)}$$

$$G_A = 10886 + 3678 + 490 = 14838 \text{ (Н)}$$

$$G_1 = G_A \cdot 0,51 = 15054 \cdot 0,50 = 7419 \text{ (Н)}$$

$$G_2 = G_A \cdot 0,49 = 15054 \cdot 0,50 = 7419 \text{ (Н)}$$

### 2.1.3 Подбор шин

Шины выбираются по нагрузке, приходящейся на колесо с помощью «Краткого автомобильного справочника».

На автомобиле установлены радиальные шины 175/65R14.

$$r_K = r_{CT} = (0,5 \cdot d + \kappa \cdot \lambda \cdot B) \cdot 10^{-3}, \text{ (м)} \quad (2.5)$$

где  $r_K$  – радиус качения колеса, м;

$r_{CT}$  – статический радиус колеса, м;

$B$  – ширина профиля шины, мм,  $B = 175$  мм;

$\kappa$  – отношение высоты профиля к ширине профиля,  $\kappa = 0,65$ ;

$d$  – посадочный диаметр, мм,  $d = 355,6$  мм;

$\lambda$  – коэффициент типа шины,  $\lambda = 0,83$ .

$$r_K = r_{CT} = (0,5 \cdot 355,6 + 0,65 \cdot 0,83 \cdot 175) \cdot 10^{-3} = 0,272 \text{ (м)}$$

### 2.1.4 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя

Внешнюю характеристику двигателя с достаточной точностью можно определить по формуле Лейдермана:

$$N_e = N_{MAX} \cdot \left[ C_1 \frac{\omega_e}{\omega_N} + C_2 \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right], \text{ (Вт)} \quad (2.6)$$

где  $C_1 = C_2 = 1$  – коэффициенты характеризующие тип двигателя;

$N_{MAX}$  – максимальная мощность двигателя, Вт.

$$N_{MAX} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3}, \text{ (Вт)} \quad (2.7)$$

где  $a, b, c$  – эмпирические коэффициенты (для легковых автомобилей с карбюраторным двигателем  $a, b, c = 1$ );

$\lambda = \omega_{MAX} / \omega_N$  – коэффициент, характеризующий отношение максимальной частоты вращения коленвала к частоте вращения коленвала, при которой двигатель развивает максимальную мощность (примем  $\lambda = 1,07$ );

$N_v$  – мощность двигателя, обеспечивающую движение с заданной максимальной скоростью при заданном дорожном сопротивлении, Вт.

$$N_v = \frac{1}{\eta_{TP}} \cdot \left( G_A \cdot \psi_v \cdot V_{MAX} + \frac{C_x \cdot \rho}{2} \cdot H \cdot V_{MAX}^3 \right), \text{ (Вт)} \quad (2.8)$$

где  $\psi_v$  – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля.

$$\psi_v = f_0 \cdot \left( 1 + \frac{V_{MAX}^2}{2000} \right) \quad (2.9)$$

$$\psi_v = 0,010 \cdot \left( 1 + \frac{50,83^2}{2000} \right) = 0,023$$

$$N_v = \frac{1}{0,95} \cdot \left( 14838 \cdot 0,023 \cdot 50,83 + \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} \cdot 1,91 \cdot 50,83^3 \right) = 72885 \text{ (Вт)}$$

$$N_{MAX} = \frac{72885}{1 \cdot 1,07 + 1 \cdot 1,07^2 - 1 \cdot 1,07^3} = 73631 \text{ (Вт)}$$

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}, \text{ (Нм)} \quad (2.10)$$

$$n_e = \frac{30 \cdot \omega_e}{\pi} \text{ (об/мин)} \quad (2.11)$$

Полученные значения мощности и крутящего момента двигателя сводятся в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

$n_e$ , об/мин	$\omega_e$ , рад/с	$N_e$ , кВт	$M_e$ , Нм
1000	105	15,1	143,8
1400	147	21,8	149,0
1800	188	28,8	152,8
2200	230	35,8	155,4
2600	272	42,7	156,7
3000	314	49,2	156,7
3400	356	55,3	155,4
3800	398	60,8	152,8
4200	440	65,5	149,0
4600	482	69,3	143,9
5000	524	72,0	137,5
5400	565	73,4	129,9
5600	586	73,6	125,6
5800	607	73,4	120,9
6000	628	72,9	116,0

### 2.1.5 Расчет передаточного числа главной передачи

$$U_0 = \frac{r_K}{U_{PK} \cdot U_K} \cdot \frac{\omega_{MAX}}{V_{MAX}}, \quad (2.12)$$

где  $U_{PK}$  – передаточное число раздаточной коробки,  $U_{PK} = 1,0$ ;

$U_K$  – передаточное число высшей передачи в коробке передач, на которой обеспечивается максимальная скорость, примем  $U_K = 0,784$ .

$$U_0 = (0,272 \cdot 628) / (1,0 \cdot 0,784 \cdot 50,83) = 4,286.$$

### 2.1.6 Расчет передаточных чисел коробки передач

Передаточное число первой передачи определяется по заданному максимальному дорожному сопротивлению и максимальному динамическому фактору на первой передаче.



В соответствии с этим должны выполняться следующие условия:

$$1) \quad U_1 \geq \frac{G_A \cdot \psi_{MAX} \cdot r_K}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0 \cdot U_{PK}}, \quad (2.13)$$

где  $\psi_{MAX}$  – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля с учётом величины преодолеваемого подъёма

$$\psi_{MAX} = f_{V_{max}} + \alpha_{max} = \psi_V + \alpha_{max} \quad (2.14)$$

$$\psi_{MAX} = 0,023 + 0,32 = 0,343$$

$$U_1 \geq \frac{14838 \cdot 0,343 \cdot 0,272}{156,7 \cdot 0,95 \cdot 4,286 \cdot 1,0} = 2,17$$

$$2) \quad U_1 \leq \frac{G_{сц} \cdot \varphi \cdot r_K}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0 \cdot U_{PK}}, \quad (2.15)$$

где  $\varphi$  – коэффициент сцепления,  $\varphi = 0,8$ ;

$G_{сц}$  – сцепной вес автомобиля, Н.

$$G_{сц} = G_1 \cdot m_1, \text{ (Н)} \quad (2.16)$$

где  $m_1$  – коэффициент перераспределения нагрузки на передние колёса,

$$m_1 = 0,9.$$

$$G_{сц} = 7419 \cdot 0,9 = 6677 \text{ (Н)}$$

$$U_1 \leq \frac{6677 \cdot 0,8 \cdot 0,272}{156,7 \cdot 0,95 \cdot 4,286 \cdot 1,0} = 2,278$$

Примем значение первой передачи равным:  $U_1 = 2,278$ .

Значения промежуточных ступеней КП рассчитываются на основании закона геометрической прогрессии:

$$q = (U_1 / U_5)^{1/4} = (2,278 / 0,784)^{1/4} = 1,306 \quad (2.17)$$

$$U_2 = U_1 / q = 2,278 / 1,306 = 1,744 \quad (2.18)$$

$$U_3 = U_2 / q = 1,744 / 1,306 = 1,336 \quad (2.19)$$

$$U_4 = U_3 / q = 1,336 / 1,306 = 1,023 \quad (2.20)$$

$$U_5 = 0,784.$$

При проведении дальнейших расчетов примем реальные числа главной передачи и коробки передач:

$$U_0 = 3,71; U_1 = 3,636; U_0 = 1,95; U_0 = 1,357; U_0 = 0,941; U_0 = 0,784.$$

2.1.7 Расчет скорости автомобиля в зависимости от включенной передачи и числа оборотов двигателя

$$V_A = \frac{0,105 \cdot n_e \cdot r_K}{U_0 \cdot U_{КП} \cdot U_{ПК}} \quad (\text{м/с}) \quad (2.21)$$

Результаты вычислений сводим в таблицу 2.2.

Таблица 2.2

$n_e$ , об/мин	$V_{A1}$ , м/с	$V_{A2}$ , м/с	$V_{A3}$ , м/с	$V_{A4}$ , м/с	$V_{A5}$ , м/с
1000	2,1	3,9	5,7	8,2	9,8
1400	3,0	5,5	7,9	11,5	13,7
1800	3,8	7,1	10,2	14,7	17,7
2200	4,7	8,7	12,5	18,0	21,6
2600	5,5	10,3	14,7	21,3	25,5
3000	6,4	11,8	17,0	24,5	29,5
3400	7,2	13,4	19,3	27,8	33,4
3800	8,0	15,0	21,6	31,1	37,3
4200	8,9	16,6	23,8	34,4	41,2
4600	9,7	18,2	26,1	37,6	45,2
5000	10,6	19,7	28,4	40,9	49,1
5400	11,4	21,3	30,6	44,2	53,0
5600	11,9	22,1	31,8	45,8	55,0
5800	12,3	22,9	32,9	47,4	57,0
6000	12,7	23,7	34,0	49,1	58,9

2.1.8 Расчет тяговой характеристики автомобиля

$$F_T = \frac{M_E \cdot U_{КП} \cdot U_0 \cdot U_{ПК} \cdot \eta_{TP}}{r_K} \quad (\text{Н}) \quad (2.22)$$

Результаты вычислений сводим в таблицу 2.3 и строим график тягового баланса.

Таблица 2.3

$M_e$ , Нм	$F_{T1}$ , Н	$F_{T2}$ , Н	$F_{T3}$ , Н	$F_{T4}$ , Н	$F_{T5}$ , Н
143,8	6777	3635	2529	1754	1461
149,0	7018	3764	2619	1816	1513
152,8	7199	3861	2687	1863	1552
155,4	7320	3926	2732	1894	1578
156,7	7381	3958	2755	1910	1591
156,7	7381	3958	2755	1910	1592
155,4	7321	3926	2732	1895	1579
152,8	7201	3862	2688	1864	1553
149,0	7021	3765	2620	1817	1514
143,9	6780	3636	2530	1755	1462
137,5	6480	3475	2418	1677	1397
129,9	6119	3281	2284	1584	1319
125,6	5916	3173	2208	1531	1276
120,9	5697	3056	2126	1475	1229
116,0	5464	2931	2039	1414	1178

## 2.1.9 Расчет сил сопротивления движению автомобиля

$$F_B = H \cdot \rho_B \cdot C_X \cdot \frac{V_A^2}{2} \quad (\text{Н}) \quad (2.23)$$

$$F_f = G_A \cdot f_0 \cdot \left( 1 + \frac{V_A^2}{2000} \right) \cdot \cos \alpha, \quad (\text{Н}), \quad (2.24)$$

где  $\alpha$  – крутизна подъема, град, при расчете принимаем  $\alpha = 0$ .

Результаты вычислений сводим в таблицу 2.4.

Таблица 2.4

$V_A, \text{ м/с}$	$F_B, \text{ Н}$	$F_f, \text{ Н}$	$F_B + F_f, \text{ Н}$
0	0,0	148,4	148,4
5	9,9	150,2	160,1
10	39,5	155,8	195,3
15	88,9	165,1	254,0
20	158,1	178,1	336,1
25	247,0	194,7	441,7
30	355,6	215,2	570,8
35	484,0	239,3	723,3
40	632,2	267,1	899,3
45	800,2	298,6	1098,8
50	987,9	333,9	1321,7
55	1195,3	372,8	1568,1

На основании полученных данных на графике тягового баланса строим кривую  $F_B + F_f$ .

#### 2.1.10 Расчет динамического фактора автомобиля

Динамическая характеристика является графическим изображением зависимости динамического фактора от скорости движения при различных передачах в коробке передач и при полной загрузке автомобиля. При этом характеристика зависит от параметров автомобиля и не зависит от дороги.

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_A} \quad (2.25)$$

Результаты вычислений сводим в таблицу 2.5.

$$D_\varphi = \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi}{G_A} \quad (2.26)$$

$$D_\varphi = \frac{6677 \cdot 0,8}{14838} = 0,36$$

Таблица 2.5

$V_{A1},$ м/с	$D_1, Н$	$V_{A2},$ м/с	$D_2, Н$	$V_{A3},$ м/с	$D_3, Н$	$V_{A4},$ м/с	$D_4, Н$	$V_{A5},$ м/с	$D_5, Н$
2,1	0,457	3,9	0,245	5,7	0,170	8,2	0,116	9,8	0,096
3,0	0,473	5,5	0,253	7,9	0,175	11,5	0,119	13,7	0,097
3,8	0,485	7,1	0,259	10,2	0,178	14,7	0,120	17,7	0,096
4,7	0,493	8,7	0,263	12,5	0,180	18,0	0,119	21,6	0,094
5,5	0,497	10,3	0,264	14,7	0,180	21,3	0,117	25,5	0,090
6,4	0,496	11,8	0,263	17,0	0,178	24,5	0,113	29,5	0,084
7,2	0,492	13,4	0,260	19,3	0,174	27,8	0,107	33,4	0,077
8,0	0,484	15,0	0,254	21,6	0,169	31,1	0,100	37,3	0,068
8,9	0,471	16,6	0,246	23,8	0,161	34,4	0,091	41,2	0,057
9,7	0,454	18,2	0,236	26,1	0,152	37,6	0,081	45,2	0,044
10,6	0,434	19,7	0,224	28,4	0,142	40,9	0,068	49,1	0,030
11,4	0,409	21,3	0,209	30,6	0,129	44,2	0,055	53,0	0,014
11,9	0,395	22,1	0,201	31,8	0,122	45,8	0,047	55,0	0,005
12,3	0,380	22,9	0,192	32,9	0,114	47,4	0,039	57,0	-0,004
12,7	0,364	23,7	0,183	34,0	0,107	49,1	0,031	58,9	-0,013

На основании полученных данных строится график динамической характеристики автомобиля.

#### 2.1.11 Расчет мощностного баланса автомобиля

$$N_K = N_f + N_{II} + N_B + N_j, \text{ (Вт)} \quad (2.27)$$

где  $N_f$  – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению;

$N_B$  – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха;

$N_{II}$  – мощность, затрачиваемая на преодоление подъема,  $N_{II} = 0$ ;

$N_j$  – мощность, затрачиваемая на ускорение автомобиля,  $N_j = 0$ .

Это уравнение показывает, как распределяется мощность, развиваемая на ведущих колесах автомобиля, по различным сопротивлениям движению.

$$N_K = N_e \cdot \eta_{mp} \text{ (кВт)} \quad (2.28)$$

Результаты вычислений сводим в таблицу 2.6.

Таблица 2.6

$n_e$ , об/мин	$N_e$ , кВт	$N_K$ , кВт
1000	15,1	14,3
1400	21,8	20,7
1800	28,8	27,4
2200	35,8	34,0
2600	42,7	40,5
3000	49,2	46,8
3400	55,3	52,6
3800	60,8	57,8
4200	65,5	62,3
4600	69,3	65,9
5000	72,0	68,4
5400	73,4	69,8
5600	73,6	69,9
5800	73,4	69,8
6000	72,9	69,2

$$N_f = F_f \cdot V_A \text{ (кВт)} \quad (2.29)$$

$$N_B = F_B \cdot V_A \text{ (кВт)} \quad (2.30)$$

Результаты вычислений сводим в таблицу 2.7.

Таблица 2.7

$V_A$ , м/с	$N_B$ , кВт	$N_f$ , кВт	$N_B + N_f$ , кВт
0	0,00	0,00	0,00
5	0,05	0,75	0,80
10	0,40	1,56	1,95
15	1,33	2,48	3,81

Продолжение таблицы 2.7

20	3,16	3,56	6,72
25	6,17	4,87	11,04
30	10,67	6,45	17,12
35	16,94	8,37	25,32
40	25,29	10,68	35,97
45	36,01	13,44	49,44
50	49,39	16,69	66,09
55	65,74	20,50	86,25

Точка пересечения кривой мощности  $N_T$ , развиваемой на ведущих колесах автомобиля, с кривой мощности  $N_f + N_b$ , затрачиваемой на преодоление сопротивлений качения и воздуха, определяет скорость  $V_{A \max}$ .

### 2.1.12 Расчет ускорений автомобиля при разгоне

Ускорение во время разгона определяют для случая движения автомобиля по горизонтальной дороге с твердым покрытием хорошего качества при максимальном использовании мощности двигателя и отсутствии буксования ведущих колес.

$$J = \frac{(D - f_k) \cdot g}{\delta_{BP}}, \quad (\text{м/с}^2) \quad (2.31)$$

где  $\delta_{BP}$  – коэффициент учета вращающихся масс.

$$\delta_{BP} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_{KII}^2) \quad (2.32)$$

где:  $\delta_1$  – коэффициент учёта вращающихся масс колёс;

$\delta_2$  – коэффициент учёта вращающихся масс двигателя.

$$\delta_1 = \delta_2 = 0,03.$$

$$\delta_{BP1} = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 3,636^2) = 1,427;$$

$$\delta_{BP2} = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 1,95^2) = 1,144;$$

$$\delta_{BP3} = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 1,357^2) = 1,085;$$

$$\delta_{BP4} = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 0,941^2) = 1,057;$$

$$\delta_{BP5} = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 0,784^2) = 1,048.$$

Результаты вычислений величин ускорений сводим в таблицу 2.8.

Результаты вычислений величин обратных ускорений сводим в таблицу

2.9.

Таблица 2.8

$V_{A1},$ м/с	$J_1,$ м/с <sup>2</sup>	$V_{A2},$ м/с	$J_2,$ м/с <sup>2</sup>	$V_{A3},$ м/с	$J_3,$ м/с <sup>2</sup>	$V_{A4},$ м/с	$J_4,$ м/с <sup>2</sup>	$V_{A5},$ м/с	$J_5,$ м/с <sup>2</sup>
2,1	3,07	3,9	2,01	5,7	1,44	8,2	0,98	9,8	0,80
3,0	3,18	5,5	2,08	7,9	1,49	11,5	1,00	13,7	0,80
3,8	3,26	7,1	2,13	10,2	1,52	14,7	1,01	17,7	0,79
4,7	3,32	8,7	2,16	12,5	1,53	18,0	1,00	21,6	0,76
5,5	3,34	10,3	2,17	14,7	1,53	21,3	0,97	25,5	0,72
6,4	3,34	11,8	2,16	17,0	1,50	24,5	0,93	29,5	0,65
7,2	3,31	13,4	2,13	19,3	1,47	27,8	0,87	33,4	0,57
8,0	3,25	15,0	2,08	21,6	1,41	31,1	0,79	37,3	0,47
8,9	3,17	16,6	2,01	23,8	1,34	34,4	0,70	41,2	0,36
9,7	3,05	18,2	1,93	26,1	1,26	37,6	0,59	45,2	0,22
10,6	2,91	19,7	1,82	28,4	1,15	40,9	0,46	49,1	0,07
11,4	2,74	21,3	1,69	30,6	1,03	44,2	0,32	53,0	-0,09
11,9	2,64	22,1	1,61	31,8	0,97	45,8	0,25	55,0	-0,18
12,3	2,54	22,9	1,54	32,9	0,90	47,4	0,17	57,0	-0,28
12,7	2,43	23,7	1,46	34,0	0,82	49,1	0,08	58,9	-0,38

Таблица 2.9

$V_{A1},$ м/с	$1/J_1,$ с <sup>2</sup> /м	$V_{A2},$ м/с	$1/J_2,$ с <sup>2</sup> /м	$V_{A3},$ м/с	$1/J_3,$ с <sup>2</sup> /м	$V_{A4},$ м/с	$1/J_4,$ с <sup>2</sup> /м	$V_{A5},$ м/с	$1/J_5,$ с <sup>2</sup> /м
2,1	0,33	3,9	0,50	5,7	0,69	8,2	1,02	9,8	1,25
3,0	0,31	5,5	0,48	7,9	0,67	11,5	1,00	13,7	1,24
3,8	0,31	7,1	0,47	10,2	0,66	14,7	0,99	17,7	1,26
4,7	0,30	8,7	0,46	12,5	0,65	18,0	1,00	21,6	1,31



Продолжение таблицы 2.9

5,5	0,30	10,3	0,46	14,7	0,66	21,3	1,03	25,5	1,39
6,4	0,30	11,8	0,46	17,0	0,66	24,5	1,08	29,5	1,53
7,2	0,30	13,4	0,47	19,3	0,68	27,8	1,16	33,4	1,75
8,0	0,31	15,0	0,48	21,6	0,71	31,1	1,27	37,3	2,11
8,9	0,32	16,6	0,50	23,8	0,74	34,4	1,43	41,2	2,80
9,7	0,33	18,2	0,52	26,1	0,80	37,6	1,70	45,2	4,45
10,6	0,34	19,7	0,55	28,4	0,87	40,9	2,15	49,1	13,50
11,4	0,37	21,3	0,59	30,6	0,97	44,2	3,08	53,0	–
11,9	0,38	22,1	0,62	31,8	1,04	45,8	4,02	55,0	–
12,3	0,39	22,9	0,65	32,9	1,12	47,4	5,93	57,0	–
12,7	0,41	23,7	0,69	34,0	1,22	49,1	11,84	58,9	–

2.1.13 Расчет времени и пути разгона автомобиля

Поскольку при скоростях  $V_A$ , близких к максимальной, ускорение  $J$  стремится к 0, то для расчета времени и пути разгона ограничимся скоростью  $V_A = (0,8 \dots 0,9)V_{A \max}$ .

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

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{J} dV \approx \left( \frac{1}{J_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i) \text{ (сек)} \quad (2.33)$$

С этой целью кривую обратных ускорений разбивают на интервалы и считают, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным ускорением  $J = const$ , которому соответствуют значения  $(1/J) = const$ . Эти величины можно определить следующим образом:

$$\left( \frac{1}{J_{CP}} \right)_k = \frac{(1/J)_{k-1} + (1/J)_k}{2}, \text{ (с}^2/\text{м)} \quad (2.34)$$

где  $k$  – порядковый номер интервала.

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

$$\Delta t = \left( \frac{1}{j_{CP}} \right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}) \text{ (сек)} \quad (2.35)$$

$$t_1 = \Delta t_1, t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, \dots, t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k, \text{ (сек)} \quad (2.36)$$

где  $t_1$  – время разгона от скорости  $V_0$  до скорости  $V_1$ , сек;

$t_2$  – время разгона от скорости  $V_0$  до скорости  $V_2$ , сек;

$t_n$  – время разгона от скорости  $V_0$  до скорости  $V_n$ , сек.

Результаты вычислений времени разгона автомобиля от 0 до 40 м/с приведены в таблице 2.10.

Таблица 2.10

$V_0 \dots V_A, \text{ м/с}$	$t, \text{ сек}$
0...5	0,8
0...10	2,3
0...15	4,4
0...20	7,0
0...25	10,3
0...30	14,6
0...35	20,6
0...40	29,4
0...45	43,3

По результатам вычислений строится график зависимости времени разгона автомобиля от скорости автомобиля.

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

В данном случае кривая  $t = f(V_A)$  разбивается на интервалы по времени, для каждого из которых находятся соответствующие значения  $V_{CPk}$ .

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

Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом:

$$\Delta S = V_{CPk} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{CPk} \cdot \Delta t_k, \text{ (м)} \quad (2.37)$$

где  $k = 1 \dots m$  – порядковый номер интервала,  $m$  выбирается произвольно, в нашем случае  $m = n$ .

$$S_1 = \Delta S_1, S_2 = \Delta S_1 + \Delta S_2, \dots, S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k, \text{ (м)} \quad (2.38)$$

где  $S_1$  – путь разгона от скорости  $V_0$  до скорости  $V_1$ , м;

$S_2$  – путь разгона от скорости  $V_0$  до скорости  $V_2$ , м;

$S_n$  – путь разгона от скорости  $V_0$  до скорости  $V_n$ , м.

Результаты вычислений пути разгона автомобиля от 0 до 40 м/с приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11

$V_0 \dots V_A, \text{ м/с}$	$S, \text{ м}$
0...5	1,9
0...10	13,7
0...15	39,1
0...20	84,5
0...25	159,3
0...30	276,9
0...35	474,1
0...40	803,2
0...45	1395,8

По результатам вычислений строится график зависимости пути разгона автомобиля от скорости автомобиля.

### 2.1.14 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.

$$Q_s = \frac{g_e \cdot (N_f + N_g)}{36 \cdot V_A \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}}, \text{ (л/100 км)} \quad (2.39)$$

где  $\rho_T$  – плотность топлива, гр/л,  $\rho_T = 0,72 \text{ кг/л} = 720 \text{ г/л}$ ;

$g_e$  – удельный эффективный расход топлива, г/(кВт·ч).

$$g_e = 1,1 \cdot g_{e \min} \cdot K_H \cdot K_E, \text{ (г/(кВт·ч))} \quad (2.40)$$

где  $g_{e \min}$  – минимальный удельный расход топлива,  $g_{e \min} = 290 \text{ г/(кВт·ч)}$ .

$$K_H = 1,152 \cdot I^2 - 1,728 \cdot I + 1,523, \quad (2.41)$$

$$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227, \quad (2.42)$$

где  $I$  – степень использования мощности двигателя,

$E$  – коэффициент приспособляемости двигателя по оборотам.

$$I = \frac{N_f + N_B}{N_T}. \quad (2.43)$$

$$E = \frac{w_e}{w_N}. \quad (2.44)$$

Полученные результаты сводим в таблицу 2.12.

Таблица 2.12

$n_e$ , об/мин	$V_a$ , м/с	$I$	$E$	$K_H$	$K_E$	$g_e$ , г/(кВт·ч)	$Q_s$ , л/100км
1000	9,8	0,133	0,178	1,314	1,110	465	3,7
1400	13,7	0,157	0,250	1,280	1,072	438	4,2
1800	17,7	0,191	0,321	1,236	1,040	410	4,9
2200	21,6	0,233	0,393	1,182	1,013	382	5,7
2600	25,5	0,286	0,464	1,123	0,992	355	6,6
3000	29,5	0,350	0,535	1,059	0,976	330	7,4

Продолжение таблицы 2.12

3400	33,4	0,426	0,607	0,996	0,965	307	8,4
3800	37,3	0,518	0,678	0,937	0,960	287	9,3
4200	41,2	0,627	0,749	0,892	0,960	273	10,5
4600	45,2	0,758	0,821	0,875	0,966	270	12,1
5000	49,1	0,918	0,892	0,908	0,977	283	14,7
5400	53,0	1,116	0,963	1,029	0,993	326	19,4

## 2.2 Расчет тормозной системы автомобиля LADA-2170 Priora

### 2.2.1 Исходные данные

#### ➤ по автомобилю

Масса снаряженного автомобиля	$G_0 = 1088$ кг;
Масса автомобиля с частичной нагрузкой	$G_{A \text{ част}} = 1163$ кг;
Нагрузка на переднюю ось	$G_{A1 \text{ част}} = 686$ кг;
Нагрузка на заднюю ось	$G_{A2 \text{ част}} = 477$ кг;
Масса автомобиля с полной нагрузкой	$G_{A \text{ полн}} = 1513$ кг;
Нагрузка на переднюю ось	$G_{A1 \text{ полн}} = 756$ кг;
Нагрузка на заднюю ось	$G_{A2 \text{ полн}} = 757$ кг;
Высота центра тяжести автомобиля с полной нагрузкой	$h_{g \text{ полн}} = 630$ мм;
Высота центра тяжести автомобиля с частичной нагрузкой	$h_{g \text{ част}} = 585$ мм;
База автомобиля	$L = 2492$ мм;
Радиус качения колеса	$r_k = 290$ мм;
Статический радиус колеса	$r_{cm} = 272$ мм;

#### ➤ по передним тормозным механизмам

Тип тормозных механизмов	дисковые;
Диаметр поршня тормозного цилиндра	$D_1 = 48$ мм;
КПД переднего тормозного цилиндра	$\eta_1 = 0,95$ ;
Начальное давление срабатывания переднего тормоза	$P_{01} = 2$ кг/см <sup>2</sup> ;
Коэффициент трения между накладкой и тормозным диском	$\mu_1 = 0,4$ ;
Наружный диаметр тормозного диска	$D_{нар1} = 260$ мм;
Внутренний диаметр тормозного диска	$D_{вн1} = 179,6$ мм;

#### ➤ по задним тормозным механизмам

Тип тормозных механизмов	барабанные;
Диаметр поршня тормозного цилиндра	$D_2 = 20,64$ мм;
КПД заднего тормозного цилиндра	$\eta_2 = 0,95$ ;
Начальное давление срабатывания заднего тормоза	$P_{02} = 5$ кг/см <sup>2</sup> ;
Коэффициент трения между накладкой и барабаном	$\mu_2 = 0,33$ ;
Внутренний диаметр тормозного барабана	$D_{вн2} = 200$ мм;

Большее расстояние между опорами колодок	$h_{21} = 150$ мм;
Меньшее расстояние между опорами колодок	$h_{23} = 36,8$ мм;
Расстояние от центра тормоза до неподвижной опоры колодок	$h_{22} = 75$ мм;
Угол охвата колодок $B = 108^\circ$ ;	
➤ по регулятору тормозных сил	
Давление срабатывания при полной нагрузке	$P_{cp\ полн} = 84$ кг/см <sup>2</sup> ;
Коэффициент передачи при полной нагрузке	$k_{пер\ полн} = 0,12$ ;
Давление срабатывания при частичной нагрузке	$P_{cp\ част} = 40$ кг/см <sup>2</sup> ;
Коэффициент передачи при частичной нагрузке	$k_{пер\ част} = 0,24$ ;
➤ по приводу тормозных механизмов	
Схема разделения контуров	диагональная;
Передаточное отношение педали тормоза	$i_{пед} = 4$ ;
Эффективный диаметр усилителя	$D_{yc} = 225$ мм;
Разрежение в усилителе	$P_{вак} = 0,8$ кг/см <sup>2</sup> ;
Передаточное число усилителя	$i_{yc} = 4,75$ ;
Сила сопротивления усилителя	$F_{сопр} = 10$ кг;
КПД усилителя	$\eta_{yc} = 0,85$ ;
Диаметр поршня ГТЦ	$D_{ГТЦ} = 22,23$ мм;
КПД ГТЦ	$\eta_{ГТЦ} = 0,95$ ;
➤ по приводу стояночной тормозной системы	
Длина рычага привода	$L_1 = 260$ мм;
Длина тяги привода	$L_2 = 31$ мм;
КПД троса	$\eta_{тр} = 0,5$ ;
Длина рычага привода колодок	$l_1 = 111$ мм;
Расстояние от разжимной планки до верха рычага	$l_2 = 20$ мм;
Расстояние от разжимной планки до цилиндра	$l_3 = 32$ мм.

## 2.2.2 Расчет переднего тормозного механизма

Тормозной момент переднего дискового тормоза:

$$M_{T1} = C_1 \cdot F \cdot R_{cp}, \text{ (кг}\cdot\text{см)} \quad (2.45)$$

где  $F$  – усилие, развиваемое поршнями тормозного цилиндра, кг;  
 $R_{cp}$  – средний (эффективный) радиус трения колодки, см;  
 $C_1$  – передаточное число переднего тормозного механизма.

$$F = (P_1 - P_{01}) \cdot S_1 \cdot \eta_1 \cdot n, \text{ (кг)} \quad (2.46)$$

где  $P_1$  – давление в цилиндрах переднего тормоза, кг/см<sup>2</sup>;  
 $P_{01}$  – начальное давление срабатывания переднего тормоза, кг/см<sup>2</sup>;  
 $S_1$  – площадь поршня переднего тормозного цилиндра, см<sup>2</sup>;  
 $\eta_1$  – КПД переднего тормозного цилиндра;  
 $n$  – число цилиндров переднего тормоза,  $n = 1$ .

$$S_1 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4}, \text{ (см}^2\text{)} \quad (2.47)$$

где  $D_1$  – диаметр поршня тормозного цилиндра, см.

$$S_1 = \frac{3,14 \cdot 4,8^2}{4} = 18,1 \text{ (см}^2\text{)}$$

$$R_{cp} = \frac{2}{3} \cdot \frac{R_{нар1}^3 - R_{вн1}^3}{R_{нар1}^2 - R_{вн1}^2}, \text{ (см)} \quad (2.48)$$

где  $R_{нар1}$  – наружный радиус тормозного диска, см;  
 $R_{вн1}$  – внутренний радиус тормозного диска, см.

$$R_{cp} = \frac{2}{3} \cdot \frac{(D_{нар1}/2)^3 - (D_{вн1}/2)^3}{(D_{нар1}/2)^2 - (D_{вн1}/2)^2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{(26/2)^3 - (17,96/2)^3}{(26/2)^2 - (17,96/2)^2} = 11,11 \text{ (см)}$$

$$C_1 = 2 \cdot \mu_1, \quad (2.49)$$

где  $\mu_1$  – коэффициент трения между накладкой и тормозным диском.

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

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

$$K_1 = 0,8 \cdot 18,1 \cdot 11,11 \cdot 0,95 \cdot 1 = 152,83 \text{ (см}^3\text{)}$$

$$M_{T1} = K_1 \cdot (P_1 - P_{01}) = 152,83 \cdot (P_1 - 2) \text{ (кг} \cdot \text{см)}$$

Полученные значения  $M_{T1}$  в зависимости от  $P_1$  заносим в таблицу 2.13.



### 2.2.3 Расчет заднего тормозного механизма

Тормозной момент заднего барабанного тормоза:

$$M_{T2} = M_{2a} + M_{2n}, \text{ (кг·см)} \quad (2.50)$$

где  $M_{2a}$  – тормозной момент активной колодки, кг·см;

$M_{2n}$  – тормозной момент пассивной колодки, кг·см.

$$M_{2a} = F_{2a} \cdot R_{mp}, \text{ (кг·см)} \quad (2.51)$$

$$M_{2n} = F_{2n} \cdot R_{mp}, \text{ (кг·см)} \quad (2.52)$$

где  $F_{2a}$  – равнодействующая всех сил действующих на активную колодку, кг;

$F_{2n}$  – равнодействующая всех сил действующих на пассивную колодку, кг;

$R_{TP}$  – радиус трения, см.

$$R_{mp} = D_{6H2}/2 = 10 \text{ (см)}$$

$$F_{2a} = C_{2a} \cdot (P_2 - P_{02}) \cdot S_2 \cdot \eta_2, \text{ (кг)} \quad (2.53)$$

$$F_{2n} = C_{2n} \cdot (P_2 - P_{02}) \cdot S_2 \cdot \eta_2, \text{ (кг)} \quad (2.54)$$

где  $P_2$  – давление в цилиндре заднего тормоза, кг/см<sup>2</sup>;

$P_{02}$  – начальное давление срабатывания заднего тормоза, кг/см<sup>2</sup>;

$C_{2a}$  – передаточное число активной колодки;

$C_{2n}$  – передаточное число пассивной колодки;

$S_2$  – площадь поршня заднего тормозного цилиндра, см<sup>2</sup>;

$\eta_2$  – КПД заднего тормозного цилиндра.

$$C_{2a} = \frac{\mu_2 \cdot h_{21}}{k_0 \cdot h_{22} - \mu_2 \cdot (R_{mp} - k_0 \cdot (h_{23}/2))} \quad (2.55)$$

$$C_{2n} = \frac{\mu_2 \cdot h_{21}}{k_0 \cdot h_{22} + \mu_2 \cdot (R_{mp} - k_0 \cdot (h_{23}/2))} \quad (2.56)$$

где  $\mu_2$  – коэффициент трения между накладкой и тормозным диском;

$k_0$  – коэффициент касательных сил;

$h_{21}$  – большее расстояние между опорами колодок, см;

$h_{22}$  – расстояние от центра тормоза до неподвижной опоры колодок, см;

$h_{23}$  – меньшее расстояние между опорами колодок, см.

$$k_0 = \frac{B_r + \sin(B)}{4 \cdot \sin(B/2)} \quad (2.57)$$

где  $B$  – угол охвата колодок, град;

$B_r$  – угол охвата колодок, рад,  $B_r = B \cdot (\pi/180) = 1,885$  рад.

$$k_0 = \frac{1,885 + \sin(108)}{4 \cdot \sin(108/2)} = 0,876$$

$$C_{2a} = \frac{0,33 \cdot 15}{0,876 \cdot 7,5 - 0,33 \cdot (10 - 0,876 \cdot (3,68/2))} = 1,301$$

$$C_{2n} = \frac{0,33 \cdot 15}{0,876 \cdot 7,5 + 0,33 \cdot (10 - 0,876 \cdot (3,68/2))} = 0,530$$

$$S_2 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4}, \text{ (см}^2\text{)} \quad (2.58)$$

где  $D_2$  – диаметр поршня заднего тормозного цилиндра, см.

$$S_2 = \frac{3,14 \cdot 2,064^2}{4} = 3,35 \text{ (см}^2\text{)}$$

$$K_2 = (C_{2a} + C_{2n}) \cdot S_2 \cdot R_{mp} \cdot \eta_2 \text{ (см}^3\text{)}$$

$$K_2 = (1,301 + 0,530) \cdot 3,35 \cdot 10 \cdot 0,95 = 58,2 \text{ (см}^3\text{)}$$

$$M_{T2} = K_2 \cdot (P_2 - P_{02}) = 58,2 \cdot (P_2 - 5) \text{ (кг} \cdot \text{см)}$$

Полученные значения  $M_{T2}$  в зависимости от  $P_2$  заносим в таблицу 2.13.

#### 2.2.4 Расчет нормальных реакций дороги на ось автомобиля при торможении

Нормальные реакции, действующие на переднюю и заднюю оси автомобиля:

$$R_1 = G_{A1} + \frac{G_A}{g} \cdot \frac{h_g}{L} \cdot j, \text{ (кг)} \quad (2.59)$$

$$R_2 = G_{A2} - \frac{G_A}{g} \cdot \frac{h_g}{L} \cdot j, \text{ (кг)} \quad (2.60)$$

где  $G_A$  – масса автомобиля, кг;

$G_{A1}$  – нагрузка на переднюю ось автомобиля, кг;

$G_{A2}$  – нагрузка на заднюю ось автомобиля, кг;

$h_g$  – высота центра тяжести автомобиля, см;

$L$  – база автомобиля, см;

$j$  – замедление автомобиля при торможении, м/с<sup>2</sup>;

$g$  – ускорение центра тяжести, м/с<sup>2</sup>,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

$$R_{1\text{ част}} = 686 + \frac{1163}{9,81} \cdot \frac{58,5}{249,2} \cdot j = 686 + 27,84 \cdot j \text{ (кг)}$$

$$R_{2\text{ част}} = 477 - \frac{1163}{9,81} \cdot \frac{58,5}{249,2} \cdot j = 477 - 27,84 \cdot j \text{ (кг)}$$

$$R_{1\text{ полн}} = 756 + \frac{1513}{9,81} \cdot \frac{63}{249,2} \cdot j = 756 + 39 \cdot j \text{ (кг)}$$

$$R_{2\text{ полн}} = 757 - \frac{1513}{9,81} \cdot \frac{63}{249,2} \cdot j = 757 - 39 \cdot j \text{ (кг)}$$

Полученные значения  $R_1$  и  $R_2$  при  $j = 1...10$  м/с<sup>2</sup> и разных весовых состояниях автомобиля заносим в таблицу 2.13.

2.2.5 Расчет оптимального соотношения давлений в передних и задних тормозных механизмах автомобиля при полном использовании сцепления колеса с дорогой

$$P_1 = R_1 \cdot \frac{r_k}{2 \cdot K_1} \cdot \frac{j}{g} + P_{01}, \text{ (кг/см}^2\text{)} \quad (2.61)$$

$$P_2 = R_2 \cdot \frac{r_k}{2 \cdot K_2} \cdot \frac{j}{g} + P_{02}, \text{ (кг/см}^2\text{)} \quad (2.62)$$

где  $r_k$  – радиус качения колеса, см.

$$P_1 = R_1 \cdot \frac{29}{2 \cdot 152,83} \cdot \frac{j}{9,81} + 2 = 0,01 \cdot R_1 \cdot j + 2 \text{ (кг/см}^2\text{)}$$

$$P_2 = R_2 \cdot \frac{29}{2 \cdot 58,2} \cdot \frac{j}{9,81} + 5 = 0,025 \cdot R_2 \cdot j + 5, \text{ (кг/см}^2\text{)}$$

Полученные значения  $P_1$  и  $P_2$  при  $j = 1...10$  м/с<sup>2</sup> и разных весовых состояниях автомобиля заносим в таблицу 2.13.

Таблица 2.13

$j, \text{ м/с}^2$	Передняя ось			Задняя ось		
	$R_1, \text{ кг}$	$P_1, \text{ кг/см}^2$	$M_{T1}, \text{ кг}\cdot\text{см}$	$R_2, \text{ кг}$	$P_2, \text{ кг/см}^2$	$M_{T2}, \text{ кг}\cdot\text{см}$
Автомобиль с частичной нагрузкой						
1	713,8	8,9	1055,5	449,2	16,4	664,1
2	741,7	16,4	2193,3	421,3	26,4	1245,9
3	769,5	24,3	3413,4	393,5	35,0	1745,4
4	797,4	32,9	4715,9	365,6	42,2	2162,5
5	825,2	41,9	6100,7	337,8	47,9	2497,3
6	853,0	51,5	7567,8	310,0	52,3	2749,8
7	880,9	61,7	9117,2	282,1	55,2	2920,0
8	908,7	72,3	10749,0	254,3	56,7	3007,8
9	936,6	83,6	12463,1	226,4	56,8	3013,3
10	964,4	95,3	14259,5	198,6	55,5	2936,5
Автомобиль с полной нагрузкой						
1	795,0	9,7	1175,5	718,0	23,2	1061,6
2	834,0	18,1	2466,3	679,0	39,5	2007,9
3	873,0	27,3	3872,5	640,0	53,8	2838,8
4	912,0	37,3	5394,0	601,0	66,1	3554,4
5	951,0	48,0	7030,8	562,0	76,4	4154,7
6	990,0	59,5	8783,0	523,0	84,7	4639,6
7	1029,0	71,7	10650,6	484,0	91,1	5009,2
8	1068,0	84,7	12633,5	445,0	95,4	5263,4
9	1107,0	98,4	14731,7	406,0	97,8	5402,3
10	1146,0	112,9	16945,2	367,0	98,2	5425,8

### 2.2.6 Расчет регулятора тормозных сил

Работу регулятора можно рассмотреть в двух случаях:

➤ до точки срабатывания:

$$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}} ; (\text{кг/см}^2) \quad (2.63)$$

➤ после точки срабатывания:

$$P_{\text{вых}} = P_{\text{ср}} + (P_{\text{вх}} - P_{\text{ср}}) \cdot k_{\text{пер}}, \text{ (кг/см}^2\text{)} \quad (2.64)$$

где  $P_{\text{вх}}$  – давление на входе в регулятор давления, кг/см<sup>2</sup>;

$P_{\text{вых}}$  – давление на выходе из регулятора давления, кг/см<sup>2</sup>;

$P_{\text{ср}}$  – давление срабатывания регулятора давления, кг/см<sup>2</sup>;

$k_{\text{пер}}$  – коэффициент передачи регулятора давления.

$$P_{\text{вых част}} = P_{\text{ср част}} + (P_{\text{вх}} - P_{\text{ср част}}) \cdot k_{\text{пер част}} = 40 + (P_{\text{вх}} - 40) \cdot 0,24 \text{ (кг/см}^2\text{)}$$

$$P_{\text{вых полн}} = P_{\text{ср полн}} + (P_{\text{вх}} - P_{\text{ср полн}}) \cdot k_{\text{пер полн}} = 84 + (P_{\text{вх}} - 84) \cdot 0,12 \text{ (кг/см}^2\text{)}$$

Полученные значения  $P_{\text{вых}}$  при  $P_{\text{вх}} = 0 \dots 150$  кг/см<sup>2</sup> и разных весовых состояниях автомобиля заносим в таблицу 2.14.

Таблица 2.14

$P_{\text{вх}}, \text{ кг/см}^2$	$P_{\text{вых част}}, \text{ кг/см}^2$	$P_{\text{вых полн}}, \text{ кг/см}^2$
0	0	0
10	10	10
20	20	20
30	30	30
40	40	40
50	42,4	50
60	44,8	60
70	47,2	70
80	49,6	80
84	50,6	84
90	52	84,7
100	54,4	85,9
110	56,8	87,1
120	59,2	88,3
130	61,6	89,5
140	64	90,7
150	66,4	91,9

## 2.2.7 Расчет вакуумного усилителя тормозов

Работа вакуумного усилителя непостоянна. Это связано с тем, что в определенный момент наступает предел следящего режима работы усилителя, т.е. происходит перелом его характеристики.

Давление в главном тормозном цилиндре до точки перелома:

$$P_{ГТЦ1} = i_{yc} \cdot \eta_{ГТЦ} \cdot \frac{F_{пед} \cdot i_{пед} - F_{сопр}}{S_{ГТЦ}}, \text{ (кг/см}^2\text{)} \quad (2.65)$$

где  $F_{пед}$  – усилие на педали, кг;

$F_{сопр}$  – сила сопротивления усилителя, кг;

$S_{ГТЦ}$  – площадь поршня главного тормозного цилиндра, см<sup>2</sup>;

$\eta_{ГТЦ}$  – КПД главного тормозного цилиндра;

$i_{yc}$  – передаточное число усилителя;

$i_{пед}$  – передаточное число педали тормоза.

Давление в главном тормозном цилиндре после точки перелома:

$$P_{ГТЦ2} = \frac{\eta_{ГТЦ} \cdot (F_{пед} \cdot i_{пед} + \eta_{yc} \cdot S_{yc} \cdot P_{вак})}{S_{ГТЦ}}, \text{ (кг/см}^2\text{)} \quad (2.66)$$

где  $P_{вак}$  – разрежение в усилителе, кг/см<sup>2</sup>;

$S_{yc}$  – эффективная площадь усилителя, см<sup>2</sup>;

$\eta_{yc}$  – КПД усилителя.

Усилие на педали, при котором происходит перелом:

$$F_{педпер} = \frac{\eta_{yc} \cdot S_{yc} \cdot P_{вак} + i_{yc} \cdot F_{сопр}}{(i_{yc} - 1) \cdot i_{пед}} \text{ (кг)} \quad (2.67)$$

$$S_{yc} = \frac{\pi \cdot D_{yc}^2}{4}, \text{ (см}^2\text{)} \quad (2.68)$$

где  $D_{yc}$  – эффективный диаметр усилителя, см.

$$S_{yc} = \frac{3,14 \cdot 22,5^2}{4} = 397,608 \text{ (см}^2\text{)}$$

$$F_{педпер} = \frac{0,85 \cdot 397,608 \cdot 0,8 + 4,75 \cdot 10}{(4,75 - 1) \cdot 4} = 21,2 \text{ (кг)}$$

$$S_{ГТЦ} = \frac{\pi \cdot D_{ГТЦ}^2}{4}, (\text{см}^2) \quad (2.69)$$

где  $D_{ГТЦ}$  – диаметр поршня главного тормозного цилиндра, см.

$$S_{ГТЦ} = \frac{3,14 \cdot 2,223^2}{4} = 3,881 (\text{см}^2)$$

$$P_{ГТЦ1} = 4,75 \cdot 0,95 \cdot \frac{F_{нед} \cdot 4 - 10}{3,881} = 4,651 \cdot F_{нед} - 11,626 (\text{кг/см}^2)$$

$$P_{ГТЦ2} = \frac{0,95 \cdot (F_{нед} \cdot 4 + 0,85 \cdot 397,608 \cdot 0,8)}{3,881} = 0,979 \cdot F_{нед} + 66,179 (\text{кг/см}^2)$$

Полученные значения  $P_{ГТЦ}$  при  $F_{нед} = 2,5 \dots 60$  кг заносим в таблицу 2.15.

Таблица 2.15

$F_{нед}, \text{кг}$	$P_{ГТЦ}, \text{кг/см}^2$
2,5	0,0
5	11,6
10	34,9
15	58,1
20	81,4
21,2	86,9
25	90,7
30	95,6
35	100,4
40	105,3
45	110,2
50	115,1
55	120,0
60	124,9

## 2.2.8 Расчет тормозных сил, действующих на переднюю и заднюю оси автомобиля при торможении

$$T_1 = \frac{2 \cdot M_{T1}}{r_k}, \text{ (кг)} \quad (2.70)$$

$$T_2 = \frac{2 \cdot M_{T2}}{r_k}, \text{ (кг)} \quad (2.71)$$

где  $M_{T1}$  – тормозной момент переднего тормоза, кг·см;

$M_{T2}$  – тормозной момент заднего тормоза, кг·см;

$r_k$  – радиус качения колеса, см.

$$T_1 = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (P_1 - P_{01})}{r_k} = \frac{2 \cdot 152,83 \cdot (P_1 - 2)}{29} = \frac{305,66 \cdot (P_1 - 2)}{29}, \text{ (кг)}$$

$$T_2 = \frac{2 \cdot K_2 \cdot (P_2 - P_{02})}{r_k} = \frac{2 \cdot 58,2 \cdot (P_2 - 5)}{29} = \frac{116,4 \cdot (P_2 - 5)}{29}, \text{ (кг)}$$

где  $P_1$  – давление в переднем тормозном механизме,  $P_1 = P_{ГТЦ}$ , кг/см<sup>2</sup>;

$P_2$  – давление в заднем тормозном механизме, кг/см<sup>2</sup>.

До точки срабатывания регулятора давления  $P_2 = P_{ГТЦ}$ , после точки срабатывания:

$$P_2 = P_{ср\ част} + (P_{ГТЦ} - P_{ср\ част}) \cdot k_{пер\ част} = 40 + (P_{ГТЦ} - 40) \cdot 0,24, \text{ (кг/см}^2\text{)}$$

$$P_2 = P_{ср\ полн} + (P_{ГТЦ} - P_{ср\ полн}) \cdot k_{пер\ полн} = 84 + (P_{ГТЦ} - 84) \cdot 0,12, \text{ (кг/см}^2\text{)}$$

Далее, по заданному усилию на педали тормоза находим давление в ГТЦ, затем определяем давления в передних и задних тормозных механизмах, тормозные моменты на осях, тормозные силы, замедление автомобиля.

Замедление автомобиля:

$$j = g \cdot \frac{T_1 + T_2}{G_A}, \text{ (м/с}^2\text{)} \quad (2.72)$$

где  $G_A$  – масса автомобиля, кг;

$g$  – ускорение центра тяжести, м/с<sup>2</sup>,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

$$j = g \cdot \frac{T_{1\ част} + T_{2\ част}}{G_{A\ част}} = 9,81 \cdot \frac{T_{1\ част} + T_{2\ част}}{1163} \text{ (м/с}^2\text{)}$$



$$j = g \cdot \frac{T_{1\text{полн}} + T_{2\text{полн}}}{G_{A\text{полн}}} = 9,81 \cdot \frac{T_{1\text{част}} + T_{2\text{част}}}{1513} \quad (\text{м/с}^2)$$

Расчет заканчивается в том случае, когда тормозные силы на осях станут равными предельным по сцеплению, которые можно определить следующим образом:

$$T_{1\text{max}} = (G_{A1} + G_A \cdot \frac{h_g}{L} \cdot \frac{j}{g}) \cdot f_{\text{max}}, \quad (\text{кГ}) \quad (2.73)$$

$$T_{2\text{max}} = (G_{A2} - G_A \cdot \frac{h_g}{L} \cdot \frac{j}{g}) \cdot f_{\text{max}}, \quad (\text{кГ}) \quad (2.74)$$

где  $G_{A1}$  – нагрузка на переднюю ось автомобиля, кГ;

$G_{A2}$  – нагрузка на заднюю ось автомобиля, кГ;

$h_g$  – высота центра тяжести автомобиля, см;

$L$  – база автомобиля, см;

$f_{\text{max}}$  – максимальный коэффициент сцепления, примем  $f_{\text{max}} = 1$ .

$$T_{1\text{max част}} = (G_{A1\text{част}} + G_{A\text{част}} \cdot \frac{h_{g\text{част}}}{L} \cdot \frac{j}{g}) \cdot f_{\text{max}} = (686 + 1163 \cdot \frac{58,5}{249,2} \cdot \frac{j}{9,81}) \cdot 1 \quad (\text{кГ})$$

$$T_{2\text{max част}} = (G_{A2\text{част}} - G_{A\text{част}} \cdot \frac{h_{g\text{част}}}{L} \cdot \frac{j}{g}) \cdot f_{\text{max}} = (477 - 1163 \cdot \frac{58,5}{249,2} \cdot \frac{j}{9,81}) \cdot 1 \quad (\text{кГ})$$

$$T_{1\text{max полн}} = (G_{A1\text{полн}} + G_{A\text{полн}} \cdot \frac{h_{g\text{полн}}}{L} \cdot \frac{j}{g}) \cdot f_{\text{max}} = (756 + 1513 \cdot \frac{63}{249,2} \cdot \frac{j}{9,81}) \cdot 1 \quad (\text{кГ})$$

$$T_{2\text{max полн}} = (G_{A2\text{полн}} - G_{A\text{полн}} \cdot \frac{h_{g\text{полн}}}{L} \cdot \frac{j}{g}) \cdot f_{\text{max}} = (757 - 1513 \cdot \frac{63}{249,2} \cdot \frac{j}{9,81}) \cdot 1 \quad (\text{кГ})$$

Полученные значения  $P_{ГТЦ}$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $M_{T1}$ ,  $M_{T2}$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_{1\text{max}}$ ,  $T_{2\text{max}}$ ,  $j$ , при  $F_{\text{пед}}$  от 5 кГ и разных весовых состояниях автомобиля заносим в таблицу 2.16.

Таблица 2.16

$F_{\text{пед}}$ , кГ	$P_{ГТЦ} =$ $P_1$ , кГ/см <sup>2</sup>	$P_2$ , кГ/см <sup>2</sup>	$M_{T1}$ , кГ·см	$M_{T2}$ , кГ·см	$T_1$ , кГ	$T_2$ , кГ	$j$ , м/с <sup>2</sup>	$T_{1\text{max}}$ , кГ	$T_{2\text{max}}$ , кГ
Автомобиль с частичной нагрузкой									
5,0	11,6	11,6	1471,2	385,6	101,5	26,6	1,08	716,1	446,9
7,5	23,3	23,3	3248,0	1062,2	224,0	73,3	2,51	755,8	407,2

Продолжение таблицы 2.16

10,0	34,9	34,9	5024,9	1738,9	346,5	119,9	3,93	795,5	367,5
12,5	46,5	41,6	6801,7	2127,7	469,1	146,7	5,19	830,6	332,4
15,0	58,1	44,4	8578,5	2290,1	591,6	157,9	6,32	862,0	301,0
17,5	69,8	47,1	10355,4	2452,5	714,2	169,1	7,45	893,4	269,6
20,0	81,4	49,9	12132,2	2614,9	836,7	180,3	8,58	924,8	238,2
21,2	86,9	51,3	12979,1	2692,3	895,1	185,7	9,11	939,7	223,3
22,5	88,2	51,6	13174,9	2710,2	908,6	186,9	9,24	943,2	219,8
25,0	90,7	52,2	13548,9	2744,4	934,4	189,3	9,48	949,8	213,2
27,5	93,1	52,7	13923,0	2778,5	960,2	191,6	9,71	956,4	206,6
Автомобиль с полной нагрузкой									
5,0	11,6	11,6	1471,2	385,6	101,5	26,6	0,83	788,4	724,6
7,5	23,3	23,3	3248,0	1062,2	224,0	73,3	1,93	831,1	681,9
10,0	34,9	34,9	5024,9	1738,9	346,5	119,9	3,02	873,9	639,1
12,5	46,5	46,5	6801,7	2415,5	469,1	166,6	4,12	916,7	596,3
15,0	58,1	58,1	8578,5	3092,1	591,6	213,2	5,22	959,5	553,5
17,5	69,8	69,8	10355,4	3768,7	714,2	259,9	6,31	1002,3	510,7
20,0	81,4	81,4	12132,2	4445,3	836,7	306,6	7,41	1045,0	468,0
21,2	86,9	84,4	12979,1	4617,9	895,1	318,5	7,87	1062,8	450,2
22,5	88,2	84,5	13174,9	4626,9	908,6	319,1	7,96	1066,4	446,6
25,0	90,7	84,8	13548,9	4643,9	934,4	320,3	8,13	1073,2	439,8
27,5	93,1	85,1	13923,0	4661,0	960,2	321,5	8,31	1080,0	433,0
30,0	95,6	85,4	14297,1	4678,1	986,0	322,6	8,48	1086,8	426,2
32,5	98,0	85,7	14671,2	4695,2	1011,8	323,8	8,66	1093,7	419,3
35,0	100,4	86,0	15045,2	4712,3	1037,6	325,0	8,83	1100,5	412,5
37,5	102,9	86,3	15419,3	4729,4	1063,4	326,2	9,01	1107,3	405,7
40,0	105,3	86,6	15793,4	4746,5	1089,2	327,3	9,18	1114,1	398,9
42,5	107,8	86,9	16167,4	4763,6	1115,0	328,5	9,36	1120,9	392,1
45,0	110,2	87,1	16541,5	4780,7	1140,8	329,7	9,53	1127,8	385,2

## 2.2.9 Расчет реализуемого сцепления для передней и задней оси автомобиля

$$f_1 = \frac{T_1}{T_{1\max}} \quad (2.75)$$

$$f_2 = \frac{T_2}{T_{2\max}} \quad (2.76)$$

Полученные значения  $f_1$ ,  $f_2$  при разных весовых состояниях автомобиля заносим в таблицу 2.17.

Таблица 2.17

$F_{\text{пед}}$ , кг	$j$ , м/с <sup>2</sup>	$T_1$ , кг	$T_2$ , кг	$T_{1\max}$ , кг	$T_{2\max}$ , кг	$f_1$	$f_2$
Автомобиль с частичной нагрузкой							
5,0	1,08	101,5	26,6	716,1	446,9	0,142	0,060
7,5	2,51	224,0	73,3	755,8	407,2	0,296	0,180
10,0	3,93	346,5	119,9	795,5	367,5	0,436	0,326
12,5	5,19	469,1	146,7	830,6	332,4	0,565	0,441
15,0	6,32	591,6	157,9	862,0	301,0	0,686	0,525
17,5	7,45	714,2	169,1	893,4	269,6	0,799	0,627
20,0	8,58	836,7	180,3	924,8	238,2	0,905	0,757
21,2	9,11	895,1	185,7	939,7	223,3	0,953	0,832
22,5	9,24	908,6	186,9	943,2	219,8	0,963	0,850
25,0	9,48	934,4	189,3	949,8	213,2	0,984	0,888
27,5	9,71	960,2	191,6	956,4	206,6	1,004	0,927
Автомобиль с полной нагрузкой							
5,0	0,83	101,5	26,6	788,4	724,6	0,129	0,037
7,5	1,93	224,0	73,3	831,1	681,9	0,270	0,107
10,0	3,02	346,5	119,9	873,9	639,1	0,397	0,188
12,5	4,12	469,1	166,6	916,7	596,3	0,512	0,279
15,0	5,22	591,6	213,2	959,5	553,5	0,617	0,385
17,5	6,31	714,2	259,9	1002,3	510,7	0,713	0,509
20,0	7,41	836,7	306,6	1045,0	468,0	0,801	0,655

Продолжение таблицы 2.17

21,2	7,87	895,1	318,5	1062,8	450,2	0,842	0,707
22,5	7,96	908,6	319,1	1066,4	446,6	0,852	0,714
25,0	8,13	934,4	320,3	1073,2	439,8	0,871	0,728
27,5	8,31	960,2	321,5	1080,0	433,0	0,889	0,742
30,0	8,48	986,0	322,6	1086,8	426,2	0,907	0,757
32,5	8,66	1011,8	323,8	1093,7	419,3	0,925	0,772
35,0	8,83	1037,6	325,0	1100,5	412,5	0,943	0,788
37,5	9,01	1063,4	326,2	1107,3	405,7	0,960	0,804
40,0	9,18	1089,2	327,3	1114,1	398,9	0,978	0,821
42,5	9,36	1115,0	328,5	1120,9	392,1	0,995	0,838
45,0	9,53	1140,8	329,7	1127,8	385,2	1,012	0,856

2.2.10 Расчет эффективности тормозной системы автомобиля при отказе одного из контуров

Поскольку на автомобиле установлена диагональная схема тормозной системы, то при отказе одного из контуров, другой будет обеспечивать 50% тормозных сил.

$$T_{1\text{отк}} = \frac{M_{T1}}{r_k}, \text{ (кГ)} \quad (2.77)$$

$$T_{2\text{отк}} = \frac{M_{T2}}{r_k}, \text{ (кГ)} \quad (2.78)$$

$$j = g \cdot \frac{T_{1\text{отк}} + T_{2\text{отк}}}{G_A}, \text{ (м/с}^2\text{)} \quad (2.79)$$

$$T_{1\text{max отк}} = \frac{1}{2} \cdot (G_{A1} + G_A \cdot \frac{h_g}{L} \cdot \frac{j}{g}) \cdot f_{\text{max}}, \text{ (кГ)} \quad (2.80)$$

$$T_{2\text{max отк}} = \frac{1}{2} \cdot (G_{A2} - G_A \cdot \frac{h_g}{L} \cdot \frac{j}{g}) \cdot f_{\text{max}}, \text{ (кГ)} \quad (2.81)$$

$$f_1 = \frac{T_{1\text{отк}}}{T_{1\text{max отк}}} \quad (2.82)$$

$$f_2 = \frac{T_{2\text{отк}}}{T_{2\text{max отк}}} \quad (2.83)$$

Значения  $P_{ГЦ}, P_1, P_2, M_{Г1}, M_{Г2}$ , берем из расчета тормозных сил при исправной тормозной системы.

Полученные значения  $T_1, T_2, T_{1\text{max}}, T_{2\text{max}}, j, f_1, f_2$  при разных весовых состояниях автомобиля заносим в таблицу 2.18.

Таблица 2.18

$F_{\text{нед}},$ кг	$T_1, \text{ кг}$	$T_2, \text{ кг}$	$j, \text{ м/с}^2$	$T_{1\text{max}}, \text{ кг}$	$T_{2\text{max}}, \text{ кг}$	$f_1$	$f_2$
Автомобиль с частичной нагрузкой							
5,0	50,7	13,3	0,54	350,5	231,0	0,145	0,058
7,5	112,0	36,6	1,25	360,4	221,1	0,311	0,166
10,0	173,3	60,0	1,97	370,4	211,1	0,468	0,284
12,5	234,5	73,4	2,60	379,1	202,4	0,619	0,363
15,0	295,8	79,0	3,16	387,0	194,5	0,764	0,406
17,5	357,1	84,6	3,72	394,8	186,7	0,904	0,453
20,0	418,4	90,2	4,29	402,7	178,8	1,039	0,504
Автомобиль с полной нагрузкой							
5,0	50,7	13,3	0,42	386,1	370,4	0,131	0,036
7,5	112,0	36,6	0,96	396,8	359,7	0,282	0,102
10,0	173,3	60,0	1,51	407,5	349,0	0,425	0,172
12,5	234,5	83,3	2,06	418,2	338,3	0,561	0,246
15,0	295,8	106,6	2,61	428,9	327,6	0,690	0,325
17,5	357,1	130,0	3,16	439,6	316,9	0,812	0,410
20,0	418,4	153,3	3,71	450,3	306,2	0,929	0,501
21,2	447,6	159,2	3,93	454,7	301,8	0,984	0,528
22,5	454,3	159,5	3,98	455,6	300,9	0,997	0,530
25,0	467,2	160,1	4,07	457,3	299,2	1,022	0,535

2.2.11 Расчет эффективности тормозной системы автомобиля при отказе вакуумного усилителя тормозов

$$P_{ГТЦ} = \eta_{ГТЦ} \cdot \frac{F_{нед} \cdot i_{нед}}{S_{ГТЦ}}, \text{ (кг/см}^2\text{)} \quad (2.85)$$

где  $F_{нед}$  – усилие на педали, кг;

$S_{ГТЦ}$  – площадь поршня главного тормозного цилиндра, см<sup>2</sup>;

$\eta_{ГТЦ}$  – КПД главного тормозного цилиндра;

$i_{нед}$  – передаточное число педали тормоза.

$$P_{ГТЦ} = 0,95 \cdot \frac{F_{нед} \cdot 4}{3,881} = 0,979 \cdot F_{нед} \text{ (кг/см}^2\text{)}$$

Далее, определяя значения  $P_{ГТЦ}$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $M_{Т1}$ ,  $M_{Т2}$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_{1max}$ ,  $T_{2max}$ ,  $j$ ,  $f_1$ ,  $f_2$ , ведем расчет по стандартной схеме, до тех пор, пока тормозные силы на осях станут равными предельным по сцеплению.

Полученные значения при разных весовых состояниях автомобиля заносим в таблицу 2.19.

Таблица 2.19

$F_{нед}$ , кг	$P_{ГТЦ} = P_1$ , кг/см <sup>2</sup>	$P_2$ , кг/см <sup>2</sup>	$M_{Т1}$ , кг·см	$M_{Т2}$ , кг·см	$T_1$ , кг	$T_2$ , кг	$j$ , м/с <sup>2</sup>	$T_{1max}$ , кг	$T_{2max}$ , кг	$f_1$	$f_2$
Автомобиль с частичной нагрузкой											
5	4,9	4,9	442,5	-6,1	30,5	-0,4	0,25	693,1	469,9	0,044	-0,001
10	9,8	9,8	1190,6	278,8	82,1	19,2	0,85	709,8	453,2	0,116	0,042
15	14,7	14,7	1938,8	563,7	133,7	38,9	1,46	726,5	436,5	0,184	0,089
20	19,6	19,6	2686,9	848,6	185,3	58,5	2,06	743,2	419,8	0,249	0,139
25	24,5	24,5	3435,1	1133,5	236,9	78,2	2,66	760,0	403,0	0,312	0,194
30	29,4	29,4	4183,2	1418,4	288,5	97,8	3,26	776,7	386,3	0,371	0,253
35	34,3	34,3	4931,3	1703,2	340,1	117,5	3,86	793,4	369,6	0,429	0,318
40	39,2	39,2	5679,5	1988,1	391,7	137,1	4,46	810,1	352,9	0,483	0,389
45	44,1	41,0	6427,6	2093,5	443,3	144,4	4,96	824,0	339,0	0,538	0,426
50	49,0	42,1	7175,8	2161,9	494,9	149,1	5,43	837,2	325,8	0,591	0,458
55	53,8	43,3	7923,9	2230,3	546,5	153,8	5,90	850,4	312,6	0,643	0,492
60	58,7	44,5	8672,1	2298,7	598,1	158,5	6,38	863,6	299,4	0,693	0,530
65	63,6	45,7	9420,2	2367,0	649,7	163,2	6,85	876,8	286,2	0,741	0,570
70	68,5	46,8	10168,3	2435,4	701,3	168,0	7,33	890,1	272,9	0,788	0,615
75	73,4	48,0	10916,5	2503,8	752,9	172,7	7,80	903,3	259,7	0,833	0,665
80	78,3	49,2	11664,6	2572,1	804,5	177,4	8,28	916,5	246,5	0,878	0,720

Продолжение таблицы 2.19

85	83,2	50,4	12412,8	2640,5	856,1	182,1	8,75	929,7	233,3	0,921	0,781
90	88,1	51,5	13160,9	2708,9	907,6	186,8	9,23	942,9	220,1	0,963	0,849
95	93,0	52,7	13909,0	2777,3	959,2	191,5	9,70	956,1	206,9	1,003	0,926
Автомобиль с полной нагрузкой											
5	4,9	4,9	442,5	-6,1	30,5	-0,4	0,20	763,6	749,4	0,040	-0,001
10	9,8	9,8	1190,6	278,8	82,1	19,2	0,66	781,6	731,4	0,105	0,026
15	14,7	14,7	1938,8	563,7	133,7	38,9	1,12	799,6	713,4	0,167	0,054
20	19,6	19,6	2686,9	848,6	185,3	58,5	1,58	817,6	695,4	0,227	0,084
25	24,5	24,5	3435,1	1133,5	236,9	78,2	2,04	835,7	677,3	0,283	0,115
30	29,4	29,4	4183,2	1418,4	288,5	97,8	2,50	853,7	659,3	0,338	0,148
35	34,3	34,3	4931,3	1703,2	340,1	117,5	2,97	871,7	641,3	0,390	0,183
40	39,2	39,2	5679,5	1988,1	391,7	137,1	3,43	889,7	623,3	0,440	0,220
45	44,1	44,1	6427,6	2273,0	443,3	156,8	3,89	907,7	605,3	0,488	0,259
50	49,0	49,0	7175,8	2557,9	494,9	176,4	4,35	925,7	587,3	0,535	0,300
55	53,8	53,8	7923,9	2842,8	546,5	196,1	4,81	943,7	569,3	0,579	0,344
60	58,7	58,7	8672,1	3127,7	598,1	215,7	5,27	961,7	551,3	0,622	0,391
65	63,6	63,6	9420,2	3412,6	649,7	235,4	5,74	979,7	533,3	0,663	0,441
70	68,5	68,5	10168,3	3697,5	701,3	255,0	6,20	997,8	515,2	0,703	0,495
75	73,4	73,4	10916,5	3982,4	752,9	274,6	6,66	1015,8	497,2	0,741	0,552
80	78,3	78,3	11664,6	4267,3	804,5	294,3	7,12	1033,8	479,2	0,778	0,614
85	83,2	83,2	12412,8	4552,1	856,1	313,9	7,58	1051,8	461,2	0,814	0,681
90	88,1	84,5	13160,9	4626,2	907,6	319,0	7,95	1066,1	446,9	0,851	0,714
95	93,0	85,1	13909,0	4660,4	959,2	321,4	8,30	1079,8	433,2	0,888	0,742
100	97,9	85,7	14657,2	4694,6	1010,8	323,8	8,65	1093,4	419,6	0,924	0,772
105	102,8	86,3	15405,3	4728,8	1062,4	326,1	9,00	1107,0	406,0	0,960	0,803
110	107,7	86,8	16153,5	4763,0	1114,0	328,5	9,35	1120,7	392,3	0,994	0,837
115	112,6	87,4	16901,6	4797,1	1165,6	330,8	9,70	1134,3	378,7	1,028	0,874

## 3 Технологическая часть

### 3.1 Анализ технологичности конструкции изделия

Для проработки технологического процесса сборки в качестве сборочной единицы выберем «Рычаги задней подвески с тормозами в сборе».

В качестве исходных данных при проектировании технологического процесса сборки примем:

- сборочный чертеж рычагов задней подвески с тормозами в сборе;
- годовой объем выпуска изделий  $N = 50000$  шт.

К технологичности конструкции изделия предъявляются следующие общие требования:

- возможность узловой сборки;
- возможность одновременного и независимого присоединения узлов к базовому элементу изделия;
- возможность использования средств автоматизации и механизации при проведении сборочных работ;
- доступность к областям, которые требуют проведения операций контроля, регулировки, смазки и т.п.;
- высокая степень нормализации и унификации комплектующих изделий;
- отсутствие необходимости проведения доводочных операций обработки комплектующих изделий при сборке;
- применение простых сборочных приспособлений.

Тип производства зависит от годовой программы выпуска изделия и трудоемкости, затрачиваемого на производство изделия. При годовом объеме выпуска  $N = 50000$  штук тип производства – массовое производство, главной характеристикой которого является большое количество изготавливаемых изделий, что позволяет ввести специализацию рабочих мест, то есть на каждом рабочем месте выполнять только одну постоянно повторяющуюся операцию.



Главным фактором массового выпуска изделия является поточное производство по всему технологическому процессу, начиная от изготовления отдельных деталей до сборки изделия в целом.

### 3.2 Разработка технологической схемы сборки

Порядок разработки технологического процесса сборки следующий:

- установка сборочного состава изделия по результатам анализа конструкторской документации;
- расчленение изделия на отдельные сборочные единицы;
- определение источников комплектования сборочных элементов;
- выделение базовых элементов (сборочных единиц);
- составление технологической схемы сборки.

То есть, задача технологической схемы сборки – показать правильную последовательность присоединения и закрепления элементов изделия друг к другу.

При составлении технологических схем сборки все сборочные единицы, которые входят в изделие, условно подразделяют на группы и подгруппы 1,2,3, и т.д. порядков. Группой – это сборочная единица, которая непосредственно входит в изделие. Подгруппа – это составная часть группы; при этом подгруппа, непосредственно входящая в группу, называется подгруппой 1-го порядка; подгруппа, входящая в подгруппу 1-го порядка, называется подгруппой 2-го порядка и т.д.

Для правильного составления последовательности технологической схемы сборки необходимо выделить базовый элемент изделия (базовую деталь, группу, подгруппу), с которого начинается сборочный процесс.

На технологической схеме сборки все элементы изделия условно обозначаются прямоугольником, разделенным на три части. В верхней части указывается наименование элемента, в левой нижней части – его обозначение (индекс), в правой нижней части – число одноименных элементов.

Процесс общей сборки изображается на схеме горизонтальной линией от прямоугольника, изображающего базовый элемент, до прямоугольника, обозначающего изделие, при этом длинные стороны прямоугольника располагаются горизонтально. Сверху от горизонтальной линии в порядке последовательности сборки располагаются прямоугольники, обозначающие детали, снизу узлы (группы).

Также, в случае необходимости, на схеме сборки делаются дополнительные надписи-сноски, показывающие расстановку контрольных операций, определяющих содержание сборочных и контрольных операций, регламентирующих дополнительные работы.

Разработку технологической схемы сборки ведем на основе рычагов задней подвески с тормозами в сборе. Определяем последовательность сборки, разбиваем ее на узловую и общую. Технологическая схема сборки показана на чертеже «Рычаги задней подвески с тормозами в сборе».

Перечень сборочных работ составляем на основе технологической схемы сборки.

Перечень сборочных работ показан в таблице 3.1.

Маршрутная технология и содержание сборочных операций представлены в таблицах 3.2...3.5.

Таблица 3.1

№ п/п	Операция	Время (мин.)
<b>Узловая сборка тормоза заднего с осью левого в сборе</b>		
1	Взять из контейнеров следующие детали: тормоз задний левый в сборе 16.ДП.01.032-3502011, ось ступицы заднего колеса 16.ДП.01.032-3104063, шайбу 6 1/05164/70, винт М6х10 1/32759.	0,3
2	Установить ось ступицы заднего колеса 16.ДП.01.032-3104063 в приспособление.	0,2
3	Установить на ось ступицы заднего колеса 16.ДП.01.032-3104063 тормоз задний левый в сборе 16.ДП.01.032-3502011.	0,2
4	Надеть шайбу 6 1/05164/70 на винт М6х10 1/32759.	0,1

Продолжение таблицы 3.1

5	Наживить подсобранный винт М6х10 1/32759 с шайбой 6 1/05164/70 в ось ступицы заднего колеса 16.ДП.01.032-3104063 через отверстие в тормозе заднем левом в сборе 16.ДП.01.032-3502011.	0,3
6	Закрутить винт М6х10 1/32759 моментом 3,3...7,8 Нм.	0,2
7	Снять собранный узел тормоз задний с осью левый в сборе 16.ДП.01.032-3502009 с приспособления.	0,3
8	Проверить визуально качество выполненной работы.	0,2
9	Собранный узел тормоз задний с осью левый в сборе 16.ДП.01.032-3502009 передать на следующую операцию.	0,2
<b>ИТОГО</b>		<b>2,0</b>
<b>Узловая сборка тормоза заднего с осью правого в сборе</b>		
1	Взять из контейнеров следующие детали: тормоз задний правый в сборе 16.ДП.01.032-3502010, ось ступицы заднего колеса 16.ДП.01.032-3104063, шайбу 6 1/05164/70, винт М6х10 1/32759.	0,3
2	Повторить для сборки узла тормоз задний с осью правый в сборе 16.ДП.01.032-3502008 переходы, аналогично переходам 2...9 из таблицы 3.2.	1,7
<b>ИТОГО</b>		<b>2,0</b>
<b>Узловая сборка ступицы и тормозного барабана в сборе</b>		
1	Взять из контейнеров следующие детали: ступица заднего колеса в сборе 16.ДП.01.032-3104014, барабан тормозной задний 16.ДП.01.032-3502070, штифт направляющий заднего колеса 16.ДП.01.032-3101082, ротор заднего колеса 16.ДП.01.032-3538400.	0,3
2	Установить ступицу заднего колеса в сборе 16.ДП.01.032-3104014 в приспособление.	0,2
3	Установить на ступицу заднего колеса в сборе 16.ДП.01.032-3104014 ротор заднего колеса 16.ДП.01.032-3538400.	0,2
4	Установить на подсобранную ступицу заднего колеса в сборе 16.ДП.01.032-3104014 с ротором заднего колеса 16.ДП.01.032-3538400 барабан тормозной задний 16.ДП.01.032-3502070.	0,2

Продолжение таблицы 3.1

5	Наживить штифт направляющий заднего колеса 16.ДП.01.032-3101082 в количестве 2 штук в ступицу заднего колеса в сборе 16.ДП.01.032-3104014 через соответствующие отверстия в барабане тормозном заднем 16.ДП.01.032-3502070 и роторе заднего колеса 16.ДП.01.032-3538400.	0,3
6	Закрутить штифты направляющие заднего колеса 16.ДП.01.032-3101082 моментом 6,6...15,4 Нм.	0,3
7	Снять собранный узел ступица и тормозной барабан в сборе 16.ДП.01.032-3104006 с приспособления.	0,2
8	Проверить визуально качество выполненной работы.	0,2
9	Собранный узел ступица и тормозной барабан в сборе 16.ДП.01.032-3104006 передать на следующую операцию.	0,2
<b>ИТОГО</b>		<b>2,1</b>
<b>Общая сборка рычагов задней подвески с тормозами в сборе</b>		
1	Взять из контейнера и установить на напольный конвейер рычаги задней подвески в сборе 16.ДП.01.032-2914008.	0,3
2	Зафиксировать рычаги задней подвески в сборе 16.ДП.01.032-2914008 на напольном конвейере.	0,2
3	Отправить напольный конвейер с рычагами задней подвески в сборе 16.ДП.01.032-2914008 на следующую операцию.	0,2
4	Взять из контейнеров следующие детали: болт М10х25 1/5970721, шайбу 10 пружинную 1/05168/73.	0,2
5	Взять с предыдущей операции тормоз задний с осью левый в сборе 16.ДП.01.032-3502009.	0,2
6	Получить на напольном конвейере рычаги задней подвески в сборе 16.ДП.01.032-2914008 с предыдущей операции.	0,2
7	Зафиксировать на рычагах задней подвески в сборе 16.ДП.01.032-2914008 тормоз задний с осью левый в сборе 16.ДП.01.032-3502009.	0,3
8	Надеть шайбу 10 пружинную 1/05168/73 на болт М10х25 1/5970721 в количестве 4 штук.	0,4

Продолжение таблицы 3.1

9	Наживить подсобранные болты М10х25 1/5970721 с шайбами 10 пружинными 1/05168/73 в рычаги задней подвески в сборе 16.ДП.01.032-2914008 через соответствующие отверстия в тормозе заднем с осью левом в сборе 16.ДП.01.032-3502009.	0,7
10	Закрутить болты М10х25 1/5970721 моментом 34,30...42,63 Нм.	0,4
11	Проверить качество выполненной работы контрольным ключом.	0,3
12	Собранный узел отправить на следующую операцию напольным конвейером.	0,3
13	Произвести операцию сборки рычагов задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью правым в сборе 16.ДП.01.032-3502008 аналогично операции 010 сборки рычагов задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью левым в сборе 16.ДП.01.032-3502009 в параллельном режиме.	3,0
14	Взять из контейнеров следующие детали: трос привода стояночной тормозной системы 16.ДП.01.032-3508180.	0,2
15	Получить на напольном конвейере собранный узел рычагов задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью левым в сборе 16.ДП.01.032-3502009.	0,2
16	Зафиксировать трос привода стояночной тормозной системы 16.ДП.01.032-3508180 на рычагов задней подвески 16.ДП.01.032-2914008.	0,4
17	Вставить конец троса привода стояночной тормозной системы 16.ДП.01.032-3508180 в соответствующее отверстие тормоза заднего левого с осью в сборе 16.ДП.01.032-3502009, зафиксировать конец троса в тормозе заднем левом.	0,4
18	Проверить визуально качество выполненной работы.	0,2
19	Собранный узел отправить на следующую операцию напольным конвейером.	0,2
20	Произвести операцию монтажа троса привода стояночной тормозной системы 16.ДП.01.032-3508180 на рычаги задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью правым в сборе	1,6

Продолжение таблицы 3.1

	16.ДП.01.032-3502008 аналогично операции 020 монтажа троса на рычаги задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью левым в сборе 16.ДП.01.032-3502009 в параллельном режиме.	
21	Взять из контейнеров следующие детали: гайка М20 1/40442/71.	0,1
22	Взять с предыдущей операции узел ступица и тормозной барабан в сборе 16.ДП.01.032-3104006.	0,2
23	Получить на напольном конвейере собранный узел рычагов задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью левым в сборе 16.ДП.01.032-3502009 и тросом привода стояночной тормозной системы 16.ДП.01.032-3508180.	0,2
24	Одеть узел ступица и тормозной барабан в сборе 16.ДП.01.032-3104006 на узел рычаги задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью левым в сборе 16.ДП.01.032-3502009 и тросом привода стояночной тормозной системы 16.ДП.01.032-3508180.	0,2
25	Наживить гайку М20 1/40442/71 на ось ступицы.	0,2
26	Закрутить гайку М20 1/40442/71 моментом 186,30...225,60 Нм.	0,2
27	Проверить качество выполненной работы контрольным ключом.	0,3
28	Собранный узел отправить на следующую операцию напольным конвейером.	0,2
29	Произвести операцию установки узла ступицы и тормозного барабана в сборе 16.ДП.01.032-3104006 на узел рычаги задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью левым в сборе 16.ДП.01.032-3502008 и тросом привода стояночной тормозной системы 16.ДП.01.032-3508180 аналогично операции 030 установки узла ступицы и тормозного барабана в сборе 16.ДП.01.032-3104006 на узел рычаги задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью левым в сборе 16.ДП.01.032-3502009 и тросом привода стояночной тормозной системы 16.ДП.01.032-3508180 в параллельном режиме.	1,6
<b>ИТОГО</b>		<b>13,1</b>
$\Sigma t_{оп}$		<b>19,2</b>

Таблица 3.2

Узловая сборка тормоза заднего с осью левого в сборе				
№ п/п	Операция	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время (мин.) <i>t<sub>оп</sub></i>
005	Сборочная	1. Взять из контейнеров следующие детали: тормоз задний левый в сборе 16.ДП.01.032-3502011, ось ступицы заднего колеса 16.ДП.01.032-3104063, шайбу 6 1/05164/70, винт М6х10 1/32759.	Приспособление	0,3
		2. Установить ось ступицы заднего колеса 16.ДП.01.032-3104063 в приспособление.	Гайковерт	0,2
		3. Установить на ось ступицы заднего колеса 16.ДП.01.032-3104063 тормоз задний левый в сборе 16.ДП.01.032-3502011.	Стенд	0,2
		4. Надеть шайбу 6 1/05164/70 на винт М6х10 1/32759.		0,1
		5. Наживить подсобранный винт М6х10 1/32759 с шайбой 6 1/05164/70 в ось ступицы заднего колеса 16.ДП.01.032-3104063 через отверстие в тормозе заднем левом в сборе 16.ДП.01.032-3502011.		0,3
		6. Закрутить винт М6х10 1/32759 моментом 3,3...7,8 Нм.		0,2
		7. Снять собранный узел тормоз задний с осью левый в сборе 16.ДП.01.032-3502009 с приспособления.		0,3

Продолжение таблицы 3.2

		8. Проверить визуально качество выполненной работы.		0,2
		9. Собранный узел тормоз задний с осью левый в сборе 16.ДП.01.032-3502009 передать на следующую операцию.		0,2
<b>Итоговое время на выполнение операции</b>				<b>2,0</b>

Таблица 3.3

Узловая сборка тормоза заднего с осью правого в сборе				
№ п/п	Операция	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время (мин.) $t_{оп}$
005	Сборочная	1. Взять из контейнеров следующие детали: тормоз задний правый в сборе 16.ДП.01.032-3502010, ось ступицы заднего колеса 16.ДП.01.032-3104063, шайбу 6 1/05164/70, винт М6х10 1/32759. 2. Повторить для сборки узла тормоз задний с осью правый в сборе 16.ДП.01.032-3502008 переходы, аналогично переходам 2...9 из таблицы 3.2.	Приспособление  Гайковерт  Стенд	0,3   1,7
<b>Итоговое время на выполнение операции</b>				<b>2,0</b>



Таблица 3.4

Узловая сборка ступицы и тормозного барабана в сборе				
№ п/п	Операция	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время (мин.) $t_{оп}$
005	Сборочная	1. Взять из контейнеров следующие детали: ступица заднего колеса в сборе 16.ДП.01.032-3104014, барабан тормозной задний 16.ДП.01.032-3502070, штифт направляющий заднего колеса 16.ДП.01.032-3101082, ротор заднего колеса 16.ДП.01.032-3538400.	Приспособление	0,3
		2. Установить ступицу заднего колеса в сборе 16.ДП.01.032-3104014 в приспособление.	Гайковерт	0,2
		3. Установить на ступицу заднего колеса в сборе 16.ДП.01.032-3104014 ротор заднего колеса 16.ДП.01.032-3538400.	Стенд	0,2
		4. Установить на подсобранную ступицу заднего колеса в сборе 16.ДП.01.032-3104014 с ротором заднего колеса 16.ДП.01.032-3538400 барабан тормозной задний 16.ДП.01.032-3502070.		0,2
		5. Наживить штифт направляющий заднего колеса 16.ДП.01.032-3101082 в количестве 2 штук в ступицу заднего колеса в сборе 16.ДП.01.032-3104014 через соответствующие отверстия в барабане тормозном заднем 16.ДП.01.032-3502070 и роторе заднего колеса 16.ДП.01.032-3538400.		0,3

Продолжение таблицы 3.4

		6. Закрутить штифты направляющие заднего колеса 16.ДП.01.032-3101082 моментом 6,6...15,4 Нм.		0,3
		7. Снять собранный узел ступица и тормозной барабан в сборе 16.ДП.01.032-3104006 с приспособления.		0,2
		8. Проверить визуально качество выполненной работы.		0,2
		9. Собранный узел ступица и тормозной барабан в сборе 16.ДП.01.032-3104006 передать на следующую операцию.		0,2
<b>Итоговое время на выполнение операции</b>				<b>2,1</b>

Таблица 3.5

Общая сборка рычагов задней подвески с тормозами в сборе				
№ п/п	Операция	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время (мин.) $t_{оп}$
005	Установочная	1. Взять из контейнера и установить на напольный конвейер рычаги задней подвески в сборе 16.ДП.01.032-2914008.	Напольный конвейер	0,3
		2. Зафиксировать рычаги задней подвески в сборе 16.ДП.01.032-2914008 на напольном конвейере.		0,2
		3. Отправить напольный конвейер с рычагами задней подвески в сборе 16.ДП.01.032-2914008 на следующую операцию.		0,2

Продолжение таблицы 3.5

010	Сборочная	1. Взять из контейнеров следующие детали: болт М10х25 1/5970721, шайбу 10 пружинную 1/05168/73.	Напольный конвейер	0,2
		2. Взять с предыдущей операции тормоз задний с осью левый в сборе 16.ДП.01.032-3502009.	Гайковерт	0,2
		3. Получить на напольном конвейере рычаги задней подвески в сборе 16.ДП.01.032-2914008 с предыдущей операции.	Ключ моментный предельный	0,2
		4. Зафиксировать на рычагах задней подвески в сборе 16.ДП.01.032-2914008 тормоз задний с осью левый в сборе 16.ДП.01.032-3502009.		0,3
		4. Надеть шайбу 10 пружинную 1/05168/73 на болт М10х25 1/5970721 в количестве 4 штук.		0,4
		5. Наживить подсобранные болты М10х25 1/5970721 с шайбами 10 пружинными 1/05168/73 в рычаги задней подвески в сборе 16.ДП.01.032-2914008 через соответствующие отверстия в тормозе заднем с осью левом в сборе 16.ДП.01.032-3502009.		0,7
		6. Закрутить болты М10х25 1/5970721 моментом 34,30...42,63 Нм.		0,4
		7. Проверить качество выполненной работы контрольным ключом.		0,3
8. Собранный узел отправить на следующую операцию напольным конвейером.		0,3		

Продолжение таблицы 3.5

015	Сборочная	<p>1. Произвести операцию сборки рычагов задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью правым в сборе 16.ДП.01.032-3502008 аналогично операции 010 сборки рычагов задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью левым в сборе 16.ДП.01.032-3502009 в параллельном режиме.</p>	<p>Напольный конвейер</p> <p>Гайковерт</p> <p>Ключ моментный предельный</p>	3,0
020	Сборочная	<p>1. Взять из контейнеров следующие детали: трос привода стояночной тормозной системы 16.ДП.01.032-3508180.</p> <p>2. Получить на напольном конвейере собранный узел рычагов задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью левым в сборе 16.ДП.01.032-3502009.</p> <p>3. Зафиксировать трос привода стояночной тормозной системы 16.ДП.01.032-3508180 на рычагов задней подвески 16.ДП.01.032-2914008.</p> <p>4. Вставить конец троса привода стояночной тормозной системы 16.ДП.01.032-3508180 в соответствующее отверстие тормоза заднего левого с осью в сборе 16.ДП.01.032-3502009, зафиксировать конец троса в тормозе заднем левом.</p> <p>5. Проверить визуально качество выполненной работы.</p> <p>8. Собранный узел отправить на следующую операцию напольным конвейером.</p>	<p>Напольный конвейер</p>	<p>0,2</p> <p>0,2</p> <p>0,4</p> <p>0,4</p> <p>0,2</p> <p>0,2</p>

Продолжение таблицы 3.5

025	Сборочная	1. Произвести операцию монтажа троса привода стояночной тормозной системы 16.ДП.01.032-3508180 на рычаги задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью правым в сборе 16.ДП.01.032-3502008 аналогично операции 020 монтажа троса на рычаги задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью левым в сборе 16.ДП.01.032-3502009 в параллельном режиме.	Напольный конвейер	1,6
030	Сборочная	1. Взять из контейнеров следующие детали: гайка М20 1/40442/71.	Напольный конвейер	0,1
		2. Взять с предыдущей операции узел ступица и тормозной барабан в сборе 16.ДП.01.032-3104006.	Гайковерт	0,2
		3. Получить на напольном конвейере собранный узел рычагов задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью левым в сборе 16.ДП.01.032-3502009 и тросом привода стояночной тормозной системы 16.ДП.01.032-3508180.	Ключ моментный предельный	0,2
		4. Одеть узел ступица и тормозной барабан в сборе 16.ДП.01.032-3104006 на узел рычага задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью левым в сборе 16.ДП.01.032-3502009 и тросом привода стояночной тормозной системы		0,2

16.ДП.01.032-3508180.

Продолжение таблицы 3.5

		5. Наживить гайку М20 1/40442/71 на ось ступицы.		0,2
		6. Закрутить гайку М20 1/40442/71 моментом 186,30...225,60 Нм.		0,2
		7. Проверить качество выполненной работы контрольным ключом.		0,3
		8. Собранный узел отправить на следующую операцию напольным конвейером.		0,2
035	Сборочная	1. Произвести операцию установки узла ступицы и тормозного барабана в сборе 16.ДП.01.032-3104006 на узел рычаги задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью левым в сборе 16.ДП.01.032-3502008 и тросом привода стояночной тормозной системы 16.ДП.01.032-3508180 аналогично операции 030 установки узла ступицы и тормозного барабана в сборе 16.ДП.01.032-3104006 на узел рычаги задней подвески 16.ДП.01.032-2914008 с тормозом задний с осью левым в сборе 16.ДП.01.032-3502009 и тросом привода стояночной тормозной системы 16.ДП.01.032-3508180 в параллельном режиме.	Напольный конвейер Гайковерт Ключ моментный предельный	1,6
<b>Итоговое время на выполнение операции</b>				<b>14,5</b>

### 3.3 Техническое нормирование слесарно-сборочных работ

Общее оперативное время на все виды работ при сборке изделия:

$$t_{ОП}^{ОБЩ} = \Sigma t_{ОП} = 19,2 \text{ (мин)}. \quad (3.1)$$

Суммарная трудоемкость сборки:

$$t_{ШТ}^{ОБЩ} = t_{ОП}^{ОБЩ} + t_{ОП}^{ОБЩ} \cdot \left( \frac{\alpha}{100} + \frac{\beta}{100} \right), \quad (3.2)$$

где  $\alpha$  – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места, примем  $\alpha = 3\%$ ;

$\beta$  – часть оперативного времени на перерывы для отдыха, примем  $\beta = 5\%$ .

$$t_{ШТ}^{ОБЩ} = 19,2 + 19,2 \cdot \left( \frac{3}{100} + \frac{5}{100} \right) = 20,74 \text{ (мин)}.$$

### 3.4 Определение типа производства и формы организации технологического процесса сборки

Тип производства при сборке следует определять в зависимости от годового объема выпуска изделий и ориентировочной определенной суммарной трудоемкости сборки тормоза заднего в сборе.

Принимаем крупносерийное массовое производство, поскольку годовой объем выпуска изделий  $N = 50000$  шт., определенная суммарная трудоемкость сборки  $t_{ШТ}^{ОБЩ} = 20,74$  мин.

Определим характеристику форму организации технологического процесса сборки рычагов задней подвески с тормозами в сборе:

- Действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования:

$$\Phi = D_P \cdot c \cdot T_{CM} \cdot \eta_P, \quad (3.3)$$

где  $D_P$  – число рабочих дней в году,  $D_P = 260$  дней;

$c$  – число рабочих смен за день,  $c = 2$ ;

$T_{CM}$  – длительность рабочей смены,  $T_{CM} = 8$  часов;

$\eta_p$  – коэффициент, учитывающий потери времени на ремонт оборудования,  $\eta_p = 0,97$  при двухсменной работе.

$$\Phi = 260 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,97 = 4035,2 \text{ (час)}$$

➤ Такт выпуска:

$$T_B = \frac{60 \cdot \Phi}{N}, \quad (3.4)$$

где  $N$  – годовой объем выпуска.

$$T_B = \frac{60 \cdot 4035,2}{50000} = 4,84 \text{ (мин/шт.)}$$

➤ Темп линии:

$$T_L = \frac{60}{T_B} \quad (3.5)$$

$$T_L = \frac{60}{4,84} = 12,4 \text{ (шт./час)}$$



## 4 Анализ экономической эффективности объекта

### Введение

Тормозные механизмы задних колес автомобиля LADA-2170 Priora – барабанного типа, с самоустанавливающимися колодками, с двухпоршневым колесным цилиндром. Тормозной барабан изготовлен из алюминиевого сплава с залитым внутрь чугуном кольцом в зоне контакта с рабочей поверхностью тормозных колодок.

Подобная конструкция барабана наряду с преимуществами (например, небольшой вес), обладает и рядом недостатков, проявляющих себя как в процессе производства изделия (например, сложная технология изготовления, включающая в себя литье чугунного кольца с последующей мехобработкой, литье алюминиевого сплава совместно с чугунным кольцом, балансировка изготовленного барабана), так и в процессе эксплуатации автомобиля (например, при резком перепаде температуры алюминий может повести, что может привести как к отслоению алюминия от чугунного кольца с дальнейшим развитием коррозии, так и в ряде случаев к провороту чугунного кольца относительно алюминия, напрямую сказавшись на активной безопасности автомобиля).

В данном дипломном проекте предлагается модернизация заднего тормозного механизма автомобиля LADA-2170 Priora путем замены штатного барабана на чисто чугунный барабан. Процесс изготовления такого барабана существенно проще, к тому же и цена алюминия выше цены чугуна, барабан из чугуна менее чувствителен к перепадам температур.

Поскольку в проекте происходит изменение базовой конструкции, то необходимо произвести сравнительную калькуляцию себестоимости изготовления базового и проектируемого вариантов, выполнить сравнительный технико-экономический анализ экономических показателей проектируемого и базового вариантов с целью определения экономического эффекта от предложенных технических решений.

За базовый вариант принят серийный задний тормозной механизм автомобиля LADA-2170 Priora с алюминиевым барабаном.

#### 4.1 Расчет себестоимости проектируемого заднего тормозного механизма

Исходные данные для расчета себестоимости проектируемого заднего тормозного механизма представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

№ п/п	Наименование показателей	Обозначение	Ед. изм.	Значение
A	1	2	3	4
1	Годовая программа выпуска	$V_{ГОД}$	шт.	50000
2	Коэффициент отчислений в социальные фонды	$E_{СОЦ.Н}$	%	30
3	Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	$K_{ПРЕМ}$	%	20
4	Коэффициент доплат или выплат, не связанных с работой на производстве	$K_{ВЫП}$	%	25
5	Коэффициент общезаводских расходов	$E_{ОБ.ЗАВОД}$	%	145
6	Коэффициент цеховых расходов	$E_{ЦЕХ}$	%	183
7	Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов	$E_{КОМ}$	%	5
8	Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	$E_{ОБОР}$	%	194
9	Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	$E_{ИНСТР}$	%	3
10	Коэффициент рентабельности и плановых накоплений	$K_{РЕНТ}$	%	30
11	Коэффициенты транспортно-заготовительных расходов	$K_{ТЗР}$	%	3
12	Коэффициент возвратных отходов	$K_{ВОТ}$	%	2
13	Коэффициент капиталобразующих инвестиций	$K_{ИНВ}$	%	2,4

Расчет затрат на сырье и материалы.

$$M = C_{Mi} \cdot Q_{Mi} \cdot \left( 1 + \frac{K_{ТЗР}}{100} - \frac{K_{ВОТ}}{100} \right) \quad (4.1)$$

где  $C_{Mi}$  – оптовая цена материала  $i$ -го вида, руб;

$Q_{mi}$  – норма расхода материала  $i$ -го вида, кг, м;

Расчет выполнен в табличной форме и представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2

№ п/п	Наименование материалов	Норма расхода	Средняя цена за ед. изм., руб	Сумма, руб
1	Лента 08пс 9,8x140	0,03	25,80	0,77
2	Сталь 40ХГНМ	1,22	44,84	54,70
3	Чугун Gh56-40-05	1,16	125,00	145,00
4	Чугун Gh190	3,83	75,00	287,25
ИТОГО:				487,72
Транспортно-заготовительные расходы:				14,63
Возвратные отходы:				9,75
ВСЕГО:				492,60

Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты.

$$P_{II} = C_i \cdot n_i \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗР}}{100}\right) \quad (4.2)$$

где  $C_i$  – оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов  $i$ -го вида, руб;

$n_i$  – количество покупных изделий и полуфабрикатов  $i$ -го вида, шт.

Расчет выполнен в табличной форме и представлен в таблице 4.3.

Таблица 4.3

№ п/п	Наименование полуфабрикатов	Количество	Средняя цена за 1 шт., руб	Сумма, руб
1	Задний тормоз	1	2209,00	2209,00
2	Подшипник	1	649,71	649,71
3	Кольцо стопорное подшипника	1	14,54	14,54
4	Ротор АБС	1	88,93	88,93
5	Трос СТС	1	159,03	159,03
6	Штифт направляющий	2	9,00	18,00
7	Винт М6x10	1	8,45	8,45
8	Гайка М20x1,5	1	31,75	31,75
9	Шайба 6	1	2,32	2,32

Продолжение таблицы 4.3

10	Шайба 20	1	19,76	19,76
ИТОГО:				3201,49
Транспортно-заготовительные расходы:				96,04
ВСЕГО:				3297,53

Расчет затрат на основную заработную плату производственных рабочих

$$Z_o = Z_T \cdot \left(1 + \frac{K_{ПРЕМ}}{100}\right) \quad (4.3)$$

где  $Z_T$  – тарифная заработная плата, руб:

$$Z_T = C_p \cdot T \quad (4.4)$$

где  $C_p$  – часовая тарифная ставка, руб;

$T$  – трудоемкость выполнения операции, час.

Расчет выполнен дифференцированно по видам работ в табличной форме и представлен в таблице 4.4.

Таблица 4.4

№ п/п	Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость, час	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
1	Заготовительные	3	0,12	82,78	9,93
2	Штамповка	3	0,01	82,78	0,83
3	Литье	3	0,05	82,78	4,14
4	Мехобработка	5	0,08	100,69	8,06
5	Термообработка	3	0,02	82,78	1,66
6	Сборочные	4	0,06	91,94	5,52
ИТОГО:					30,14
Премииальные доплаты:					6,03
Основная з/п:					36,17

Расчет затрат на дополнительную заработную плату производственных рабочих

$$З_{ДОП} = З_О \cdot \frac{K_{ВЫП}}{100} \quad (4.5)$$

$$З_{ДОП} = 36,17 \cdot 0,25 = 9,04 \text{ (руб)}$$

Расчет затрат на отчисления в единый социальный налог

$$C_{СОЦ.Н} = (З_О + З_{ДОП}) \cdot \frac{E_{СОЦ.Н}}{100} \quad (4.6)$$

$$C_{СОЦ.Н} = (36,17 + 9,04) \cdot 0,30 = 13,56 \text{ (руб)}$$

Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования

$$C_{СОД.ОБОР} = З_О \cdot \frac{E_{ОБОР}}{100} \quad (4.7)$$

$$C_{СОД.ОБОР} = 36,17 \cdot 1,94 = 70,17 \text{ (руб)}$$

Расчет цеховых расходов

$$C_{ЦЕХ} = З_О \cdot \frac{E_{ЦЕХ}}{100} \quad (4.8)$$

$$C_{ЦЕХ} = 36,17 \cdot 1,83 = 66,19 \text{ (руб)}$$

Расчет затрат на инструмент и оснастку

$$C_{ИНСТР} = З_О \cdot \frac{E_{ИНСТР}}{100} \quad (4.9)$$

$$C_{ИНСТР} = 36,17 \cdot 0,03 = 1,09 \text{ (руб)}$$

Расчет цеховой себестоимости

$$C_{ЦЕХ.С/С} = М + П_И + З_О + З_{ДОП} + C_{СОЦ.Н} + C_{СОД.ОБОР} + C_{ЦЕХ} + C_{ИНСТР} \quad (4.10)$$

$$C_{ЦЕХ.С/С} = 492,60 + 3297,53 + 36,17 + 9,04 + 13,56 + 70,17 + 66,19 + \\ + 1,09 = 3986,35 \text{ (руб)}$$

Расчет общезаводских расходов

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 3_0 \cdot \frac{E_{\text{ОБ.ЗАВОД}}}{100} \quad (4.11)$$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 36,17 \cdot 1,45 = 52,45 \text{ (руб)}$$

Расчет общезаводской себестоимости

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{ЦЕХ.С/С}} \quad (4.12)$$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} = 52,45 + 3986,35 = 4038,80 \text{ (руб)}$$

Расчет коммерческих расходов

$$C_{\text{КОМ}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} \cdot \frac{E_{\text{КОМ}}}{100} \quad (4.13)$$

$$C_{\text{КОМ}} = 4038,80 \cdot 0,05 = 201,94 \text{ (руб)}$$

Расчет полной себестоимости

$$C_{\text{ПОЛ}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} + C_{\text{КОМ}} \quad (4.14)$$

$$C_{\text{ПОЛ}} = 4038,80 + 201,94 = 4240,74 \text{ (руб)}$$

Расчет отпускной цены для базового и проектируемого заднего тормозного механизма

$$Ц_{\text{ОТП.П}} = Ц_{\text{ОТП.Б}} \quad (4.15)$$

$$Ц_{\text{ОТП.П}} = Ц_{\text{ОТП.Б}} = 5622,81 \text{ (руб)}$$

Затраты на производство базового и проектируемого заднего тормозного механизма сведены в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 – Сравнительная калькуляция себестоимости базового и проектируемого заднего тормозного механизма автомобиля LADA-2170 Priora

№ п/п	Наименование показателей	Обозначение	Затраты на единицу изделия (база)	Затраты на единицу изделия (проект)
A	1	2	3	4
1	Стоимость основных материалов	$M$	521,21	492,60
2	Стоимость комплектующих изделий	$П_{и}$	3306,70	3297,53
3	Основная заработная плата производственных рабочих	$З_о$	42,38	36,17
4	Дополнительная заработная плата производственных рабочих	$З_{доп}$	10,6	9,04
5	Отчисления на социальные нужды	$С_{соц. н}$	15,89	13,56
6	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	$С_{сод. обор}$	82,22	70,17
7	Цеховые расходы	$С_{цех}$	77,56	66,19
8	Расходы на инструмент и оснастку	$С_{инстр}$	1,27	1,09
9	Цеховая себестоимость	$С_{цех. с/с}$	4057,83	3986,35
10	Общезаводские расходы	$С_{об. завод}$	61,45	52,45
11	Общезаводская себестоимость	$С_{об. завод. с/с}$	4119,28	4038,80
12	Коммерческие расходы	$С_{ком}$	205,96	201,94
13	Полная себестоимость	$С_{пол}$	4325,24	4240,74
14	Отпускная цена	$Ц_{отп}$	5622,81	5622,81

## 4.2 Расчет точки безубыточности проекта

В качестве исходных данных для определения порога прибыли (точка безубыточности) используем таблицу 4.5. В рыночной экономике, когда цены на товары и объемы производства диктуются рынком, предприятие всегда стоит перед выбором, сколько продукции производить при сложившейся на рынке цене, чтобы получить желаемую прибыль. Решение этой проблемы вытекает из ответа на вопрос, может ли предприятие достигнуть безубыточности при продаже определенного объема своей продукции по данной цене.

Для определения объема продаж, при котором организация будет способна покрыть все свои расходы без получения прибыли, используются аналитический и графический методы определения критического объема производства.

Точка критического объема производства зависит от трех факторов:

- продажной цены производимого продукта;
- переменных издержек производства, реализации и управления;
- фиксированных издержек производства, реализации и управления.

В точке критического объема (точке безубыточности производства) прибыль равна нулю, а объем продаж покрывает переменные и постоянные издержки.

Тогда математическая формула безубыточности будет иметь следующий вид:

$$C_{\text{ОП}} \cdot V_{\text{ГОД}} = Z_{\text{ПОСТ}} + Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (4.16)$$

где  $C_{\text{ОП}}$  – цена продукции, руб;

$V_{\text{ГОД}}$  – объем производства, шт.;

$Z_{\text{ПОСТ}}$  – постоянные издержки, руб;

$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}}$  – переменные удельные издержки, руб.

Расчет переменных затрат

- на единицу изделия (для базы и для проекта):

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}} = M + \Pi u + Z_{\text{О}} + Z_{\text{ДОП.}} + C_{\text{СОЦ.Н}} \quad (4.17)$$



$$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД Б}} = 521,21 + 3306,70 + 42,38 + 10,60 + 15,89 = 3896,78 \text{ (руб)}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД П}} = 492,60 + 3297,53 + 36,17 + 9,04 + 13,56 = 3848,90 \text{ (руб)}$$

– на годовую программу выпуска изделия:

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}} = Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (4.18)$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ П}} = 3848,90 \cdot 50000 = 192445000,00 \text{ (руб)}$$

#### Расчет постоянных затрат

– на единицу изделия:

$$Z_{\text{ПОСТ.УД П}} = (C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ИНСТР}}) \cdot 0,87 + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{КОМ}} + A_{\text{М.УД}} \quad (5.19)$$

где  $A_{\text{М.УД}}$  – амортизационные отчисления, руб.

$$A_{\text{М.УД}} = (C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ИНСТР}}) \cdot \frac{H_A}{100} \quad (4.20)$$

где  $H_A$  – норма амортизационных отчислений, %; примем  $H_A = 13\%$ .

$$A_{\text{М.УД}} = (70,17 + 1,09) \cdot 0,13 = 9,26 \text{ (руб)}$$

$$Z_{\text{ПОСТ.УД П}} = (70,17 + 1,09) \cdot 0,87 + 66,19 + 52,45 + 201,94 + 9,26 = 391,84 \text{ (руб)}$$

– на годовую программу выпуска изделия:

$$Z_{\text{ПОСТ}} = Z_{\text{ПОСТ.УД}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (4.21)$$

$$Z_{\text{ПОСТ П}} = 391,84 \cdot 50000 = 19592000,00 \text{ (руб)}$$

#### Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия

$$C_{\text{ПОЛН.Г П}} = C_{\text{ПОЛН П}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (4.22)$$

$$C_{\text{ПОЛН.Г П}} = 4240,74 \cdot 50000 = 212037000,00 \text{ (руб)}$$

#### Расчет выручки от реализации изделия

$$\text{Выручка}_{\text{П}} = Ц_{\text{ОП.П}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (4.23)$$

$$\text{Выручка}_{\text{П}} = 5622,81 \cdot 50000 = 281140500,00 \text{ (руб)}$$

### Расчет маржинального дохода

$$D_{МАРЖ} = \text{Выручка}_{\Pi} - Z_{\text{ПЕРЕМ } \Pi} \quad (4.24)$$

$$D_{МАРЖ} = 281140500,00 - 192445000,00 = 88695500,00 \text{ (руб)}$$

### Расчет критического объема продаж

$$A_{\text{КРИТ}} = \frac{Z_{\text{ПОСТ } \Pi}}{C_{\text{ОТП } \Pi} - Z_{\text{ПЕРЕМ.УД } \Pi}} \quad (4.25)$$

$$A_{\text{КРИТ}} = \frac{19592000,00}{5622,81 - 3848,90} = 11044,53 \approx 11045 \text{ (шт.)}$$

### Определение точки безубыточности графическим методом

Графический метод определения критической точки объема производства проектируемого заднего тормоза представлен на рисунке 4.1.

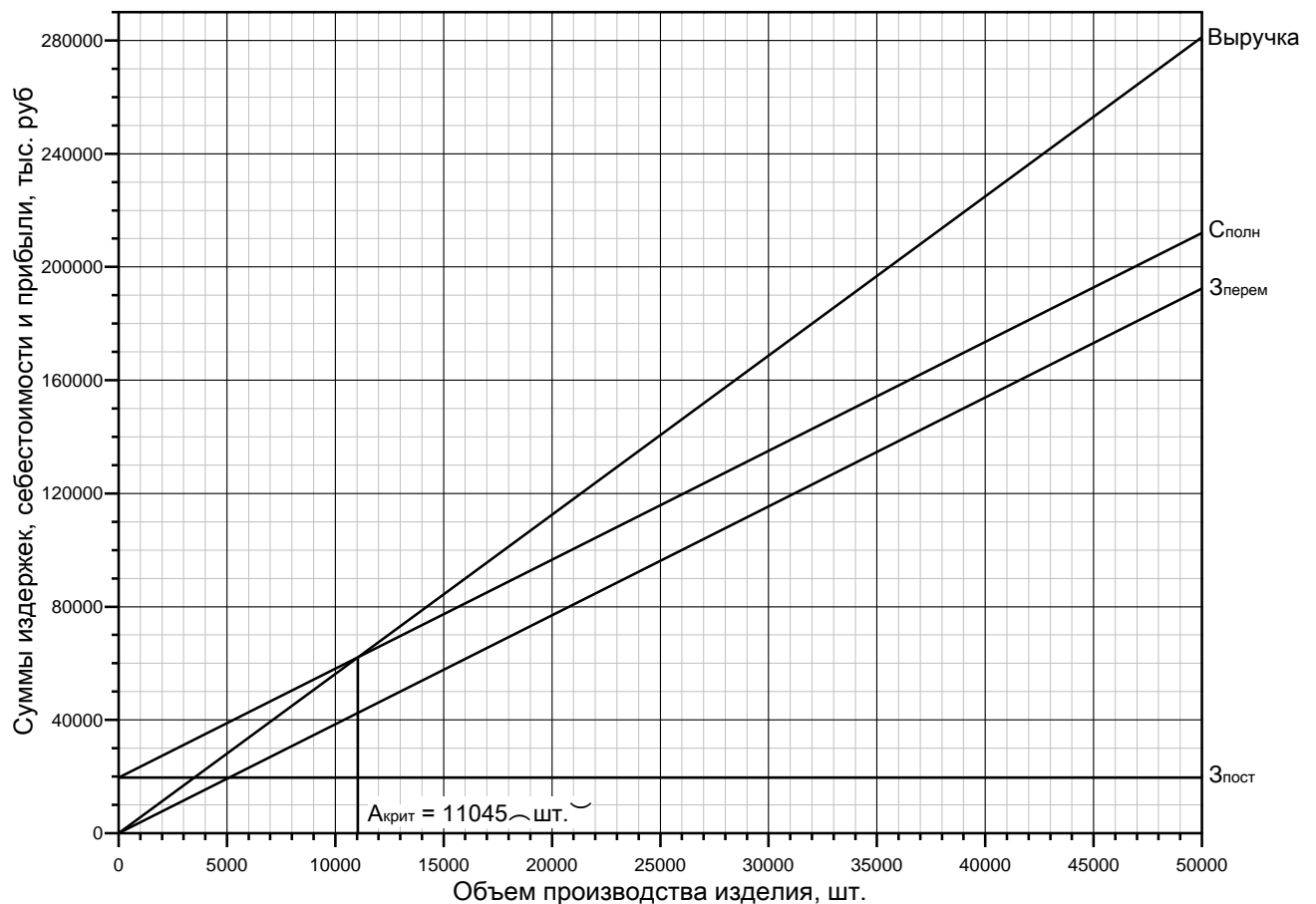


Рисунок 4.1 Определение точки безубыточности

### 4.3 Расчет коммерческой эффективности проекта

Срок эксплуатации нового изделия определим в 5 лет.

Объем продукции увеличивается равномерно с каждым годом, нарастающим итогом на:

$$\Delta = \frac{V_{\text{МАКС}} - A_{\text{КРИТ}}}{n - 1} \quad (4.26)$$

где  $V_{\text{МАКС}}$  – максимальный объем продаж, шт.,  $V_{\text{МАКС}} = V_{\text{ГОД}} = 50000$  (шт.);

$A_{\text{КРИТ}}$  – критический объем продаж, шт.;

$n$  – количество лет с учетом предпроизводственной подготовки, примем

$n = 6$ .

$$\Delta = \frac{50000 - 11045}{5 - 1} = 7791 \text{ (шт.)}$$

Выручка по годам

$$\text{Выручка}_i = Ц_{\text{ОТП}} \cdot V_{\text{ПРОД } i} \quad (4.27)$$

где  $V_{\text{ПРОД } i}$  – объем продаж в  $i$ -ом году, шт.:

$$V_{\text{ПРОД } i} = A_{\text{КРИТ}} + \Delta \quad (4.28)$$

$V_{\text{ПРОД } 1}$ , шт. 18836	$V_{\text{ПРОД } 2}$ , шт. 26627	$V_{\text{ПРОД } 3}$ , шт. 34418	$V_{\text{ПРОД } 4}$ , шт. 42209	$V_{\text{ПРОД } 5}$ , шт. 50000
$\text{Выручка}_1$ , руб 105911249,16	$\text{Выручка}_2$ , руб 149718561,87	$\text{Выручка}_3$ , руб 193525874,58	$\text{Выручка}_4$ , руб 237333187,29	$\text{Выручка}_5$ , руб 281140500,00

Переменные затраты по годам

$$З_{\text{ПЕРЕМ } i} = З_{\text{ПЕРЕМ.УД}} \cdot V_{\text{ПРОД } i} \quad (4.29)$$

$З_{\text{ПЕРЕМ Б } 1}$ , руб 73399748,08	$З_{\text{ПЕРЕМ Б } 2}$ , руб 103759561,06	$З_{\text{ПЕРЕМ Б } 3}$ , руб 134119374,04	$З_{\text{ПЕРЕМ Б } 4}$ , руб 164479187,02	$З_{\text{ПЕРЕМ Б } 5}$ , руб 194839000,00
$З_{\text{ПЕРЕМ П } 1}$ , руб 72497880,40	$З_{\text{ПЕРЕМ П } 2}$ , руб 102484660,30	$З_{\text{ПЕРЕМ П } 3}$ , руб 132471440,20	$З_{\text{ПЕРЕМ П } 4}$ , руб 162458220,10	$З_{\text{ПЕРЕМ П } 5}$ , руб 192445000,00

Постоянные затраты для базового варианта

$$Z_{\text{ПОСТ Б}} = Z_{\text{ПОСТ.УД Б}} \cdot V_{\text{МАКС}} \quad (4.30)$$

$$Z_{\text{ПОСТ.УД Б}} = C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ИНСТР}} + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{КОМ}} \quad (4.31)$$

$$Z_{\text{ПОСТ.УД Б}} = 82,22 + 1,27 + 77,56 + 61,45 + 205,96 = 428,46 \text{ (руб)}$$

$$Z_{\text{ПОСТ Б}} = 428,46 \cdot 50000 = 21423000,00 \text{ (руб)}$$

#### Амортизация

$$Ам = Ам_{\text{УД}} \cdot V_{\text{МАКС}} \quad (4.32)$$

$$Ам = 9,26 \cdot 50000 = 463000,00 \text{ (руб)}$$

#### Полная себестоимость по годам

$$C_{\text{ПОЛН.}i} = Z_{\text{ПЕРЕМ.}i} + Z_{\text{ПОСТ}} \quad (4.33)$$

$C_{\text{ПОЛН Б1, руб}}$ 94822748,08	$C_{\text{ПОЛН Б2, руб}}$ 125182561,06	$C_{\text{ПОЛН Б3, руб}}$ 155542374,04	$C_{\text{ПОЛН Б4, руб}}$ 185902187,02	$C_{\text{ПОЛН Б5, руб}}$ 216262000,00
$C_{\text{ПОЛН П1, руб}}$ 92089880,40	$C_{\text{ПОЛН П2, руб}}$ 122076660,30	$C_{\text{ПОЛН П3, руб}}$ 152063440,20	$C_{\text{ПОЛН П4, руб}}$ 182050220,10	$C_{\text{ПОЛН П5, руб}}$ 212037000,00

#### Налогооблагаемая прибыль по годам

$$\text{Пр.обл}_i = \text{Выручка}_i - C_{\text{ПОЛН } i} \quad (4.34)$$

$\text{Пр.обл}_{\text{Б1, руб}}$ 11088501,08	$\text{Пр.обл}_{\text{Б2, руб}}$ 24536000,81	$\text{Пр.обл}_{\text{Б3, руб}}$ 37983500,54	$\text{Пр.обл}_{\text{Б4, руб}}$ 51431000,27	$\text{Пр.обл}_{\text{Б5, руб}}$ 64878500,00
$\text{Пр.обл}_{\text{П1, руб}}$ 13821368,76	$\text{Пр.обл}_{\text{П2, руб}}$ 27641901,57	$\text{Пр.обл}_{\text{П3, руб}}$ 41462434,38	$\text{Пр.обл}_{\text{П4, руб}}$ 55282967,19	$\text{Пр.обл}_{\text{П5, руб}}$ 69103500,00

#### Налог на прибыль – 20% от налогооблагаемой прибыли по годам

$$H_{\text{ПР } i} = \text{Пр.обл}_i \cdot 0,20 \quad (4.35)$$

$H_{\text{ПР Б1, руб}}$ 2217700,22	$H_{\text{ПР Б2, руб}}$ 4907200,16	$H_{\text{ПР Б3, руб}}$ 7596700,11	$H_{\text{ПР Б4, руб}}$ 10286200,05	$H_{\text{ПР Б5, руб}}$ 12975700,00
---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--	--

$H_{\text{пр п1}}$ , руб	$H_{\text{пр п2}}$ , руб	$H_{\text{пр п3}}$ , руб	$H_{\text{пр п4}}$ , руб	$H_{\text{пр п5}}$ , руб
2764273,75	5528380,31	8292486,88	11056593,44	13820700,00

Прибыль чистая по годам

$$\text{Пр.ч}_i = \text{Пр.обл}_i - H_{\text{пр } i} \quad (4.36)$$

$\text{Пр.ч}_{\text{б1}}$ , руб	$\text{Пр.ч}_{\text{б2}}$ , руб	$\text{Пр.ч}_{\text{б3}}$ , руб	$\text{Пр.ч}_{\text{б4}}$ , руб	$\text{Пр.ч}_{\text{б5}}$ , руб
8870800,86	19628800,65	30386800,43	41144800,22	51902800,00
$\text{Пр.ч}_{\text{п1}}$ , руб	$\text{Пр.ч}_{\text{п2}}$ , руб	$\text{Пр.ч}_{\text{п3}}$ , руб	$\text{Пр.ч}_{\text{п4}}$ , руб	$\text{Пр.ч}_{\text{п5}}$ , руб
11057095,01	22113521,26	33169947,50	44226373,75	55282800,00

Расчет общественного эффекта, получаемого в результате повышения долговечности проектируемого изделия

При проектировании новой техники или новых технологических процессов, повышающих долговечность изделия, ожидаемая прибыль от снижения затрат в эксплуатации определяется по формуле:

$$\text{Эобщ}_i = (\text{Ц}_{\text{отп б}} \cdot \frac{D_2}{D_1} - \text{Ц}_{\text{отп п}}) \cdot V_{\text{прод } i} \quad (4.37)$$

где  $D_1$  и  $D_2$  – долговечность (срок службы) изделия соответственно по базовому и проектируемому варианту.

На основании результатов испытаний на долговечность базового и проектируемого варианта заднего тормозного механизма, увеличение долговечности проектируемого варианта можно оценить следующим образом:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{104,2\%}{100\%} = 1,042$$

$\text{Эобщ}_1$ , руб	$\text{Эобщ}_2$ , руб	$\text{Эобщ}_3$ , руб	$\text{Эобщ}_4$ , руб	$\text{Эобщ}_5$ , руб
4448272,46	6288179,6	8128086,73	9967993,87	11807901,00

Текущий чистый доход (накопленное сальдо) по годам

$$\text{ЧД}_i = \text{Пр.ч}_{\text{п}i} - \text{Пр.ч}_{\text{б}i} + \text{Ам} + \text{Эобщ}_i \quad (4.38)$$

ЧД <sub>1</sub> , руб	ЧД <sub>2</sub> , руб	ЧД <sub>3</sub> , руб	ЧД <sub>4</sub> , руб	ЧД <sub>5</sub> , руб
7097566,61	9235900,21	11374233,80	13512567,40	15650901,00

#### Дисконтирование денежного потока

Дисконтирование осуществляется путем умножения значений денежного потока на коэффициент дисконтирования, который рассчитывается по формуле:

$$\alpha_{ti} = \frac{1}{(1 + E_{CT}/100)^t}, \quad (4.39)$$

где  $E_{CT}$  – процентная ставка на капитал,  $E_{CT} = 10\%$ ;

$t$  – год приведения затрат и результатов (расчетный год).

$\alpha_{t1}$	$\alpha_{t2}$	$\alpha_{t3}$	$\alpha_{t4}$	$\alpha_{t5}$
0,909	0,826	0,751	0,683	0,621

#### Чистый дисконтированный поток реальных денег

$$\text{ЧДД}_{ti} = \text{ЧД}_i \cdot \alpha_{ti}(E_{CT}) \quad (4.40)$$

ЧДД <sub>t1</sub> , руб	ЧДД <sub>t2</sub> , руб	ЧДД <sub>t3</sub> , руб	ЧДД <sub>t4</sub> , руб	ЧДД <sub>t5</sub> , руб
6451688,05	7628853,57	8542049,58	9229083,53	9719209,52

#### Суммарный ЧДД за расчетный период

$$\sum \text{ЧДД}_t = \sum \text{ЧД}_i \cdot \alpha_{ti}(E_{CT}) = \sum \text{ЧДД}_{ti} \quad (4.41)$$

$$\begin{aligned} \sum \text{ЧДД}_t &= 6451688,05 + 7628853,57 + 8542049,58 + 9229083,53 + 9719209,52 = \\ &= 41570884,25 \text{ (руб)} \end{aligned}$$

#### Расчет потребности в капиталобразующих инвестициях

$$J_0 = \frac{K_{ИНВ}}{100} \cdot \sum C_{ПОЛН Pi} \quad (4.42)$$

$$\begin{aligned} \sum C_{ПОЛН Pi} &= 92089880,40 + 122076660,30 + 152063440,20 + 182050220,10 + \\ &+ 212037000,00 = 760317201,00 \text{ (руб)} \end{aligned}$$

$$J_0 = 760317201,00 \cdot 0,024 = 18247612,82 \text{ (руб)}$$

Чистый дисконтированный доход

$$ЧДД = \sum ЧДД_t - J_0 \quad (4.43)$$

$$ЧДД = 41570884,25 - 18247612,82 = 23323271,43 \text{ (руб)}$$

Индекс доходности

$$ID = \frac{ЧДД}{J_0} \quad (4.44)$$

$$ID = \frac{23323271,43}{18247612,82} = 1,28$$

Срок окупаемости с учетом дисконтирования

$$T_{ОКУП} = \frac{J_0}{ЧДД} \quad (4.45)$$

$$T_{ОКУП} = \frac{18247612,82}{23323271,43} = 0,78 \text{ (года)}$$

Расчет коммерческой эффективности проектируемого заднего тормозного механизма сводится в таблицу 4.6.

Таблица 4.6

№ п/п	Наименование показателей	Годы					
		0	1	2	3	4	5
А	1	2	3	4	5	6	7
1	Объем продаж (шт.) $V_{ПРОД}$	0	18836	26627	34418	42209	50000
2	Отпускная цена за единицу продукции (руб) $C_{ОП}$		5622,81				
3	Выручка (руб)		105911249	149718562	193525875	237333187	281140500
4	Переменные затраты (руб) $Z_{ПЕРЕМ Б}$		73399748	103759561	134119374	164479187	194839000
	$Z_{ПЕРЕМ П}$		72497880	102484660	132471440	162458220	192445000
5	Амортизация (руб) $A_M$		463000				

Продолжение таблицы 4.6

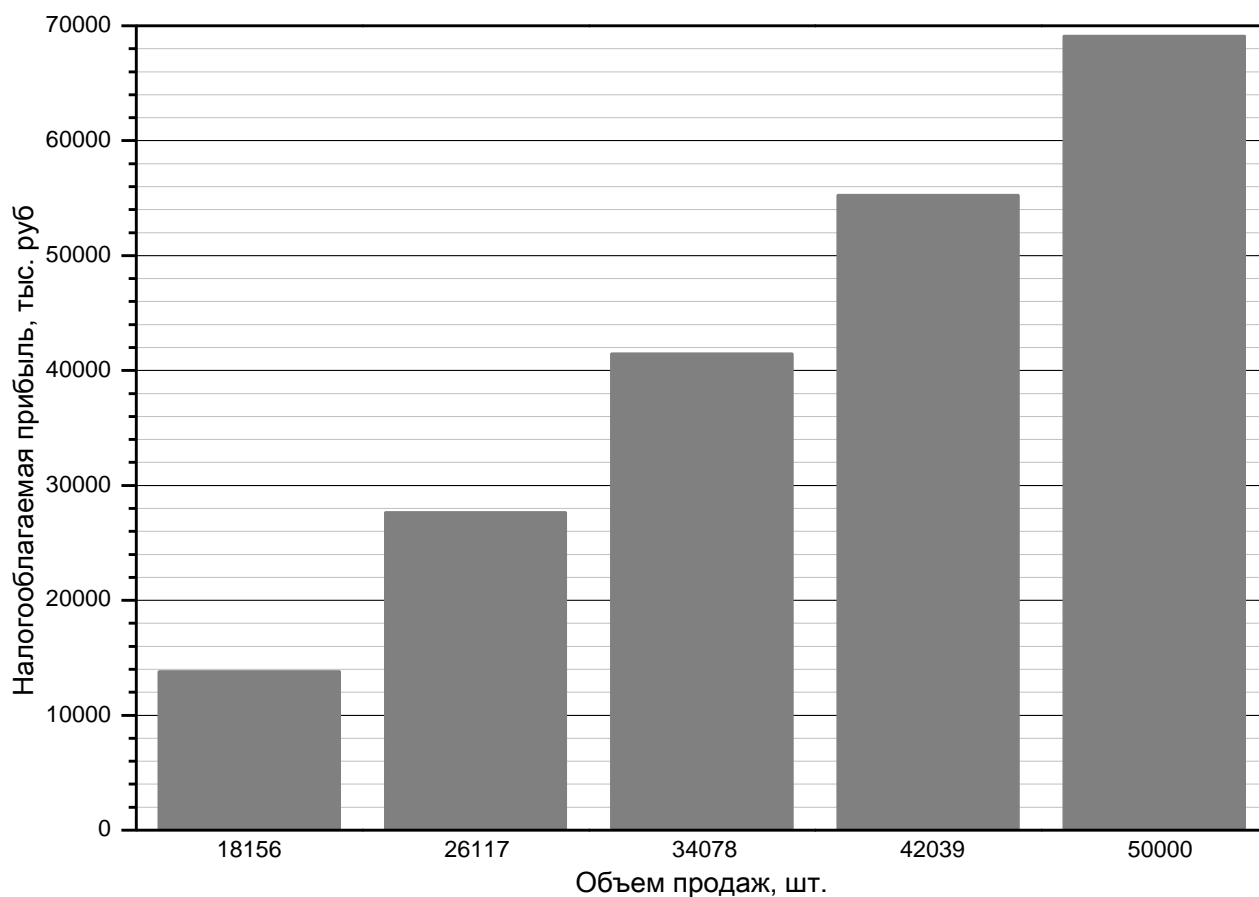
6	Постоянные затраты (руб) <i>З<sub>пост б</sub></i>		21423000				
	<i>З<sub>пост п</sub></i>		19592000				
7	Полная себестоимость (руб) <i>С<sub>пол б</sub></i>		94822748	125182561	155542374	185902187	216262000
	<i>С<sub>пол п</sub></i>		92089880	122076660	152063440	182050220	212037000
8	Налогооблагаемая прибыль (руб) <i>Пр.обл б</i>		11088501	24536001	37983501	51431000	64878500
	<i>Пр.обл п</i>		13821369	27641902	41462434	55282967	69103500
9	Налог на прибыль (руб) <i>Н<sub>пр б</sub></i>		2217700	4907200	7596700	10286200	12975700
	<i>Н<sub>пр п</sub></i>		2764274	5528380	8292487	11056593	13820700
10	Прибыль чистая (руб) <i>Пр.ч б</i>		8870801	19628801	30386800	41144800	51902800
	<i>Пр.ч п</i>		11057095	22113521	33169948	44226374	55282800
11	Общественный эффект (руб) <i>Эобщ</i>		4448272	6288180	8128087	9967994	11807901
12	Чистый поток реальных денег (руб) <i>ЧД</i>		7097567	9235900	11374234	13512567	15650901
13	Коэффициент дисконтирования <i>a<sub>t</sub></i>		0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
14	Чистый дисконтированный поток реальных денег (руб) <i>ЧДД<sub>t</sub></i>		6451688	7628854	8542040	9229084	9719210
15	Суммарный чистый дисконтированный поток реальных денег (руб) <i>ΣЧДД<sub>t</sub></i>		41570884				
16	Капиталообразующие инвестиции, (руб) <i>Jo</i>	18247613					



Продолжение таблицы 4.6

17	Чистый дисконтированный доход (руб) <i>ЧДД</i>		23323271
18	Индекс доходности <i>ИД</i>		1,28
19	Срок окупаемости проекта (год) <i>Токуп</i>		0,78

На рисунке 4.2 представлен график соотношения между объемом производства и прибылью.



**Рисунок 4.2** График соотношения между объемом производства и прибылью

#### 4.4 Анализ полученных экономических показателей и выводы

По результатам анализа полученных показателей можно сделать следующие выводы:

1. Себестоимость модернизированного заднего тормозного механизма, согласно проведенным расчетам, меньше себестоимости базового варианта, при этом проект обладает общественной значимостью, поэтому экономический эффект от его внедрения положителен.

2. Минимальное количество продаж, необходимое для покрытия расходов предприятия, составило 11045 шт.

3. Ежегодный прирост объемов продаж новой продукции равен 7791 шт.

4. Чистый дисконтированный доход равен 23323271,43 рублей, то есть он положителен. Таким образом, проект является эффективным, поскольку ЧДД положителен.

5. Индекс доходности проекта равен 1,28. Индекс доходности связан с ЧДД следующим образом: ЧДД является положительным, следовательно,  $JD > 1$ , а если  $JD > 1$ , то проект является эффективным.

6. Срок окупаемости проекта, являющийся периодом в котором первоначальные вложения и другие затраты, связанные с инвестиционным проектом, покрываются суммарными результатами его осуществления, равен 0,78 года. Чем короче срок окупаемости, тем менее рискованным является проект.

7. Внедрение предлагаемого проекта по модернизации заднего тормозного механизма автомобиля LADA-2170 Priora экономически оправдано.

## 5 Безопасность и экологичность объекта

### 5.1 Влияние изменений в конструкции заднего тормозного механизма на безопасность автомобиля

Тормозные механизмы задних колес автомобиля LADA-2170 Priora – барабанного типа, с самоустанавливающимися колодками, с двухпоршневым колесным цилиндром. Тормозной барабан изготовлен из алюминиевого сплава с залитым внутрь чугуном кольцом в зоне контакта с рабочей поверхностью тормозных колодок.

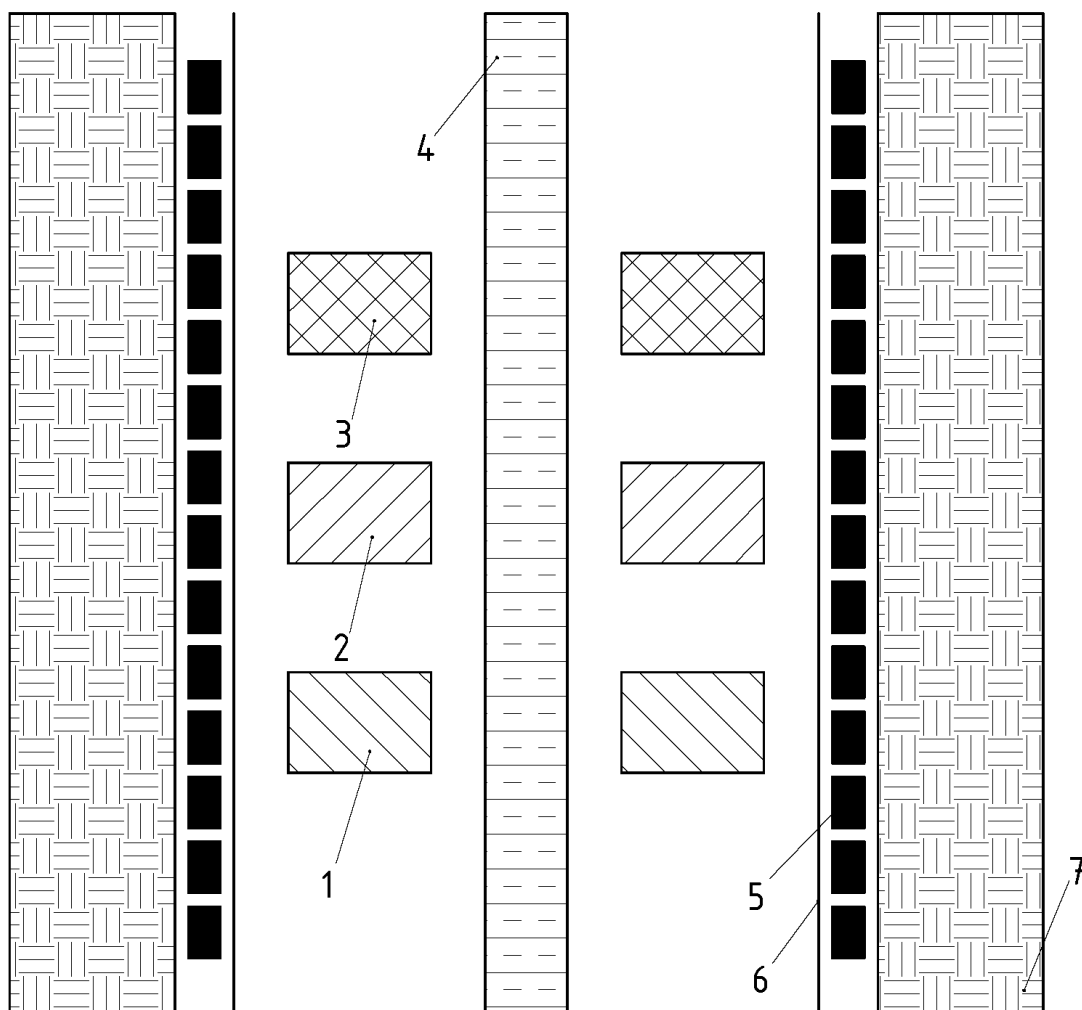
Подобная конструкция барабана наряду с преимуществами (например, небольшой вес), обладает и рядом недостатков, проявляющих себя как в процессе производства изделия (например, сложная технология изготовления, включающая в себя литье чугунного кольца с последующей мехобработкой, литье алюминиевого сплава совместно с чугунным кольцом, балансировка изготовленного барабана), так и в процессе эксплуатации автомобиля (например, при резком перепаде температуры алюминий может повести, что может привести как к отслоению алюминия от чугунного кольца с дальнейшим развитием коррозии, так и в ряде случаев к провороту чугунного кольца относительно алюминия, напрямую сказавшись на активной безопасности автомобиля).

В данном дипломном проекте предлагается модернизация заднего тормозного механизма автомобиля LADA-2170 Priora путем замены штатного барабана на чисто чугунный барабан. Процесс изготовления такого барабана существенно проще, к тому же и цена алюминия выше цены чугуна, барабан из чугуна менее чувствителен к перепадам температур.

### 5.2 Рабочее место, оборудование и выполняемые операции участка сборки

В данном дипломном проекте рассматривается участок окончательной сборки заднего тормозного механизма автомобиля LADA-2170 Priora, то есть установка задних тормозных механизмов на рычаги задней подвески с после-

дующей установкой тормозных барабанов со ступицей в сборе. Схема сборочного участка представлена на рисунке 5.1.



- 1 – стенд сборочный узловой сборки заднего тормоза с осью в сборе;
- 2 – стенд сборочный узловой сборки ступицы заднего колеса;
- 3 – стенд сборочный узловой сборки тормозного барабана со ступицей в сборе;
- 4 – напольный конвейер (общая сборка заднего тормоза с рычагами задней подвески);
- 5 – контейнеры с запчастями; 6 – защитное ограждение; 7 – дорожный проезд

Рисунок 5.1 – План сборочного участка

Сборочный участок представляет собой участок со сборочным оборудованием, на участке осуществляются различные виды работ: подготовительная, сборочная, контрольная.

Используемое в процессе сборки оборудование представлено в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Спецификация оборудования, инструментов для производственного участка

№ позиции на эскизе рабочего места	Наименование оборудования, инструмента	Работы, операции, выполняемые на этом оборудовании или этим инструментом
1	Стенд сборочный узловой сборки заднего тормоза с осью в сборе: - Приспособление; - Отвертка; - Ключ моментный предельный.	Сборка заднего тормоза с осью в сборе: - Монтаж оси на задний тормоз; - Закручивание винта определенным моментом.
2	Стенд сборочный узловой сборки ступицы заднего колеса: - Приспособление; - Пресс; - Круглогубцы.	Сборка ступицы заднего колеса: - Запрессовка подшипника; - Установка стопорного кольца.
3	Стенд сборочный узловой сборки тормозного барабана со ступицей в сборе: - Приспособление; - Электрический гайковерт; - Ключ моментный предельный.	Сборка тормозного барабана со ступицей в сборе: - Монтаж барабана на ступицу; - Закручивание штифтов определенным моментом.
4	Напольный конвейер: - Электрические гайковерты; - Оснастка; - Ключи предельные; - Слесарный инструмент.	Общая сборка заднего тормоза с рычагами задней подвески: - Монтаж заднего тормоза с осью в сборе на рычаг задней подвески; - Закручивание болтов определенным моментом; - Монтаж троса СТС; - Монтаж тормозного барабана со ступицей в сборе на подобранный рычаг задней подвески с тормозом с осью в сборе; - Закручивание ступичной гайки определенным моментом;

### 5.3 Опасные и вредные производственные факторы на участке сборки и их воздействие на работающих

При сборке заднего тормозного механизма на работников воздействуют различные опасные и вредные производственные факторы, описанные в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Опасные и вредные производственные факторы		Источник	Воздействие на организм человека
Физические	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия	Погрузчики; Напольный конвейер; Приспособления; Пресс; Гайковерты; Оснастка; Слесарный инструмент; Ключи моментные.	Травмы легкой, средней и высокой степени тяжести вплоть до летального исхода
	Острые кромки, заусенцы	Поверхности деталей и инструментов	Механические повреждения конечностей
	Повышенный уровень шума	Погрузчики; Напольный конвейер; Гайковерты; Приспособления; Пресс; Слесарный инструмент	Головные боли; Повышенная утомляемость; Ухудшение слуха; Воздействие на сердечно-сосудистую систему

Продолжение таблицы 5.2

	Повышенный уровень вибрации	Напольный конвейер; Гайковерты;	Головные боли; Повышенная утомляемость; Развитие вибрационных болезней; Нарушение вестибулярного аппарата
	Повышенное значение напряжения в электрической цепи;	Проводка освещения; Проводка механизмов и приспособлений	Поражение электрическим током
	Напряжение зрительных анализаторов	Операции сборки	Головные боли; Повышенная утомляемость; Падение зрения; Стресс
	Параметры микроклимата		Простудные заболевания; Перегрев; Повышенная утомляемость
	Повышенная запыленность	Погрузчики; Напольный конвейер	Кашель; Чихание; Патологические процессы
Психофизиологические	Эмоциональные перегрузки		Нервная возбудимость; Стресс

## Продолжение таблицы 5.2

	Монотонность труда		Снижение внимания; Сонливость; Утомляемость
--	--------------------	--	---

### 5.4 Мероприятия по снижению и предотвращению влияния опасных и вредных производственных факторов

#### 5.4.1 Обеспечение пожаробезопасности

Для повышения пожарной безопасности используются материалы с высокой огнестойкостью и высокой теплопроводностью, краски типа ВПМ для окраски механических конструкций. На территории участка не должно быть мусора, отработанных деталей, узлов, различного рода топлива и масел, входы и выходы всегда должны быть свободны. Противопожарные средства должны быть в доступной зоне, в достаточном количестве и не чем не загорожены. Легкие огнетушители должны быть рядом при проведении сварочных работ.

Помещению участка сборки заднего тормозного механизма присваивается категория «Д» в единой системе противопожарной защиты. Категория «Д» означает участок с непожароопасными технологическими процессами, где имеются несгораемые вещества и материалы в холодном состоянии, отсутствуют взрывоопасные смеси, открытое пламя, искры, горючая пыль или волокна и так далее.

#### 5.4.2 Обеспечение электробезопасности

Помещение данного участка относится к помещениям без повышенной опасности поражения электрическим током, хотя при этом не исключается опасность поражения им, так как здесь используются разнообразные электроустановки и приборы. Для обеспечения электробезопасности необходимо применять следующие меры: обеспечение недоступности к токоведущим частям, находящимся под напряжением от случайного прикосновения; электрическое



разделение сети; использование малых напряжений, эффективной и надежной электроизоляции, защитного заземления, зануления, защитного отключения. Особенно важным является применение разделительных трансформаторов малых напряжений, а там, где человек имеет контакт с корпусом этого оборудования, необходимо применять двойную изоляцию электропроводников, находящихся в рабочей зоне человека.

#### 5.4.3 Обеспечение вибробезопасных условий труда

Вибробезопасные условия труда обеспечиваются применением вибробезопасных машин, применением средств виброзащиты, снижающих воздействующую на работающих вибрацию на пути ее распространения, своевременным ремонтом и контролем вибрационных параметров эксплуатируемой техники, разработкой рациональных режимов труда и отдыха. Необходимо, чтобы общее время контакта с вибрирующими машинами не превышало установленных норм соответствующих инструкций. Так как воздействие вибрации усугубляется при охлаждении, то температура воздуха в производственном помещении не должна быть ниже 16 С при влажности 40-60 %.

#### 5.4.4 Методы защиты от шума

Защита работающих от шума может осуществляться как с коллективными средствами и методами, так и индивидуальными средствами.

Основными источниками шума на данном производственном участке являются механизмы транспортирования, соударяющиеся металлические инструменты, а также сами слесарно-сборочные работы.

Снижения шума машин и механизмов, работающих на участке можно добиться с помощью средств демпфирования, покрывая ими излучающую шум поверхность. Наиболее распространены жесткие покрытия из упруго-вязких материалов (мастики, линолеума, войлока), наносимых на поверхность наклеиванием или напылением. С помощью звукоизолирующих преград можно снизить уровень шума на 30...40дБ. Поэтому источник шума необходимо звуко-

изолировать, обеспечивая их ограждение эффективными звукоизолирующими материалами (металлы, бетон, дерево, плотные пластмассы).

Из средств индивидуальной защиты применяются противошумные наушники и противошумные вкладыши.

#### 5.4.5 Вентиляция производственного помещения

Для обеспечения нормального микроклимата на участке сборки заднего тормозного механизма предусмотрена система вентиляции. Санитарными нормами предусмотрен такой технологический процесс и производственное оборудование, которые обеспечивают минимальные выбросы в окружающую среду вредных и неприятно пахнущих веществ, тепла, влаги, пыли. Одним из основных мероприятий по стабилизации параметров микроклимата и состава воздуха в производственном помещении является обеспечение надлежащего воздухообмена. Общеобменная вентиляция должна обеспечить норму в 2000 м<sup>3</sup>/ч удаляемого и поступающего в помещение участка воздуха. В местах концентрации вредных выбросов, пыли, тепла используется местная вентиляция.

#### 5.4.6 Снижение психофизиологических перегрузок

Обеспечивается в основном за счет внедрения научной организации труда, что дает рациональную организацию рабочих мест, использование непродолжительных перерывов, а также предусматривается создание комнат эмоциональной разгрузки для рабочего персонала. На уровень утомляемости также влияет и совокупность других производственных факторов, поэтому воздействуя на такие вредные производственные факторы, как шум и вибрация можно добиться снижения воздействия психофизиологических перегрузок.

#### 5.4.7 Производственное освещение

Требования к производственному освещению основываются на психофизиологических особенностях восприятия света организмом человека. Например, крайне важно, чтобы свет, создаваемый искусственными источниками,

спектрально как можно ближе приближался к солнечному. Во избежание частой переадаптации зрения немаловажно обеспечить также равномерность и устойчивость уровня освещенности по помещению.

Искусственное освещение предназначено для освещения рабочих поверхностей в темное время суток или при недостаточности естественного освещения. Создается оно искусственными источниками света (лампами накаливания или газоразрядными лампами) и подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное. Искусственное освещение может быть общим и комбинированным, то есть с добавлением местного освещения к общему.

Общее освещение предназначено для освещения всего помещения, оно может быть равномерным или локализованным. Общее равномерное освещение создает условия для выполнения работы в любом месте освещаемого пространства. При общем локализованном освещении светильники размещают в соответствии с расположением оборудования, что позволяет создавать большую освещенность на рабочих местах.

## 5.5 Экологическая экспертиза проекта

Защита окружающей среды стала неотъемлемым элементом развития промышленности. Сейчас признано, что развитие как государственного, так и частного секторов индустрии должно сопровождаться мерами по защите окружающей среды ввиду их необходимости как для нынешнего, так и для будущих поколений.

Правительства стран и общественные организации приняли (и принимают) необходимые соответствующие законодательные акты и стимулирующие экономические меры. Одновременно в промышленности внедряются экологически более чистые технологии.

Поскольку экологические свойства произведенной продукции зависят не только от вида применявшейся технологии, но и от методов управления, промышленные круги должны определять свою политику, стратегию и цели в этой сфере. Сейчас все больше компаний, независимо от их масштаба, рассматрива-

ют предохранительные меры как неотъемлемую часть своей индустриальной стратегии. Безусловно, деятельность высшего руководства в этом направлении является ключевым моментом при достижении успеха. Однако и рядовые сотрудники должны также ощущать свою персональную ответственность за формирование политики своей компании. Разумеется, они должны быть соответствующим образом подготовлены и информированы.

### 5.6 Безопасность в аварийных ситуациях

Предупреждение и ликвидация производственных аварий и стихийных бедствий, а также их последствий требуют осуществление целого комплекса организационных, инженерно-технических и других мероприятий, проводимых как заблаговременно, так и в ходе выполнения спасательных работ.

Для заблаговременной подготовки и ликвидации чрезвычайных ситуаций необходимо выявить производственные объекты, аварии на которых могут привести к большим разрушениям, поражению людей и заражению территорий (объекты, связанные с хранением нефтепродуктов, взрывоопасных и легковоспламеняющихся веществ, подразделений химического производства и т.д.).

План ликвидации возможных аварий должен включать вопросы оповещения, описание предполагаемого очага поражения, мероприятия по спасению людей и оказанию помощи по эвакуации населения, проведению аварийных работ.

### 5.7 Выводы

В разделе безопасность и экология объекта рассмотрен процесс сборки заднего тормозного механизма с барабаном в сборе. Показана схема участка сборки, перечень используемого оборудования, выполняемые на нем операциями, выявлены опасные и вредные производственные факторы, разработаны организационно-технические мероприятия по организации безопасных условий труда. Данный объект является безопасным и экологичным.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В вышеприведенной расчетно-пояснительной записке к курсовому проекту на тему «Переднеприводный автомобиль 2 класса. Модернизация тормозной системы» рассмотрены:

Раздел «Состояние вопроса».

В этом разделе было рассмотрено, для чего необходима тормозная система, какие есть виды тормозных систем и где они применяются, каким требованиям они должны соответствовать, представлен состав и принцип действия типичной тормозной системы, показано, в чем барабанные тормозные механизмы все же превосходят дисковые, состав барабанных тормозных механизмов, а конструкция тормозных барабанов представлена более детально. В конце раздела был рассмотрен задний тормозной механизм автомобиля LADA-2170 Priora и предложено улучшение этой конструкции.

Раздел «Конструкторская часть».

В этом разделе представлен тягово-динамический расчет автомобиля, и расчет основных параметров тормозной системы автомобиля LADA-2170 Priora в исправном и неисправном состояниях.

Раздел «Технологическая часть».

В этом разделе разработан технологический процесс сборки рычагов задней подвески с тормозами в сборе, определен тип производства, выявлена организационно-техническая форма производства.

Раздел «Безопасность и технологичность объекта».

Выявлены опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на участке сборки рычагов задней подвески с тормозами в сборе, разработаны мероприятия по их устранению.

Раздел «Анализ экономической эффективности объекта».

Выполнена сравнительная калькуляция себестоимости изготовления серийного и модернизированного вариантов, произведен сравнительный технико-экономический анализ экономических показателей серийного и модернизированного вариантов с целью определения экономического эффекта от предложенных технических решений.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лукин П.П., Гаспарянц Г.А., Родионов В.Ф.: «Конструирование и расчет автомобиля»; М.: «Машиностроение», 1984г.
2. «Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть»; под ред. Гришкевича А.И.; Мн.: «Вышэйшая школа», 1987г.
3. Вахламов В.К., Шатров М.Г., Юрчевский А.А.: «Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя»; М.: ИЦ «Академия», 2003г.
4. Тур Е.Я., Серебряков К.Б., Жолобов Л.А.: «Устройство автомобиля»; М.: «Машиностроение», 1991г.
5. «Конструкция автомобиля. Шасси»; под общ. ред. Карунина А.Л.; М: МАМИ, 2000г.
6. Косенков А.А.: «Устройство тормозных систем иномарок и отечественных автомобилей»; Ростов н/Д: «Феникс», 2003г.
7. Передерий В.П.: «Устройство автомобиля»; М. : ИД «ФОРУМ»: «ИНФРА-М», 2008г.
8. Богатырев А.В., Есеновский-Лашков Ю.К., Насоновский М.Л., Чернышев В.А.: «Автомобили»; М. : «КолосС», 2004г.
9. Вахламов В.К.: «Автомобили: Эксплуатационные свойства»; М. : ИЦ «Академия», 2006г.
10. Вахламов В.К.: «Автомобили: Основы конструкции»; М. : ИЦ «Академия», 2008г.
11. Вахламов В.К.: «Автомобили: Конструкция и элементы расчета»; М.: ИЦ «Академия», 2006г.
12. Боровских Ю.И., Кленников М.В., Сабинин А.А.: «Устройство автомобиля»; М. : «Высшая школа», 1983г.
13. Иванов А.М., Солнцев А.Н.; Гаевский В.В.: «Основы конструкции автомобиля»; М. : ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005г.
14. «Конструкция автомобиля. Шасси»; под общ. ред. Карунина А.Л.; М : МАМИ, 2000г.

15. Вишняков Н.Н., Вахламов В.К., Нарбут А.Н., Шлиппе И.С., Островцев А.Н.: «Автомобиль. Основы конструкции»; М. : «Машиностроение», 1986г.
16. Дэниэлс Дж.: «Современные автомобильные технологии»; М. : ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2003г.
17. «BOSCH. Автомобильный справочник»; М. : ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004г.
18. Тур Е.Я., Серебряков К.Б., Жолобов Л.А.: «Устройство автомобиля»; М.: «Машиностроение», 1991г.
19. «Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть»; под ред. Гришкевича А.И.; Мн.: «Вышэйшая школа», 1987г.
20. Косенков А.А.: «Устройство тормозных систем иномарок и отечественных автомобилей»; Ростов н/Д: «Феникс», 2003г.
21. «Тормозные системы легковых автомобилей»; сост. Деревянко В.А.; М. : «Петит», 2001г.
22. Осепчугов В.В., Фрумкин А.К.: «Автомобиль. Анализ конструкций, элементы расчета»; М. : «Машиностроение», 1989г.
23. Черемисин А.С.: «Разработка технологических процессов сборки в автостроении. Методические указания к технологической части дипломного проекта для студентов спец. «Автомобиле- и тракторостроение»; Тольятти: ТГУ, 2005г.
24. Горина Л.Н.: «Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. пособие.»; Тольятти: Толпи, 2000г.
25. Капрова В.Г.: «Технико-экономическое обоснование дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений для студентов спец. «Автомобиле- и тракторостроение»; Тольятти: ТГУ, 2005г.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

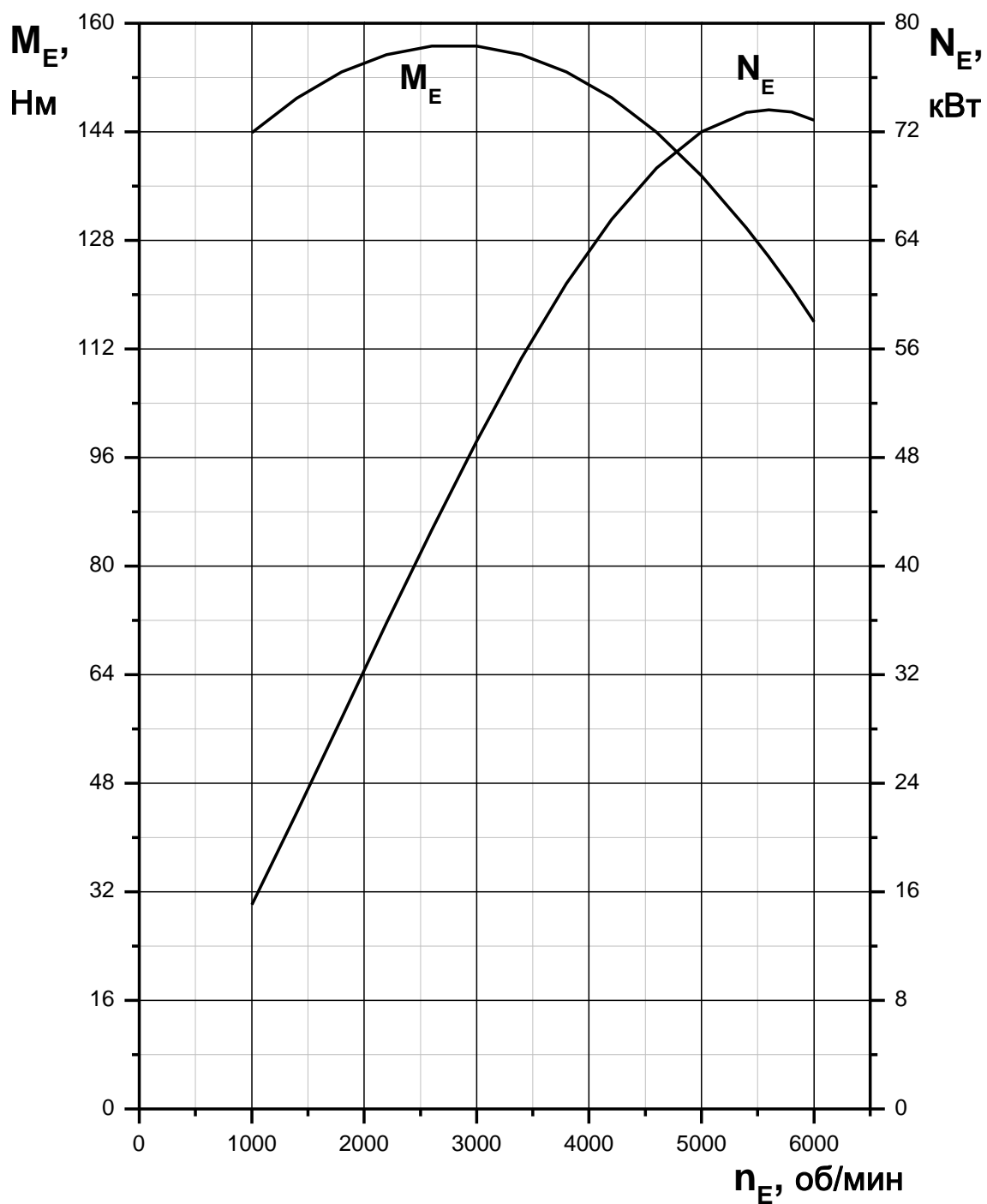


Рисунок А.1 – Внешняя скоростная характеристика двигателя



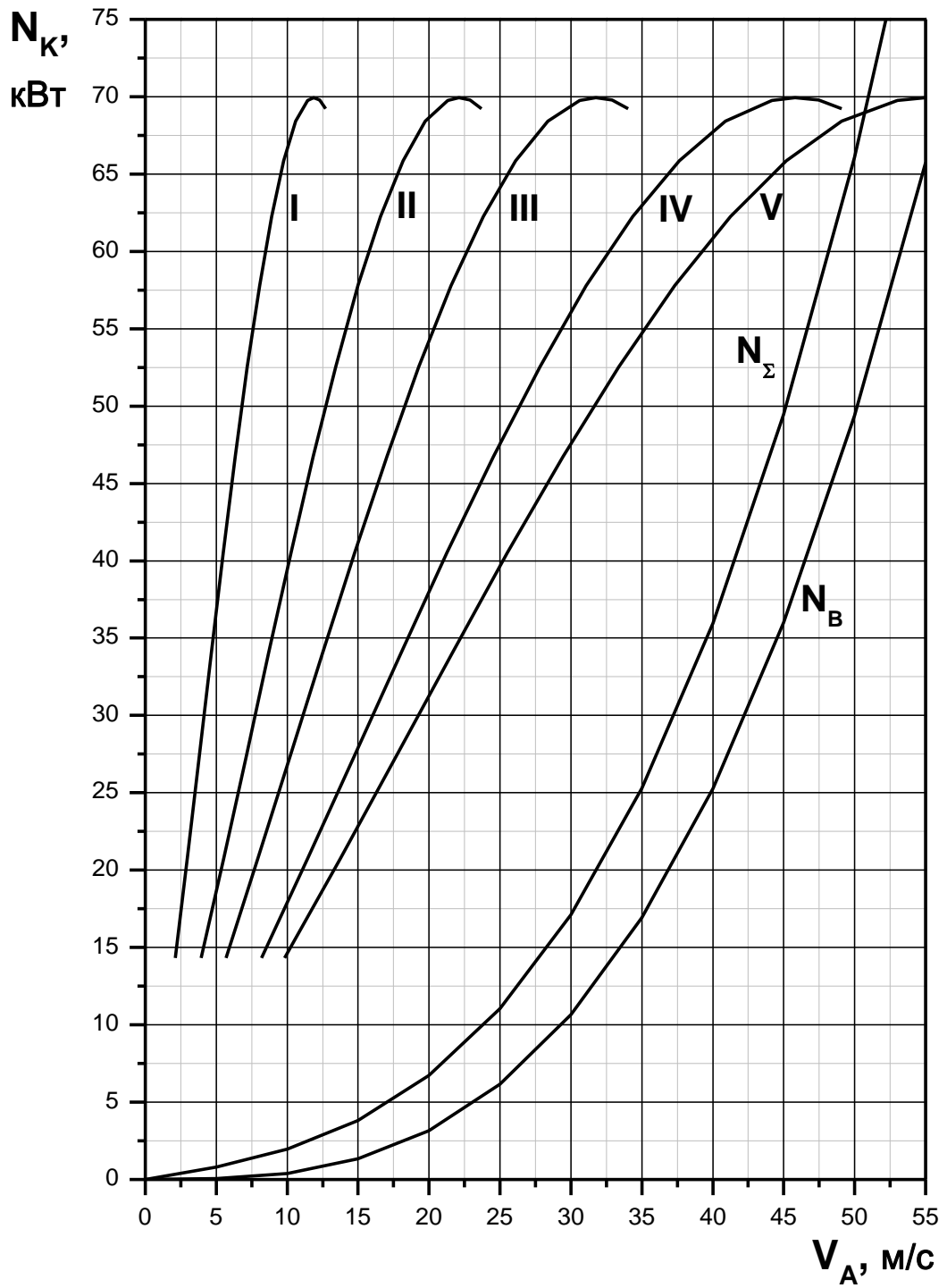


Рисунок А.2 – Мощностной баланс

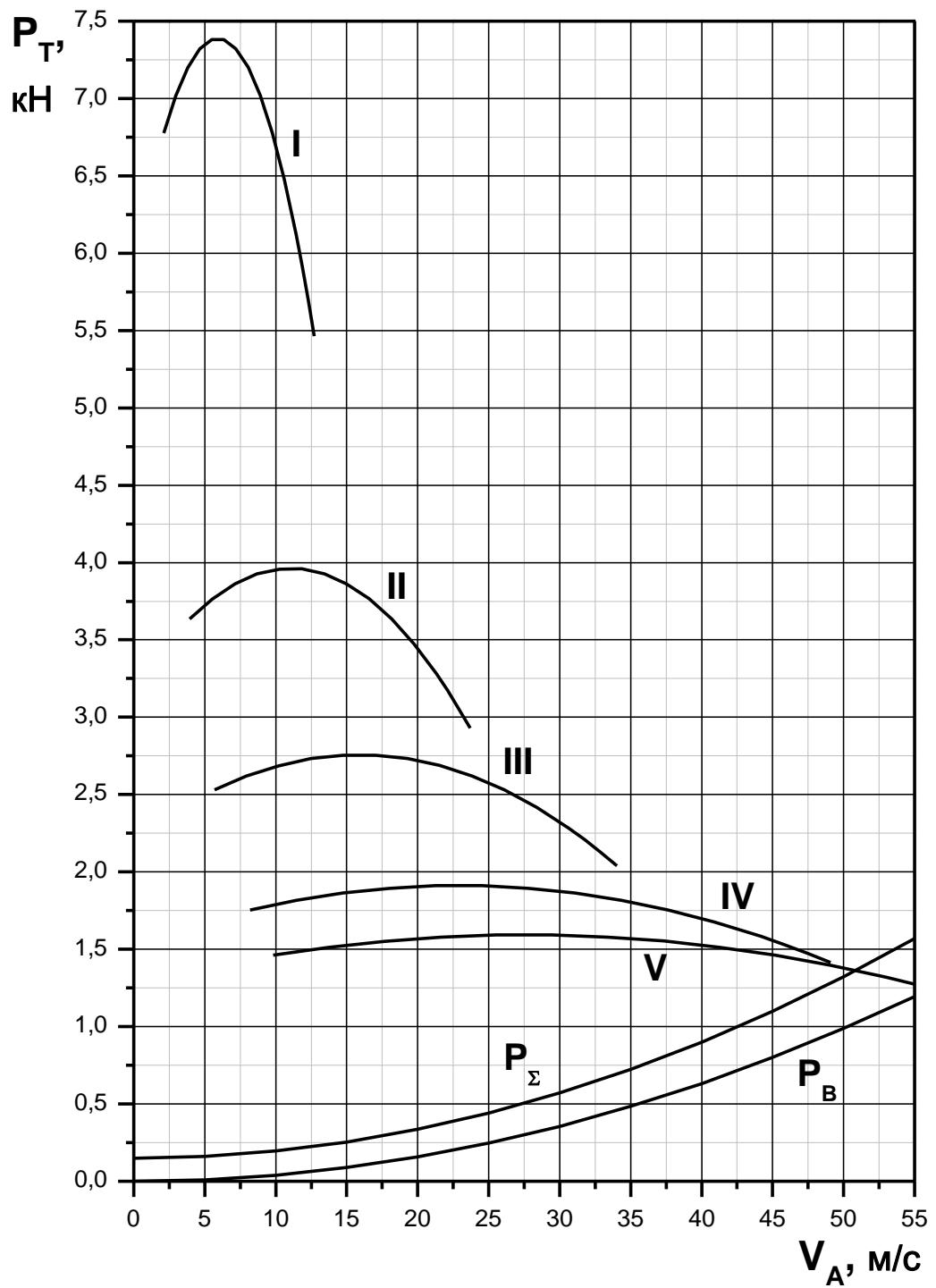


Рисунок А.3 – Тяговый баланс

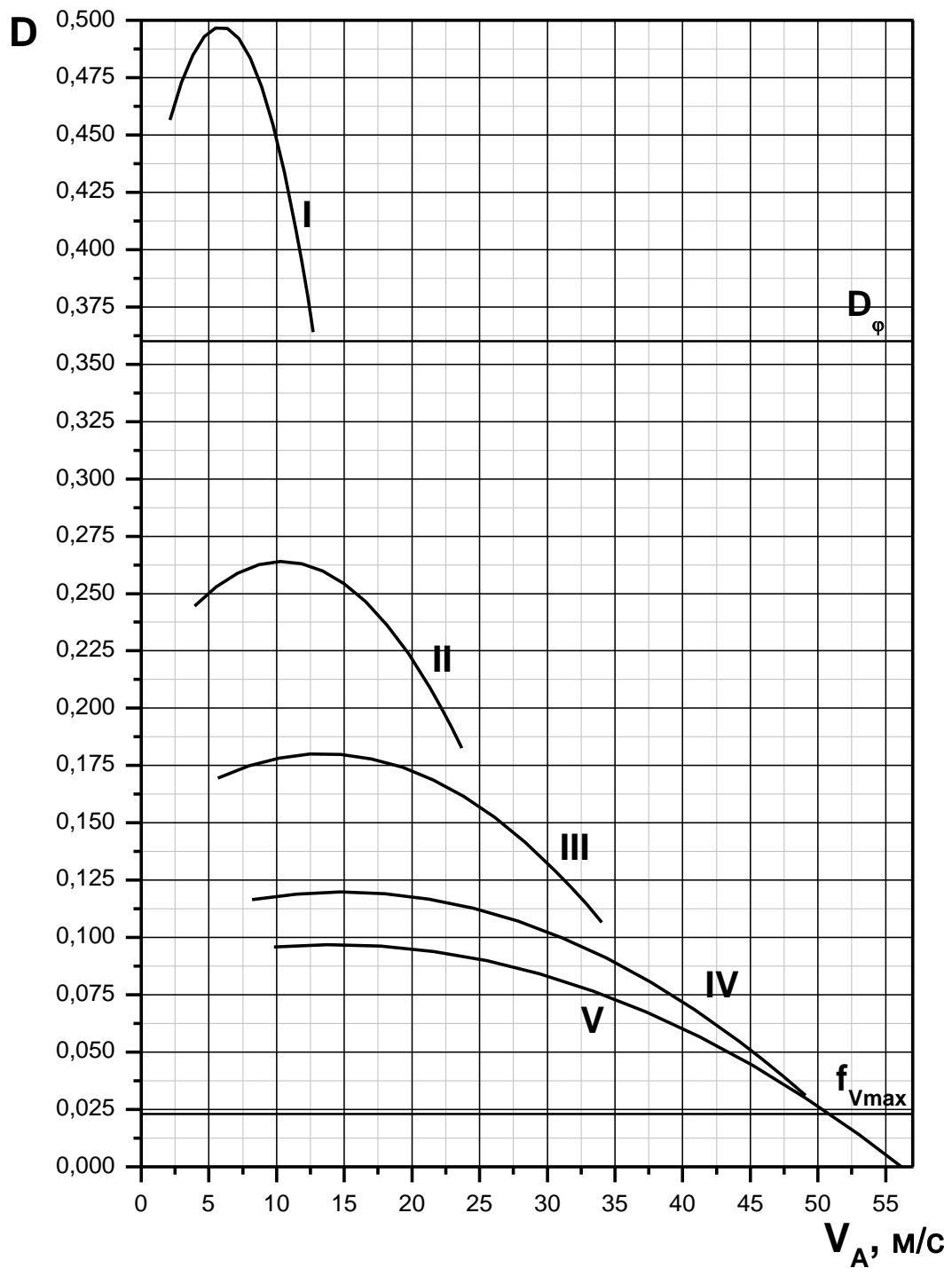


Рисунок А.4 – Динамический баланс

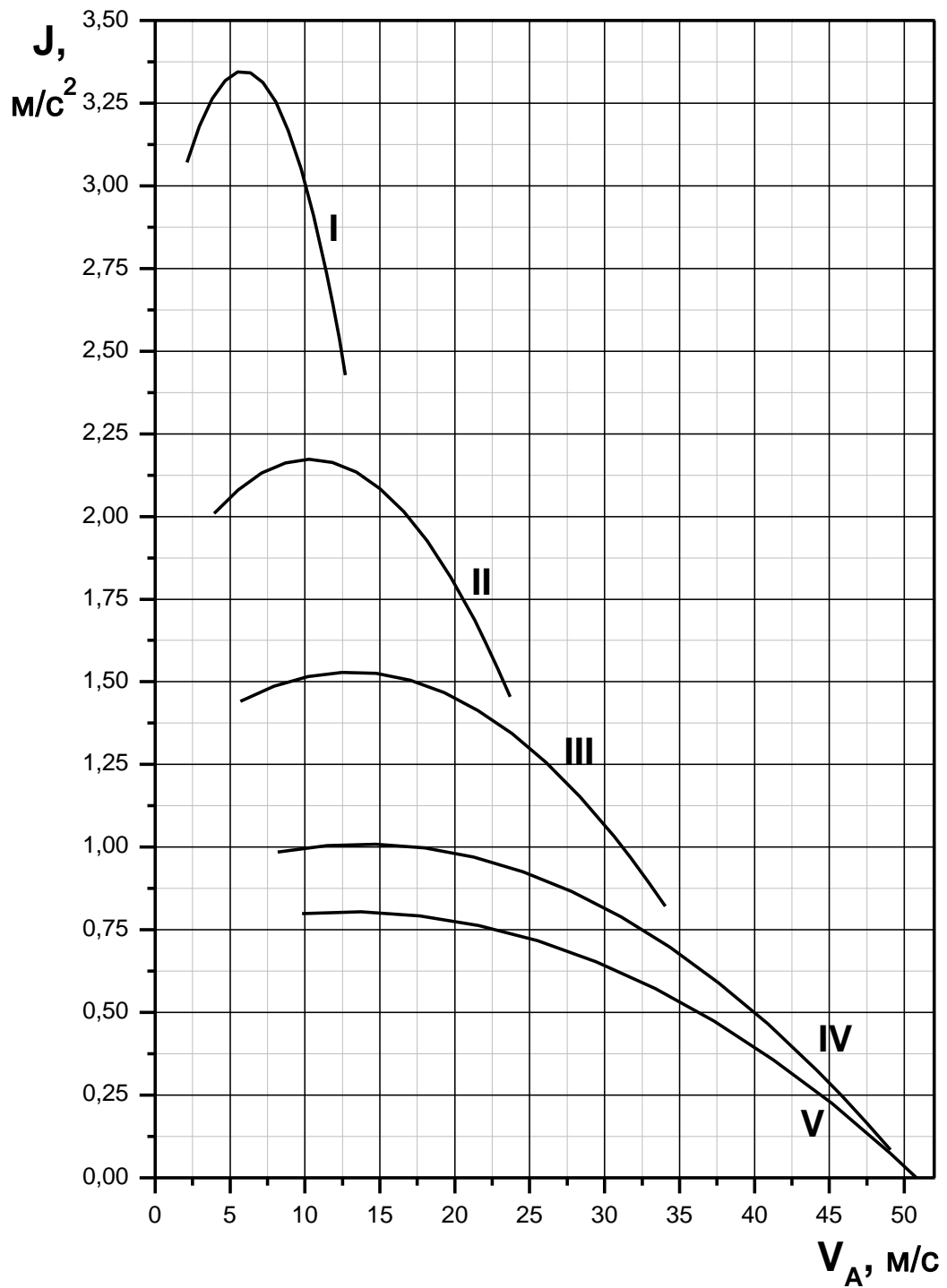


Рисунок А.5 – Ускорения на передачах

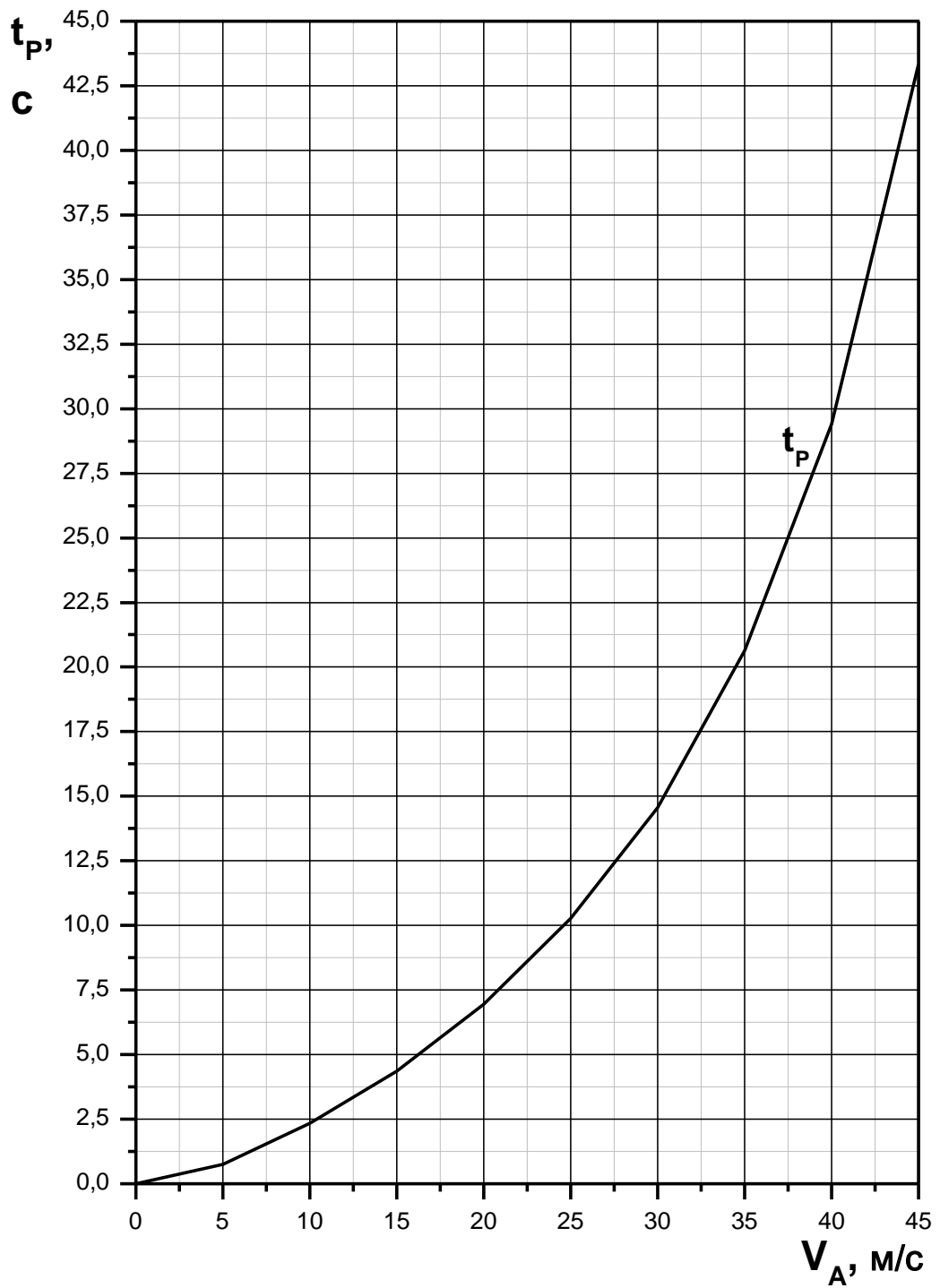


Рисунок А.6 – Время разгона

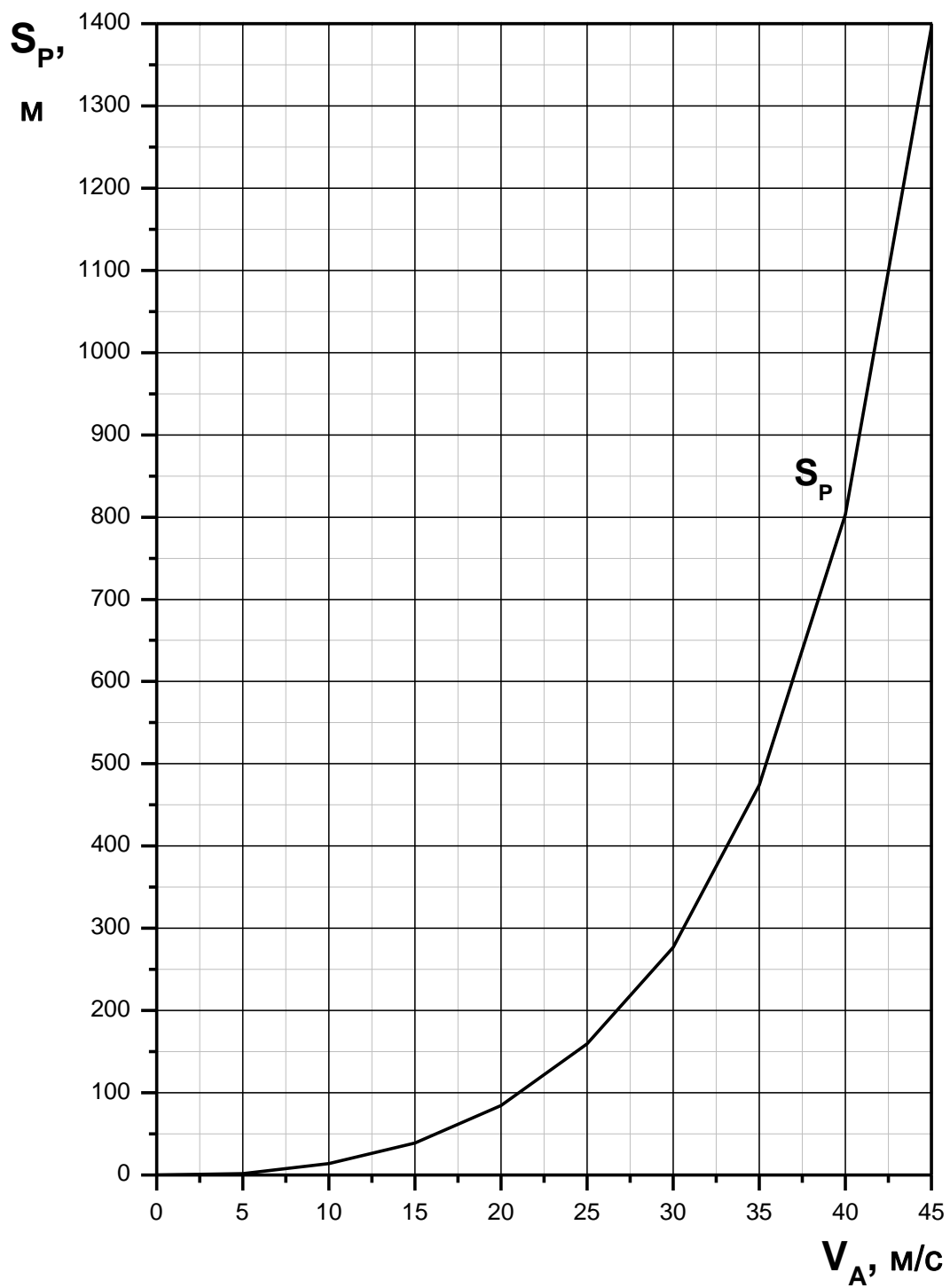


Рисунок А.7 – Путь разгона

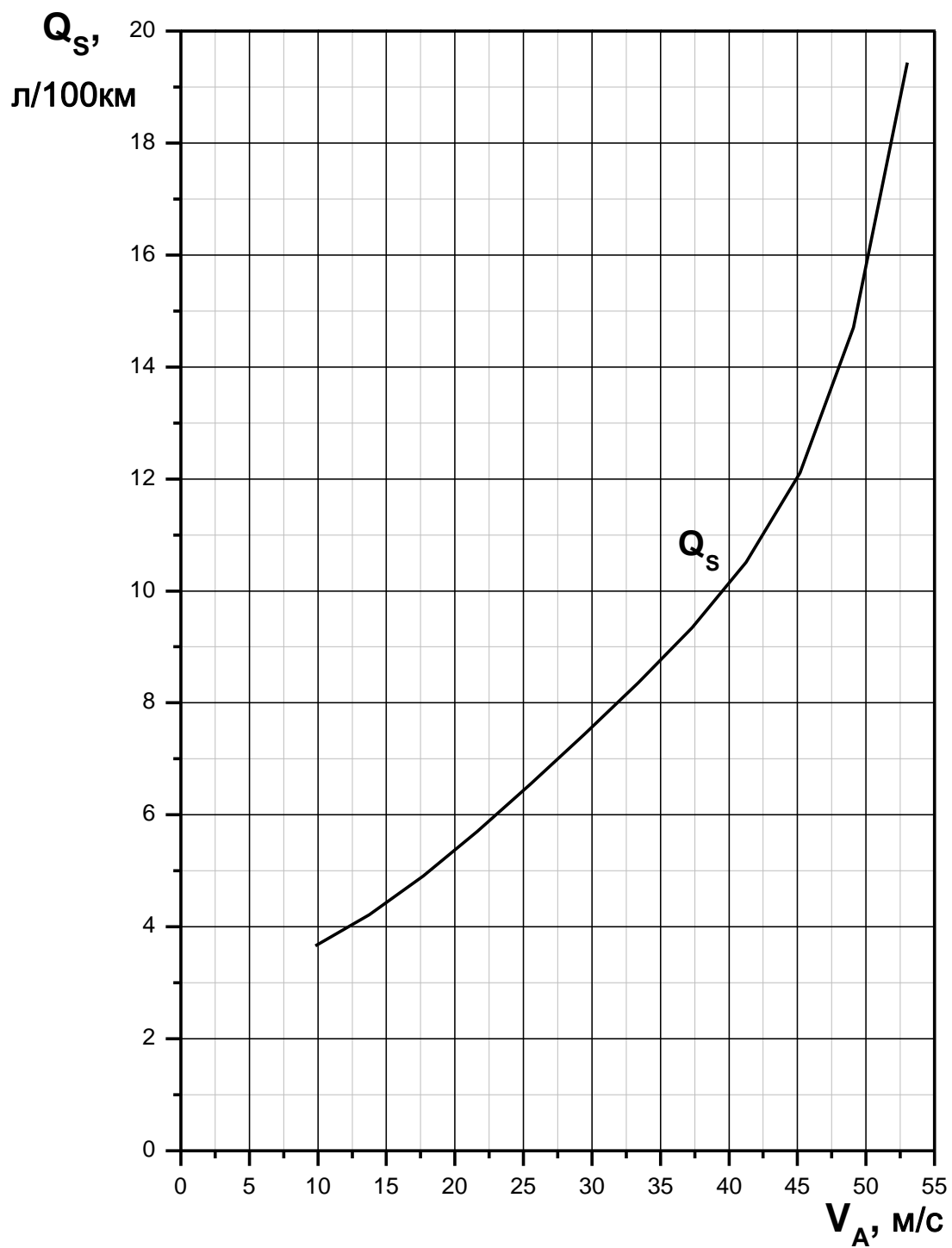


Рисунок А.8 – Путевой расход топлива