

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

**ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

(институт)  
Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

**Автомобили и тракторы**

(направленность (профиль))

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

на тему: **Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. Модернизация  
передней подвески**

Студент(ка)	<u>Н.С. Бредис</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>В.М. Скутнев</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

«02» февраля 2016 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение дипломного проекта**

Студент Бредис Никита Сергеевич

1. Тема Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. Модернизация передней подвески

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

3. Исходные данные к дипломному проекту

Снаряженная масса  $m_0 = 1110$  кг; число мест – 5; максимальная скорость

$V_{max} = 179$  км/ч;  $\omega_{max} = 6000$  об/мин;  $\omega_{min} = 1000$  об/мин;  $f_0 = 0,010$ ;  $\eta_{TP} = 0,94$ ;  $C_x = 0,353$ .

Цель проекта: Модернизация передней подвески автомобиля Lada 2191 путем замены штатной пружины на две последовательно установленные пружины разной жесткости.

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**

*Разработка технологического процесса сборки передней подвески.*

---

---

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

*Определение показателей экономической эффективности от внедрения модернизированной конструкции передней подвески.*

---

---

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

*Определение опасных и вредных производственных факторов на участке сборки задней подвески и разработка мероприятий по обеспечению безопасных условий труда.*

---

---

### **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 .....

Детализовка ..... 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 «02» февраля 2016 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы

В.М. Скутнев

Задание принял к исполнению

Н.С. Бредис

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

**ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ**  
Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой «Проектирование  
и эксплуатация автомобилей»

\_\_\_\_\_ **А.В. Бобровский**  
(подпись) (И.О. Фамилия)

«02» февраля 2016г.

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

Студента Бредиса Никиты Сергеевича  
по теме Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. Модернизация передней подвески

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)

**В.М. Скутнев**

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_

(подпись)

**Н.С. Бредис**

(И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Дипломный проект по теме «Переднеприводный автомобиль 2 кл. Модернизация передней подвески» выполнен с целью улучшения эксплуатационных качеств автомобиля LADA Granta, таких как: возможность регулировки клиренса, обеспечение более плавного движения по небольшим неровностям и лучшей управляемости в поворотах.

Пояснительная записка содержит 121 лист печатного текста и 10 листов формата А1 графического материала с чертежами конструируемого узла, листов технологической и экономической части проекта.

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	10
1 Состояние вопроса.....	11
1.1 Назначение подвески.....	11
1.2 Требования, предъявляемые к подвескам.....	11
1.3 Структурные элементы подвески.....	12
1.3.1 Упругие элементы подвесок.....	12
1.3.2 Направляющие устройства.....	16
1.3.3 Гасители колебаний.....	17
1.3.4 Стабилизаторы поперечной устойчивости.....	18
1.4 Классификация подвесок.....	19
1.5 Обзор конструкции подвески типа «Мак Ферсон».....	21
1.6 Передняя подвеска автомобиля LADA 2191 Granta.....	24
2 Патентные исследования.....	28
2.1 Обоснование необходимости проведения исследования.....	28
2.2 Описание объекта.....	29
2.3 Формирование программы исследований.....	31
2.3.1 Формулировка целей исследования.....	31
2.3.2 Определение стран проверки.....	32
2.3.3 Определение категории объекта.....	32
2.3.4 Выявление технических решений (ТР), использованных в объекте.....	32
2.3.5 Выбор технических решений, подлежащих исследованию.....	32
2.3.6 Определение рубрик МПК и индексов УДК ИТР.....	33
2.3.7 Установление глубины поиска.....	34
2.3.8 Определение источников информации.....	34
2.4 Патентный поиск.....	36
2.4.1 Выбор патентно-технической документации, имеющей отношение к ИТР.....	36
2.4.2 Анализ сущности технических решений.....	36

2.4.3	Определение показателей положительного эффекта.....	39
2.4.4	Сопоставительный анализ преимуществ и недостатков ИТР и аналогов..	39
2.4.5	Описание усовершенствованного объекта.....	42
2.4.6	Выявление и анализ существенных признаков ИТР и аналогов.....	42
2.5	Вывод по результатам экспертизы на патентную чистоту.....	45
3	Конструкторская часть.....	46
3.1	Тягово-динамический расчет автомобиля.....	46
3.1.1	Исходные данные.....	46
3.1.2	Полный вес автомобиля, его распределение по осям.....	46
3.1.3	Выбор шин.....	47
3.1.4	Внешняя скоростная характеристика двигателя.....	47
3.1.5	Передачное число главной передачи.....	49
3.1.6	Передачные числа коробки передач.....	49
3.1.7	Скорость автомобиля в зависимости от включенной передачи и числа оборотов двигателя.....	50
3.1.8	Тяговая характеристика автомобиля.....	51
3.1.9	Силы сопротивления движению автомобиля.....	52
3.1.10	Динамический фактор автомобиля.....	52
3.1.11	Мощностной баланс автомобиля.....	53
3.1.12	Ускорения автомобиля при разгоне.....	55
3.1.13	Время и путь разгона автомобиля.....	57
3.1.14	Топливоно-экономическая характеристика автомобиля.....	58
3.2	Расчет подвески автомобиля LADA 2191 Granta.....	60
3.2.1	Исходные данные.....	60
3.2.2	Нагрузка на колеса.....	60
3.2.3	Поддрессоренные и неподдрессоренные массы.....	62
3.2.4	Определение статических нагрузок в пружине и шарнирах.....	62
3.2.5	Определение параметров шин.....	64
3.2.6	Расчет упругого элемента подвески.....	64
3.2.7	Определение напряжений в пружинах.....	68

3.2.8	Определение упругой характеристики подвески.....	70
3.2.9	Расчет угловой жесткости подвески.....	71
3.2.10	Стабилизатор поперечной устойчивости.....	73
3.2.11	Демпфирующая характеристика подвески.....	75
4	Технологическая часть.....	78
4.1	Выбор и обоснование сборки передней подвески.....	78
4.2	Анализ изменений конструкции, приводящих к изменению технологии сборки.....	78
4.3	Определение параметров организационной формы сборки.....	79
4.4	Составление перечня сборочных работ.....	80
4.5	Определение суммарной трудоемкости сборки.....	82
4.6	Разработка технологического процесса сборки передней подвески.....	82
5	Анализ экономической эффективности объекта.....	86
5.1	Экономическое обоснование модернизации передней подвески автомобиля LADA Granta 2191.....	86
5.2	Расчет себестоимости проектируемой передней подвески.....	87
5.3	Расчет точки безубыточности проекта.....	92
5.4	Расчет коммерческой эффективности проекта.....	95
5.5	Анализ полученных экономических показателей и выводы.....	101
6	Безопасность и экологичность объекта.....	103
6.1	Рабочее место, оборудование и выполняемые операции.....	103
6.2	Опасные и вредные производственные факторы, имеющие место при операции сборки.....	105
6.3	Воздействие опасных и вредных производственных факторов на организм работающих.....	109
6.4	Мероприятия по созданию безопасных условий труда.....	111
6.5	Обеспечение электробезопасности.....	113
6.6	Обеспечение пожарной безопасности.....	114
6.7	Экологическая экспертиза проекта.....	115
6.8	Безопасность в чрезвычайных и аварийных ситуациях.....	115



6.9 Анализ разработанной конструкции подвески с точки зрения устойчивости, управляемости и плавности хода.....	116
6.10 Выводы.....	119
Заключение.....	120
Список использованных источников .....	121
Приложение А.....	122

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время автомобильный рынок России достаточно плотно насыщен легковыми автомобилями, можно даже сказать, что перенасыщен. Кроме российских производителей на нем представлены и автомобили зарубежных производителей, которые с целью удешевления своих автомобилей размещают производство по полному циклу или же только сборку в нашей стране или странах Таможенного союза. И большая часть этих автомобилей составляют реальную конкуренцию автомобилям LADA, в частности семейству LADA Granta, поскольку близки к нему и по размерам и по стоимости.

Тенденция последнего времени – ослабление позиции АО «АВТОВАЗ» как на внешнем рынке, так и на домашнем. До последнего времени происходило активное вытеснение автомобилей LADA европейскими, корейскими и китайскими автопроизводителями.

Сейчас в России разразился экономический кризис, который может сыграть нам на руку в плане возвращения части утраченного отечественного рынка. Но так как разработка новых, современных моделей требует времени и вложения больших средств, единственным реальным способом повысить конкурентоспособность автомобилей семейства LADA Granta, является его дальнейшая модернизация.

В представленном дипломном проекте рассматривается модернизация передней независимой подвески автомобиля LADA 2191 Granta с целью улучшения эксплуатационных показателей автомобиля, таких как плавность хода, управляемость в поворотах.

# 1 Состояние вопроса

## 1.1 Назначение подвески

Подвеска осуществляет упругую связь несущей системы автомобиля с его колесами и при этом:

- ✓ уменьшает динамические нагрузки, действующие на автомобиль, пассажиров и грузы;
- ✓ передает силы и моменты, возникающие от внешних воздействий, как на колеса, так и на кузов;
- ✓ гасит вертикальные и им сопутствующие колебания колес, вертикальные и угловые колебания кузова автомобиля.

## 1.2 Требования, предъявляемые к подвескам

К подвескам автомобилей предъявляются следующие требования:

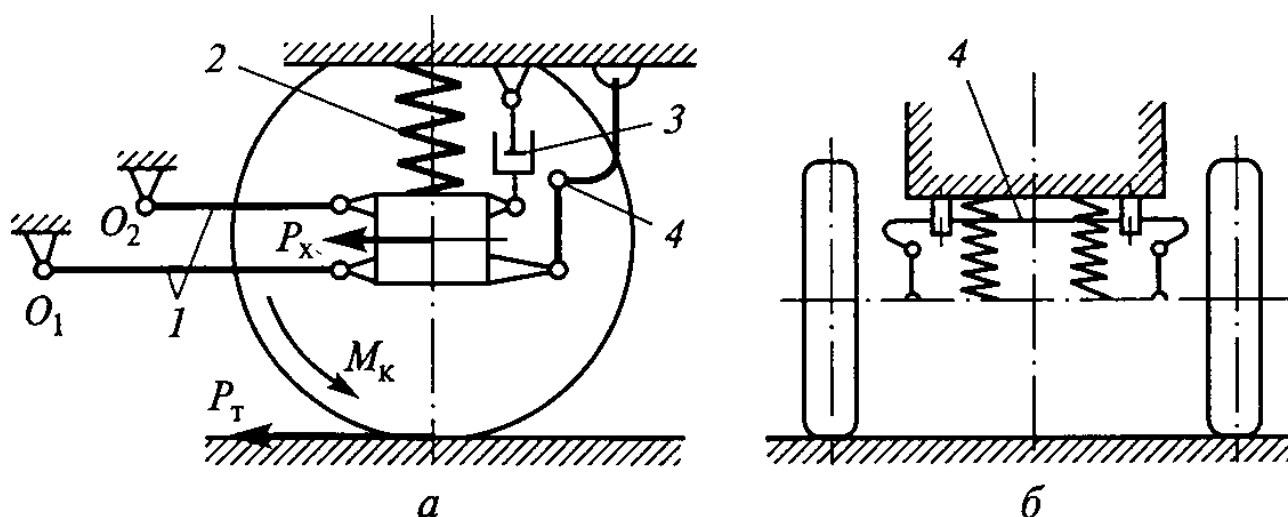
- ✓ подвеска должна быть по возможности максимально легкой по массе, в особенности в неподрессоренной ее части;
- ✓ подвеска должна быть максимально компактной с целью возможности обеспечить наибольшее возможное пространство для пассажиров, а также более рационального размещения соприкасающихся узлов и агрегатов;
- ✓ подвеска должна быть по возможности максимально простой, технологичной и простой в изготовлении;
- ✓ конструкция подвески должна обеспечивать возможность сборки ее узлов и агрегатов, а также проведения максимально возможного количества регулировок до установки на автомобиль;
- ✓ конструкция подвески должна обеспечивать возможность максимальной автоматизации процесса монтажа ее на автомобиль;
- ✓ подвеска должна быть надежной и долговечной в процессе ее эксплуатации;

- ✓ подвеска должна в наибольшей мере удовлетворять различным условиям движения автомобиля, а также обеспечивать приемлемый уровень комфорта.

### 1.3 Структурные элементы подвески

В общем, подвеска состоит из следующих элементов (рисунок 1.1):

- ✓ упругие элементы;
- ✓ направляющие устройства;
- ✓ гасители колебаний;
- ✓ стабилизаторы поперечной устойчивости.



а – продольная проекция; б – поперечная проекция;

1 – направляющее устройство; 2 – упругий элемент;

3 – гаситель колебаний; 4 – стабилизатор поперечной устойчивости

Рисунок 1.1 – Общее устройство подвески

#### 1.3.1 Упругие элементы подвесок

Упругие элементы подвесок играют следующую роль: смягчают толчки, снижают уровень вертикальных ускорений и динамических нагрузок, передаваемых на кузов при движении автомобиля. Результатом работы упругого элемента является исключение «копирования» кузовом профиля дорожных неровностей и улучшение плавности хода автомобиля. Уровень плавности хода считается оптимальным, если кузов совершает колебания частотой  $1 \dots 1,3$  Гц.

Упругие элементы подвески могут быть:

- ✓ металлические: листовые рессоры, спиральные пружины, торсионы (стержни, работающие на скручивание);
- ✓ неметаллические: пневматические, гидропневматические и резиновые (обеспечивают упругость подвески за счет упругих свойств резины, воздуха и жидкости).

**Листовые рессоры.** Рессорная подвеска чаще всего применяется на грузовых автомобилях. Ее основным достоинством является простота конструкции, поскольку в ее состав входит минимальное число структурных элементов: рессора с узлами крепления и, по необходимости, амортизатор.

Рессора состоит из собранных совместно стальных листов выгнутой формы, которые имеют одинаковую ширину и разную длину. Степень кривизны листов различна, она зависит от их длины: чем короче лист рессоры, тем она больше. Это необходимо для того, чтобы в собранной рессоре листы прилегали друг к другу максимально плотно.

Правильное расположение листов относительно друг друга при сборке рессоры обеспечивается либо центральным стяжным болтом, либо посредством специальных канавок, выполненных в средней части листов. Также, для исключения вероятности бокового сдвига одного листа относительно другого, их скрепляют хомутами. Еще одна роль хомутов – передача нагрузки от коренного (верхнего, имеющего наибольшую длину) листа на другие листы в случае обратного прогиба рессоры. К кузову (раме) автомобиля концы рессоры крепятся посредством коренного листа.

Рессора обычно располагается вдоль продольной оси автомобиля.

**Пружины.** В качестве основного упругого элемента спиральные (витые) пружины применяются в основном в конструкции подвесок легковых автомобилей. Решающим фактором является удобство установки пружины соосно амортизатору или стойке подвески, либо между рычагом и кузовом.

Пружины, как и листовые рессоры, производятся из рессорно-пружинных сталей. Энергоемкость и долговечность пружины больше, чем у листовой рессоры, а масса меньше. Но возникает необходимость в направляю-

щем устройстве подвески, поэтому значительного выигрыша в массе обычно не получается, хотя экономия пружинных сталей очевидна.

Вследствие неточности изготовления пружин их реальные жесткости отличаются от расчетных. Поэтому по результатам испытаний пружины сортируют на 2-3 группы с таким разбросом жесткостей в одной группе, чтобы не вызвать заметного перекаса автомобиля на подвеске.

Спиральные пружины производятся из прутка круглого сечения и могут быть:

- ✓ цилиндрическими;
- ✓ коническими;
- ✓ бочкообразными.

Основной недостаток цилиндрической пружины – линейная характеристика ее жесткости.

Для получения нелинейной характеристики подвески применяют пружины с непостоянной длиной работающей части прутка, из которого она изготовлена. Этого можно достигнуть, используя пружины с различной жесткостью витков. В этом случае при сжатии пружины ее витки, начиная с наименее жесткого, будут последовательно садиться на опору или друг на друга, выключаясь при этом из работы. Тогда жесткость оставшейся рабочей части пружины будет непрерывно возрастать.

Пружину с витками различной жесткости можно получить, сделав переменным диаметр пружины, либо навив цилиндрическую пружину из конического прутка, либо делая переменным шаг витков цилиндрической пружины из цилиндрического витка.

Подобные пружины, благодаря вкладыванию витков один в другой, могут иметь небольшую высоту в полностью сжатом состоянии, что очень важно с точки зрения компоновки подвески. Однако при навивке их из прутка постоянного сечения максимальный диаметр пружины может оказаться таким большим, что возникнут уже трудности при компоновке пружины по ширине.

Для уменьшения передачи высокочастотных вибраций от дороги на кузов автомобиля пружины подвески устанавливают на пластмассовые или резиновые прокладки.

**Торсионы** используются при независимой подвеске колес на многоосных автомобилях, прицепах и на некоторых легковых автомобилях. Торсион является собой стальной упругий стержень, работающий на скручивание. Конструктивно он может быть сплошным круглого сечения, а также составным – из круглых стержней или прямоугольных пластин. На концах торсиона присутствуют головки (утолщения) с нарезанными шлицами или выполненные в форме многогранника, с помощью которых торсион одним концом крепится к кузову (раме) автомобиля, а другим – к рычагам подвески. Упругость связи колеса с рамой обеспечивается скручиванием торсиона. Торсионы, так же как и пружины, требуют применения направляющих и гасящих элементов.

**Упругие пневматические элементы** чаще всего используются на автомобилях со значительно меняющейся массой поддресоренной части (грузовых автомобилях), а также на автомобилях с очень высокими требованиями к плавности хода (автобусах). Жесткость такой подвески регулируется путем изменения давления воздуха в пневмоэлементе. Также это дает возможность регулировать такие параметры, как: высоту пола (автобусы) или грузовой платформы относительно дороги, либо, при независимой подвеске, величину дорожного просвета.

Изготавливаются упругие пневматические элементы, как правило, в виде резинокордных оболочек, которые содержат каркас из прорезиненного двухслойного корда диагональной конструкции. Изготавливается корд обычно из синтетических нитей (нейлон, капрон и т.п.). Для наружной оболочки используется маслостойкая резина, для внутренней – воздухонепроницаемая. Толщина оболочки составляет 3...5 мм.

**Упругие гидропневматические элементы.** В гидропневматических элементах, так же как и в пневматических, рабочим телом является газ, находящийся под высоким давлением. Главное достоинство упругих гидропневматических элементов характеризуется их характеристикой жесткости – при боль-

ших коэффициентах использования объемов пневмоэлемента и высоких давлениях газа характеристика жесткости может быть приближена к идеальной.

Гидропневматический элемент состоит из гидравлического цилиндра с поршнем и толкателем (штоком) и упругого пневматического элемента (пневмокамеры), размещающегося в самом цилиндре или отдельно от него.

**Упругие резиновые элементы.** Резина, в особенности работающая на сдвиг, обладает большой энергоемкостью, и данное свойство можно было бы применять при использовании резины в качестве рабочего тела упругих элементов. Однако из-за ряда значительных недостатков в настоящее время резина используется для упругих вспомогательных элементов (буферов), шарниров и шумо- виброизолирующих прокладок.

### 1.3.2 Направляющие устройства

Характер движения колес и передача продольных и поперечных усилий определяется направляющим устройством. От ведущих колес на раму и кузов передается тяговая сила посредством направляющего устройства подвески, которое воспринимает также и момент, стремящийся повернуть мост автомобиля в направлении, противоположном вращению колес. В свою очередь, в процессе торможения автомобиля через направляющее устройство от колеса на раму передается тормозная сила, а также направляющим устройством воспринимается момент, стремящийся повернуть мост в направлении вращения колес. Кроме того, через направляющее устройство передаются боковые усилия, возникающие при повороте автомобиля.

По типу направляющего устройства подвески можно разделить на две группы:

- ✓ зависимые;
- ✓ независимые.

Зависимая подвеска отличается наличием жесткой балки, которая связывает левое и правое колеса, следствием чего является то, что перемещение одного колеса в поперечной плоскости передается другому.



В независимой подвеске колеса одной оси подвешены независимо друг от друга и не имеют между собой непосредственной связи, то есть перемещение одного колеса не вызывает перемещения другого. Роль направляющего устройства здесь играют рычаги (штанги).

**Рычаги направляющих устройств** можно разделить на две группы:

- ✓ работающие на растяжение, сжатие и изгиб;
- ✓ испытывающие также значительные скручивающие нагрузки.

Рычаги первой группы используются в конструкции независимых подвесок на двух продольных или поперечных рычагах и типа «качающаяся свеча». Стальные штампованные сварные конструкции открытого профиля наиболее просты и технологичны. В том случае, когда нагрузки на рычаг высоки, могут использоваться и закрытые конструкции коробчатого сечения, а также кованные или литые вильчатые рычаги.

Рычаги, работающие и на кручение, – это одинарные продольные, косые или поперечные рычаги как правило независимых подвесок задних колес. Такие рычаги испытывают сложный характер нагружения, так как в различных режимах качения колеса воспринимают не только силы, но еще и реактивные моменты колеса при работе двигателя автомобиля в тормозном режиме. Для того, чтобы уменьшить изменение плоскости вращения колес под воздействием нагрузок рычаги должны быть достаточно жесткими как на изгиб, так и на кручение, в связи с чем подобные рычаги имеют замкнутые (кольцевого или коробчатого типа) сечения в максимально нагруженных местах. Изготавливаются они, как правило, из трубчатых или штампованных заготовок, соединяемых сваркой, либо выполняются литыми.

### 1.3.3 Гасители колебаний

Гасители колебаний применяются для гашения колебаний упругого элемента. В процессе движения автомобиля при наезде колес на дорожные неровности возникают колебания кузова и колес, гасящиеся с помощью устройства, которое называется амортизатором. Принцип его действия сводится к преобра-

зованию механической энергии колебаний в тепловую посредством трения жидкости, с последующим ее рассеиванием.

Применяемые на автомобилях амортизаторы можно разделить на следующие группы:

- ✓ телескопические (двухтрубные и однотрубные);
- ✓ рычажные.

Телескопические амортизаторы имеют ряд преимуществ по сравнению с рычажными, которые и обуславливают их широкое использование при конструировании автомобилей.

Сопротивление колебаниям в амортизаторе создается посредством перекачивания жидкости через калиброванные отверстия, которые, в зависимости от конструкции, находятся в клапанах или поршне амортизатора. При росте скорости относительных перемещений моста и кузова автомобиля резко возрастает сопротивление амортизатора. Амортизаторы заполняют специальной жидкостью, вязкость которой мало зависит от температуры окружающей среды. Колебания кузова состоят из хода сжатия, когда кузов и мост сближаются, и хода отдачи, когда кузов и мост расходятся. Сопротивление амортизатора имеет двухстороннее действие. Хода сжатия и отдачи неодинаковы: сопротивление при ходе сжатия составляет 20...25 % сопротивления хода отдачи. Так сделано потому, что необходимо, чтобы амортизатор гасил в основном свободные колебания подвески при ходе отдачи и не увеличивал жесткость упругого элемента при ходе сжатия.

Как уже отмечалось выше, телескопические амортизаторы бывают двухтрубные и однотрубные. Главное отличие между ними то, что двухтрубные амортизаторы имеют рабочий цилиндр и резервуар, а однотрубные – только рабочий цилиндр.

#### 1.3.4 Стабилизаторы поперечной устойчивости

Применение упругих дополнительных стабилизирующих элементов, которые именуются стабилизаторами поперечной устойчивости, является одним

из способов уменьшения крена кузова и улучшения показателей управляемости автомобиля.

Стабилизатор поперечной устойчивости, как правило, являет собой специальное упругое устройство торсионного типа, которое располагается поперек автомобиля и состоит из стержня круглого сечения, изготовленного из пружинной стали, и плечей (стоек). Стержень посредством втулок закрепляется на кузове (раме), при этом сохраняя свою подвижность, а плечи посредством шарниров соединяются с мостом или рычагами подвески.

При боковых кренах и поперечных угловых колебаниях кузова концы (плечи) стержня стабилизатора перемещаются в разные стороны – один опускается, другой поднимается, следствием чего является то, что средняя часть стержня закручивается и частично изгибается, уменьшая тем самым крен и поперечное раскачивание кузова автомобиля. Хотя стабилизатор и создает сопротивление крену и поперечным колебаниям кузова, он вместе с тем не препятствует его вертикальным и продольным угловым колебаниям. При вертикальных перемещениях кузова прогибы подвесок одинаковы, перемещения плеч стабилизатора также одинаковы и стержень только поворачивается во втулках без скручивания. Таким образом, при вертикальных перемещениях кузова стабилизатор практически не оказывает влияния на характеристику подвески.

#### 1.4 Классификация подвесок

Существует огромное множество конструкций подвесок, которые можно классифицировать:

- ✓ по типу направляющего элемента;
- ✓ по типу упругого элемента.

Каждый тип подвески обладает своими достоинствами и недостатками, благодаря которым был распространен либо только в свое время, либо продолжает пользоваться успехом и до сих пор.

По типу направляющего аппарата подвески можно разделить на:

- ✓ зависимые;

- ✓ независимые;
- ✓ полузависимые.

**Зависимые подвески** обладают довольно простой конструкцией, дешевой в производстве, в любых дорожных ситуациях колея остается неизменной. Но при всем при этом балка не поддрессорена, в связи с чем легким этот тип подвески не является. К тому же, при разнонаправленных ходах колес одной оси отмечается существенный их наклон, в следствие чего проявляется эффект автоколебания колес.

**Независимые подвески** обладают большим количеством различных преимуществ, что и обусловило их популярность при конструировании автомобилей. Независимые подвески можно отличить по расположению плоскости качания колес (продольная, поперечная, диагональная) и по количеству рычагов (однорычажные, двухрычажные, многорычажные, свечные).

В отдельный класс еще часто выделяют так называемую **полузависимую подвеску** – подвеску на связанных рычагах с закручивающейся балкой. Обычно, подобный тип подвески применяется в качестве задней подвески недорогих переднеприводных автомобилей.

По типу упругого элемента подвески можно разделить на:

- ✓ рессорные;
- ✓ пружинные;
- ✓ торсионные;
- ✓ пневматические;
- ✓ гидропневматические.

**Рессорные подвески** применяются преимущественно в конструкции грузовых автомобилей и внедорожников; в настоящее время на легковых автомобилях не попадаются. Как правило, рессоры располагаются вдоль продольной оси автомобиля, но, например на старых моделях VOLVO, встречается и поперечное расположение.

**Пружинные подвески.** В конструкции подобных подвесок применяется витая пружина. Данный тип подвески наиболее популярен в настоящее время и применяется наиболее часто в конструкции автомобилей малого и среднего

классов. Подвеска довольно таки проста в изготовлении, надежна в эксплуатации, имеется возможность «играть» характеристиками подвески изменяя геометрию пружин (бочкообразная, коническая и т.п.)

**Торсионные подвески.** Компактные, небольшая масса неподдресоренных частей подвески, но, в сравнении с пружинами, более сложны в изготовлении и менее долговечны. Торсионные подвески содержат стержни, работающие на скручивание, торсионы могут располагаться как продольно, так и поперечно относительно оси автомобиля. Подобный тип подвески может применяться как на легковых автомобилях, так и легких грузовиках.

**Гидропневматические и пневматические подвески.** Применяются, большей частью, в конструкции грузовых автомобилей, автобусов, автомобилей представительского класса. Обладают большим количеством достоинств, таких как: высокая плавность хода, комфорт пассажиров, постоянство клиренса независимо от загрузки. Упругим элементом подвески являются либо баллоны со сжатым воздухом, либо комбинирование пневморессоры с гидравлическим амортизатором. Недостатками подобных подвесок можно указать: сложность конструкции, обслуживания, высокую стоимость.

### 1.5 Обзор конструкции подвески типа «Мак Ферсон»

Рассмотрим наиболее часто применяемый в качестве передней на автомобилях малого и среднего классов тип подвески – подвеска «Мак Ферсон».

В первый раз применение подвески типа «Мак Ферсон» было отмечено на автомобиле «PEUGEOT 204», затем через год – на FORD, а в 1969 году на «FIAT 128». Но по-настоящему широкое распространение она получила с начала 70-х годов. Практически все новые автомобили с передним приводом оснащались подобной подвеской, а в виду некоторых своих преимуществ «Мак Ферсон» устанавливался и на автомобилях с другими типами привода.

Основными преимуществами подвески типа «Мак Ферсон», которые послужили причиной ее массовой популярности, можно указать:

- ✓ малые затраты на изготовление;

- ✓ компактность;
- ✓ значительное по высоте расстояние между опорными узлами, определяющее возникновение меньших по величине сил в местах присоединения к кузову;
- ✓ возможность осуществления больших ходов.

К недостаткам же можно отнести:

- ✓ несколько худшие кинематические параметры в сравнении, например, с подвеской на двойных поперечных рычагах;
- ✓ затрудненное обеспечение шумо- и виброизоляции от дорожных условий;
- ✓ неблагоприятно длинные рулевые тяги при верхнем расположении реечного рулевого механизма;
- ✓ меньшая компенсация продольного крена при торможении;
- ✓ высокие изнашивающие нагрузки между штоком и направляющей.



Рисунок 1.2 – Передняя подвеска типа «Мак Ферсон»

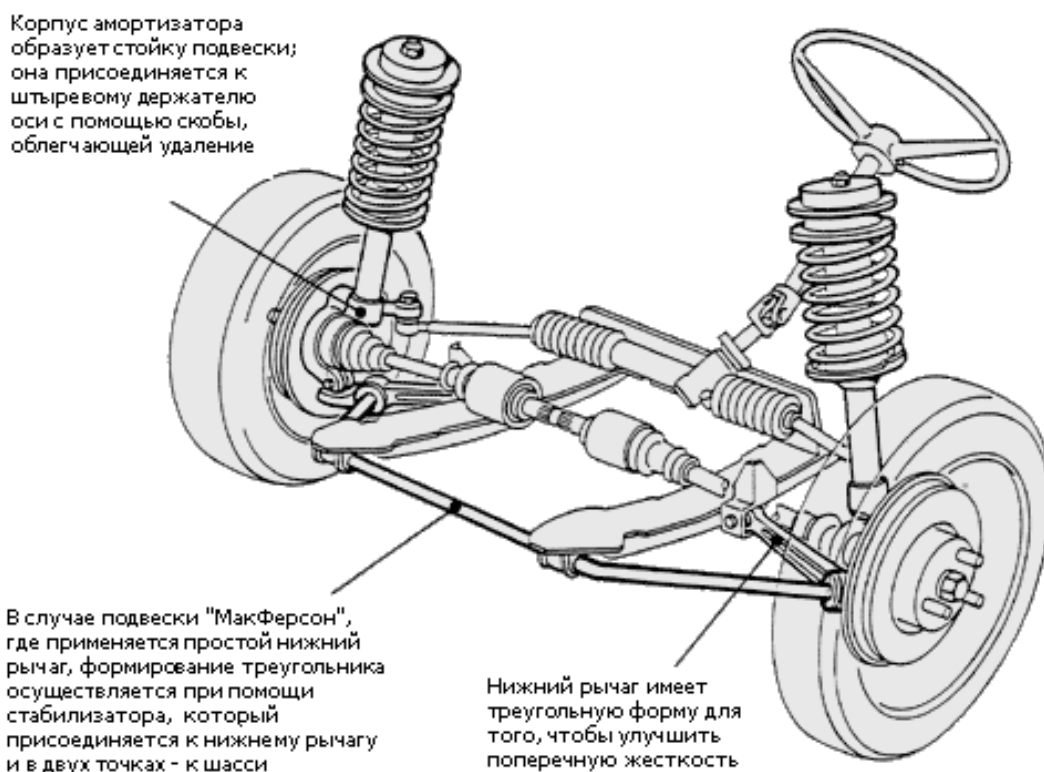


Рисунок 1.3 – Особенности конструкции передней подвески типа «Мак Ферсон»

Таким образом, можно сказать, что подвеска типа «Мак Ферсон» имеет целый ряд преимуществ над другими схемами, самые главные из которых – компактность, легкость и простота конструкции, и, следовательно, не очень большая стоимость подвески в процессе производства, что является немаловажным фактором для автопроизводителя, и эксплуатации, что важно уже для автовладельца. Так, на каждое колесо приходится всего по одному рычагу, а это – минимум сайлент-блоков и шаровых опор, то есть, минимум веса и максимум надежности. Отсутствует необходимость в использовании алюминия и прибегания к другим ухищрениям для снижения неподрессоренных масс. Посредством сайлент-блоков поперечный рычаг крепится к подрамнику или поперечной балке, посредством шаровой опоры он соединяется с поворотным кулаком колеса. Роль верхнего рычага выполняет сам кузов автомобиля, к которому крепится амортизационная стойка (амортизатор плюс пружина). В конструкции переднеприводных автомобилей особо малого и малого классов такой тип подвески еще долго будет оставаться актуальным, в первую очередь из-за ее ком-

пактности, но при конструировании автомобилей более высоких классов от схемы «Мак Ферсон» постепенно отказываются, основной причиной чему является неидеальная кинематика, которую задает колесу подвеска. Еще одна причина – ограниченный комфорт при движении, так как все удары, приходящиеся на колесо, в той или иной степени передаются через верхнюю опору амортизатора и на кузов, снижая ездовой комфорт. Но хуже всего то обстоятельство, что при сильных ударах и сам амортизатор, и кузов оказываются уязвимыми, что потенциально грозит их преждевременным износом или даже разрушением.

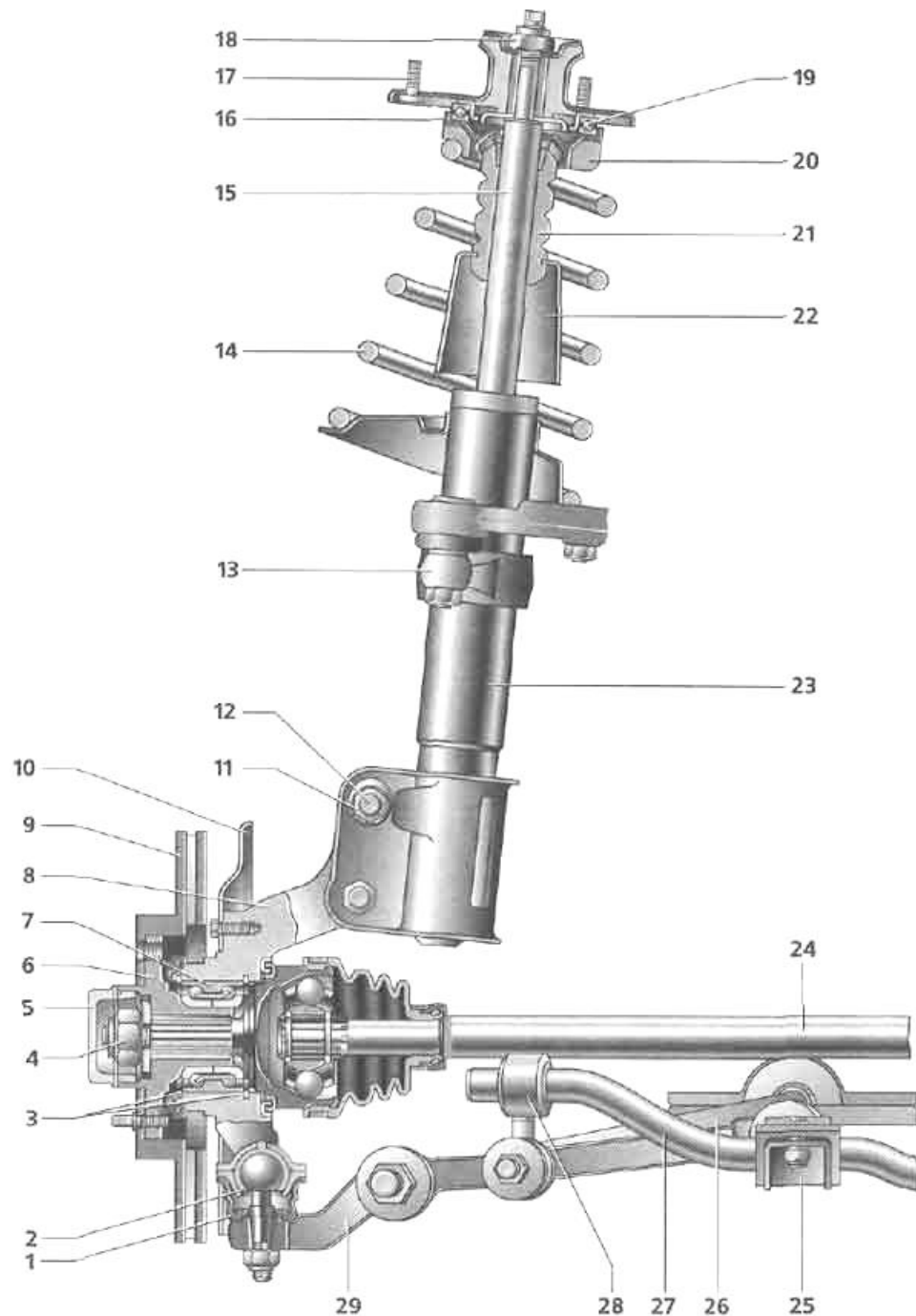
### 1.6 Передняя подвеска автомобиля LADA 2191 Granta

Рассмотрим переднюю подвеску автомобиля LADA 2191 Granta, представленную на рисунке 1.4.

Основой подвески является телескопическая гидравлическая амортизаторная стойка, нижняя часть которой соединена с поворотным кулаком двумя болтами. Верхний болт, проходящий через отверстие кронштейна стойки, имеет эксцентриковый поясок и эксцентриковую шайбу. Поворотом этого болта регулируется угол развала переднего колеса.

На телескопической стойке установлены винтовая коническая пружина, пенополиуретановый буфер хода сжатия, а также верхняя опора стойки в сборе с подшипником. Верхняя опора крепится тремя самоконтрящимися гайками к чашке брызговика кузова. Ее конструкция значительно отличается от конструкции опор, применяемых на автомобилях семейств LADA Samara и LADA 110. Теперь вместо запрессованного упорного подшипника установлена стальная втулка, привулканизированная к резиновому массиву опоры, что позволило исключить люфты и посторонние звуки. Применяемый в автомобиле упорный шариковый подшипник имеет больший диаметр и другую конструкцию и расположен между верхней опорой и пружиной. Под весом передней части автомобиля подшипник находится в сжатом положении, что позволяет устранять все зазоры и стуки. Площадь контакта шариков с дорожками качения значительно





- 1 – чехол; 2 – шаровая опора; 3 – стопорное кольцо; 4 – гайка подшипника ступицы; 5 – защитный колпак; 6 – ступица; 7 – подшипник ступицы; 8 – поворотный кулак; 9 – диск тормозного механизма переднего колеса; 10 – щит тормозного механизма; 11 – гайка; 12 – эксцентриковый (регулируемый) болт; 13 – поворотный рычаг; 14 – пружина передней подвески; 15 – шток амортизатора; 16 – верхняя чашка пружины; 17 – верхняя опора амортизаторной стойки; 18 – гайка штока амортизатора; 19 – подшипник верхней опоры амортизаторной стойки; 20 – прокладка пружины; 21 – буфер хода сжатия передней подвески; 22 – защитный кожух; 23 – телескопическая стойка; 24 – вал привода переднего колеса; 25 – кронштейн крепления подушки штанги стабилизатора поперечной устойчивости; 26 – растяжка передней подвески; 27 – штанга стабилизатора поперечной устойчивости; 28 – стойка стабилизатора поперечной устойчивости; 29 – рычаг передней подвески.

Рисунок 1.4 – Передняя подвеска автомобиля Lada 2191 Granta

увеличилась, а, следовательно, увеличилась и долговечность подшипника. В новой конструкции при повороте колес вращается корпус стойки вместе с пружиной. При этом шток амортизатора остается неподвижным и соединение штока с направляющей втулкой амортизатора изнашивается меньше. В корпусе стойки установлен телескопический гидравлический амортизатор.

Нижняя часть поворотного кулака соединена с нижним рычагом подвески через шаровую опору. Опора крепится к поворотному кулаку двумя болтами (отверстия в поворотном кулаке несквозные). Тормозные и тяговые силы при движении автомобиля воспринимаются продольными растяжками, соединенными через сайлент-блоки с нижними рычагами и кронштейнами, установленными на нижней поперечине рамки радиатора. В местах соединения (на обоих концах растяжки) установлены шайбы для регулирования угла продольного наклона оси поворота колеса. В поворотном кулаке установлен двухрядный радиально-упорный шариковый подшипник закрытого типа, который закреплен в кулаке двумя стопорными кольцами. Во внутренних кольцах подшипника с натягом установлена ступица колеса. Подшипник затягивается гайкой на хвостовике корпуса наружного шарнира привода колес. В эксплуатации подшипник не регулируется. Гайки крепления ступиц колес одинаковые, с правой резьбой. Стабилизатор поперечной устойчивости представляет собой штангу из пружинной стали. В средней ее части имеется изгиб над трубой дополнительного глушителя системы выпуска отработавших газов. Оба конца штанги стабилизатора через стойки с резиновыми и резинометаллическими шарнирами соединены с нижними рычагами подвески. Штанга в своей средней части крепится к кузову кронштейнами через резиновые подушки.

Серийный вариант зарекомендовал себя технически надежным и долговечным, с хорошими эксплуатационными качествами. Отличительной особенностью разрабатываемого проекта является сохранение общей компоновочной схемы серийной передней независимой подвески, что в свою очередь позволит снизить затраты на усовершенствование, а унификация производства поможет избежать затруднений в обеспечении запасными частями эксплуатируемых автомобилей предшествующего периода выпуска.

Необходимость модернизации подвески в разрабатываемом проекте продиктована стремлением расширить модельный ряд автомобилей LADA Granta, за счет появления модификации с регулируемой пружиной, позволяющей изменять клиренс в зависимости от условий эксплуатации автомобиля, а также обеспечить более плавное движение по небольшим неровностям и лучшую управляемость в поворотах. Внедрение новой модификации непосредственно повлияет на повышение конкурентоспособности и увеличение рынка сбыта.

## 2 Патентные исследования

### 2.1 Обоснование необходимости проведения исследования

Одним из путей улучшения показателей безопасности движения и комфортабельности автомобиля является совершенствование конструкции подвески, в том числе и передней подвески.

Подвеской автомобиля является совокупность устройств, элементов, обеспечивающих упругую и силовую связь между кузовом и дорогой, уменьшение динамических нагрузок на несущую систему и колеса и затухание их колебаний, а также требуемые показатели устойчивости, управляемости и комфортабельности автомобиля.

Известно много конструкций передних подвесок, в том числе типа «Мак Ферсон» и вполне вероятно, что среди них есть конструкции, которые для автомобилей являются более прогрессивными, чем данная.

Выявить прогрессивные технические решения, которые могут лечь в основу усовершенствованной конструкции передней подвески автомобиля, можно в результате патентного исследования достигнутого уровня развития вида техники – передней подвески автомобиля.

Использовать усовершенствованную переднюю подвеску на территории Российской Федерации можно только в том случае, если она обладает патентной чистотой в отношении Российской Федерации, т. е., если ни одно из входящих в нее технических решений не попадает под действие патента, выданного в России.

Установить, обладает ли передняя подвеска патентной чистотой в отношении Российской Федерации можно в результате экспертизы передней подвески на патентную чистоту в Российской Федерации. Поскольку предлагается экспорт автомобилей, укомплектованных усовершенствованной передней подвески за границы Российской Федерации, то необходимо так же провести экспертизу передней подвески на патентную чистоту в отношении США, Японии, а также стран Европейского сообщества.

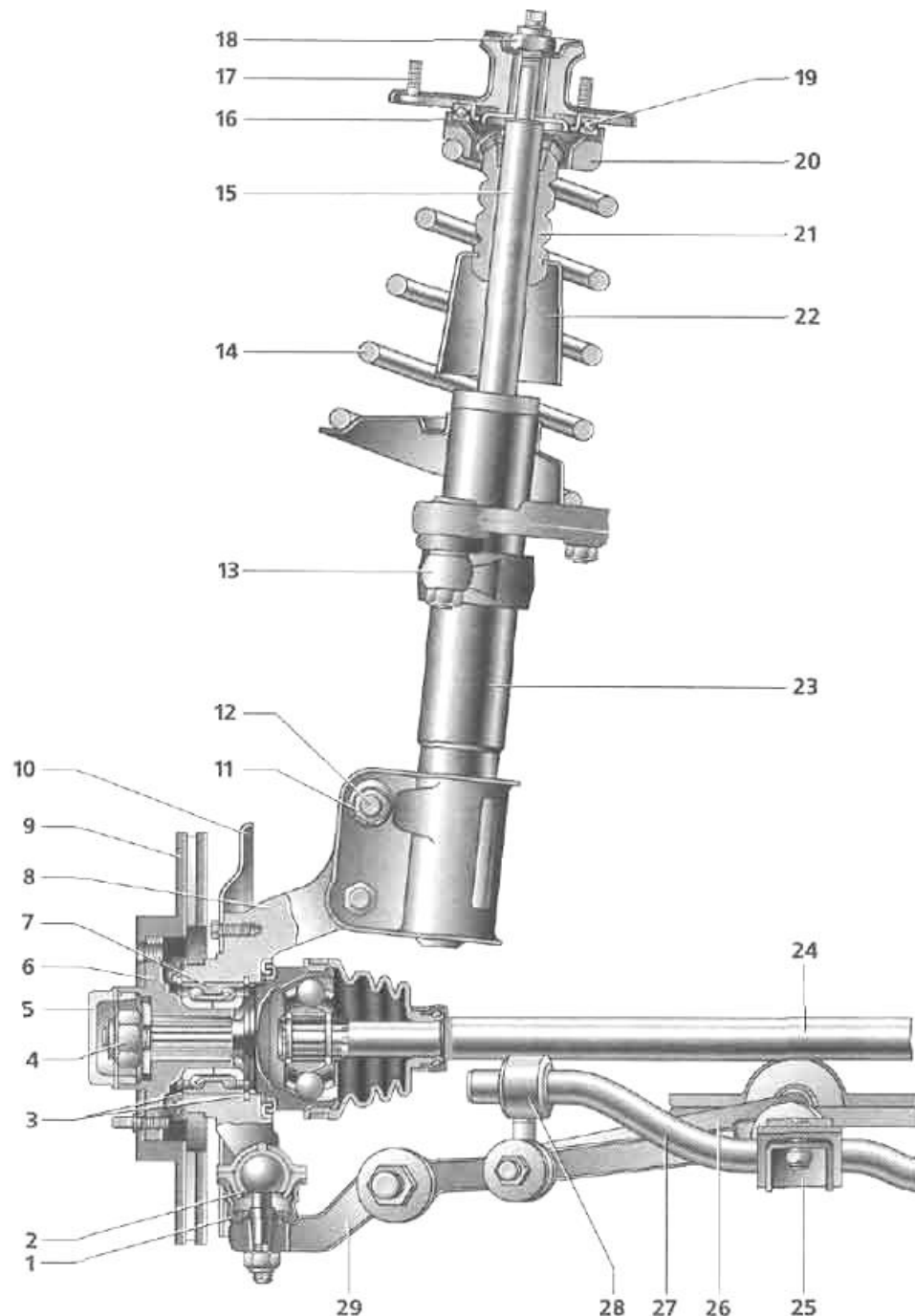
## 2.2 Описание объекта

Серийная передняя подвеска переднеприводного легкового автомобиля LADA-2191 имеет тип «Мак Ферсон».

Основа подвески – телескопическая гидравлическая амортизаторная стойка. Ее нижняя часть соединена с поворотным кулаком двумя болтами. Верхний болт, проходящий через отверстие кронштейна стойки, имеет эксцентриковый поясок и эксцентриковую шайбу. Поворотом этого болта регулируется угол развала переднего колеса.

На телескопической стойке установлены винтовая коническая пружина, пенополиуретановый буфер хода сжатия, а также верхняя опора стойки в сборе с подшипником. Верхняя опора крепится тремя самоконтрящимися гайками к чашке брызговика кузова. Ее конструкция значительно отличается от конструкции опор, применяемых на автомобилях семейств ВАЗ-2108 и ВАЗ-2110. Теперь вместо запрессованного упорного подшипника установлена стальная втулка, привулканизированная к резиновому массиву опоры, что позволило исключить люфты и посторонние звуки. Применяемый в автомобиле упорный шариковый подшипник имеет больший диаметр и другую конструкцию и расположен между верхней опорой и пружиной. Под весом передней части автомобиля подшипник находится в сжатом положении, что позволяет устранять все зазоры и стуки. Площадь контакта шариков с дорожками качения значительно увеличилась, а, следовательно, увеличилась и долговечность подшипника. В новой конструкции при повороте колес вращается корпус стойки вместе с пружиной. При этом шток амортизатора остается неподвижным и соединение штока с направляющей втулкой амортизатора изнашивается меньше. В корпусе стойки установлен телескопический гидравлический амортизатор.

Нижняя часть поворотного кулака соединена с нижним рычагом подвески через шаровую опору. Опора крепится к поворотному кулаку двумя болтами (отверстия в поворотном кулаке несквозные). Отворачивая эти болты, будьте осторожны: при значительном усилии они часто ломаются, поэтому перед разборкой обстучите их головки в осевом направлении. Тормозные и тяговые силы



- 1 – чехол; 2 – шаровая опора; 3 – стопорное кольцо; 4 – гайка подшипника ступицы; 5 – защитный колпак; 6 – ступица; 7 – подшипник ступицы; 8 – поворотный кулак; 9 – диск тормозного механизма переднего колеса; 10 – щит тормозного механизма; 11 – гайка; 12 – эксцентриковый (регулируемый) болт; 13 – поворотный рычаг; 14 – пружина передней подвески; 15 – шток амортизатора; 16 – верхняя чашка пружины; 17 – верхняя опора амортизаторной стойки; 18 – гайка штока амортизатора; 19 – подшипник верхней опоры амортизаторной стойки; 20 – прокладка пружины; 21 – буфер хода сжатия передней подвески; 22 – защитный кожух; 23 – телескопическая стойка; 24 – вал привода переднего колеса; 25 – кронштейн крепления подушки штанги стабилизатора поперечной устойчивости; 26 – растяжка передней подвески; 27 – штанга стабилизатора поперечной устойчивости; 28 – стойка стабилизатора поперечной устойчивости; 29 – рычаг передней подвески

Рисунок 2.1 – Передняя подвеска автомобиля LADA 2191 Granta

при движении автомобиля воспринимаются продольными растяжками, соединенными через сайлент-блоки с нижними рычагами и кронштейнами, установленными на нижней поперечине рамки радиатора. В местах соединения (на обоих концах растяжки) установлены шайбы для регулирования угла продольного наклона оси поворота колеса. В поворотном кулаке установлен двухрядный радиально-упорный шариковый подшипник закрытого типа, который закреплен в кулаке двумя стопорными кольцами. Во внутренних кольцах подшипника с натягом установлена ступица колеса. Подшипник затягивается гайкой на хвостовике корпуса наружного шарнира привода колес. В эксплуатации подшипник не регулируется. Гайки крепления ступиц колес одинаковые, с правой резьбой. Стабилизатор поперечной устойчивости представляет собой штангу из пружинной стали. В средней ее части имеется изгиб над трубой дополнительного глушителя системы выпуска отработавших газов. Оба конца штанги стабилизатора через стойки с резиновыми и резинометаллическими шарнирами соединены с нижними рычагами подвески. Штанга в своей средней части крепится к кузову кронштейнами через резиновые подушки.

К недостаткам данной подвески можно отнести достаточно высокую амплитуду колебаний подвески, не достаточно хорошую управляемость автомобиля в поворотах и недостаточное сцепление колес с асфальтом.

## 2.3 Формирование программы исследований

### 2.3.1 Формулировка целей исследования

Целью исследования достигнутого уровня развития вида техники «Подвеска типа Макферсон», является усовершенствование исследуемого механизма за счёт устранения недостатков, указанных в описании объекта, а именно: уменьшения амплитуды колебаний подвески, улучшения управляемости в поворотах, улучшения сцепление колес с асфальтом.

### 2.3.2 Определение стран проверки

В качестве стран проверки выбираем Россию, США, Японию и страны Европейского сообщества. Изготовление усовершенствованной передней подвески предполагается на территории Российской Федерации. Предполагается экспорт автомобилей, укомплектованных усовершенствованной передней подвески, за пределы России. Поэтому, в качестве стран проверки при экспертизе на патентную чистоту передней подвески принимаем Россию, США, Японию и страны Европейского сообщества.

### 2.3.3 Определение категории объекта

Передняя подвеска автомобиля характеризуется конструктивными признаками – формой элементов, их взаимным расположением и взаимосвязью, соотношением размеров. Это признаки устройства. Признаки способа и вещества отсутствуют.

Следовательно, как объект изобретения подвеска автомобиля представляет устройство.

### 2.3.4 Выявление технических решений (ТР), использованных в объекте

Исследуемая передняя подвеска содержит следующие ТР:

- а) передняя подвеска – общая компоновка;
- б) форма пружин(ы) передней подвески;
- в) характеристика упругого элемента подвески;

Эти же ТР содержит и усовершенствованная передняя подвеска.

### 2.3.5 Выбор технических решений, подлежащих исследованию

В зависимости от цели усовершенствования объекта:

Для достижения цели уменьшения амплитуды колебаний подвески, улучшения управляемости в поворотах, улучшения сцепления колес с асфальтом, за счет изменения формы и характеристики упругого элемента подвески, а



также ее компоновки будем исследовать ТР а), б), в), подраздела 2.3.4 передняя подвеска – общая компоновка; форма пружин(ы) передней подвески; характеристика упругого элемента подвески.

В зависимости от объема выпуска (экспорта) объекта, его стоимости и значимости ТР для объекта в целом:

Передняя подвеска автомобиля является объектом крупносерийного производства. Сложность и стоимость автомобиля относительно невысока. Все ТР п.2.3.4 являются важными для передней подвески, поэтому для экспертизы на патентную чистоту оставляем все ТР, п.2.3.4.

В зависимости от сроков известности ТР:

Передняя подвеска автомобиля, как показывает предварительное знакомство с патентной документацией, регулярно патентуется в ведущих странах. Поэтому оставляем все ТР в перечне для исследования.

Таким образом, для исследования достигнутого уровня и патентной чистоты оставляем следующие ТР:

- ✓ передняя подвеска – общая компоновка;
- ✓ форма пружин (ы) передней подвески;
- ✓ характеристика упругого элемента подвески.

### 2.3.6 Определение рубрик МПК и индексов УДК ИТР

Для определения рубрик МПК ИТР «Подвеска типа Макферсон» определяем ключевые слова. По «Алфавитно-предметному указателю» определяем для слов «Пружина» предполагаемую рубрику: F16F 1/04.

По указателю «Международная патентная классификация», раздел F, уточняем рубрику МПК:

F – Машиностроение; освещение; отопление; оружие и боеприпасы; взрывные работы;

F16 – Узлы и детали машин; общие способы и устройства, обеспечивающие нормальную эксплуатацию машин и установок; теплоизоляция вообще;

F16F - Пружины и рессоры; амортизаторы; средства для гашения колебаний;

F16F 1/04 - Витые пружины;

F16F 3/00 Пружинящие устройства, составленные из нескольких пружин, например для получения желаемой характеристики упругости.

Индексы УДК определяем по «Указателю к универсальной десятичной классификации»:

629 – Техника средств транспорта;

629.3 – Наземные средства транспорта (кроме рельсовых);

629.3.027 – Подвеска и амортизаторы. Колеса и т. п.;

629.3.027.3 – Пружины. Подвески. Амортизаторы. Рессоры.

### 2.3.7 Установление глубины поиска

На основании общего анализа состояния автомобилестроения, и в частности вида техники «Подвеска типа Макферсон» полагаем, что наиболее прогрессивные технические решения содержатся в изобретениях, сделанных в последние два десятилетия. Поэтому глубину поиска при исследовании достигнутого уровня развития вида техники определяем в 20 лет (1997 – 2016).

Срок действия патентов в странах проверки составляет 20 лет, кроме США, где он равен 17 годам. Соответственно этим срокам устанавливаем и глубину поиска по каждой из стран проверки при экспертизе передней подвески транспортного средства на патентную чистоту. Глубина поиска может быть уменьшена в соответствии с имеющимся в нашем распоряжении фондом источников информации.

### 2.3.8 Определение источников информации

В качестве источников информации принимаем источники, имеющиеся в ТГУ, в Бюро Информации Патентно-Лицензионного Отдела СИВПИ Авто-ВАЗа. Изучаем описания к авторским свидетельствам и патентам, бюллетень «Открытия, изобретения», реферативный сборник «Изобретения стран мира»,

Таблица 2.1

<b>РЕГЛАМЕНТ ПОИСКА</b>				
Объект: Подвеска типа Макферсон				
Вид исследования:				
1) Исследование достигнутого уровня развития вида техники.				
2) Экспертиза патентной чистоты объекта.				
<b>Предмет поиска (ИТР)</b>	<b>Страны поиска</b>	<b>Индексы МПК и УДК</b>	<b>Глубина поиска</b>	<b>Источники информации</b>
1	2	3	4	5
Задняя подвеска, общая компоновка	Россия, Страны ЕС Япония, Южная Корея	МПК F16F 3/00, УДК 629.3.027.3	20 лет (1997 – 2016)	1) Описание к авторским свидетельствам и патентам
				2) Бюллетень «Открытия, Изобретения» (Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки)
	США		17 лет (2000 – 2016)	3) Рефер. сб. ВНИИПИ «Изобретения стран мира»
				4) Реферативный журнал 02А «Автомобилестроение» ЦНИИ ТЭИ, Автомобильная промышленность
				5) Рекламные проспекты зарубежных стран
				6) Книги в области автомобилестроения
				7) Интернет-сайты www.fips.ru, ru.espacenet.com.

«Полезная модель» и «Промышленный образец», реферативный журнал 02А «Автомобилестроение», технические журналы и книги в области автомобилестроения, интернет-сайты: [www.fips.ru](http://www.fips.ru), [ru.espacenet.com](http://ru.espacenet.com).

Данные п.п. 2.3.2, 2.3.5, 2.3.6-2.3.8 заносим в таблицу 2.1.

## 2.4 Патентный поиск

### 2.4.1 Выбор патентно-технической документации, имеющей отношение к ИТР

Просматриваем источники информации в соответствии с регламентом поиска. Выбираем такие документы, по названиям которых можно предположить, что они имеют отношение к ИТР «Подвеска типа Макферсон». По этим документам знакомимся с рефератами, аннотациями, формулами изобретений, чертежами.

Сведения о технических решениях, имеющих отношение к ИТР, заносим в таблицу 2.2, графы 1 – 4.

### 2.4.2 Анализ сущности технических решений

Изучаем сущность ТР, занесенных в таблицу 2.2 по сведениям, содержащимся в графе 4, а также путем просмотра текстов патентных изданий, статей и т.п. Если из рассмотрения сущности ТР видно, что оно решает принципиально иную задачу по сравнению с задачей «достижение уменьшения амплитуды колебаний подвески, улучшение управляемости в поворотах, улучшение сцепление колес с асфальтом, за счет изменения формы и характеристики упругого элемента подвески, а также ее компоновки», которую решает ИТР, документ исключаем из дальнейшего рассмотрения. Если видно, что ТР решает ту же или близкую задачу (аналог ИТР), документ включаем в перечень для детального анализа. Запись об этом произведем в графах 5, 6 таблицы 2.2.

Таблица 2.2

Предмет поиска ИТР	Страна вы- дачи, номер охранного документа, классифи- кационный индекс	Автор, за- явитель, страна, да- та приори- тета, дата публика- ции	Сущность технического решения и цель его создания	Подлежит дальнейшему исследованию	
				Дости- гнутого уровня	Па- тентной чисто- ты
1	2	3	4	5	6
Подвеска типа «Макфер- сон»; общая компонов- ка; форма пружин подвески; характе- ристика упругого элемента подвески	Германия, патент № DE 10055471, F16F 3/00	Graf Thomas, Burkart Dieter, Lischka Christof, Germany, 19.10.2006, 02.07.2009	Передняя подвеска автомобиля с отрицательным плечом обкатки и почти вертикальной демпфирующей частью (рис. 2.3). Верхняя опора пружины расположена концентрично с демпфирующей частью стойки, а сама пружина установлена с наклоном, чтобы уменьшить силы между направляющей и штоком, которые могут привести к заклиниванию. Пружина – цилиндрическая с постоянным диаметром витков и линейной упругой характеристикой.	Да	Да
	Россия, патент № RU 222654, F16F 3/00	Иванов А.А., Иванов А.А., Россия, 30.06.2004, 30.06.2005	Регулируемая передняя подвеска с цилиндрической пружиной линейной жёсткости. Подвижное нижнее крепление стойки позволяет дополнительно регулировать дорожный просвет в зависимости от условий эксплуатации автомобиля. Используемая в подвеске пружина – цилиндрическая с постоянным диаметром	Да	Да

Продолжение таблицы 2.2

			<p>витков и линейной упругой характеристикой. Конструкция из алюминия позволяет снизить вес стойки. Между пружиной и опорной гайкой помещена шайба, из тефлона, что позволяет избежать посторонних шумов и усилий при регулировке.</p>		
	<p>Япония, патент № JP 485445</p>	<p>Nissan Motors Co., Japan, 28.12.2000, 08.07.2002</p>	<p>Подвеска с винтовой регулировкой поджатия пружины и прогрессивной упругой характеристикой, получаемой за счёт применения разной толщины витков цилиндрической пружины. Благодаря более жёсткой пружине подвеска обеспечивает уверенное передвижение автомобиля даже по очень плохим дорогам. Прогрессивная характеристика подвески обеспечивает высокую плавность хода при движении по мелким неровностям, и защиту от пробоя подвески при переезде крупный неровностей дороги.</p>	Да	Да
	<p>США, патент № US 8975431, F16F 3/00</p>	<p>Buchwitz Joseph Lee, USA, 06.05.2000, 29.06.2001</p>	<p>Двухступенчатая амортизаторная стойка с двумя последовательно установленными пружинами разной жесткости. Между ними ползун, являющийся нижней чашкой верхней пружины и верхней чашкой нижней пружины. Он свободно перемещается</p>	Да	Да

## Продолжение таблицы 2.2

			(скользит) по корпусу амортизатора. При обычной езде работают обе пружины и обеспечивают низкую жесткость. При сильном пробое хода сжатия подвески одна из пружин смыкается и дальше работает только вторая пружина. Жесткость у одной пружины больше чем у двух работающих последовательно, при этом каждая из пружин обладает линейной характеристикой жесткости.		
--	--	--	---	--	--

### 2.4.3 Определение показателей положительного эффекта

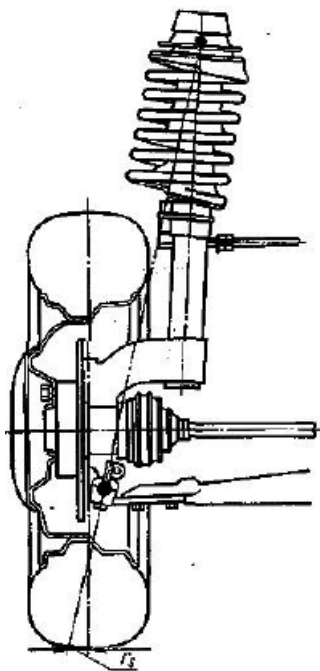
Устанавливаем, какие показатели положительного эффекта желательно получить в идеальном усовершенствованном объекте. К таким показателям относим:

- а) показатели, обеспечивающие достижение цели усовершенствования объекта;
- б) показатели, косвенно содействующие достижению цели;
- в) показатели, не влияющие на достижение цели, но усиливающие полезные свойства объекта;
- г) показатели, не влияющие на достижение цели, но ослабляющие вредные свойства объекта.

Показатели положительного эффекта заносим в таблицу 2.3, графы 1, 2.

### 2.4.4 Сопоставительный анализ преимуществ и недостатков ИТР и аналогов

Оцениваем обеспечение каждого показателя положительного эффекта каждым аналогом в баллах от  $-3$  до  $3$ . ИТР по каждому показателю выставляем оценку  $0$ . Заносим оценки в графы 3–7 табл.2.3.



а)



б)



в)



г)

а) Передняя подвеска автомобиля с несоосной пружиной. Германия № DE 10055471;  
 б) Регулируемая передняя подвеска с цилиндрической пружиной линейной жесткости.  
 № RU 222654; в) Подвеска с винтовой регулировкой поджатия пружины и прогрессивной  
 упругой характеристикой. Япония № JP 4854452; г) Двухступенчатая амортизаторная стойка с  
 двумя последовательно установленными пружинами разной жесткости. США № US 8975431

Рисунок 2.2 – Объекты патентного исследования



Таблица 2.3

Оценка преимуществ и недостатков аналогов						
Показатели положительного эффекта		И Т Р	Аналоги			
			Германия № DE 10055471	Россия № RU 222654	Япония № JP 4854452	США № US 8975431
1	2	3	4	5	6	7
а) Показатели, обеспечивающие достижение цели усовершенствования						
1	Увеличение жесткости на больших ходах подвески	0	+1	+1	+2	+2
2	Уменьшение жесткости на коротких ходах подвески	0	-1	-1	+2	+2
3	Увеличение хода отбоя	0	-1	-1	+1	+1
б) Показатели, косвенно содействующие достижению цели						
	Применение прогрессивной характеристики упругого элемента	0	0	0	+1	+1
в) Показатели, усиливающие полезные свойства объекта						
1	Уменьшение массы	0	0	-1	-2	-2
2	Возможность регулировки клиренса	0	0	+1	+1	+1
г) Показатели, ослабляющие вредные свойства объекта						
1	Снижение трудоемкости изготовления подвески	0	+2	0	-3	-1
2	Снижение нагрузки на шток амортизатора	0	0	-1	-1	-1
Итого		0	1	-2	1	3

Суммируем оценки по каждому аналогу, заносим их в нижнюю строку таблицы 2.3. Видим, что наибольшую сумму баллов имеет аналог «Двух-

ступенчатая амортизаторная стойка с двумя последовательно установленными пружинами разной жесткости. США, патент № US 8975431».

Принимаем данный аналог за прототип, т.к. он лучше других решает, как основную, так и общую задачу по улучшении показателей передней подвески в сравнении с другими аналогами.

Следовательно, данное ТР является наиболее прогрессивным. Его принимаем для использования в усовершенствованном объекте «Передняя пружинная подвеска автомобиля».

#### 2.4.5 Описание усовершенствованного объекта

На рисунке 2.3 показана модернизированная двухступенчатая амортизаторная стойка с двумя последовательно установленными пружинами разной жесткости. Между ними располагается ползун 2, являющийся нижней чашкой верхней пружины 1 и верхней чашкой нижней пружины 3. Он свободно перемещается (скользит) по корпусу амортизатора 6. При обычной езде работают обе пружины и обеспечивают низкую жесткость. При сильном пробое хода сжатия подвески одна из пружин смыкается и дальше работает только вторая пружина. Жесткость у одной пружины больше чем у двух работающих последовательно, при этом каждая из пружин обладает линейной характеристикой жесткости.

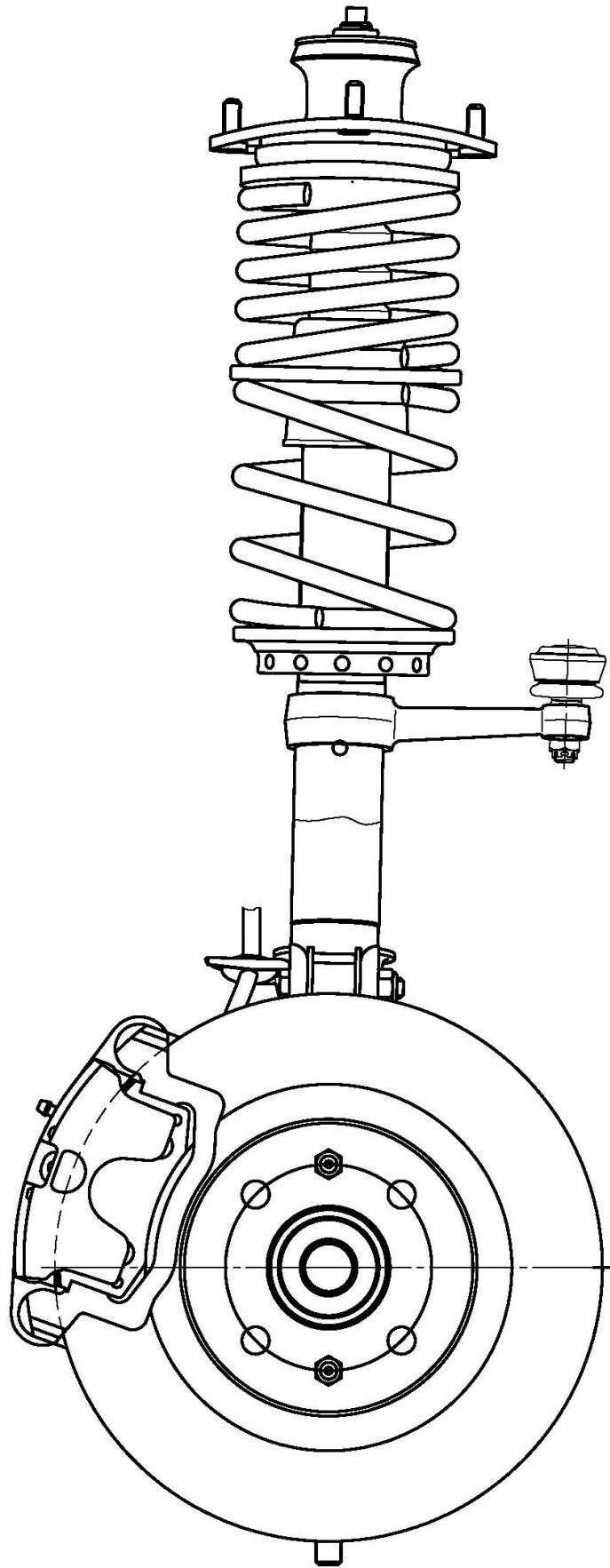
#### 2.4.6 Выявление и анализ существенных признаков ИТР и аналогов

Выявляем существенные признаки усовершенствованной передней подвески и группируем их.

Заносим признаки группы а) «Элементы» в графы 1,2 таблицы 2.4.

Проверяем наличие каждого из признаков ИТР в каждом аналоге. Наличие признака отмечаем в графах 3 – 7 знаком «+», отсутствие «-».

Видим, что патенты: Германии № DE 10055471, России № RU 222654, Японии № JP 4854452 содержат признаки, не использованные в ИТР, следовательно, ИТР не подпадает под действие этих патентов.



1 - верхняя пружина; 2 – промежуточная опора (ползун); 3 – нижняя пружина; 4 – Верхняя опора стойки амортизатора в сборе; 5 – нижняя регулируемая опора; 6 – амортизатор

Рисунок 2.3 – Модернизированная передняя подвеска

Аналогичным образом анализируем признаки группы б) «Форма элементов».

Таблица 2.4

Признаки технического решения		ИТР	Аналоги			
			Патент Германии № DE 10055471	Патент России № RU 222654	Патент Японии № JP 4854452	Патент США № US 8975431
1	2	3	4	5	6	7
<b>а) Элементы</b>						
1	Дополнительная пружина упругого элемента	+	-	-	-	+
2	Промежуточная опора пружин (ползун)	+	-	-	-	+
3	Нижняя регулируемая опора пружин	+	-	+	+	+
<b>б) Форма элементов</b>						
1	Цилиндрическая пружина с постоянным шагом витков	+	+	+	-	+
2	Цилиндрическая пружина с переменным шагом витков	-	-	-	+	-

Видим, что патент США № US 8975431, в отличие от других рассмотренных патентов, содержит все признаки, использованные в ИТР, следовательно, ИТР попадает под действие этого документа.

На этом анализ прекращаем, так как по результатам сопоставления признаков групп а) и б) ясно, что в ИТР использованы такие же технические решения как и в одном из аналогов, защищенном патентом.

## 2.5 Вывод по результатам экспертизы на патентную чистоту

Экспертиза показала, что ИТР подпадает под действующий патент России, защищающий устройство задней независимой подвески.

Для установки модернизированной передней подвески на автомобили российского производства, предназначенные как для внутреннего рынка, так и для экспорта, необходимо заключение лицензионного договора с патентообладателем патента США № US 8975431.

### 3 Конструкторская часть

#### 3.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

##### 3.1.1 Исходные данные

Число ведущих колес	:	$n_k = 2$
Снаряженная масса	:	$m_o = 1110$ кг
Число мест в автомобиле	:	5
Максимальная скорость	:	$V_{MAX} = 179$ 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	:	$C_x = 0,353$
Величина максимально преодолеваемого подъема	:	$\alpha_{max} = 0,32$
Коэффициент полезного действия трансмиссии	:	$\eta_{TP} = 0,94$
Площадь поперечного сечения	:	$H = 2,04$ м <sup>2</sup>
Коэффициент сопротивления качению	:	$f_o = 0,010$
Число передач в коробке передач	:	5
Распределение массы автомобиля по осям, перед/зад	:	51/49 %
Плотность воздуха	:	$\rho = 1,293$ кг/м <sup>3</sup>
Плотность топлива	:	$\rho_m = 0,72$ кг/л

##### 3.1.2 Полный вес автомобиля, его распределение по осям

Полный вес автомобиля можно определить по формуле:

$$G_A = G_0 + G_{II} + G_B, \quad (3.1)$$

где  $G_0$  – снаряженный вес автомобиля, Н;

$G_{II}$  – вес пассажиров, Н;

$G_B$  – вес багажа, Н.

$$G_0 = m_0 \cdot g, \quad (3.2)$$

где  $m_0$  – снаряженная масса автомобиля,  $m_0 = 1100$  кг.

$$G_0 = 1110 \cdot 9,807 = 10886 \text{ (Н)}$$

$$G_{II} = G_{II} \cdot 5 = m_{II} \cdot g \cdot 5, \quad (3.3)$$

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

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

$$G_B = G_{Б1} \cdot 5 = m_{Б1} \cdot g \cdot 5, \quad (3.4)$$

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

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

$$G_A = 10886 + 3678 + 490 = 15054 \text{ (Н)}$$

$$G_1 = G_A \cdot 0,51 = 15054 \cdot 0,51 = 7678 \text{ (Н)}$$

$$G_2 = G_A \cdot 0,49 = 15054 \cdot 0,49 = 7376 \text{ (Н)}$$

### 3.1.3 Выбор шин

На автомобиле установлены радиальные шины 185/60 R14.

Радиус качения колеса можно определить по формуле:

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot d + \kappa \cdot \lambda \cdot B) \cdot 10^{-3}, \quad (3.5)$$

где  $r_k$  – радиус качения колеса, м;

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

$B$  – ширина профиля шины, мм,  $B = 185$  мм;

$\kappa$  – отношение высоты профиля к ширине профиля,  $\kappa = 0,60$ ;

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

$\lambda$  – коэффициент типа шины,  $\lambda = 0,85$ .

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot 355,6 + 0,60 \cdot 0,85 \cdot 185) \cdot 10^{-3} = 0,272 \text{ (м)}$$

### 3.1.4 Внешняя скоростная характеристика двигателя

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

$$N_e = N_{MAX} \cdot \left[ C_1 \frac{\omega_e}{\omega_N} + C_2 \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right], \quad (3.6)$$

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

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

$$N_{MAX} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3}, \quad (3.7)$$

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  $\lambda = 1,034$ );

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

$$N_v = \frac{1}{\eta_{TP}} \cdot \left( G_A \cdot \psi_v \cdot V_{MAX} + \frac{C_x \cdot \rho}{2} \cdot H \cdot V_{MAX}^3 \right), \quad (3.8)$$

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

$$\psi_v = f_0 \cdot \left( 1 + \frac{V_{MAX}^2}{2000} \right) \quad (3.9)$$

$$\psi_v = 0,010 \cdot \left( 1 + \frac{49,72^2}{2000} \right) = 0,022$$

$$N_v = \frac{1}{0,94} \cdot \left( 15054 \cdot 0,022 \cdot 49,72 + \frac{0,353 \cdot 1,293}{2} \cdot 2,04 \cdot 49,72^3 \right) = 78393 \text{ (Вт)}$$

$$N_{MAX} = \frac{78393}{1 \cdot 1,034 + 1 \cdot 1,034^2 - 1 \cdot 1,034^3} = 78577 \text{ (Вт)}$$

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (3.10)$$

$$n_e = \frac{30 \cdot \omega_e}{\pi} \quad (3.11)$$

Полученные значения мощности и крутящего момента двигателя приведены в таблице 3.1.



Таблица 3.1

$n_e$ , об/мин	$\omega_e$ , рад/с	$N_e$ , кВт	$M_e$ , Нм
800	84	12,1	144,8
1200	126	18,9	150,6
1600	168	26,0	155,2
2000	209	33,2	158,6
2400	251	40,4	160,8
2800	293	47,4	161,7
3200	335	54,1	161,4
3600	377	60,3	159,8
4000	419	65,8	157,1
4400	461	70,5	153,1
4800	503	74,3	147,8
5200	545	77,0	141,4
5600	586	78,4	133,7
5800	607	78,6	129,4
6000	628	78,4	124,8

### 3.1.5 Передаточное число главной передачи

Передаточное число главной передачи можно определить по формуле:

$$U_0 = \frac{r_K}{U_{PK} \cdot U_K} \cdot \frac{\omega_{MAX}}{V_{MAX}}, \quad (3.12)$$

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  $U_K = 0,784$

$$U_0 = (0,272 \cdot 628) / (1,0 \cdot 0,784 \cdot 49,72) = 4,382$$

### 3.1.6 Передаточные числа коробки передач

Должны выполняться следующие условия:

$$1) \quad U_1 \geq \frac{G_A \cdot \psi_{MAX} \cdot r_K}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0 \cdot U_{PK}}, \quad (3.13)$$

где  $\psi_{MAX}$  – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля с учетом величины преодолеваемого подъема.

$$\psi_{MAX} = f_{V_{max}} + \alpha_{max} = \psi_V + \alpha_{max} \quad (3.14)$$

$$\psi_{MAX} = 0,022 + 0,32 = 0,342$$

$$U_1 \geq \frac{15054 \cdot 0,342 \cdot 0,272}{161,7 \cdot 0,94 \cdot 4,382 \cdot 1,0} = 2,103$$

$$2) \quad U_1 \leq \frac{G_{сц} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0 \cdot U_{PK}}, \quad (3.15)$$

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

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

$$G_{сц} = G_1 \cdot m_1, \quad (H) \quad (3.16)$$

где  $m_1$  – коэффициент перераспределения нагрузки на передние колеса,  $m_1 = 0,9$ .

$$G_{сц} = 7678 \cdot 0,9 = 6910 \quad (H)$$

$$U_1 \leq \frac{6910 \cdot 0,8 \cdot 0,272}{161,7 \cdot 0,94 \cdot 4,382 \cdot 1,0} = 2,258$$

Примем значение первой передачи равным:  $U_1 = 2,258$ .

Значения промежуточных ступеней КП рассчитываются на основании закона геометрической прогрессии:

$$q = (U_1 / U_5)^{1/4} = (2,258 / 0,784)^{1/4} = 1,303 \quad (3.17)$$

$$U_2 = U_1 / q = 2,258 / 1,303 = 1,733 \quad (3.18)$$

$$U_3 = U_2 / q = 1,733 / 1,303 = 1,330 \quad (3.19)$$

$$U_4 = U_3 / q = 1,330 / 1,303 = 1,021 \quad (3.20)$$

$$U_5 = 0,784.$$

3.1.7 Скорость автомобиля в зависимости от включенной передачи и числа оборотов двигателя

Скорость автомобиля можно определить по формуле:

$$V_A = \frac{0,105 \cdot n_e \cdot r_k}{U_0 \cdot U_{КП} \cdot U_{PK}} \quad (3.21)$$

Результаты вычислений приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

$n_e$ , об/мин	$V_{A1}$ , м/с	$V_{A2}$ , м/с	$V_{A3}$ , м/с	$V_{A4}$ , м/с	$V_{A5}$ , м/с
800	2,3	3,0	3,9	5,1	6,7
1200	3,5	4,5	5,9	7,7	10,0
1600	4,6	6,0	7,8	10,2	13,3
2000	5,8	7,5	9,8	12,8	16,6
2400	6,9	9,0	11,8	15,3	20,0
2800	8,1	10,5	13,7	17,9	23,3
3200	9,2	12,0	15,7	20,4	26,6
3600	10,4	13,5	17,6	23,0	29,9
4000	11,5	15,0	19,6	25,5	33,3
4400	12,7	16,5	21,6	28,1	36,6
4800	13,9	18,1	23,5	30,6	39,9
5200	15,0	19,6	25,5	33,2	43,2
5600	16,2	21,1	27,4	35,7	46,6
5800	16,7	21,8	28,4	37,0	48,2
6000	17,3	22,6	29,4	38,3	49,9

## 3.1.8 Тяговая характеристика автомобиля

Тяговую характеристику автомобиля можно определить по формуле:

$$F_T = \frac{M_E \cdot U_{КП} \cdot U_0 \cdot U_{ПК} \cdot \eta_{TP}}{r_K} \quad (3.22)$$

Результаты вычислений приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

$M_e$ , Нм	$F_{T1}$ , Н	$F_{T2}$ , Н	$F_{T3}$ , Н	$F_{T4}$ , Н	$F_{T5}$ , Н
144,8	4950	3799	2916	2238	1719
150,6	5150	3953	3033	2329	1788
155,2	5308	4074	3126	2400	1843
158,6	5423	4162	3195	2452	1883
160,8	5497	4219	3238	2486	1909
161,7	5529	4243	3256	2500	1920
161,4	5518	4235	3250	2495	1916
159,8	5466	4195	3219	2471	1898
157,1	5371	4122	3164	2429	1865
153,1	5234	4017	3083	2367	1817
147,8	5055	3880	2978	2286	1755

Продолжение таблицы 3.3

141,4	4834	3710	2847	2186	1678
133,7	4571	3508	2692	2067	1587
129,4	4424	3395	2606	2000	1536
124,8	4266	3274	2513	1929	1481

3.1.9 Силы сопротивления движению автомобиля

Силу сопротивления воздуха можно определить по формуле:

$$F_B = H \cdot \rho_B \cdot C_x \cdot \frac{V_A^2}{2} \quad (3.21)$$

Силу сопротивления качению автомобиля можно определить по формуле:

$$F_f = G_A \cdot f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_A^2}{2000}\right) \cdot \cos \alpha, \quad (3.22)$$

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

Результаты вычислений приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4

$V_A$ , м/с	$F_B$ , Н	$F_f$ , Н	$F_B + F_f$ , Н
0	0,0	150,5	150,5
5	11,6	152,4	164,1
10	46,6	158,1	204,6
15	104,8	167,5	272,2
20	186,2	180,6	366,9
25	291,0	197,6	488,6
30	419,0	218,3	637,3
35	570,3	242,7	813,1
40	744,9	271,0	1015,9
45	942,8	303,0	1245,7
50	1163,9	338,7	1502,6
55	1408,3	378,2	1786,5

3.1.10 Динамический фактор автомобиля

Динамический фактор автомобиля можно определить по формуле:

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_A} \quad (3.23)$$

Результаты вычислений приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5

$V_{A1},$ м/с	$D_1$	$V_{A2},$ м/с	$D_2$	$V_{A3},$ м/с	$D_3$	$V_{A4},$ м/с	$D_4$	$V_{A5},$ м/с	$D_5$
2,3	0,329	3,0	0,252	3,9	0,193	5,1	0,148	6,7	0,113
3,5	0,342	4,5	0,262	5,9	0,200	7,7	0,153	10,0	0,116
4,6	0,352	6,0	0,269	7,8	0,206	10,2	0,156	13,3	0,117
5,8	0,359	7,5	0,275	9,8	0,209	12,8	0,158	16,6	0,117
6,9	0,364	9,0	0,278	11,8	0,211	15,3	0,158	20,0	0,114
8,1	0,365	10,5	0,278	13,7	0,210	17,9	0,156	23,3	0,111
9,2	0,364	12,0	0,277	15,7	0,208	20,4	0,153	26,6	0,105
10,4	0,360	13,5	0,273	17,6	0,204	23,0	0,148	29,9	0,098
11,5	0,353	15,0	0,267	19,6	0,198	25,5	0,141	33,3	0,090
12,7	0,343	16,5	0,258	21,6	0,190	28,1	0,133	36,6	0,079
13,9	0,330	18,1	0,248	23,5	0,181	30,6	0,123	39,9	0,067
15,0	0,314	19,6	0,235	25,5	0,169	33,2	0,111	43,2	0,054
16,2	0,296	21,1	0,219	27,4	0,156	35,7	0,098	46,6	0,038
16,7	0,285	21,8	0,211	28,4	0,148	37,0	0,090	48,2	0,030
17,3	0,274	22,6	0,202	29,4	0,140	38,3	0,083	49,9	0,021

Динамический фактор по сцеплению можно определить по формуле:

$$D_\varphi = \frac{G_{сц} \cdot \varphi}{G_A} \quad (3.24)$$

$$D_\varphi = \frac{6910 \cdot 0,8}{15054} = 0,367$$

### 3.1.11 Мощностной баланс автомобиля

Мощностного баланса автомобиля выражается уравнением:

$$N_K = N_f + N_{II} + N_B + N_j, \quad (3.25)$$

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

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

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

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

$$N_K = N_e \cdot \eta_{mp} \quad (3.26)$$

Результаты вычислений приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6

$n_e$ , об/мин	$N_e$ , кВт	$N_K$ , кВт
800	12,1	11,4
1200	18,9	17,8
1600	26,0	24,4
2000	33,2	31,2
2400	40,4	38,0
2800	47,4	44,6
3200	54,1	50,8
3600	60,3	56,6
4000	65,8	61,8
4400	70,5	66,3
4800	74,3	69,9
5200	77,0	72,4
5600	78,4	73,7
5800	78,6	73,9
6000	78,4	73,7

Мощность, затраченную на преодоление сил сопротивлению качения колес, можно определить по формуле:

$$N_f = F_f \cdot V_A \quad (3.27)$$

Мощность, затраченную на преодоление силы сопротивления воздуха, можно определить по формуле:

$$N_B = F_B \cdot V_A \quad (3.28)$$

Результаты вычислений приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7

$V_A$ , м/с	$N_B$ , кВт	$N_f$ , кВт	$N_B + N_f$ , кВт
0	0,00	0,00	0,00
5	0,06	0,76	0,82
10	0,47	1,58	2,05

Продолжение таблицы 3.7

15	1,57	2,51	4,08
20	3,72	3,61	7,34
25	7,27	4,94	12,21
30	12,57	6,55	19,12
35	19,96	8,50	28,46
40	29,80	10,84	40,63
45	42,42	13,63	56,06
50	58,19	16,94	75,13
55	77,46	20,80	98,26

3.1.12 Ускорения автомобиля при разгоне

Ускорение автомобиля при разгоне можно определить по формуле:

$$J = \frac{(D - f_k) \cdot g}{\delta_{BP}}, \quad (3.29)$$

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

$$\delta_{BP} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_{KII}^2) \quad (3.30)$$

где  $\delta_1$  – коэффициент учета вращающихся масс колес;

$\delta_2$  – коэффициент учета вращающихся масс двигателя.

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

$$\delta_{BP1} = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 2,258^2) = 1,183$$

$$\delta_{BP2} = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 1,733^2) = 1,120$$

$$\delta_{BP3} = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 1,330^2) = 1,083$$

$$\delta_{BP4} = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 1,021^2) = 1,061$$

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

Результаты вычислений величин ускорений приведены в таблице 3.8.

Результаты вычислений величин обратных ускорений приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.8

$V_{A1}$ , 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>
2,3	2,64	3,0	2,12	3,9	1,66	5,1	1,27	6,7	0,96
3,5	2,75	4,5	2,20	5,9	1,72	7,7	1,32	10,0	0,98
4,6	2,83	6,0	2,27	7,8	1,77	10,2	1,35	13,3	0,99
5,8	2,89	7,5	2,32	9,8	1,80	12,8	1,36	16,6	0,98
6,9	2,93	9,0	2,34	11,8	1,81	15,3	1,36	20,0	0,96
8,1	2,94	10,5	2,35	13,7	1,81	17,9	1,34	23,3	0,92
9,2	2,93	12,0	2,33	15,7	1,78	20,4	1,30	26,6	0,86
10,4	2,89	13,5	2,29	17,6	1,74	23,0	1,25	29,9	0,78
11,5	2,84	15,0	2,24	19,6	1,69	25,5	1,18	33,3	0,69
12,7	2,75	16,5	2,16	21,6	1,61	28,1	1,10	36,6	0,59
13,9	2,64	18,1	2,07	23,5	1,52	30,6	1,00	39,9	0,46
15,0	2,51	19,6	1,95	25,5	1,41	33,2	0,88	43,2	0,32
16,2	2,36	21,1	1,81	27,4	1,28	35,7	0,75	46,6	0,16
16,7	2,27	21,8	1,74	28,4	1,21	37,0	0,68	48,2	0,08
17,3	2,18	22,6	1,66	29,4	1,14	38,3	0,60	49,9	-0,01

Таблица 3.9

$V_{A1}$ , 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
2,3	0,38	3,0	0,47	3,9	0,60	5,1	0,79	6,7	1,04
3,5	0,36	4,5	0,45	5,9	0,58	7,7	0,76	10,0	1,02
4,6	0,35	6,0	0,44	7,8	0,56	10,2	0,74	13,3	1,01
5,8	0,35	7,5	0,43	9,8	0,56	12,8	0,74	16,6	1,02
6,9	0,34	9,0	0,43	11,8	0,55	15,3	0,74	20,0	1,04
8,1	0,34	10,5	0,43	13,7	0,55	17,9	0,75	23,3	1,09
9,2	0,34	12,0	0,43	15,7	0,56	20,4	0,77	26,6	1,16
10,4	0,35	13,5	0,44	17,6	0,57	23,0	0,80	29,9	1,27
11,5	0,35	15,0	0,45	19,6	0,59	25,5	0,85	33,3	1,44
12,7	0,36	16,5	0,46	21,6	0,62	28,1	0,91	36,6	1,71
13,9	0,38	18,1	0,48	23,5	0,66	30,6	1,00	39,9	2,16
15,0	0,40	19,6	0,51	25,5	0,71	33,2	1,13	43,2	3,11
16,2	0,42	21,1	0,55	27,4	0,78	35,7	1,33	46,6	6,09
16,7	0,44	21,8	0,58	28,4	0,82	37,0	1,47	48,2	12,56
17,3	0,46	22,6	0,60	29,4	0,88	38,3	1,65	49,9	—



### 3.1.13 Время и путь 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:

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{J} dV \approx \left( \frac{1}{J_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i) \quad (3.31)$$

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:

$$\left( \frac{1}{J_{CP}} \right)_\kappa = \frac{(1/J)_{\kappa-1} + (1/J)_\kappa}{2}, \quad (3.32)$$

где  $\kappa$  – порядковый номер интервала.

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

$$\Delta t = \left( \frac{1}{j_{CP}} \right)_\kappa \cdot (V_\kappa - V_{\kappa-1}) \quad (3.33)$$

$$t_1 = \Delta t_1, t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, \dots, t_n = \sum_{\kappa=1}^n \Delta t_\kappa, \quad (3.34)$$

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 45 м/с приведены в таблице 3.10.

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:

$$\Delta S = V_{CPk} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{CPk} \cdot \Delta t_k, \quad (3.35)$$

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

$$S_1 = \Delta S_1, S_2 = \Delta S_1 + \Delta S_2, \dots, S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k, \quad (3.36)$$

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 45 м/с приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10

$V_0 \dots V_A$ , м/с	$t$ , сек	$S$ , м
0...5	0,9	2,2
0...10	2,6	15,2
0...15	4,5	38,4
0...20	6,8	78,7
0...25	9,8	147,4
0...30	14,0	262,5
0...35	19,6	445,3
0...40	28,3	769,9
0...45	45,5	1501,5

### 3.1.14 Топливо-экономическая характеристика автомобиля

Путевой расход топлива можно определить по формуле:

$$Q_s = \frac{g_e \cdot (N_f + N_g)}{36 \cdot V_A \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}}, \quad (3.37)$$

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).

$$g_e = 1,1 \cdot g_{e \min} \cdot K_H \cdot K_E, \quad (3.38)$$

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

$$K_H = 1,152 \cdot I^2 - 1,728 \cdot I + 1,523, \quad (3.39)$$

$$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227, \quad (3.40)$$

где  $I$  – степень использования мощности двигателя;  
 $E$  – коэффициент приспособляемости двигателя по оборотам.

$$I = \frac{N_f + N_B}{N_T} \quad (3.41)$$

$$E = \frac{w_e}{w_N}. \quad (3.42)$$

Полученные результаты приведены в таблице 3.11.

Таблица 3.11

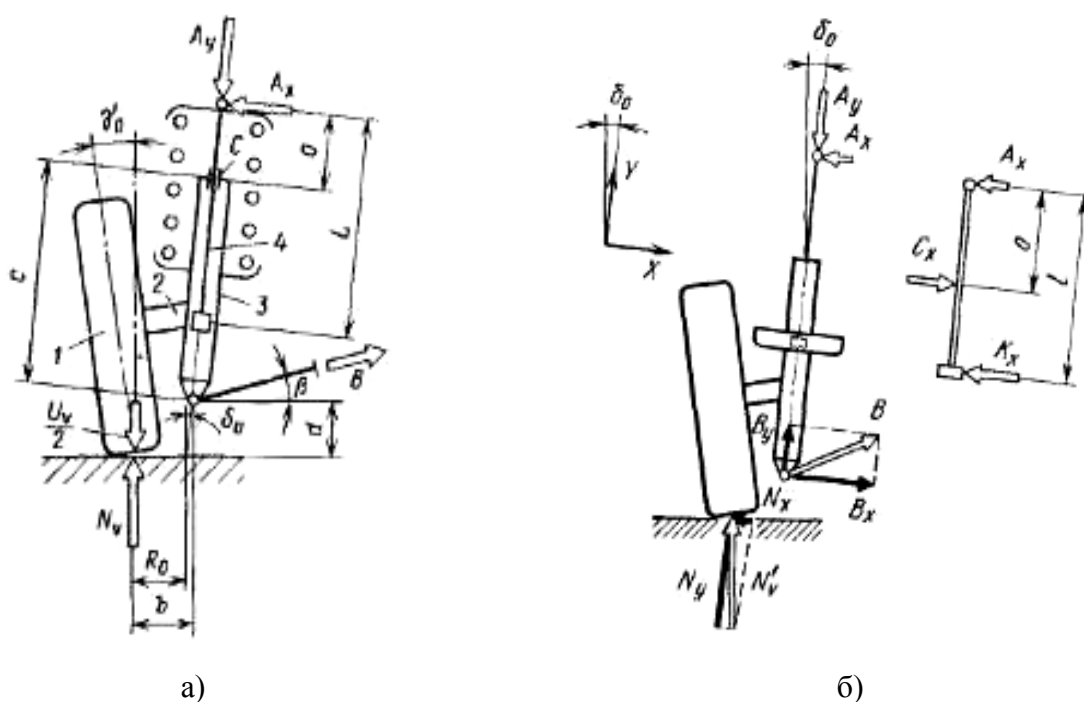
$n_e$ , об/мин	$V_a$ , м/с	$I$	$E$	$K_H$	$K_E$	$g_e$ , г/(кВт·ч)	$Q_s$ , л/100км
800	6,7	0,102	0,138	1,359	1,133	491	3,5
1200	10,0	0,115	0,207	1,340	1,094	468	3,9
1600	13,3	0,134	0,276	1,312	1,060	444	4,5
2000	16,6	0,160	0,345	1,276	1,030	420	5,2
2400	20,0	0,192	0,414	1,233	1,006	396	5,9
2800	23,3	0,232	0,483	1,184	0,987	373	6,8
3200	26,6	0,279	0,552	1,130	0,973	351	7,7
3600	29,9	0,335	0,621	1,073	0,964	330	8,6
4000	33,3	0,402	0,690	1,014	0,960	310	9,5
4400	36,6	0,482	0,759	0,958	0,961	293	10,5
4800	39,9	0,578	0,828	0,909	0,967	280	11,6
5200	43,2	0,694	0,897	0,879	0,978	274	13,1
5600	46,6	0,836	0,966	0,883	0,994	280	15,2
5800	48,2	0,919	1,000	0,908	1,004	291	16,8
6000	49,9	1,013	1,035	0,955	1,015	309	19,0

## 3.2 Расчет подвески автомобиля LADA 2191 Granta

### 3.2.1 Исходные данные

Снаряженная масса	: $m_o = 1110$ кг
Масса колеса	: $m_k = 15$ кг
Угол наклона оси поворота колеса	: $\delta_o = 2^\circ$
Плечо обкатки	: $R_o = 0,019$ м
Угол наклона нижнего рычага к оси X	: $\beta = 30^\circ$

Силы, действующие в подвеске Макферсон, показаны на рисунке 3.1.



а) на неподвижном автомобиле; б) разложенные по осям X и Y, которые повернуты на угол наклона оси поворота колеса  $\delta'_0$

Рисунок 3.1 – Силы, действующие в подвеске Макферсон

Зададим геометрические параметры подвески в соответствии с обозначениями, приведенными на рисунке 3.1:

$$c = 0,338 \text{ м}; o = 0,132 \text{ м}; d = 0,35 \text{ м}.$$

### 3.2.2 Нагрузка на колеса

Масса автомобиля в снаряженном состоянии составляет:

$$m_{a1} = m_o \quad (3.43)$$

Проектная (конструктивная) нагрузка автомобиля:

$$m_{a2} = m_o + 3 \cdot m_{\text{ч}} \quad (3.44)$$

где  $m_{\text{ч}}$  – масса одного пассажира,  $m_{\text{ч}} = 75$  кг.

Полная нагрузка автомобиля, соответствующая полной массе автомобиля:

$$m_{a3} = m_o + 5 \cdot m_{\text{ч}} + 5 \cdot m_{\text{б}} \quad (3.45)$$

Распределение массы автомобиля по осям

$$m_n = m_a \cdot k_a \quad (3.46)$$

$$m_3 = m_a \cdot (1 - k_a) \quad (3.47)$$

где  $m_n$  – масса, приходящаяся на переднюю ось,

$m_3$  – масса, приходящаяся на заднюю ось,

$k_a$  – коэффициент развесовки.

Примем:

⇒ для снаряженного состояния:  $k_{a1} = 0,63$ ;

⇒ для проектной нагрузки:  $k_{a2} = 0,56$ ;

⇒ для полной нагрузки:  $k_{a3} = 0,51$ .

Нагрузка, приходящаяся на ось автомобиля:

$$G_n = m_n \cdot g \quad (3.48)$$

$$G_3 = m_3 \cdot g \quad (3.49)$$

Нагрузка, приходящаяся на колесо передней оси автомобиля:

$$N_v = G_n / 2 \quad (3.50)$$

Полученные результаты для передней оси автомобиля представлены в таблице 3.12.

Таблица 3.12

Параметр	Загрузка автомобиля		
	Снаряженная	Проектная	Полная
Коэффициент развесовки	0,63	0,56	0,51
Масса а/м, кг	1110	1335	1535
Масса а/м на переднюю ось, кг	699	748	783
Нагрузка на переднюю ось а/м, Н	6860	7334	7680
Нагрузка на передние колеса а/м, Н	3430	3667	3840

### 3.2.3 Подрессоренные и неподрессоренные массы

Масса неподрессоренных частей передней оси автомобиля:

$$m_{нп} = 2 \cdot m_k \cdot k_{нп}, \quad (3.51)$$

где  $k_{нп}$  – коэффициент неподрессоренных масс, для передней оси а/м примем  $k_{нп} = 2$ .

$$m_{нп} = 2 \cdot 15 \cdot 2 = 60 \text{ (кг)}$$

Масса подрессоренных частей передней оси автомобиля:

$$m_{пм} = m_n - m_{нп} \quad (3.52)$$

Полученные результаты для передней оси автомобиля представлены в таблице 3.13.

Таблица 3.13

Параметр	Загрузка автомобиля		
	Снаряженная	Проектная	Полная
Подрессоренная масса передней оси а/м, кг	639	688	723

### 3.2.4 Определение статических нагрузок в пружине и шарнирах

Уравнение моментов относительно точки В с учетом нагрузки  $N_v$  на колесо и обозначений расстояний, приведенных на рисунке 3.1, имеет вид:

$$A_x \cdot (c + o) = N_v \cdot b, \quad (3.53)$$

при этом:

$$b = R_o + d \cdot \text{tg}(\delta_o) \quad (3.54)$$

$$b = 0,0312 \text{ (м)}$$

где  $A_x$  – сила нагружающая шток амортизатора на изгиб;

$N_v$  – нормальная (вертикальная) нагрузка, действующая на кузов.

$$N_v = (N_v - U_y) / 2, \quad (3.55)$$

где  $U_y$  – вес неподрессоренных частей, передней оси автомобиля.

$$U_y = m_{нп} \cdot g \quad (3.56)$$

$$U_y = 60 \cdot 9,81 = 588,42 \text{ (Н)}$$

Таким образом, сила, нагружающая шток амортизатора на изгиб:

$$A_x = \frac{N'_v \cdot b}{(c + o)} \quad (3.57)$$

Поскольку сумма всех сил в направлении оси  $Y$  равна нулю, статическая нагрузка на пружину:

$$A_Y = N_Y + B_Y, \quad (3.58)$$

где  $N_Y$  – составляющая реакции дороги на колесо, направленная вдоль оси  $Y$ , Н;

$B_Y$  – составляющая реакции дороги на колесо, направленная вдоль оси  $Y$ , Н.

$$N_Y = N_v \cdot \cos(d_0) \quad (3.59)$$

$$B_Y = B_x \cdot \operatorname{tg}(b + d_0) \quad (3.60)$$

Принимая  $\Sigma F_x = 0$  можно определить силу  $B_x$ , приложенную в нижней опоре амортизатора и направленную вдоль оси  $X$ :

$$B_x = A_x + N_x, \quad (3.61)$$

где  $N_x$  – составляющая реакции дороги на колесо, направленная вдоль оси  $X$ , Н.

$$N_x = N_v \cdot \sin(\delta_0) \quad (3.62)$$

Полученные результаты для передней оси автомобиля представлены в таблице 3.14.

Таблица 3.14

Параметр	Загрузка автомобиля		
	Снаряженная	Проектная	Полная
Нормальная нагрузка, действующая на кузов, Н	3136	3373	3546
Составляющая реакции дороги на колесо, направленная перпендикулярно оси амортизатора, Н	109	118	124
Составляющая реакции дороги на колесо, направленная вдоль оси амортизатора, Н	3134	3371	3544
Реакция в нижней опоре амортизатора, направленная перпендикулярно оси амортизатора, Н	318	342	359
Реакция в нижней опоре амортизатора, направленная вдоль оси амортизатора, Н	199	214	225
Сила, нагружающая шток амортизатора на изгиб, Н	208	224	236
Статическая нагрузка на пружину, Н	3333	3584	3768

### 3.2.5 Определение параметров шин

На автомобиле установлены радиальные шины 185/60 R14.

Выполним проверочный расчет шины на грузоподъемность:

Наружный диаметр шины можно:

$$d_{III} = d_0 + 2 \cdot B \cdot (H/B) \quad (3.63)$$

где  $d_0$  – посадочный диаметр, м,  $d_0 = 0,356$  м;

$B$  – ширина профиля шины, м,  $B = 0,185$  м;

$H/B$  – отношение высоты профиля к ширине профиля,  $H/B = 0,6$ .

$$d_{III} = 0,356 + 2 \cdot 0,185 \cdot 0,6 = 0,577 \text{ (м)}$$

Радиус колеса:

$$r_k = \frac{d_{III}}{2} \quad (3.64)$$

$$r_k = 0,578 / 2 = 0,289 \text{ (м)}$$

Грузоподъемность шины:

$$G_{III} = \frac{d_{III} + B}{d_0 + B} \cdot K_{III} \cdot B^2 \quad (3.65)$$

где  $K_{III}$  – коэффициент грузоподъемности шины,  $K_{III} = 0,15 \dots 0,17$  МПа,

примем  $K_{III} = 0,16$  МПа;

$$G_{III} = \frac{0,578 + 0,185}{0,356 + 0,185} \cdot 0,16 \cdot 0,185^2 = 7724,7 \text{ (Н)}$$

Значение  $G_{III}$  должно превышать максимальную нагрузку, приходящуюся на колесо, т.е. должно выполняться условие:

$$G_{III} > N_v \quad (3.66)$$

$$7724,7 \text{ (Н)} > 3840 \text{ (Н)}$$

Следовательно, условие выполнено.

### 3.2.6 Расчет упругого элемента подвески

Исходя из рекомендаций, для обеспечения у автомобиля высокой плавности хода желаемая собственная частота колебаний подрессоренных масс пе-



редней подвески должна быть в диапазоне 55...80 мин<sup>-1</sup> (0,9...1,3 Гц). Таким образом примем значение собственной частоты колебаний передней подвески:

$$n_{\text{п}} = 67 \text{ мин}^{-1} (1,12 \text{ Гц})$$

Тогда жесткость передней подвески:

$$C = 5,59 \cdot 10^{-6} \cdot n_{\text{п}}^2 \cdot (m_{\text{п}} - m_{\text{нм}}) \quad (3.67)$$

$$C = 17,25 \text{ (кг/см)}$$

При проектировании подвески расчетной является конструктивная нагрузка, приходящиеся на ось.

Требуемая жесткость пружины определяется исходя из жесткости подвески:

$$C_{\text{п}} = i_{\text{г}}^2 \cdot C, \quad (3.68)$$

где  $i_{\text{г}}$  – мгновенная передаточная функция направляющего аппарата подвески в статике по силам, определяемая соотношением:

$$i_{\text{г}} = A_{\text{г}} / N_{\text{г}} \quad (3.69)$$

$$i_{\text{г}} = 1,063$$

$$C_{\text{п}} = 19,49 \text{ (кг/см)}$$

Упругий элемент проектируемой подвески состоит из двух последовательно соединенных пружин, одна из которых обладает меньшей жесткостью, и предназначена для повышения плавности хода при движении по дороге с хорошим покрытием (небольшие неровности).

Произведем подбор параметров пружин подвески, учитывая, что их суммарная жесткость должна быть равна 19,5 кг/см.

Примем для дальнейших расчетов, что пружина с большей жесткостью будет называться основной, а с меньшей – дополнительной.

При последовательном соединении упругих элементов формула для определения их суммарной жесткости принимает вид:

$$C_{\text{пс}} = C_{\text{оп}} \cdot C_{\text{дп}} / (C_{\text{оп}} + C_{\text{дп}}) \quad (3.70)$$

Исходя из анализа конструкций аналогов примем следующие предварительные значения жесткости пружин:

$$C_{\text{оп}} = 50 \text{ (кг/см)}$$

$$C_{\text{дп}} = 30 \text{ (кг/см)}$$

$$C_{\text{пс}} = 18,8 \text{ кг/см}$$

Определим число рабочих витков пружины:

$$z = \frac{G_{II} \cdot d_{II}^4}{8 \cdot C_{II} \cdot D_{CP}^3}, \quad (3.71)$$

где  $G_{II}$  – модуль Юнга II-го рода, кг/см<sup>2</sup>,  $G_{II} = 780000$  кг/см<sup>2</sup>;

$d_{II}$  – диаметр прутка, мм; примем  $d_{II}^o = 12,8$  мм,  $d_{II}^d = 12,4$  мм;

$D_{CP}$  – средний диаметр пружины, мм; примем  $D_{CP}^o = D_{CP}^d = 120$  мм.

$$z^o = 3,03 \Rightarrow \text{примем число рабочих витков } z^o = 3$$

$$z^d = 4,45 \Rightarrow \text{примем число рабочих витков } z^d = 4$$

Полное число витков пружины:

$$z_{II} = z + 4/3 \quad (3.72)$$

$$z_{II}^o = 4,33$$

$$z_{II}^d = 5,33$$

Фактическую жесткость пружин:

$$C_{II} = \frac{G_{II} \cdot d_{II}^4}{8 \cdot z \cdot D_{CP}^3} \quad (3.73)$$

$$C_{II}^o = 35,0 \text{ кг/см}$$

$$C_{II}^d = 25,0 \text{ кг/см}$$

$$C_{\Sigma} = 14,6 \text{ кг/см}$$

Фактическую же жесткость подвески:

$$C^{\phi}_{II} = C_{\Sigma} / i^2_{\gamma} \quad (3.74)$$

$$C^{\phi}_{II} = 12,93 \text{ кг/см}$$

Нагрузка на колесо:

$$P_k = (N_v - m_{III} \cdot g) \cdot i_{\gamma} \quad (3.75)$$

Таким образом:

при снаряженной нагрузке  $P^c_k = 3019,8$  (Н)

при конструктивной нагрузке  $P^k_k = 3271,6$  (Н)

при полной нагрузке  $P^{II}_k = 3455,4$  (Н)

Статический прогиб пружин:

$$f_{CT} = \frac{P^II_k}{C_{II}} \quad (3.76)$$

$$f_{CT}^o = 86,3 \text{ (мм)}$$

$$f_{CT}^d = 120,6 \text{ (мм)}$$

Суммарный статический прогиб пружин:

$$f_{CT}^{\Sigma} = f_{CT}^o + f_{CT}^d \quad (3.77)$$

$$f_{CT}^{\Sigma} = 206,9 \text{ (мм)}$$

Частота свободных колебаний:

$$n_0 = \sqrt{\frac{300^2}{f_{CT}^{\Sigma}}} \quad (3.78)$$

$$n_0 = 66,0 \text{ (рад/мин)}$$

Полученное значение частоты укладывается в рекомендуемый интервал.

Определим полный ход пружины

$$h_{\Pi} = K \cdot \frac{P_{\Pi K}^{\Pi}}{C_{\Pi}} \quad (3.79)$$

где  $K$  – коэффициент динамичности; примем  $K^o = 1,6$ ,  $K^d = 1,0$

$$h_{\Pi}^o = 158 \text{ (мм)}$$

$$h_{\Pi}^d = 138 \text{ (мм)}$$

Длина пружины, сжатой до соприкосновения витков:

$$H_3 = (z_{\Pi} + 1) \cdot d_{\Pi P} + 0,25 \cdot z_{\Pi} + 0,5 \cdot d_{\Pi P} \quad (3.80)$$

$$H_3^o = 76 \text{ (мм)}$$

$$H_3^d = 86 \text{ (мм)}$$

Длина пружины, сжатой до соприкосновения витков с учетом минимального зазора между витками (динамическая длина пружины):

$$H_2 = H_3 + z_{\Pi} \cdot \Delta \quad (3.81)$$

где  $\Delta$  – коэффициент динамичности минимальный зазор между витками,  
примем  $\Delta = 2$  мм.

$$H_2^o = 84 \text{ (мм)}$$

$$H_2^d = 97 \text{ (мм)}$$

Найдем длину пружины в свободном состоянии:

$$H_0 = H_3 + h_{\Pi} \quad (3.82)$$

$$H_0^o = 242 \text{ (мм)}$$

$$H^d_0 = 235 \text{ (мм)}$$

Определим статический прогиб:

$$h_{CT} = \frac{P^c_K}{C_{II}} \quad (3.83)$$

$$h^o_{CT} = 86 \text{ (мм)}$$

$$h^d_{CT} = 121 \text{ (мм)}$$

Тогда длина пружины под статической нагрузкой:

$$H_1 = H_0 + h_{CT} \quad (3.84)$$

$$H^o_1 = 156 \text{ (мм)}$$

$$H^d_1 = 114 \text{ (мм)}$$

Нагрузка пружины при статической длине:

$$P_1 = P^c_K \quad (3.85)$$

$$P^o_1 = P^d_1 = 3019,8 \text{ (Н)}$$

Нагрузка пружины при полном динамической ходе сжатия:

$$P_2 = (H_0 - H_2) \cdot C_{II} \quad (3.86)$$

$$P^o_2 = 5529 \text{ (Н)}$$

$$P^d_2 = 3455 \text{ (Н)}$$

Нагрузка пружины, сжатой до соприкосновения витков, равна:

$$P_3 = (H_0 - H_3) \cdot C_{II} \quad (3.86)$$

$$P^o_3 = 5832 \text{ (Н)}$$

$$P^d_3 = 3722 \text{ (Н)}$$

### 3.2.7 Определение напряжений в пружинах

Максимальное напряжение сдвига при работе пружины наблюдается на внутренней поверхности витка пружины, так как касательные напряжения от кручения и поперечной силы суммируются.

Напряжения в цилиндрической пружине, свитой из прутка круглого сечения, для любой нагрузки:

$$t = \frac{8 \cdot k \cdot D_{CP} \cdot P}{\pi \cdot d_{III}^3} \quad (3.87)$$

где  $P$  – действующая нагрузка;

$k$  – коэффициент формы пружины, учитывающий концентрацию напряжений на внутренней поверхности витка от кривизны прутка и действия поперечной силы.

$$k = 1 + 1,5 \cdot \frac{d_{IP}}{D_{CP}} \quad (3.88)$$

$$k^o = 1,16$$

$$k^d = 1,16$$

Касательное напряжение при статической нагрузке:

$$t_{CT}^o = 510 \text{ (МПа)}$$

$$t_{CT}^d = 559 \text{ (МПа)}$$

Касательное напряжение при динамической нагрузке

$$t_D^o = 934 \text{ (МПа)}$$

$$t_D^d = 1023 \text{ (МПа)}$$

Касательное напряжение при нагрузке замыкания пружин:

$$t_3^o = 986 \text{ (МПа)}$$

$$t_3^d = 1080 \text{ (МПа)}$$

Предел прочности для стали 60С2Г по ТУ 14-1-530-73 составляет:

$$G_S = 135 \text{ кгс/мм}^2 = 1350 \text{ МПа}$$

Условие работоспособности пружин выглядит следующим образом:

$$\frac{t_{MAX}}{G_S} < 0,85 \quad (3.89)$$

Проверим для основной пружины:

$$\frac{t_{MAX}}{G_S} = 0,73 < 0,85 \Rightarrow \text{условие выполнено.}$$

Проверим для дополнительной пружины:

$$\frac{t_{MAX}}{G_S} = 0,80 < 0,85 \Rightarrow \text{условие выполнено.}$$

Следует отметить также, что реальные касательные напряжения в пружинах меньше расчетных из-за наличия обратных остаточных напряжений от холодной осадки пружины, величина которой составляет 2,5...3,5 мм.

### 3.2.8 Определение упругой характеристики подвески

Ход отбоя следует предусмотреть не менее 65 мм. В данном случае исходным положением является автомобиль, загруженный водителем и двумя пассажирами массой по 75 кг каждый (конструктивная масса автомобиля).

$$f_{отб} = 75 \text{ (мм)}$$

При допустимой (полной) нагрузке на переднюю ось должна быть предусмотрена возможность хода сжатия до буфера подвески не менее 55 мм.

$$f_{сж} = 70 \text{ (мм)}$$

Из анализа различных легковых автомобилей следует, что ход подвески между конструктивной и полной массами автомобиля составляет 10...50 мм, т.е. максимальный ход сжатия:

$$f_c = 90 \text{ (мм)}$$

Максимальная нагрузка на колесо:

$$P_{кМАХ} = k_d \cdot P_{пк} \quad (3.90)$$

где  $k_d$  – коэффициент динамичности, примем  $k_d = 1,6$ .

$$P_{кМАХ} = 5529 \text{ (Н)}$$

Жесткость резиновых буферов:

$$C^{отб}_Б = 69,2 \text{ (кг/см)}$$

$$C^{сж}_Б = 25,0 \text{ (кг/см)}$$

Упругая характеристика представлена в виде таблицы 3.15, а также в виде графика на рисунке 3.2.

Таблица 3.15

Ход подвески $f$ , мм							
– 75	– 40	– 19	0	14	35	70	90
Сила на колесе $P$ , Н							
– 121	2755	3020	3272	3455	3722	4466	5529

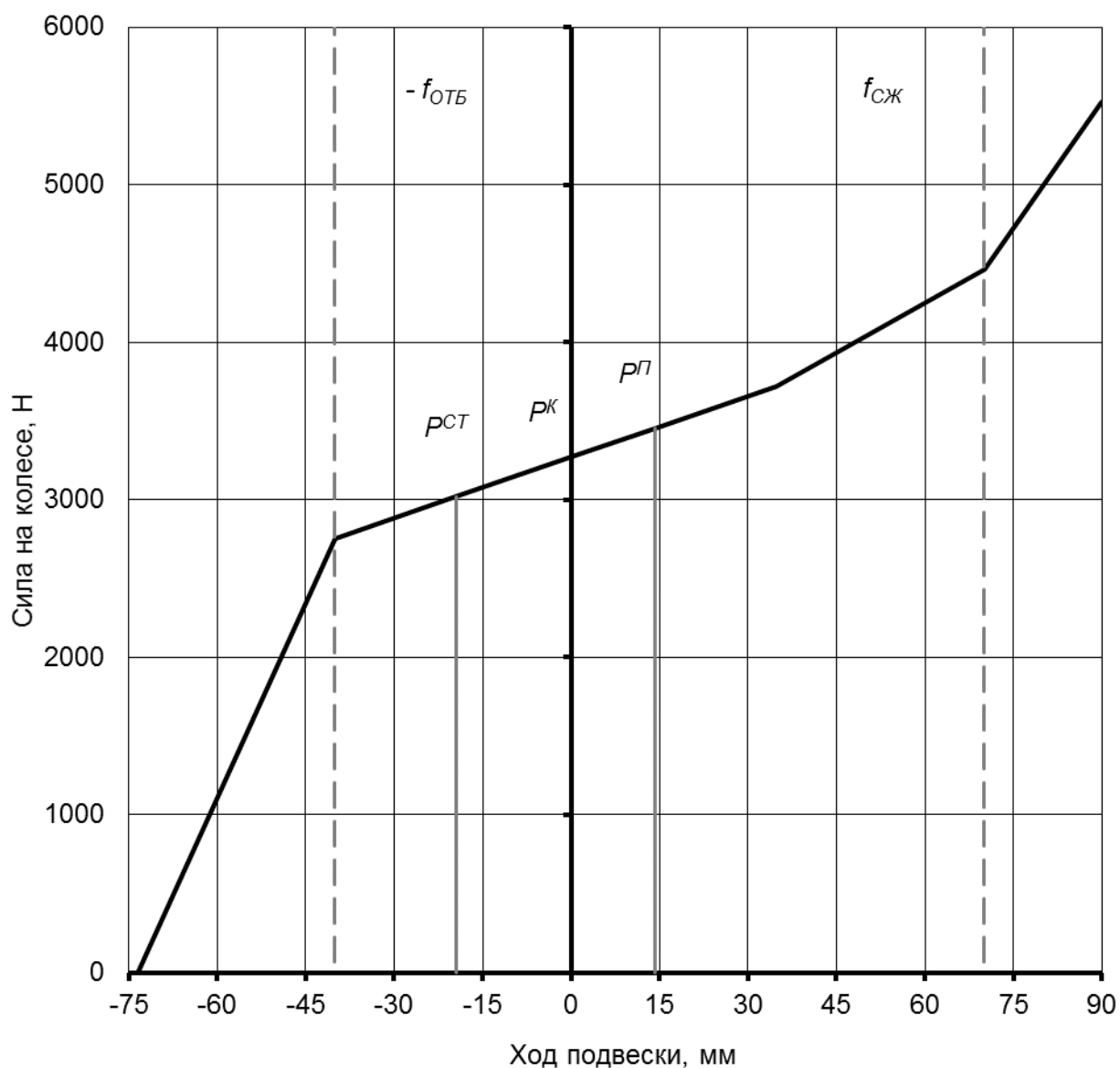


Рисунок 3.2 – Упругая характеристика передней подвески

### 3.2.9 Расчет угловой жесткости подвески

Суммарная угловая жесткость передней и задней подвески должна быть такой, чтобы характеристика крена кузова автомобиля от бокового ускорения не превышала некоторых наперед заданных значений. Распределение суммарной угловой жесткости по осям может быть различным. За его счет конструктор имеет возможность повлиять на некоторые характеристики управляемости автомобиля. В частности, большая угловая жесткость задней подвески приводит к повышенной склонности к заносу задней оси.

Наименьшее условие кручения кузова обеспечивает такое распределение угловых жесткостей, когда крены передней и задней части автомобиля могут рассматриваться независимо друг от друга.

Рассчитаем угол крена для бокового ускорения автомобиля  $j_Y = 4 \text{ м/с}^2$

При этом подвеска наружного колеса совершает ход сжатия, внутреннего колеса – ход отбоя. Нормальная жесткость подвески определяется по формуле:

$$C_N = (C_{отб} + C_{сж}) \cdot i_Y \quad (3.91)$$

$$C_N = 31 \text{ (кг/см)}$$

Угловая жесткость подвески:

$$C_Y = 0,25 \cdot B^2 \cdot C_N \quad (3.92)$$

где  $B$  – задняя колея автомобиля, мм,  $B = 1446 \text{ мм}$ .

$$C_Y = 16218 \text{ (Нм/рад)}$$

Угол крена подвески определяется:

$$\varphi = \frac{m_0 \cdot j_Y \cdot h_g}{C_Y - m_0 \cdot g \cdot h_g} \quad (3.93)$$

где  $h_g$  – центр крена автомобиля, мм,  $h_g = 400 \text{ мм}$

$$\varphi = 0,150 \text{ (рад)} = 8,58 \text{ (}^\circ\text{)}$$

Угол крена не должен превышать  $4^\circ \Rightarrow$  условие не выполняется.

Следовательно, необходимо увеличить угловую жесткость подвески. Необходимую дополнительную жесткость подвески найдем из условия равенства крена:

$$C_{Y2} = m_0 \cdot g \cdot h_g + \frac{m_0 \cdot j_Y \cdot h_g}{\varphi} \quad (3.94)$$

где  $\varphi$  – максимально допустимый угол крена, мм,  $\varphi = 4^\circ = 0,070 \text{ рад}$ .

$$C_{Y2} = 29794 \text{ (Нм/рад)}$$

$$\Delta C_Y = C_{Y2} - C_Y \quad (3.95)$$

$$\Delta C_Y = 13575 \text{ (Нм/рад)}$$

Дополнительную угловую жесткость можно обеспечить за счет стабилизатора поперечной устойчивости.



### 3.2.10 Стабилизатор поперечной устойчивости

Стабилизатор поперечной устойчивости относится к стабилизирующим упругим элементам подвески. Предлагаемый стабилизатор имеет такую конструкцию: штанга стабилизатора соединяется с рычагом подвески при помощи короткой стойки, имеющей две головки. В нижнюю головку запрессован резинометаллический шарнир, через который проходит болт крепления стойки к рычагу подвески. В другую головку запрессована резиновая втулка, через которую проходит конец штанги стабилизатора. Средняя (торсионная) часть стабилизатора крепится к лонжеронам кузова двумя кронштейнами, в которых расположены подушки.

Стабилизатор поперечной устойчивости применяется для уменьшения поперечного крена поддресоренной части. Он увеличивает угловую жесткость подвески, уменьшая угол крена поддресоренной части автомобиля при действии на нее боковой силы.

Увеличение угловой жесткости передней или задней подвески сопровождается увеличением динамического перераспределения нагрузки между внутренним и наружным колесами этой оси. А это при неизменном направляющем усилии колес оси будет вызывать увеличение среднего угла увода для колес данной оси.

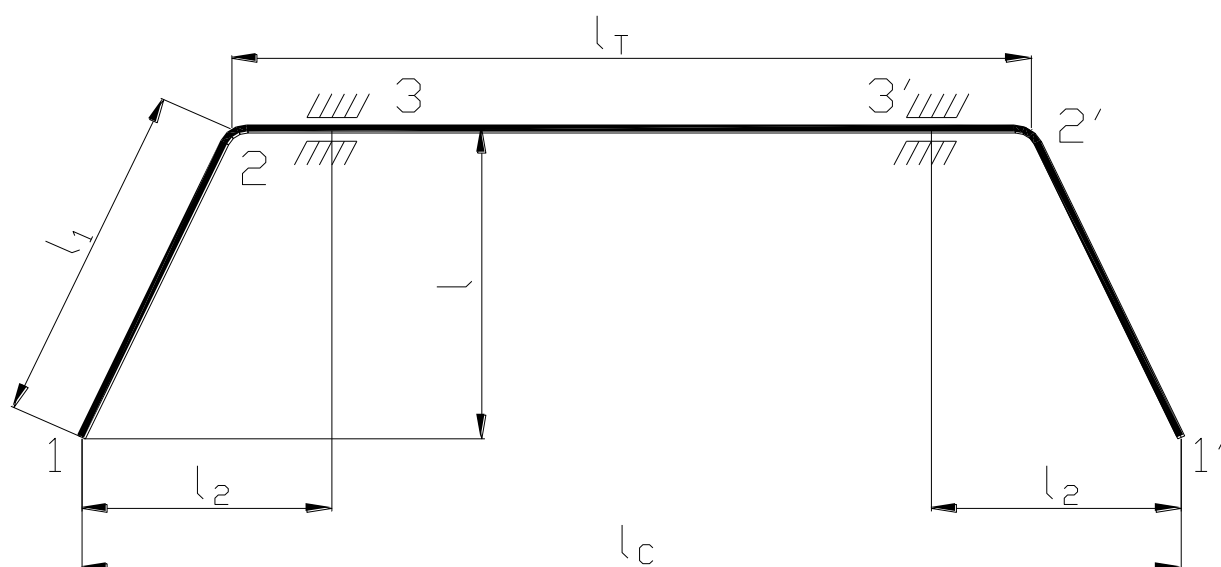


Рисунок 3.3 – Схема стабилизатора поперечной устойчивости

Исходные данные для проведения расчета стабилизатора:

Перемещение одного конца стабилизатора относительно другого:

$$f_c = 105 \text{ (мм)}$$

Геометрические параметры стабилизатора, в соответствии с рисунком 3.3:

$$l_c = 1726 \text{ (мм)}; l = 200 \text{ (мм)}; l_1 = 210 \text{ (мм)}; l_T = 1400 \text{ (мм)}; l_2 = 163 \text{ (мм)}; d = 22 \text{ (мм)};$$

$$E = 2000000 \text{ (кг/см}^2\text{)}$$

Жесткость стабилизатора:

$$C_T = \frac{3 \cdot E \cdot J}{4 \cdot l_T \cdot l^2 + 2 \cdot l_1^3 + l_2^2 \cdot (l_c - 2 \cdot l_2)}, \quad (3.96)$$

где  $J$  – момент инерции, см<sup>4</sup>.

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad (3.97)$$

$$J = 1,150 \text{ (см}^4\text{)}$$

$$C_T = 24,67 \text{ (кг/см)}$$

Усилие  $P$ , приложенное к концам стабилизатора:

$$P_{CT} = C_T \cdot f_c \cdot g \quad (3.98)$$

$$P_{CT} = 2539,9 \text{ (Н)}$$

Наиболее опасное сечение стабилизатора находится в точке 2.

Изгибающий момент в опасном сечении:

$$M_{изг} = P_{CT} \cdot l_1 \quad (3.99)$$

$$M_{изг} = 533,38 \text{ (Нм)}$$

Напряжение изгиба в опасном сечении:

$$\sigma = \frac{M_{изг}}{\pi \cdot \frac{d^3}{32}} \quad (3.100)$$

$$\sigma = 510,2 \text{ (МПа)}$$

Крутящий момент в опасном сечении:

$$M_{кр} = P_{CT} \cdot l \quad (3.101)$$

$$M_{кр} = 507,98 \text{ (Нм)}$$

Напряжение кручения в опасном сечении:

$$\tau = \frac{M_{KP}}{\pi \cdot \frac{d^3}{16}} \quad (3.102)$$

$$\tau = 243,0 \text{ (МПа)}$$

Приведенные напряжения по 3-й теории прочности:

$$\sigma_{ПП} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} \quad (3.103)$$

$$\sigma_{ПП} = 704,61 \text{ (МПа)}$$

Предел прочности для стали 60С2Г:  $\sigma_S = 13500 \text{ кг/см}^2$  (1323,94 МПа).

Проверим выполняется ли условие работоспособности  $\sigma_{ПП} < \sigma_S$ :

$$704,61 \text{ МПа} < 1323,94 \text{ МПа} \Rightarrow \text{условие выполняется.}$$

### 3.2.11 Демпфирующая характеристика подвески

Демпфирование в подвеске оказывает существенное влияние на колебания автомобиля. Усилие демпфирования зависит от скорости деформации подвески. Обычно для оценки демпфирования используется коэффициент относительного демпфирования колебаний:

$$\Psi_{II} = \frac{K_{II}}{2 \cdot \sqrt{C_{II} \cdot m_{II}}} , \quad (3.104)$$

где  $K_{II}$  – коэффициент сопротивления, приведенный к колесу, учитывающий только гидравлическое сопротивление, кгс/м:

$$K_{II} = \frac{F_A}{V_{II} \cdot i_x^2} , \quad (3.105)$$

где  $V_{II}$  – скорость поршня амортизатора, м/с;

$F_A$  – сила, развиваемая амортизатором, приведенная к точке контакта колеса с дорогой, Н;

$i_x$  – кинематическое передаточное отношение подвески.

$$V_{II} = \frac{3,14 \cdot S \cdot n_D}{60} , \quad (3.106)$$

где  $S$  – ход поршня амортизатора, мм,  $S = 60$  мм;

$n_D$  – частота колебаний при испытаниях амортизатора,  $\text{мин}^{-1}$ , обычно

понимается  $n_D = 100 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_{II} = 314 \text{ мм/с}$$

Сила  $F_A$ , входящая в расчет коэффициента сопротивления  $K_{II}$ , получается из усилия отбоя  $F_{OTB}$ , развиваемого амортизатором при ходе отбоя подвески, и возникающего при ходе сжатия усилия сжатия  $F_{СЖ}$ .

$$F_A \approx \frac{F_{OTB} + F_{СЖ}}{2} \quad (3.107)$$

В действительности колебания колес наиболее эффективно гасятся при сопротивлении с отношением отбой / сжатие равным 1. Усилия сжатия в амортизаторе уменьшают ход сжатия подвески, при этом пружина запасает меньшую энергию, что ведет к уменьшению изменения нагрузки на колесо, то есть улучшению контакта колеса с дорогой. Недостатком при этом является ухудшение плавности хода, устойчивости на поворотах и более жесткое качение шин. Поэтому на обеих осях автомобиля применяют амортизаторы с соотношением усилий отбоя и сжатия  $d = 3 \div 5$  спереди и  $d = 1,5 \div 4$  сзади.

Возьмем соотношение отбой / сжатие:

$$d = 4$$

Тогда:

$$F_{OTB} = 4 \cdot F_{СЖ} \quad (3.108)$$

$$F_A \approx \frac{4 \cdot F_{СЖ} + F_{СЖ}}{2} = \frac{5 \cdot F_{СЖ}}{2} \quad (3.109)$$

Усилие на ходе сжатия амортизатора:

$$F_{СЖ} = 52 \text{ (Н)}$$

$$F_A = 130 \text{ (Н)}$$

$$i_X = 1 + \sqrt{\text{tg}^2(\delta_0 - \alpha) + \text{tg}^2(\varepsilon)}, \quad (3.110)$$

где  $\delta_0$  – угол поперечного наклона оси поворота, град,  $\delta_0 = 13,2^\circ$ ;

$\alpha$  – угол между осью амортизатора и осью поворота, град,  $\alpha = 7,7^\circ$ ;

$\varepsilon$  – угол продольного наклона оси поворота, град,  $\varepsilon = 0,77^\circ$ .

$$K_{II} = 343,9 \text{ (кгс/м)}$$

$$\Psi_{II} = 0,25$$

Желательный для демпфирования диапазон: 0,25...0,3.

Важную роль для обеспечения колебаний колес без отрыва от дороги играет величина относительного демпфирования колебаний колеса.

$$\Psi_K = \frac{K_{II} + K_K}{2 \cdot \sqrt{(C_{II} + C_K \cdot K_F) \cdot m_K}}, \quad (3.111)$$

где  $C_K$  – жесткость колеса, кг/см,  $C_K = 176,8$  кг/см;

$K_K$  – собственное демпфирование шины, Н/см,  $K_K = 30$  Н/см;

$K_F$  – коэффициент увеличения жесткости колеса, зависит от материала корда в брекере,  $K_F = 1,05$ .

$$\Psi_K = 0,26$$

## 4 Технологическая часть

### 4.1 Выбор и обоснование сборки передней подвески

Основными организационными формами сборки являются стационарная и подвижная.

При стационарной сборке изделие полностью собирают на основном сборочном посту. Все детали и сборочные единицы, требуемые для сборки изделия, поступают на этот пост.

При подвижной сборке собираемое изделие последовательно перемещается по сборочным постам, на каждом из которых выполняется определенная операция. Посты оборудуются приспособлениями и инструментами, необходимыми для выполнения данной операции. Детали и узлы для сборки поступают на соответствующие посты.

Для сборки передней подвески целесообразно применение поточной формы сборки.

При поточной сборке процесс разбивают таким образом, что каждую операцию выполняет один рабочий или определенная группа рабочих. Объект сборки обычно последовательно перемещается от одного рабочего поста к другому. Однако при сборке крупногабаритных и тяжелых изделий они могут оставаться неподвижными на стендах, расположенных в технологической последовательности, а рабочий или группа рабочих выполняют на каждом объекте определенную операцию или комплекс работ, после этого переходят к следующему объекту, где осуществляют следующую операцию.

### 4.2 Анализ изменений конструкции, приводящих к изменению технологии сборки

Основные изменения конструкции разрабатываемой передней подвески от базовой передней подвески автомобиля LADA Granta 2191 заключаются в следующем:

- ✓ изменена конструкция пружины передней подвески (вместо одной штатной пружины предлагается использование двух последовательно установленных пружин разной жесткости);
- ✓ нижняя опора пружины имеет возможность регулировки по высоте относительно стойки;
- ✓ добавляется новый элемент, который располагается между пружинами и являющийся нижней опорой для верхней пружины и верхней опорой для нижней пружины.

Необходима разработка технологического процесса сборки модернизированной передней подвески. Детали в разработке новых технологических процессов не нуждаются, поскольку являются модернизацией уже выпускаемых и для их производства требуется лишь перенастройка обрабатывающего оборудования.

#### 4.3 Определение параметров организационной формы сборки

Выбор рациональной организации сборки во многом определяет эффективность всего производства изделий в машиностроении. Прежде всего исходят из основных требований, предъявляемых к процессу сборки, экономии рабочего времени и средств, сокращения продолжительности цикла, рационального использования производственных площадей.

Как уже отмечалось выше, для сборки передней подвески целесообразно применение поточной формы.

Наибольшее распространение поточная форма сборки получила в крупносерийном и массовом производстве.

Определим параметры организационной формы сборки:

- ✓ **Годовой фонд рабочего времени.**

$$\Phi = D_p \cdot n \cdot T_{CM} \cdot \eta_p, \quad (4.1)$$

где  $D_p$  – число рабочих дней в году,  $D_p = 259$  дней;

$c$  – число рабочих смен за день,  $c = 1$ ;

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

$\eta_p$  – коэффициент, учитывающий потери времени на ремонт оборудования,  $\eta_p = 0,98$  при двухсменной работе.

$$\Phi = 259 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 0,98 = 2030,56 \text{ (час)}$$

✓ **Такт линии.**

$$T = \frac{60 \cdot \Phi}{N}, \quad (4.2)$$

где  $N$  – годовой объем выпуска, штук,  $N = 20000$  штук.

$$T = \frac{60 \cdot 2030,56}{20000} = 6,09 \text{ (мин/шт.)}$$

#### 4.4 Составление перечня сборочных работ

Перечень сборочных работ выполняется в виде таблицы, содержащей наименования сборочных работ в последовательности, диктуемой технологической схемой общей и узловой сборки, и данные по нормированию всех необходимых видов работ.

Перечень сборочных работ при сборке передней подвески показан в таблице 4.1.

Таблица 4.1

№ п/п	Операция	Время (мин.)
<b>Узловая сборка стойки передней подвески</b>		
1	Взять с опоры-вертушки и установить на стенд стойку телескопическую передней подвески правую 16.ДП.01.004-2905002	0,6
2	Вытянуть шток стойки телескопической до отказа	0,5
3	Установить на стойку буфер хода сжатия с защитным кожухом в сборе 16.ДП.01.004-2902812	0,3
4	Установить на буфер хода сжатия ограничитель хода сжатия верхней опоры 16.ДП.01.004-2902834	0,4
5	Установить на опорную чашку стойки пружину передней подвески нижнюю 16.ДП.01.004-2902720	0,3
6	Установить на пружину передней подвески нижнюю промежуточную опору 16.ДП.01.004-2902780	0,2
7	Установить на промежуточную опору пружину передней подвески верхнюю 16.ДП.01.004-2902715	0,25
8	Сжать пружины передней подвески	0,45



Продолжение таблицы 4.1

9	Установить на верхний виток пружины прокладку, изолирующую передней подвески верхнюю 16.ДП.01.004-2902723	0,3
10	Установить на прокладку изолирующую чашку пружины передней подвески 16.ДП.01.004-2902760	0,3
11	Установить шарикоподшипник 16.ДП.01.004-2902855	0,3
12	Установить на шток стойки чашку пружины передней подвески верхнюю, опору стойки верхнюю с болтами в сборе 16.ДП.01.004-2902760	0,45
13	Закрепить опору стойки верхнюю гайкой М14х1.5 1/25748, поддерживая спец. ключом шток стойки от проворачивания	0,4
14	Затянуть гайку предельным ключом	0,4
15	Установить колпак защитный опоры стойки передней подвески 16.ДП.01.004-2901054	0,4
16	Отжечь пружину стойки телескопической, вынуть стойку правую 16.ДП.01.004-2901030 из приспособления	0,5
ИТОГО		6,05
Общая сборка стойки передней подвески с тормозами с поворотным кулаком и ступицей в сборе		
1	Взять с опоры- вертушки и установить на стенд стойку телескопическую передней подвески в сборе 16.ДП.01.004-2901030, уложив ее в ложемент на стенде	0,8
2	Установить на стенд тормоз передний с поворотным кулаком и ступицей в сборе 16.ДП.01.004-3501010	1,0
3	Вставить в верхние отверстия: болт крепления шайбу, а в нижние отверстия: болт М12х1,25 и закрепить, не затягивая гайкой М12х1,25. Закрывать защитный кожух на защелку	0,4
4	Подвести упор стенда к пальцу шаровому передней подвески и зафиксировать	0,4
5	Сориентировать четыре болта опоры верхней стойки с силовым механизмом стенда, нажав две кнопки; сжать пружину передней подвески силовым механизмом стенда до статического состояния	0,9
6	Подвести индикаторы к плоскости диска переднего тормоза, вращением верхнего болта крепления отрегулировать угол развала $0^\circ \pm 15'$ , выводя стрелку на ноль	0,4
7	Закрепить гайку крепления окончательно	0,2
8	Произвести дозатяжку гаек предельным ключом до 77,5...96,1 Нм	0,2
9	Отвести индикаторы от плоскости диска	0,2
10	Нажатием кнопки освободить пружину и отвести упор от шарового пальца	0,2

Продолжение таблицы 4.1

11	Протянуть через три кольца, расположенные на тормозных шлангах, провод тормозных накладок и надеть на контактную колодку. Одеть на контакт датчика износа тормозных накладок колодку. Соединить колодки (касание проводов о кронштейн не допускается)	0,4
12	Установить уплотнитель шланга тормоза в гнездо на стойке	0,35
13	Проверить качество выполненных операций и поставить личное клеймо	0,4
14	Снять со стенда собранные стойки телескопические с поворотным кулаком и тормозом в сборе и установить на опору-вертушку	0,2
ИТОГО		6,05
$\Sigma t_{оп}$		12,1

#### 4.5 Определение суммарной трудоемкости сборки

Общее оперативное время на все виды работ:

$$t_{оп}^{ОБЩ} = \Sigma t_{оп} \quad (3.1)$$

$$t_{оп}^{ОБЩ} = 12,1 \text{ (мин).}$$

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  $\alpha = 2...3\%$ , примем  $\alpha = 2,5\%$ ;

$\beta$  – часть оперативного времени на перерывы для отдыха  $\beta = 4...6\%$ , примем  $\beta = 5\%$ .

$$t_{шт}^{ОБЩ} = 12,1 + 12,1 \cdot \left( \frac{2,5}{100} + \frac{5}{100} \right) = 13,01 \text{ (мин).}$$

#### 4.6 Разработка технологического процесса сборки передней подвески

Содержание операций технологического процесса сборки передней подвески представлено в таблице 4.2 и таблице 4.3.

Таблица 4.2

Узловая сборка стойки передней подвески				
№ п/п	Операция	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время (мин.) $t_{оп}$
005	Сборочная	1. Взять с опоры-вертушки и установить на стенд стойку телескопическую передней подвески правую 16.ДП.01.004-2905002	Грузонесущий подвесной конвейер	0,6
		2. Вытянуть шток стойки телескопической до отказа		0,5
		3. Установить на стойку буфер хода сжатия с защитным кожухом в сборе 16.ДП.01.004-2902812	Стенд для сборки стойки телескопической	0,3
		4. Установить на буфер хода сжатия ограничитель хода сжатия верхней опоры 16.ДП.01.004-2902834		0,4
		5. Установить на опорную чашку стойки пружину передней подвески нижнюю 16.ДП.01.004-2902720	Опора-вертушка	0,3
		6. Установить на пружину передней подвески нижнюю промежуточную опору 16.ДП.01.004-2902780		0,2
		7. Установить на промежуточную опору пружину передней подвески верхнюю 16.ДП.01.004-2902715	Ключ предельный	0,25
		8. Сжать пружины передней подвески		0,45
		9. Установить на верхний виток пружины прокладку, изолирующую передней подвески верхнюю 16.ДП.01.004-2902723	Гайковерт пневматический	0,3
		10. Установить на прокладку изолирующую чашку пружины передней подвески 16.ДП.01.004-2902760		0,3
		11. Установить шарикоподшипник 16.ДП.01.004-2902855	Вставка трещоточная	0,3
		12. Установить на шток стойки чашку пружины передней подвески верхнюю, опору стойки верхнюю с болтами в сборе 16.ДП.01.004-2902760		0,45

Продолжение таблицы 4.1

	13. Закрепить опору стойки верхнюю гайкой М14х1.5 1/25748, поддерживая спец. ключом шток стойки от проворачивания		0,4
	14. Затянуть гайку предельным ключом		0,4
	15. Установить колпак защитный опоры стойки передней подвески 16.ДП.01.004-2901054		0,4
	16. Отжать пружину стойки телескопической, вынуть стойку правую 16.ДП.01.004-2901030 из приспособления		0,5
Итоговое время на выполнение операции			6,05

Таблица 4.3

Общая сборка стойки передней подвески с тормозами с поворотным кулаком и ступицей в сборе				
№ п/п	Операция	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время (мин.) <i>t<sub>оп</sub></i>
005	Сборочная	1. Взять с опоры- вертушки и установить на стенд стойку телескопическую передней подвески в сборе 16.ДП.01.004-2901030, уложив ее в ложемент на стенде	Грузонесущий подвесной конвейер	0,8
		2. Установить на стенд тормоз передний с поворотным кулаком и ступицей в сборе 16.ДП.01.004-3501010	Стенд для сборки стойки телескопической	1,0
		3. Вставить в верхние отверстия: болт крепления шайбу, а в нижние отверстия: болт М12х1,25 и закрепить, не затягивая гайкой М12х1,25. Закрывать защитный кожух на защелку	Опора-вертушка	0,4
		4. Подвести упор стенда к пальцу шаровому передней подвески и зафиксировать	Гайковерт пневматический	0,4
		5. Сориентировать четыре болта опоры		0,9

Продолжение таблицы 4.3

	ры верхней стойки с силовым механизмом стенда, нажав две кнопки; сжать пружину передней подвески силовым механизмом стенда до статического состояния	Головка S = 19 мм	
	6. Подвести индикаторы к плоскости диска переднего тормоза, вращением верхнего болта крепления отрегулировать угол развала $0^\circ \pm 15'$ , выводя стрелку на ноль	Ключ специальный	0,4
	7. Закрепить гайку крепления окончательно	Вставка трещоточная	0,2
	8. Произвести дозатяжку гаек предельным ключом до 77,5...96,1 Нм	Молоток слесарный двойной по ГОСТ 2310-77	0,2
	9. Отвести индикаторы от плоскости диска		0,2
	10. Нажатием кнопки освободить пружину и отвести упор от шарового пальца		0,2
	11. Протянуть через три кольца, расположенные на тормозных шлангах, провод тормозных накладок и надеть на контактную колодку. Одеть на контакт датчика износа тормозных накладок колодку. Соединить колодки (касание проводов о кронштейн не допускается)		0,4
	12. Установить уплотнитель шланга тормоза в гнездо на стойке		0,35
	13. Проверить качество выполненных операций и поставить личное клеймо		0,4
	14. Снять со стенда собранные стойки телескопические с поворотным кулаком и тормозом в сборе и установить на опору-вертушку		0,2
Итоговое время на выполнение операции			6,05

## 5 Анализ экономической эффективности объекта

### 5.1 Экономическое обоснование модернизации передней подвески автомобиля LADA Granta 2191

В данном дипломном проекте предлагается модернизировать переднюю подвеску автомобиля LADA Granta 2191 путем появления модификации с регулируемой пружиной, позволяющей изменять дорожный просвет в зависимости от условий эксплуатации автомобиля, а также обеспечить более плавное движение по небольшим неровностям и лучшую управляемость в поворотах. Применение модернизированной конструкции, таким образом, повышает потребительские качества автомобиля, такие как, например, комфортность при управлении, уровень активной безопасности при езде.

Модернизация передней подвески заключается в применении в качестве упругого элемента подвески двух последовательно установленных пружин, обладающих различной жесткостью, между которыми располагается свободно скользящий по корпусу амортизатора элемент, который одновременно играет роль нижней чашки верхней пружины и верхней чашки нижней пружины. Нижняя опора пружин имеет возможность регулировки, позволяя изменять дорожный просвет автомобиля в зависимости от конкретных условий эксплуатации. В процессе обычной езды работают обе пружины, причем их суммарная жесткость ниже, чем жесткость штатной пружины, что позволяет обеспечить более высокую плавность хода в сравнении с базовым вариантом. В случае езды по неровной дороге при резком увеличении хода сжатия подвески витки одной из пружин смыкаются, далее продолжает работать только вторая пружина. Жесткость одной пружины выше жесткости двух работающих последовательно пружин, при этом каждая из пружин обладает линейной характеристикой жесткости. Таким образом, при движении по неровной дороге при увеличении хода сжатия происходит резкое увеличение жесткости упругого элемента за счет исключения из работы одной из пружин, тем самым уменьшая вероятность пробоя подвески.

Таким образом можно сделать вывод, что предлагаемая модернизация передней подвески автомобиля LADA Granta 2191 приводит к повышению по-

требительских качеств автомобиля в сравнении с базовым вариантом, из чего следует необходимость проведения технико-экономического сравнительного анализа экономических показателей проектируемого и базового вариантов для определения экономического эффекта от предложенных технических решений.

За базовый вариант принята передняя подвеска автомобиля LADA Granta 2191 со штатной пружиной.

## 5.2 Расчет себестоимости проектируемой передней подвески

Исходные данные для расчета себестоимости проектируемой передней подвески представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

№ п/п	Наименование показателей	Обозначение	Ед. изм.	Значение
А	1	2	3	4
1	Годовая программа выпуска	$V_{ГОД}$	шт.	20000
2	Коэффициент отчислений в социальные фонды	$E_{СОЦ.Н}$	%	30
3	Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	$K_{ПРЕМ}$	%	25
4	Коэффициент доплат или выплат, не связанных с работой на производстве	$K_{ВЫП}$	%	20
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	$K_{РЕНТ}$	%	20
11	Коэффициенты транспортно-заготовительных расходов	$K_{ТЗР}$	%	2,45
12	Коэффициент возвратных отходов	$K_{ВОТ}$	%	1,5
13	Коэффициент капиталобразующих инвестиций	$K_{ИНВ}$	%	2,4

Затраты на сырье и материалы:

$$M = C_{Mi} \cdot Q_{Mi} \cdot \left( 1 + \frac{K_{ТЗР}}{100} - \frac{K_{ВОТ}}{100} \right), \quad (5.1)$$

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

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

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

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

Расчет выполнен в табличной форме и представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2

№ п/п	Наименование материалов	Норма расхода	Средняя цена за ед. изм., руб	Сумма, руб
1	Сталь 50ХГФА	9,1	39,9	363,09
2	30 Сталь 30ХГНМ	0,8	53,92	43,14
3	Плита 30 В-95	0,6	160,33	96,20
4	Сталь 30ХГСА	9,8	32,49	318,40
5	Лист 2,0 Ст30ХГСА	0,32	119,95	38,38
6	Плита 30 В-95	2,34	160,33	375,17
7	Лист В3,0 Ст30ХГСА	0,12	120,95	14,51
8	Лист 3,0 Ст30ХГСА	2,42	120,95	292,70
9	Пруток Ст60С2А	4,9	62,7	307,23
10	Пруток Ст50ХФА	2,06	63,74	131,30
11	Поковка Сталь 30ХМ	2,75	54,41	149,63
ИТОГО:				2129,75
Транспортно-заготовительные расходы:				52,18
Возвратные отходы:				31,95
ВСЕГО:				2149,98

Затраты на покупные изделия и полуфабрикаты:

$$P_{II} = C_i \cdot n_i \cdot \left( 1 + \frac{K_{ТЗР}}{100} \right), \quad (5.2)$$

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 5.3.



Таблица 5.3

№ п/п	Наименование полуфабрикатов	Количество	Средняя цена за 1 шт., руб	Сумма, руб
1	Гайки	18	8,48	152,64
2	Шайбы	18	2,51	45,18
3	Болты крепления	8	18,57	148,56
4	Шарниры	8	87,69	701,52
5	Чашки	2	66,58	133,16
6	Подушки крепления	6	20,54	123,24
7	Прокладки изолирующие	6	55,65	333,90
8	Опоры пружины	2	44,44	88,88
9	Шайбы опорные	6	11,29	67,74
10	Втулки рычагов	8	16,36	130,88
11	Опора шаровая	2	326,78	653,56
ИТОГО:				2579,26
Транспортно-заготовительные расходы:				63,19
ВСЕГО:				2642,45

Затраты на основную заработную плату производственных рабочих:

$$Z_o = Z_T \cdot \left(1 + \frac{K_{ПРЕМ}}{100}\right), \quad (5.3)$$

где  $K_{ПРЕМ}$  – коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве, %;

$Z_T$  – тарифная заработная плата, руб., которая рассчитывается по формуле:

$$Z_T = C_P \cdot T, \quad (5.4)$$

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 5.4.

Таблица 5.4

№ п/п	Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость, час	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
1	Заготовительные	3	0,39	80,56	31,42
2	Штамповка	3	0,65	80,56	52,36

Продолжение таблицы 5.4

3	Сварочные	4	0,79	89,72	70,88
4	Мехобработка	5	0,95	98,47	93,55
5	Термообработка	3	0,63	80,56	50,75
6	Сборочные	4	0,21	89,72	18,84
ИТОГО:					317,8
Премииальные доплаты:					79,45
Основная з/п:					397,25

Затраты на дополнительную заработную плату производственных рабочих:

$$Z_{\text{ДОП}} = Z_{\text{О}} \cdot \frac{K_{\text{ВЫП}}}{100}, \quad (5.5)$$

где  $K_{\text{ВЫП}}$  – коэффициент доплат или выплат, не связанных с работой на производстве, %.

$$Z_{\text{ДОП}} = 397,25 \cdot 20/100 = 79,45 \text{ (руб)}.$$

Затраты на отчисления в единый социальный налог:

$$C_{\text{СОЦ.Н}} = (Z_{\text{О}} + Z_{\text{ДОП}}) \cdot \frac{E_{\text{СОЦ.Н}}}{100}, \quad (5.6)$$

где  $E_{\text{СОЦ.Н}}$  – коэффициент отчислений в социальные и страховые фонды, %.

$$C_{\text{СОЦ.Н}} = (397,25 + 79,45) \cdot 30/100 = 143,01 \text{ (руб)}.$$

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$C_{\text{СОД.ОБОР}} = Z_{\text{О}} \cdot \frac{E_{\text{ОБОР}}}{100}, \quad (5.7)$$

где  $E_{\text{ОБОР}}$  – коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, %.

$$C_{\text{СОД.ОБОР}} = 397,25 \cdot 194/100 = 770,67 \text{ (руб)}.$$

Цеховые расходы:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = Z_{\text{О}} \cdot \frac{E_{\text{ЦЕХ}}}{100}, \quad (5.8)$$

где  $E_{\text{ЦЕХ}}$  – коэффициент цеховых расходов, %.

$$C_{\text{ЦЕХ}} = 397,25 \cdot 183/100 = 726,97 \text{ (руб)}.$$

Затраты на инструмент и оснастку:

$$C_{ИНСТР} = 3_о \cdot \frac{E_{ИНСТР}}{100}, \quad (5.9)$$

где  $E_{ИНСТР}$  – коэффициент расходов на инструмент и оснастку, %.

$$C_{ИНСТР} = 397,25 \cdot 3/100 = 11,92 \text{ (руб)}.$$

Цеховая себестоимость:

$$C_{ЦЕХ.С/С} = M + П_И + 3_о + 3_{ДОП} + C_{СОЦ.Н} + C_{СОД.ОБОР} + C_{ЦЕХ} + C_{ИНСТР}. \quad (5.10)$$

$$C_{ЦЕХ.С/С} = 2149,98 + 2642,45 + 397,25 + 79,45 + 143,01 + 770,67 + 726,97 + \\ + 11,92 = 6921,70 \text{ (руб)}.$$

Общезаводские расходы:

$$C_{ОБ.ЗАВОД} = 3_о \cdot \frac{E_{ОБ.ЗАВОД}}{100}, \quad (5.11)$$

где  $E_{ОБ.ЗАВОД}$  – коэффициент общезаводских расходов, %.

$$C_{ОБ.ЗАВОД} = 397,25 \cdot 145/100 = 576,01 \text{ (руб)}.$$

Общезаводская себестоимость:

$$C_{ОБ.ЗАВОД.С/С} = C_{ОБ.ЗАВОД} + C_{ЦЕХ.С/С}. \quad (5.12)$$

$$C_{ОБ.ЗАВОД.С/С} = 576,01 + 6921,70 = 7497,71 \text{ (руб)}.$$

Коммерческие расходы:

$$C_{КОМ} = C_{ОБ.ЗАВОД.С/С} \cdot \frac{E_{КОМ}}{100}, \quad (5.13)$$

где  $E_{КОМ}$  – коэффициент коммерческих расходов, %.

$$C_{КОМ} = 7497,71 \cdot 5/100 = 374,89 \text{ (руб)}.$$

Полная себестоимость:

$$C_{ПОЛ} = C_{ОБ.ЗАВОД.С/С} + C_{КОМ}. \quad (5.14)$$

$$C_{ПОЛ} = 7497,71 + 374,89 = 7872,60 \text{ (руб)}.$$

Отпускная цена для базовой и проектируемой передней подвески:

$$Ц_{ОТП.П} = Ц_{ОТП.Б}. \quad (5.15)$$

$$Ц_{ОТП.П} = Ц_{ОТП.Б} = 9174,74 \text{ (руб)}.$$

Затраты на производство базовой и проектируемой передней подвески сведены в таблицу 5.5.

Таблица 5.5

№ п/п	Наименование показателей	Обозначение	Затраты на единицу изделия (база)	Затраты на единицу изделия (проект)
A	1	2	3	4
1	Стоимость основных материалов	$M$	1978,08	2149,98
2	Стоимость комплектующих изделий	$П_{и}$	2642,45	2642,45
3	Основная заработная плата производственных рабочих	$З_o$	390,75	397,25
4	Дополнительная заработная плата производственных рабочих	$З_{доп}$	78,15	79,45
5	Отчисления на социальные нужды	$C_{соц. н}$	140,67	143,01
6	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	$C_{сод. обор}$	758,06	770,67
7	Цеховые расходы	$C_{цех}$	715,07	726,97
8	Расходы на инструмент и оснастку	$C_{инстр}$	11,72	11,92
9	Цеховая себестоимость	$C_{цех. с/с}$	6714,95	6921,70
10	Общезаводские расходы	$C_{об. завод}$	566,59	576,01
11	Общезаводская себестоимость	$C_{об. завод. с/с}$	7281,54	7497,71
12	Коммерческие расходы	$C_{ком}$	364,08	374,89
13	Полная себестоимость	$C_{пол}$	7645,62	7872,60
14	Отпускная цена	$Ц_{отп}$	9174,74	9174,74

### 5.3 Расчет точки безубыточности проекта

В качестве исходных данных для определения порога прибыли (точка безубыточности) используем таблицу 5.5. 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 ( $Z_{\text{ПЕРЕМ}}$ ) и постоянные ( $Z_{\text{ПОСТ}}$ ) издержки.

Тогда математическая формула безубыточности будет иметь следующий вид:

$$C_{\text{ОП}} \cdot V_{\text{ГОД}} = Z_{\text{ПОСТ}} + Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}} \cdot V_{\text{ГОД}}, \quad (5.16)$$

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.

Переменные затраты на единицу изделия (для базы и для проекта):

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}} = M + \Pi_{\text{и}} + Z_{\text{О}} + Z_{\text{ДОП.}} + C_{\text{СОЦ.Н}} \cdot \quad (5.17)$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД Б}} = 1978,08 + 2642,45 + 390,75 + 78,15 + 140,67 = 5230,10 \text{ (руб);}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД П}} = 2149,98 + 2642,45 + 397,25 + 79,45 + 143,01 = 5412,14 \text{ (руб).}$$

Переменные затраты на годовую программу выпуска изделия:

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}} = Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}} \cdot V_{\text{ГОД}} \cdot \quad (5.18)$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ П}} = 5412,14 \cdot 20000 = 108242800,00 \text{ (руб).}$$

Постоянные затраты 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  $A_{муд}$  – амортизационные отчисления, руб, определяемые по формуле:

$$A_{муд} = (C_{СОД.ОБОР} + C_{ИНСТР}) \cdot \frac{H_A}{100}, \quad (5.20)$$

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

$$A_{муд} = (770,67 + 11,92) \cdot 0,13 = 101,74 \text{ (руб)}.$$

$$\begin{aligned} Z_{ПОСТ.УД П} &= (770,67 + 11,92) \cdot 0,87 + 726,97 + 576,01 + 374,89 + 101,74 = \\ &= 2460,46 \text{ (руб)}. \end{aligned}$$

Постоянные затраты на годовую программу выпуска изделия:

$$Z_{ПОСТ} = Z_{ПОСТ.УД} \cdot V_{ГОД}. \quad (5.21)$$

$$Z_{ПОСТ П} = 2460,46 \cdot 20000 = 49209200,00 \text{ (руб)}.$$

Полная себестоимость годовой программы выпуска изделия:

$$C_{ПОЛН.Г П} = C_{ПОЛН П} \cdot V_{ГОД}. \quad (5.22)$$

$$C_{ПОЛН.Г П} = 7872,60 \cdot 20000 = 157452000,00 \text{ (руб)}.$$

Выручка от реализации изделия:

$$Выручка_{П} = Ц_{ОТП.П} \cdot V_{ГОД}. \quad (5.23)$$

$$Выручка_{П} = 9174,74 \cdot 20000 = 183494800,00 \text{ (руб)}.$$

Маржинальный доход:

$$D_{МАРЖ} = Выручка_{П} - Z_{ПЕРЕМ П}. \quad (5.24)$$

$$D_{МАРЖ} = 183494800,00 - 108242800,00 = 75252000,00 \text{ (руб)}.$$

Критический объем продаж:

$$A_{КРИТ} = \frac{Z_{ПОСТ П}}{Ц_{ОТП П} - Z_{ПЕРЕМ.УД П}}. \quad (5.25)$$

$$A_{КРИТ} = 49209200,00 / (9174,74 - 5412,14) = 13078,51 \approx 13080 \text{ (шт.)}.$$

Графический метод определения критической точки объема производства проектируемой передней подвески представлен на рисунке 5.1.

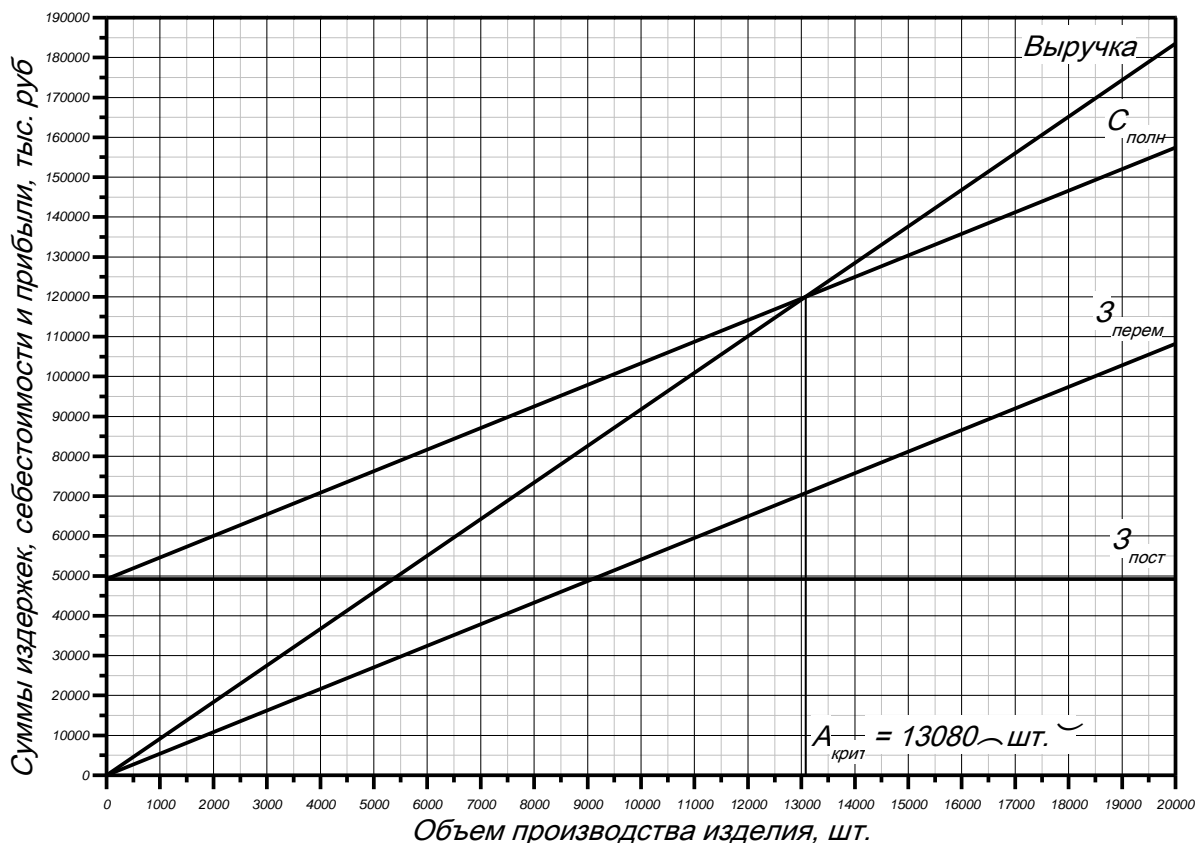


Рисунок 5.1 – Определение точки безубыточности

#### 5.4 Расчет коммерческой эффективности проекта

Срок эксплуатации нового изделия определим в 5 лет.

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

$$\Delta = \frac{V_{\text{МАКС}} - A_{\text{КРИТ}}}{n - 1}, \quad (5.26)$$

где  $V_{\text{МАКС}}$  – максимальный объем продаж, шт.,  $V_{\text{МАКС}} = V_{\text{ГОД}} = 20000$  (шт.);

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

$n$  – количество лет с учетом предпроизводственной подготовки, примем  $n = 6$ .

$$\Delta (20000 - 13080) / (6 - 1) = 1384 \text{ (шт.)}.$$

Выручка по годам можно:

$$\text{Выручка}_i = Ц_{\text{ОТП}} \cdot V_{\text{ПРОД } i}, \quad (5.27)$$

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

$$V_{\text{ПРОД } i} = A_{\text{КРИТ}} + \Delta. \quad (5.28)$$

Расчет выполнен в табличной форме и представлен в таблице 5.6.

Таблица 5.6

Год	1	2	3	4	5
$V_{\text{ПРОД}}$ , шт	14464	15848	17232	18616	20000
Выручка, руб	132703439,36	145401279,52	158099119,68	170796959,84	183494800,00

Переменные затраты по годам:

$$Z_{\text{ПЕРЕМ } i} = Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}} \cdot V_{\text{ПРОД } i} \quad (5.29)$$

Расчет выполнен в табличной форме и представлен в таблице 5.7.

Таблица 5.7

Год	1	2	3	4	5
$Z_{\text{ПЕРЕМ Б}}$ , руб	75648166,40	82886624,80	90125083,20	97363541,60	104602000,00
$Z_{\text{ПЕРЕМ П}}$ , руб	78281192,96	85771594,72	93261996,48	100752398,24	108242800,00

Постоянные затраты для базового варианта:

$$Z_{\text{ПОСТ Б}} = Z_{\text{ПОСТ.УД Б}} \cdot V_{\text{МАКС}} \quad (5.30)$$

$$Z_{\text{ПОСТ.УД Б}} = C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ИНСТР}} + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{КОМ}} \quad (5.31)$$

$$Z_{\text{ПОСТ.УД Б}} = 758,06 + 11,72 + 715,07 + 566,59 + 364,08 = 2415,52 \text{ (руб)}.$$

$$Z_{\text{ПОСТ Б}} = 2415,52 \cdot 20000 = 48310400,00 \text{ (руб)}.$$

Амортизация:

$$Am = Am_{\text{УД}} \cdot V_{\text{МАКС}} \quad (5.32)$$

$$Am = 101,74 \cdot 20000 = 2034800,00 \text{ (руб)}.$$

Полная себестоимость по годам:

$$C_{\text{ПОЛН. } i} = Z_{\text{ПЕРЕМ } i} + Z_{\text{ПОСТ}} \quad (5.33)$$

Расчет выполнен в табличной форме и представлен в таблице 5.8.

Таблица 5.8

Год	1	2	3	4	5
$C_{\text{ПОЛН Б}}$ , руб	123958566,40	131197024,80	138435483,20	145673941,60	152912400,00
$C_{\text{ПОЛН П}}$ , руб	127490392,96	134980794,72	142471196,48	149961598,24	157452000,00



Налогооблагаемая прибыль по годам:

$$Пр.обл_i = Выручка_i - C_{полн_i} . \quad (5.34)$$

Расчет выполнен в табличной форме и представлен в таблице 5.9

Таблица 5.9

Год	1	2	3	4	5
<i>Пр.обл<sub>б</sub></i> , руб	8744872,96	14204254,72	19663636,48	25123018,24	30582400,00
<i>Пр.обл<sub>п</sub></i> , руб	5213046,40	10420484,80	15627923,20	20835361,60	26042800,00

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

$$H_{пр_i} = Пр.обл_i \cdot 0,20 . \quad (5.35)$$

Расчет выполнен в табличной форме и представлен в таблице 5.10

Таблица 5.10

Год	1	2	3	4	5
<i>H<sub>пр б</sub></i> , руб	1748974,59	2840850,94	3932727,30	5024603,65	6116480,00
<i>H<sub>пр п</sub></i> , руб	1042609,28	2084096,96	3125584,64	4167072,32	5208560,00

Прибыль чистая по годам:

$$Пр.ч_i = Пр.обл_i - H_{пр_i} . \quad (5.36)$$

Расчет выполнен в табличной форме и представлен в таблице 5.11

Таблица 5.11

Год	1	2	3	4	5
<i>Пр.ч<sub>б</sub></i> , руб	6995898,37	11363403,78	15730909,18	20098414,59	24465920,00
<i>Пр.ч<sub>п</sub></i> , руб	4170437,12	8336387,84	12502338,56	16668289,28	20834240,00

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

$$Эобщ_i = (Ц_{отп б} \cdot \frac{D_2}{D_1} - Ц_{отп п}) \cdot V_{прод_i} , \quad (5.37)$$

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

На основании результатов испытаний на долговечность базового и проектного варианта передней подвески, увеличение долговечности проектируемого варианта можно оценить следующим образом:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{107,4\%}{100\%} = 1,074.$$

Расчет выполнен в табличной форме и представлен в таблице 5.12.

Таблица 5.12

Год	1	2	3	4	5
Эобщ, руб	9820054,51	10759694,68	11699334,86	12638975,03	13578615,20

Текущий чистый доход (накопленное сальдо) по годам:

$$ЧД_i = Пр.ч_{Pi} - Пр.ч_{Bi} + Ам + Эобщ_i. \quad (5.38)$$

Расчет выполнен в табличной форме и представлен в таблице 5.13

Таблица 5.13

Год	1	2	3	4	5
ЧД, руб	9029393,26	9767478,74	10505564,24	11243649,72	11981735,20

Дисконтирование денежного потока осуществляется путем умножения значений денежного потока на коэффициент дисконтирования:

$$\alpha_{ti} = \frac{1}{(1 + E_{CT}/100)^t}, \quad (5.39)$$

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

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

Расчет выполнен в табличной форме и представлен в таблице 5.14

Таблица 5.14

Год	1	2	3	4	5
$\alpha_i$	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621

Чистый дисконтированный поток реальных денег:

$$ЧДД_{ti} = ЧД_i \cdot \alpha_{ti}(E_{CT}). \quad (5.40)$$

Расчет выполнен в табличной форме и представлен в таблице 5.15

Таблица 5.15

Год	1	2	3	4	5
ЧДД <sub>t</sub> , руб	8207718,47	8067937,44	7889678,74	7679412,76	7440657,56

Суммарный ЧДД за расчетный период:

$$\sum \text{ЧДД}_t = \sum \text{ЧД}_i \cdot \alpha_{ti}(E_{CT}) = \sum \text{ЧДД}_{ti}. \quad (5.41)$$

$$\begin{aligned} \sum \text{ЧДД}_t &= 8207718,47 + 8067937,44 + 7889678,74 + 7679412,76 + 7440657,56 = \\ &= 39285404,97 \text{ (руб)}. \end{aligned}$$

Расчет потребности в капиталобразующих инвестициях:

$$J_0 = \frac{K_{ИНВ}}{100} \cdot \sum C_{ПОЛН \Pi i}, \quad (5.42)$$

где  $K_{ИНВ}$  – коэффициент капиталобразующих инвестиций, %.

$$\begin{aligned} \sum C_{ПОЛН \Pi i} &= 127490392,96 + 134980794,72 + 142471196,48 + 149961598,24 + \\ &+ 157452000,00 = 712355982,40 \text{ (руб)}. \end{aligned}$$

$$J_0 = 712355982,40 \cdot 2,4 / 100 = 17096543,58 \text{ (руб)}.$$

Чистый дисконтированный доход:

$$\text{ЧДД} = \sum \text{ЧДД}_t - J_0. \quad (5.43)$$

$$\text{ЧДД} = 39285404,97 - 17096543,58 = 22188861,39 \text{ (руб)}.$$

Индекс доходности:

$$JD = \frac{\text{ЧДД}}{J_0}. \quad (5.44)$$

$$JD = 22188861,39 / 17096543,58 = 1,30.$$

Срок окупаемости с учетом дисконтирования:

$$T_{ОКУП} = \frac{J_0}{\text{ЧДД}}. \quad (5.45)$$

$$T_{ОКУП} = 17096543,58 / 22188861,39 = 0,77 \text{ (года)}.$$

Расчет коммерческой эффективности проектируемой передней подвески сводится в таблицу 5.16.

Таблица 5.16

№ п/п	Наименование показателей	Годы					
		0	1	2	3	4	5
А	1	2	3	4	5	6	7
1	Объем продаж (шт.) <i>V<sub>ПРОД</sub></i>	0	14464	15848	17232	18616	20000
2	Отпускная цена за единицу продукции (руб) <i>C<sub>отп</sub></i>		9174,74				
3	<i>Выручка</i> (руб)		132703439	145401280	158099120	170796960	183494800
4	Переменные затраты (руб) <i>З<sub>ПЕРЕМ Б</sub></i>		75648166	82886625	90125083	97363542	104602000
	<i>З<sub>ПЕРЕМ П</sub></i>		78281193	85771595	93261996	100752398	108242800
5	Амортизация (руб) <i>Ам</i>		2034800				
6	Постоянные затраты (руб) <i>З<sub>ПОСТ Б</sub></i>		48310400				
	<i>З<sub>ПОСТ П</sub></i>		49209200				
7	Полная себестоимость (руб) <i>C<sub>ПОЛ Б</sub></i>		123958566	131197025	138435483	145673942	152912400
	<i>C<sub>ПОЛ П</sub></i>		127490393	134980795	142471196	149961598	157452000
8	Налогооблагаемая прибыль (руб) <i>Пр.обл Б</i>		8744873	14204255	19663636	25123018	30582400
	<i>Пр.обл П</i>		5213046	10420485	15627923	20835362	26042800
9	Налог на прибыль (руб) <i>Н<sub>ПР Б</sub></i>		1748975	2840851	3932727	5024604	6116480
	<i>Н<sub>ПР П</sub></i>		1042609	2084097	3125585	4167072	5208560
10	Прибыль чистая (руб) <i>Пр.ч Б</i>		6995898	11363404	15730909	20098415	24465920
	<i>Пр.ч П</i>		4170437	8336388	12502339	16668289	20834240
11	Общественный эффект (руб) <i>Эобщ</i>		9820055	10759695	11699335	12638975	13578615
12	Чистый поток реальных денег (руб) <i>ЧД</i>		9029393	9767479	10505564	11243650	11981735

Продолжение таблицы 5.16

13	Коэффициент дисконтирования $a_t$		0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
14	Чистый дисконтированный поток реальных денег (руб) $ЧДД_t$		8207718	8067937	7889679	7679413	7440658
15	Суммарный чистый дисконтированный поток реальных денег (руб) $\Sigma ЧДД_t$		39285405				
16	Капиталообразующие инвестиции, (руб) $Jo$	17096544					
17	Чистый дисконтированный доход (руб) $ЧДД$		22188861				
18	Индекс доходности $JD$		1,30				
19	Срок окупаемости проекта (год) $Токуп$		0,77				

На рисунке 5.2 представлен график соотношения между объемом производства и прибылью.

### 5.5 Анализ полученных экономических показателей и выводы

- себестоимость модернизированной задней подвески оказалась выше себестоимости базового варианта, однако экономический эффект от внедрения положителен за счет общественной значимости проекта;
- критический объем продаж, представляющий собой минимальное количество продаж для покрытия расходов предприятия, составил 13080 шт.;

- объемы продаж новой продукции каждый год будут увеличиваться на 1384 шт.;
- чистый дисконтированный доход равен 22188861,39 рублей, то есть он положителен. Это означает, что проект является эффективным, и можно рассматривать вопрос о его принятии;
- индекс доходности связан с ЧДД следующим образом: ЧДД является положительным, следовательно,  $JD > 1$ , а если  $JD > 1$ , то проект является также эффективным. Индекс доходности  $JD$  проекта составил 1,30;
- срок окупаемости проекта равен 0,77 года. Это период начиная с которого первоначальные вложения и другие затраты, связанные с инвестиционным проектом, покрываются суммарными результатами его осуществления. Чем короче срок окупаемости, тем менее рискованным является проект.

Следовательно, можно сделать вывод о целесообразности внедрения предлагаемого проекта по модернизации передней подвески автомобиля LADA Granta 2191.

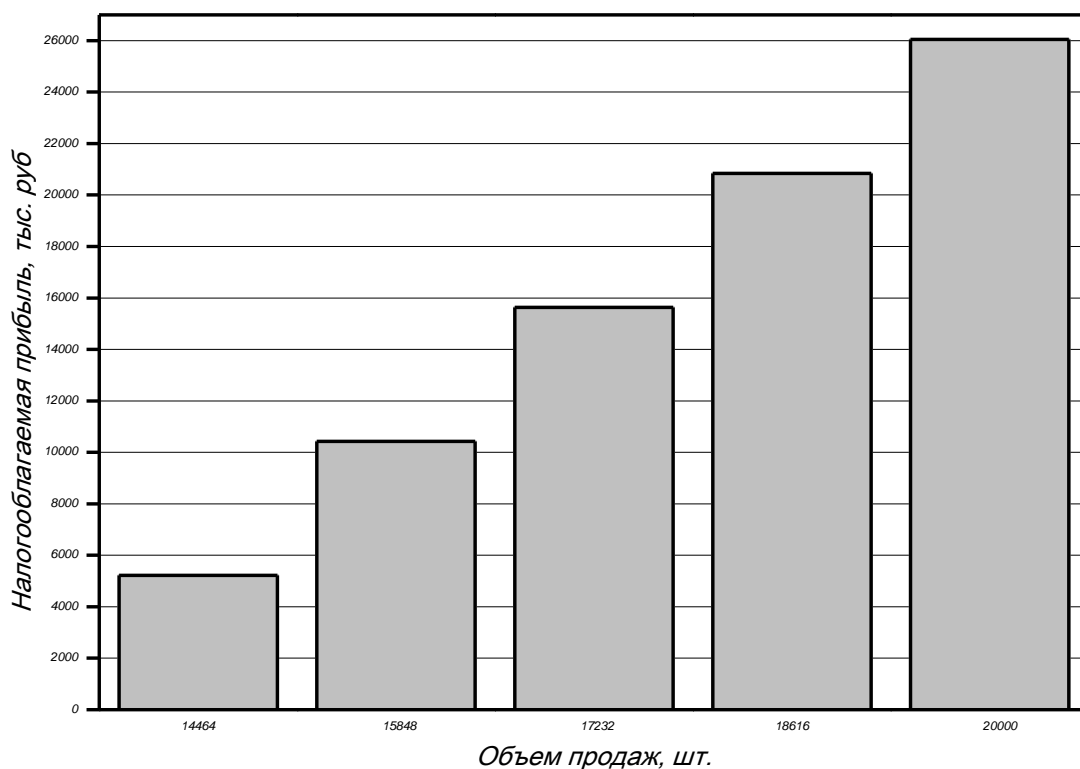


Рисунок 5.2 – График соотношения между объемом производства и прибылью

## 6 Безопасность и экологичность объекта

### 6.1 Рабочее место, оборудование и выполняемые операции

Сборку модернизированной передней подвески предполагается разместить на территории ОАО «АвтоВАЗ» г. Тольятти. Сборочный участок, план которого представлен на рисунке 6.1, являет собой поточную линию с подвесным конвейером и сборочными стендами.

Элементы конструкции подвески в виде подсобранных ранее узлов доставляются к месту сборки по подвесному конвейеру, прочие детали и крепежные изделия подвозятся к участку сборки в контейнерах тележками с электродвигателями (электрокарами).

Готовая продукция отправляется для выполнения последующих сборочных операций посредством подвешенного конвейера.

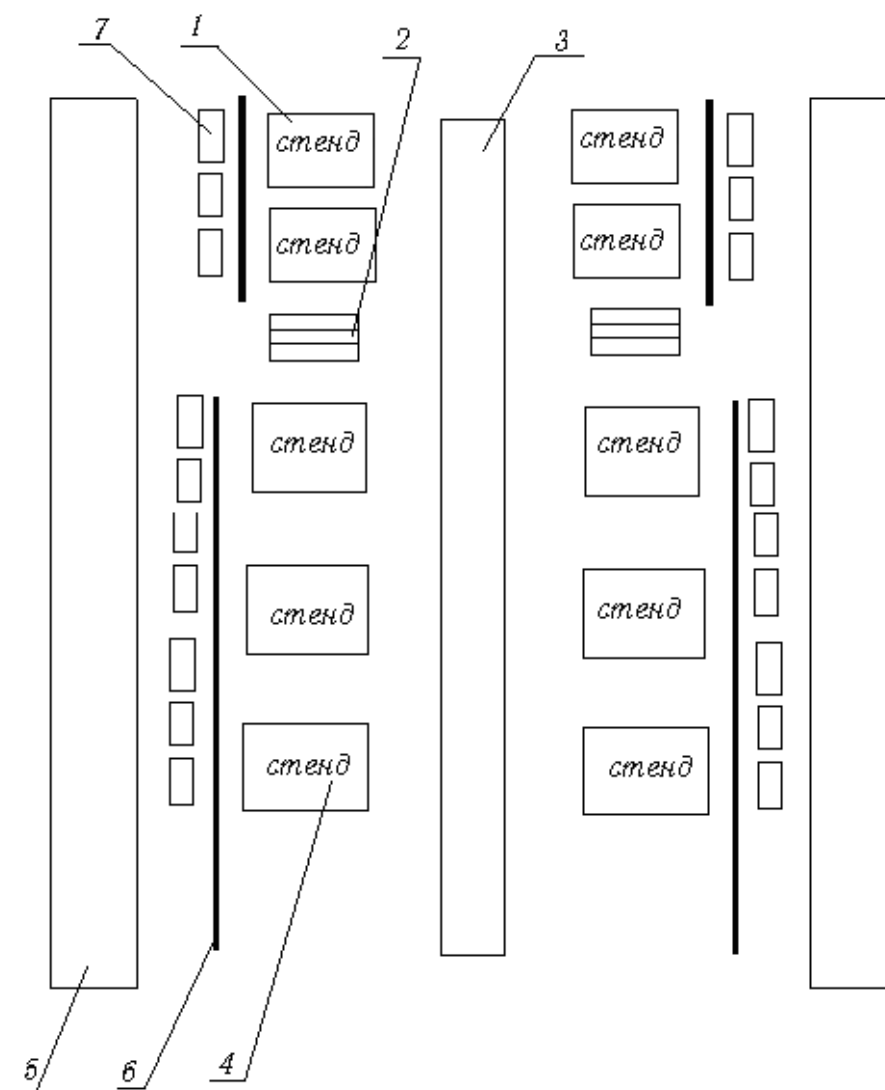
Спецификация оборудования, инструментов для производственного участка представлено в таблице 6.1.

Таблица 6.1

№ позиции на эскизе рабочего места	Наименование оборудования, инструмента	Работы, операции, выполняемые на этом оборудовании или этим инструментом
1	Стенд сборочный узловой сборки ступиц передних колес. Пневматический гайковерт модели ЦП-3112А. Ключи. Отвертки. Ключи рожковые. Молоток слесарный стальной по ГОСТ 2310-77.	1. Сборка ступицы переднего колеса.
2	Верстак.	1. Установка сайлент-блоков в посадочные места при помощи приспособлений. 2. Центровка сайлент-блоков.

Продолжение таблицы 6.1

3	<p>Стенд сборочный для основной сборки передней подвески.          Пневматический гайковерт модели ЦП-3112А.          Ключи.          Отвертки.          Ключи рожковые.          Молоток слесарный стальной по ГОСТ 2310-77.</p>	<p>1. Основная сборка передней подвески по технологическому процессу сборки.</p>
---	---	--



- 1 – стенд сборочный узловой сборки ступиц передних колес; 2 – верстак;  
 3 – конвейер подвесной; 4 – стенд сборочный основной сборки передней подвески;  
 5 – путь доставки контейнеров с запчастями; 6 – ограждающий брус;  
 7 – контейнеры с запчастями

Рисунок 6.1 – План участка сборки



## 6.2 Опасные и вредные производственные факторы, имеющие место при операции сборки

В процессе сборки подвески возникают различные опасные и вредные производственные факторы, имеющие различную природу. Далее, рассмотрим их.

### 1. Механические травмы.

Источники механических травм на рассматриваемом участке сборки:

✓ Травмы при контакте руки с рабочим органом станда – гайковертом.

Подобного рода травмы при соблюдении требований техники безопасности при работе на исправном оборудовании исключены.

✓ Травмы при падении деталей.

Подобного рода травмы при соблюдении требований техники безопасности исключены. С целью уменьшения вероятности подобных травм рекомендуется:

- единовременно работать только с одним узлом;
  - собранные узлы складывать в специально отведенное место;
  - детали и узлы, подлежащие сборке, должны находиться в индивидуальных контейнерах.
- ✓ Травмы при контакте руки с приспособлением для запрессовки подшипников.

Подобного рода травмы при соблюдении требований техники безопасности исключены. С целью уменьшения вероятности подобных травм рекомендуется:

- оснащать приспособление защитным кожухом;
  - использовать двухкнопочную систему управления, отключающую приспособление при отпускании хотя бы одной кнопки.
- ✓ Травмы при контакте с движущимися элементами конвейера.

Подобного рода травмы при соблюдении требований техники безопасности исключены. С целью уменьшения вероятности подобных травм рекомендуется:

- закрыть механизмы привода конвейера защитными кожухами;

- закрыть доступ в зону, где происходит движение конвейера, защитным ограждением.

## 2. Уровень шума.

Источники шума на рассматриваемом участке сборки:

- ✓ Гайковерт.

Шум – тональный, прерывистый.

Для минимизации вреда здоровью рекомендуется:

- использование средств индивидуальной защиты (беруши).
- ✓ Работающее приспособление для запрессовки сайлентблоков.

Шум – тональный, прерывистый.

Для минимизации вреда здоровью рекомендуется:

- использование средств индивидуальной защиты (беруши).
- ✓ Шум механизмов привода конвейера.

Шум – прерывистый.

Для уменьшения уровня шума механизмов привода конвейера рекомендуется:

- использование шумоизоляции.

В общем, периодичность контроля за уровнем шума на рабочем месте – не реже одного раза в год.

При проведении контроля руководствуются требованиями «Санитарных норм допустимых уровней шума на рабочих местах», которые были утверждены Минздравом СССР 12 марта 1985 г. № 3223-85, и представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Эквивалентный уровень звука, дБ(А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

## 3. Уровень вибрации.

Источники вибрации на рассматриваемом участке сборки:

- ✓ Работающие механизмы.

Для уменьшения уровня вибрации рекомендуется:

- столы с закрепленными приспособлениями установить на резиновые демпфирующие подушки;
- механизмы привода конвейера виброизолировать от пола помещения.

#### 4. Ионизирующие излучения.

Источников ионизирующих излучений нет.

#### 5. Климатические условия.

Климатические условия на рассматриваемом участке сборки:

- ✓ температура;
- ✓ относительная влажность;
- ✓ скорость движения ветра.

Требования к климатическим условиям в помещении зависят от условий окружающей среды.

Например, в теплый сезон со среднесуточной температурой окружающей среды более +10 °С на участке сборки рекомендуется:

- температура +20...+22 °С;
- относительная влажность воздуха 40...60%;
- скорость движения воздуха не более 0,4 м/с.

В холодный сезон со среднесуточной температурой окружающей среды менее +10 °С на участке сборки, в свою очередь, рекомендуется:

- температура +17...+19 °С;
- относительная влажность воздуха 40...60%;
- скорость движения воздуха не более 0,3 м/с.

#### 6. Уровень освещенности.

Освещение на участке сборки совмещенное:

- ✓ Естественное:
  - через окна в крыше.
- ✓ Искусственное:
  - общее, посредством ламп дневного света;
  - местное.

## 7. Поражение электрическим током.

Поражение электрическим током и получение электротравмы на участке сборки возможно в следующих случаях:

- ✓ При неисправности проводки освещения.
- ✓ При неисправности проводки механизмов и приспособлений.

По уровню опасности поражения электрическим током помещение участка сборки относится ко 2 классу – помещение с повышенной опасностью, поскольку существует вероятность одновременного контакта металлических элементов технологического оборудования (металлоконструкций здания), имеющих соединение с землей, и металлическим корпусом электрооборудования.

Электроустановки, находящиеся под напряжением, необходимо заземлить для предотвращения поражения электрическим током.

Электроустановки участка сборки подвески с точки зрения мер, принимаемых для обеспечения электробезопасности, относятся к группе с напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью.

## 8. Токсичные вещества.

Используемые в процессе сборки подвески вещества (смазки Литол-24 и ФИОЛ-1) не являются токсичными.

## 9. Взрыво- и пожароопасность.

Участок сборки подвески является помещением без повышенной опасности, так как по взрыво- и пожароопасности относится к категории «Д».

## 10. Возможность использования грузоподъемных машин и механизмов.

Для доставки запчастей на участок сборки подвески используются погрузчики электрокары.

В целях безопасности дорога, по которой перемещаются погрузчики, отделена от рабочих мест ограждающим брусом.

Таблица 6.3 – Опасные и вредные производственные факторы

№ п/п	Наименование опасного и вредного производственного фактора	Виды работ, оборудование, технологические операции, при которых встречается данный производственный фактор
1	Движущиеся детали машин и механизмов	1. травмы при контакте руки с рабочим органом – гайковертом; 2. травмы при падении деталей; 3. травмы при контакте руки с приспособлением для запрессовки сайлентблоков; 4. травмы при контакте с движущимися элементами конвейера; 5. травмы при столкновении с погрузчиком
2	Повышенный уровень шума 86 дБА при норме 80 дБА	1. работающий гайковерт; 2. работающее приспособление для запрессовки подшипников; 3. молоток, на операции, когда контрится растяжка; 4. шум механизмов привода конвейера
3	Повышенный уровень вибрации	работающие механизмы: конвейер, гайковерт пневматический
4	Повышенный уровень напряжения в электрической сети	проводка освещения или механизмов и приспособлений
5	Напряжение зрительных анализаторов	все виды ручного труда при сборке передней подвески
6	Повышенная запыленность и загазованность	на производстве используются погрузчики
7	Монотонность труда	использование ручного труда на операциях сборки передней подвески

### 6.3 Воздействие опасных и вредных производственных факторов на организм работающих

Механические травмы могут привести к следующим повреждениям у работающих: поражения кожи, поражения мягких тканей, поражения костей, поражения внутренних органов. Следствием механических травм может являть-

ся: потеря работоспособности, инвалидность, смерть. Даже небольшие травмы и царапины, которые на первый взгляд кажутся незначительными, без своевременной обработки могут вызвать заражение и тяжелые последствия.

Повышенный шум может вызвать у работающих: повышенную усталость, головные боли, ухудшение и постепенную потерю слуха.

Повышенная вибрация может вызвать у работающих: повышенную усталость, головные боли, различные профзаболевания, например, дрожание рук.

Неоптимальные климатические условия могут вызвать у работающих: простудные заболевания, тепловой удар, обезвоживание, повышенную утомляемость, потерю производительности.

Недостаток освещенности может вызвать у работающих: переутомление зрительных анализаторов, падение зрения, повышенную утомляемость, ухудшение качества выполняемых работ, рост опасности ошибочных действий и несчастных случаев.

Воздействие электрического тока на организм человека может вызвать: термическое, электролитическое, биологическое действие.

Термическое действие может проявляться в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов, крови.

Электролитическое действие может проявляться в разложении крови и других органических жидкостей, как следствие, может вызвать различные нарушения их физико-химического состава.

Биологическое действие может проявляться в раздражении и возбуждении живых тканей организма, что может сопровождаться непроизвольным судорожным сокращением мышц, в том числе легких и сердца человека. В результате могут возникнуть нарушения, и даже полное прекращение деятельности органов кровообращения и дыхания.

Эти действия тока на организм человека могут привести к двум видам поражения: электрическим травмам и электрическому удару.

## 6.4 Мероприятия по созданию безопасных условий труда

### Организационные мероприятия.

Перед допуском к работе администрация предприятия должна провести следующие виды инструктажа:

- ✓ Вводный инструктаж.

Вводный инструктаж проводится для всех поступающих на работу. Его проводит инженер по охране труда. Вводный инструктаж бывает различных видов: по технике безопасности, по промсанитарии, по пожарной безопасности, и так далее. Данные по прохождению инструктажа вносятся в личную карточку работника, которая хранится у мастера. В карточку вносятся следующие данные: дата проведения инструктажа, вид и объем инструктажа, подписи инструктируемого и инструктора, учет несчастных случаев, микротравм и нарушений правил техники безопасности.

В ходе вводного инструктажа освещаются общие вопросы безопасности на производстве, правила ношения спецодежды, правила перемещения по производственному помещению, правила пожарной безопасности, местонахождение средств пожаротушения, правила пользования ими, порядок вызова пожарных бригад и скорой помощи. Также инструктируемый осведомляется о своих правах при получении травм.

- ✓ Первичный инструктаж.

Первичный инструктаж проводится для рабочих, которые приступают к данному виду работ в первый раз. Его производит непосредственный руководитель работ.

В ходе первичного инструктажа работнику объясняются правила работы на его рабочем месте, доводится распорядок рабочего времени, показывается местонахождение средств пожаротушения. После проведения инструктажа работник в течении нескольких смен выполняет работу под наблюдением мастера или бригадира, после чего оформляется допуск к самостоятельной работе.

- ✓ Повторный инструктаж.

Повторный инструктаж проводится не реже чем раз в полгода со всеми работниками. Рекомендуется проводить один раз в квартал.

- ✓ Внеплановый инструктаж.

Внеплановый инструктаж проводится в случае внесения изменений в техпроцесс или при нарушениях работниками инструкций по охране труда.

- ✓ Текущий инструктаж.

Текущий инструктаж проводится перед проведением работ, на которые оформляется наряд-допуск. В ходе этого инструктажа освещаются особенности работы и техники безопасности при ее выполнении.

#### Планировочные мероприятия.

К планировочным мероприятиям относится оптимальное размещение рабочих мест на участке, которое обеспечивает:

- ✓ Удобный доступ работника к рабочему месту, к рабочему инструменту и к контейнерам с деталями.
- ✓ Оптимизированный по времени и безопасный для работника процесс обеспечения запчастями и отгрузки собранного изделия.
- ✓ Продуманная планировка участка, обеспечивающая возможность срочной эвакуации работников в случае возникновения нештатных ситуаций.
- ✓ Минимизированная опасность воздействия на работника опасных и вредных производственных факторов (шум, вибрация, возможность поражения электрическим током, и так далее) при отсутствии их использования на этом рабочем месте.

#### Технические мероприятия.

На участке сборки подвески должны быть проведены следующие технические мероприятия:

- ✓ С целью соответствия условий труда требованиям нормативной документации должен быть проведен грамотный подбор систем освещения, вентиляции, поддержания климатических условий, защитного заземления.



- ✓ Кроме защитного заземления в электроцепях рекомендуется реализовать электрическое разделение сетей с защитным отключением и дополнительной изоляцией.
- ✓ С целью уменьшения уровня шумов и вибраций нужно производить планировку рабочих мест крайне рационально, при необходимости используя экранирование, звукопоглощающие облицовки, виброизоляцию, вибродемпфирование.
- ✓ Помещение сборочного участка в достаточном количестве должно быть снабжено информирующими и указателями, сообщающими о местоположении эвакуационного выхода, оборудовании под напряжением, движущихся частях оборудования, средствах пожаротушения, местоположении аптечки, ограничении скорости движения транспортных средств по территории участка (не более 5 км/ч).

#### Разработка и подбор средств индивидуальной защиты.

К средствам индивидуальной защиты на участке сборки подвески следует отнести:

- ✓ Спецодежда и спецобувь для промышленных предприятий.
- ✓ Перчатки вязанные.
- ✓ Очки защитные.
- ✓ Противошумные ушные вкладыши.
- ✓ Крема защитные, предназначенные для предохранения рук от отрицательного воздействия воды, растворов солей, кислот и щелочей.

#### 6.5 Обеспечение электробезопасности

По степени опасности поражения электрическим током помещение относится ко 2 классу.

2 класс опасности – это помещение с повышенной опасностью, поскольку существует вероятность одновременного контакта с имеющимися соединениями с землей металлическими элементами технологического оборудования (металлоконструкциями здания) и металлическим корпусом электрооборудования.

В качестве защитных мероприятий от поражений электрическим током на участке сборки подвески используется:

- ✓ Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей оборудования, которые могут оказаться под напряжением, с землей или ее эквивалентом. Защитному заземлению подлежат металлические части электроустановок, доступные для соприкосновения с ними человека и не имеющие других видов защиты.
- ✓ Двойная изоляция – электрическая изоляция, состоящая из рабочей (используется для защиты токоведущих частей электроустановки) и дополнительной (используется для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции) изоляции.
- ✓ Знаки безопасности – цвета сигнальные и знаки безопасности, регламентированные ГОСТ 12.4.026-2002.

#### 6.6 Обеспечение пожарной безопасности

По взрыво- и пожароопасности участок относится к категории «Д».

Категория «Д» – это 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.

В качестве защитных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на участке сборки подвески используется:

- ✓ Гидранты.
- ✓ Щиты, оборудованные переносными огнетушителями, лопатами, ведрами.
- ✓ Пожарная сигнализация с кнопками для вызова пожарного наряда.

## 6.7 Экологическая экспертиза проекта

Разрабатываемый объект входит в общезаводскую структуру, следовательно, возможно использование заводских очистных сооружений для воды.

Поскольку нет никаких продуктов горения и токсичных веществ, вредные выбросы в атмосферу отсутствуют.

Утилизация отработанных веществ осуществляется в общезаводских масштабах с максимальным использованием отходов во вторсырье.

Тепловое и электромагнитное излучение является незначительным, шум не распространяется за пределы производственного помещения.

## 6.8 Безопасность в чрезвычайных и аварийных ситуациях

Мероприятия по предупреждению аварий и стихийных бедствий.

✓ Предупреждение пожаров.

Для предупреждения пожаров следует:

- обеспечить своевременное проведение инструктажа по правилам пожарной безопасности;
- оснастить помещение средствами пожаротушения;
- вынести места для курения за пределы опасной зоны, оснастить их пожаробезопасными урнами в достаточном количестве;
- обеспечить своевременный и регулярный контроль работы электрооборудования.

✓ Предупреждение стихийных бедствий.

Для предупреждения стихийных бедствий следует:

- удалить сборочное производство от водоемов согласно СНиП 2.09.02-85;
- обеспечить своевременное оповещение работников о надвигающемся бедствии и вывод их в безопасное место;
- при срочной эвакуации все электрооборудование должно быть обесточено, незакрепленное оборудование – закреплено.

Мероприятия по ликвидации последствий аварий и стихийных бедствий.

✓ Ликвидация пожаров.

Ликвидация локальных пожаров начинается силами самих работников с использованием подручных огнетушащих средств, при этом, сразу после обнаружения пожаров следует вызвать пожарную команду и начать эвакуацию незанятых в пожаротушении работников. По прибытии пожарной команды оставшиеся работники также эвакуируются.

✓ Ликвидация стихийных бедствий.

Ликвидация последствий стихийных бедствий осуществляется службами МЧС с возможностью подключения добровольных помощников и муниципальных служб.

6.9 Анализ разработанной конструкции подвески с точки зрения устойчивости, управляемости и плавности хода

ГОСТ – 52302 «Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний» применяется для оценки управляемости и устойчивости транспортного средства в эксплуатационных режимах движения и включает оценку усилий, которые должен прилагать водитель для поворота управляемых колес. Также производится определение параметров, характеризующих самовозврат управляемых колес и рулевого колеса в нейтральное положение (испытание «стабилизация»); определение показателей поперечной устойчивости против опрокидывания (испытание «опрокидывание на стенде»); оценивается «рывок руля» и, что наиболее важно применительно к исследуемой в дипломной работе подвеске, определяются показатели, характеризующие управляемость и устойчивость автомобиля в критических режимах движения (испытания «поворот» и «переставка»). Испытание «поворот» предназначено для определения максимальной скорости маневра при входе в поворот. Испытание «переставка» предназначено для определения максимальной скорости маневра при смене полосы движения на ограниченном участке пути. Помимо перечисленных ГОСТ также включает в себя испытания «прямая» и «пробег».

Оценка управляемости и устойчивости в эксплуатационных режимах движения производится в балах от 1 до 5, где 1 соответствует очень плохой управляемости и устойчивости, а 5 – отлично, улучшать не требуется.

Оценки управляемости и устойчивости АТС выставляются исходя из следующих положений:

- ✓ Балл 5 – водитель не ощущает затруднений при управлении АТС.
- ✓ Балл 4 – водитель начинает ощущать небольшие затруднения, заключающиеся в появлении некоторого несоответствия реакции АТС на управляющее воздействие (по моменту его начала и амплитуде) по отношению к желаемой.
- ✓ Балл 3 – водитель ощущает значительные затруднения в управлении скоростью, замедлением, траекторией, стабилизацией курса и крена. При выставлении этой оценки безопасное движение возможно при максимальном внимании к управлению АТС.
- ✓ Балл 2 – водитель работает на пределе своих возможностей. Минимальная ошибка в выборе момента приложения и величины управляющего воздействия приводит к потере устойчивости и управляемости АТС.
- ✓ Балл 1 – устойчивое управление АТС невозможно.

В рассматриваемом дипломном проекте модернизируется передняя независимая подвеска типа Макферсон. Одной из отличительных особенностей разрабатываемой подвески является увеличение жесткости пружин подвески, что позволяет повысить угловую жесткость передней подвески и обеспечить угловой крен кузова при движении автомобиля не более  $4^\circ$ . Данное обстоятельство указывает на увеличение устойчивости автомобиля, оборудованного модернизированной передней подвеской. Однако увеличение угловой жесткости передней подвески сопровождается увеличением динамического перераспределения нагрузки между внутренним и наружным колесами этой оси. А это при неизменном направляющем усилии колес оси вызывает увеличение среднего угла увода для колес данной оси, а, следовательно, снижение управляемости.

Плавность хода – это совокупность потенциальных свойств автомобиля, характеризующих его способность двигаться в заданном интервале скоростей без превышения установленных норм вибронегруженности водителя, пассажиров, грузов и конструктивных элементов автомобиля. Оценку плавности хода проводят в соответствии с международным стандартом ISO 2631-78 и ОСТ 37.001.275-84, ОСТ 37.001.291-84.

Нормы вибронегруженности устанавливаются такими, чтобы на дорогах, для которых предназначен автомобиль, колебания водителя и пассажиров не вызывали у них неприятных ощущений и быстрой утомляемости, а колебания грузов и конструктивных элементов автомобиля не приводили к их повреждениям.

Колебания масс автомобиля обусловлены неровностями опорной поверхности дороги. Интенсивность колебаний зависит от параметров и характеристик компоновки автомобиля, его подвески и шин, а также от характеристики воздействий дороги, определяемой геометрией неровностей и скоростью движения автомобиля.

Для достижения высокой эффективности выполнения транспортных работ автомобиль должен обладать возможностью длительного движения по дорогам с неровной поверхностью в интервале высоких эксплуатационных скоростей. Это свойство обеспечивается выбором рациональной структуры и оптимальных параметров подвески автомобиля.

Проектируемая в дипломном проекте подвеска типа Макферсон как и серийная подвеска будет иметь высокую шумо- и виброизоляцию поскольку она в процессе модернизации не претерпит принципиальных изменений в конструкции, а серийная подвеска нареканий по параметру вибронегруженности не имела.

Колебания автомобиля оказывают неблагоприятные воздействия на организм человека, вызывая функциональные расстройства ряда внутренних органов, отражающиеся на его здоровье. Организм человека адаптирован к частотам колебаний до 1,5-2,5 Гц при ускорении тела до 0,4 м/с<sup>2</sup>, что соответствует средней скорости пешехода. Изменение частоты и интенсивности колебаний

может оказать серьезное влияние на состояние человека. Одиночные воздействия большой интенсивности могут привести к травматическим повреждениям (ушибам, переломам, контузии). Колебания с частотой 3-5 Гц вызывают реакции вестибулярного аппарата, расстройства сосудистой системы, укачивание (морскую болезнь). При частотах 4-11 Гц возникают резонансные колебания головы, желудка, печени, кишечника. Колебания с частотами 11-45 Гц приводят к ухудшению зрения, вызывают тошноту и рвоту. При частоте свыше 45 Гц и определенной интенсивности возникает так называемая вибрационная болезнь.

#### 6.10 Выводы

В разделе безопасность и экология объекта:

- ✓ Рассмотрен процесс сборки агрегатов передней независимой подвески.
- ✓ Представлена схема участка и перечень используемого оборудования с выполняемыми на нем операциями.
- ✓ Определены опасные и вредные производственные факторы, указаны мероприятия по организации безопасных условий труда.

По результатам анализа можно сделать вывод, что данный объект является безопасным и экологичным.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом проведенной работы является модернизация передней подвески автомобиля LADA 2191. Задачей дипломного проекта являлось преобразование конструкции передней подвески автомобиля LADA 2191, с целью повышения плавности хода автомобиля и реализации возможности регулирования упругих характеристик подвески.

При этом было принято решение, что оптимальным вариантом требуемой модернизации будет замена серийной конической пружины подвески двумя цилиндрическими, одна из которых обладает малой жесткостью и позволяет тем самым обеспечить высокую плавность хода при движении в городском режиме по дорогам хорошего качества. Также в конструкции подвески предусмотрена возможность регулировки клиренса исходя из условий эксплуатации автомобиля, посредством изменения положения нижней опоры нижней пружины подвески. В ходе выполнения конструкторской части дипломного проекта был выполнен тяговый расчет автомобиля LADA 2191. Также был проведен расчет, направленный на определение упругой характеристики подвески, расчет пружин на прочность, а также расчет стабилизатора поперечной устойчивости.

Результатом расчетов стало подтверждение выбранной конструкции предельным нагрузкам. Представленная работа соответствует современному состоянию и перспективам развития науки и техники в области автомобилестроения.

В целом, по совокупности рассмотренных сторон модернизированной передней подвески, можно сделать вывод о ее полном соответствии предъявляемым к проекту требованиям.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Раймпель И.: «Шасси автомобиля»; М. : «Машиностроение», 1983г.
2. Раймпель И.: «Шасси автомобиля. Элементы подвески»; М. : «Машиностроение», 1987г.
3. Раймпель И.: «Шасси автомобиля. Конструкции подвесок»; М. : «Машиностроение», 1989г.
4. Раймпель И.: «Шасси автомобиля. Амортизаторы, шины и колеса»; М. : «Машиностроение», 1986г.
5. Раймпель И.: «Шасси автомобиля. Рулевое управление»; М. : «Машиностроение», 1987г.
6. Вахламов В.К.: «Автомобили. Конструкция и элементы расчета»; М. : ИЦ «Академия», 2006г.
7. Вахламов В.К.: «Автомобили. Основы конструкции»; М. : ИЦ «Академия», 2008г.
8. Вишняков Н.Н., Вахламов В.К., Нарбут А.Н., Шлиппе И.С., Островцев А.Н.: «Автомобиль. Основы конструкции»; М. : «Машиностроение», 1986г.
9. Лукин П.П., Гаспарянц Г.А., Родионов В.Ф.: «Конструирование и расчет автомобиля»; М. : «Машиностроение», 1984г.
10. «Автомобиль. Основы конструкции»; под ред. д.т.н. А.Н.Островцева; М. : «Машиностроение», 1976г.
- 11.«Автомобили. Конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть»; под ред. Гришкевича А.И.; Минск : «Высшая школа», 1987г.
- 12.Осепчугов В.В., Фрумкин А.К.: «Автомобиль. Анализ конструкций, элементы расчета»; М. : «Машиностроение», 1989г.
- 13.«Конструкция автомобиля. Шасси»; под общ. ред. Карунина А.Л.; М. : МАМИ, 2000г.
- 14.Михайловский Е.В., Серебряков К.Б., Тур Б.Я.: «Устройство автомобиля»; М. : «Машиностроение», 1987г.
- 15.«BOSCH. Автомобильный справочник. 2 издание»; М. : ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004г.
- 16.Капрова В.Г.: «Технико-экономическое обоснование дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений для студентов спец. «Автомобиле- и тракторостроение»; Тольятти: ТГУ, 2005г.
- 17.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.
- 18.Горина Л.Н.: «Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. пособие.»; Тольятти: Толпи, 2000г.
- 19.Сборник нормативно – технических материалов по безопасности труда.
- 20.СТП 2.207-84. Дипломное проектирование.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

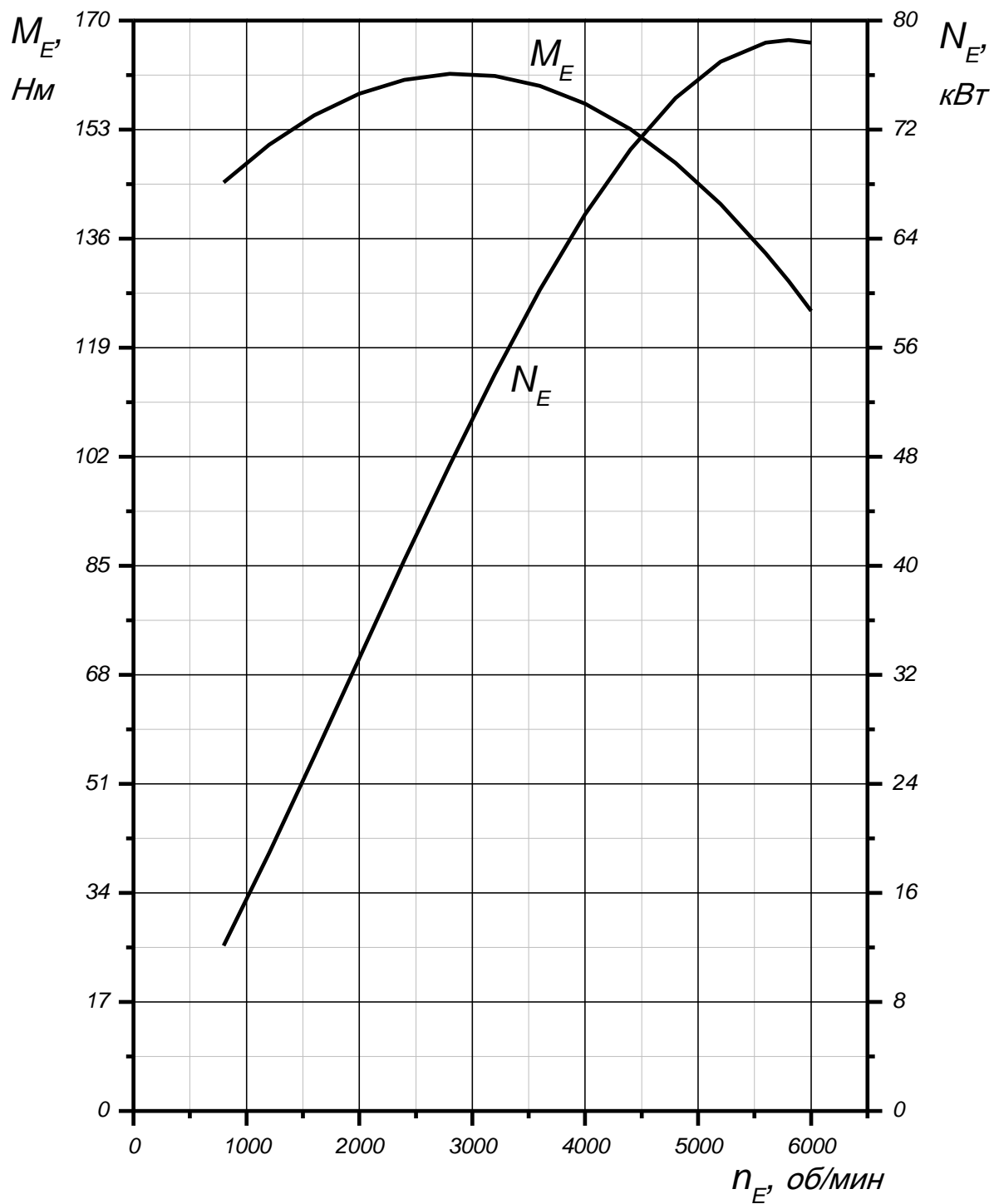


Рисунок А.1 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

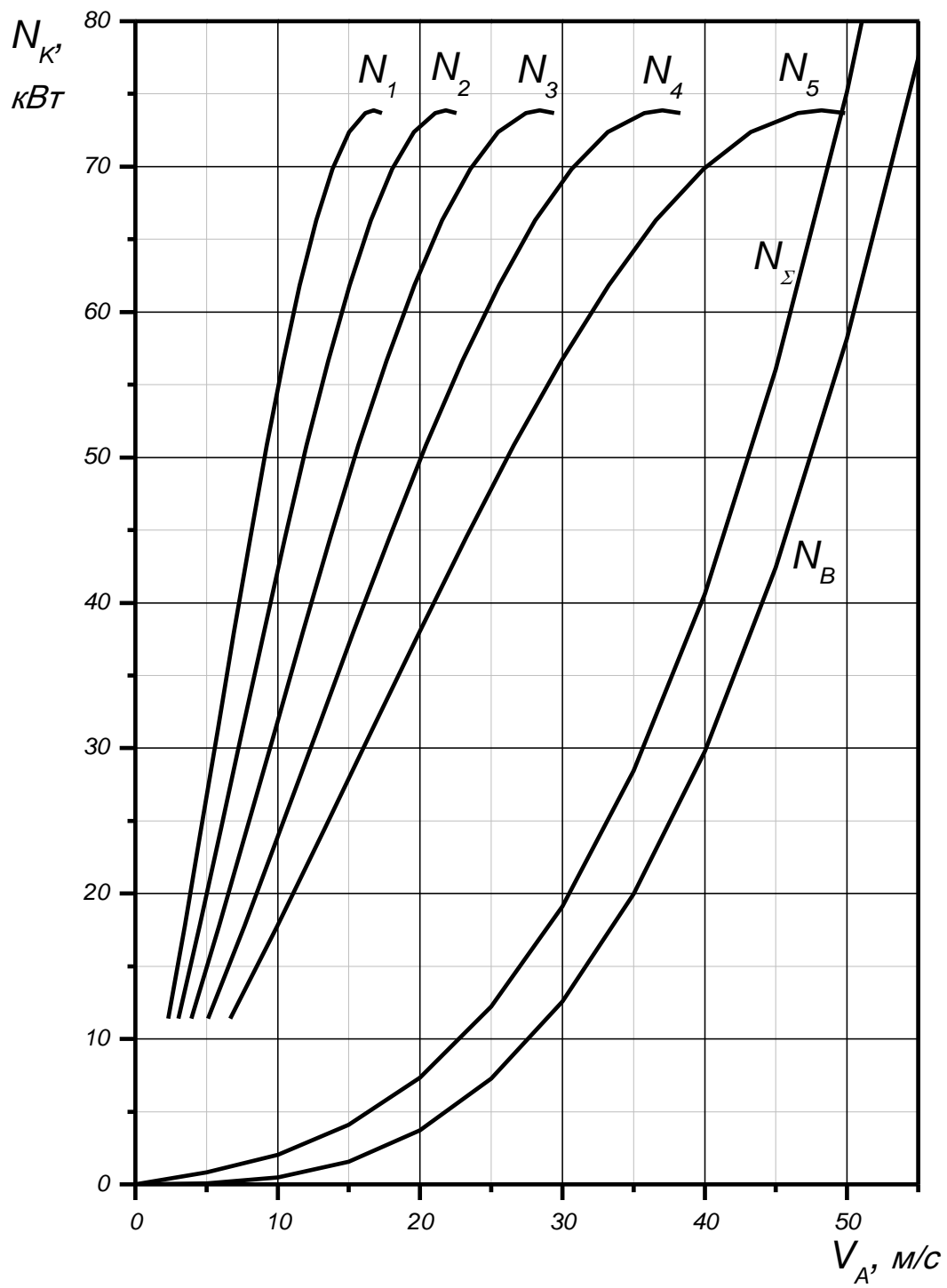


Рисунок А.2 – Мощностной баланс

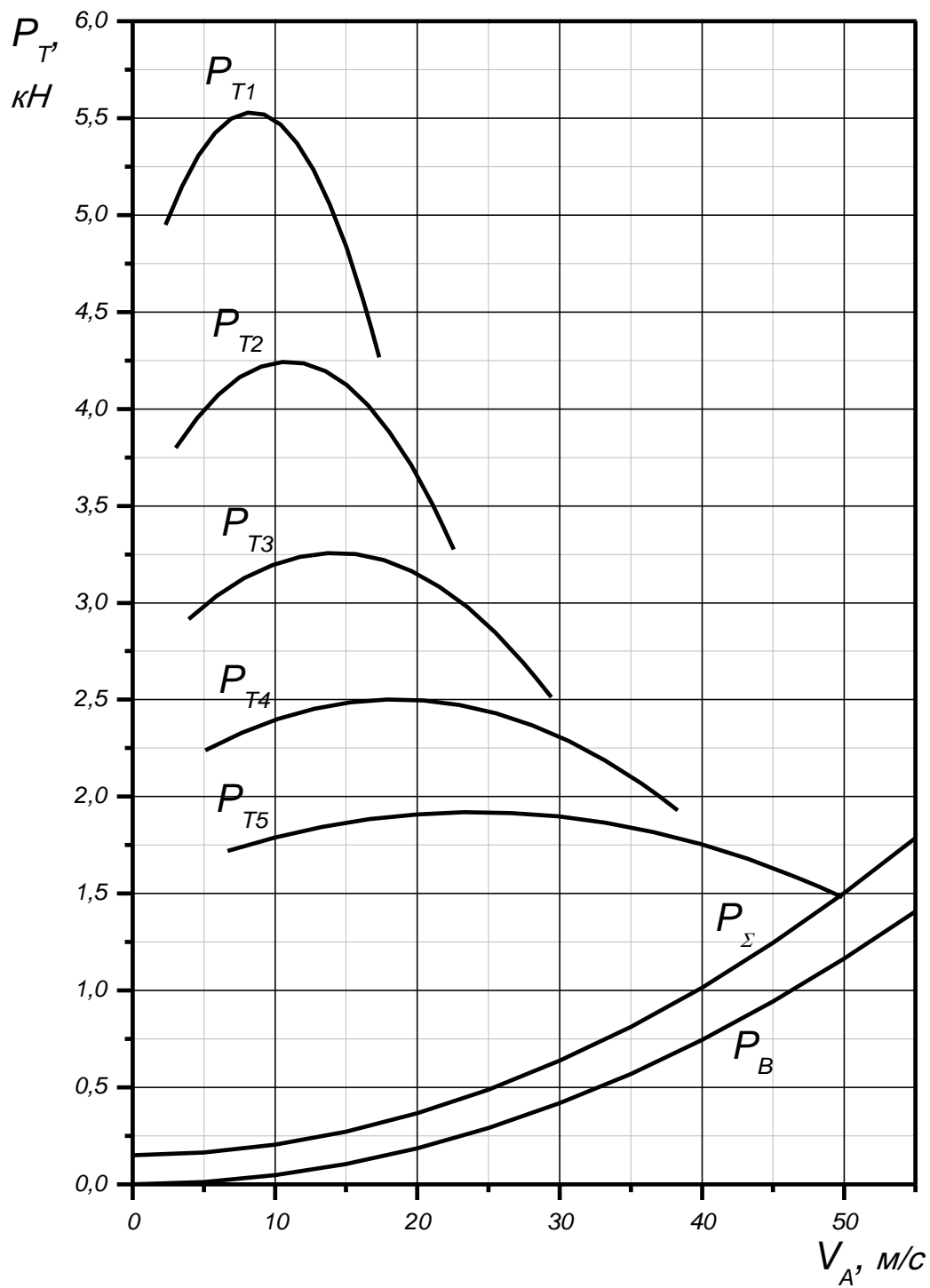


Рисунок А.3 – Тяговый баланс

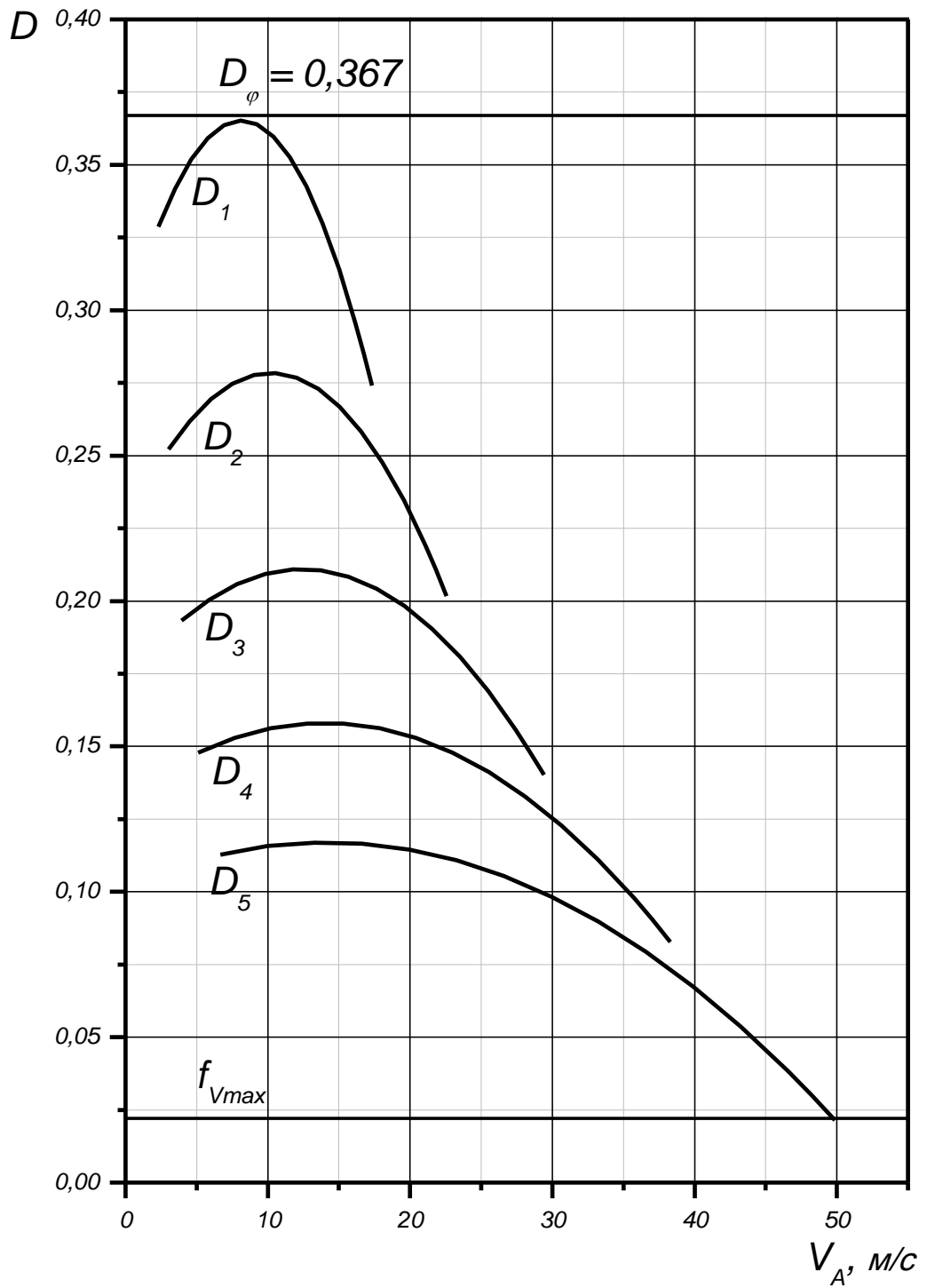


Рисунок А.4 – Динамический баланс

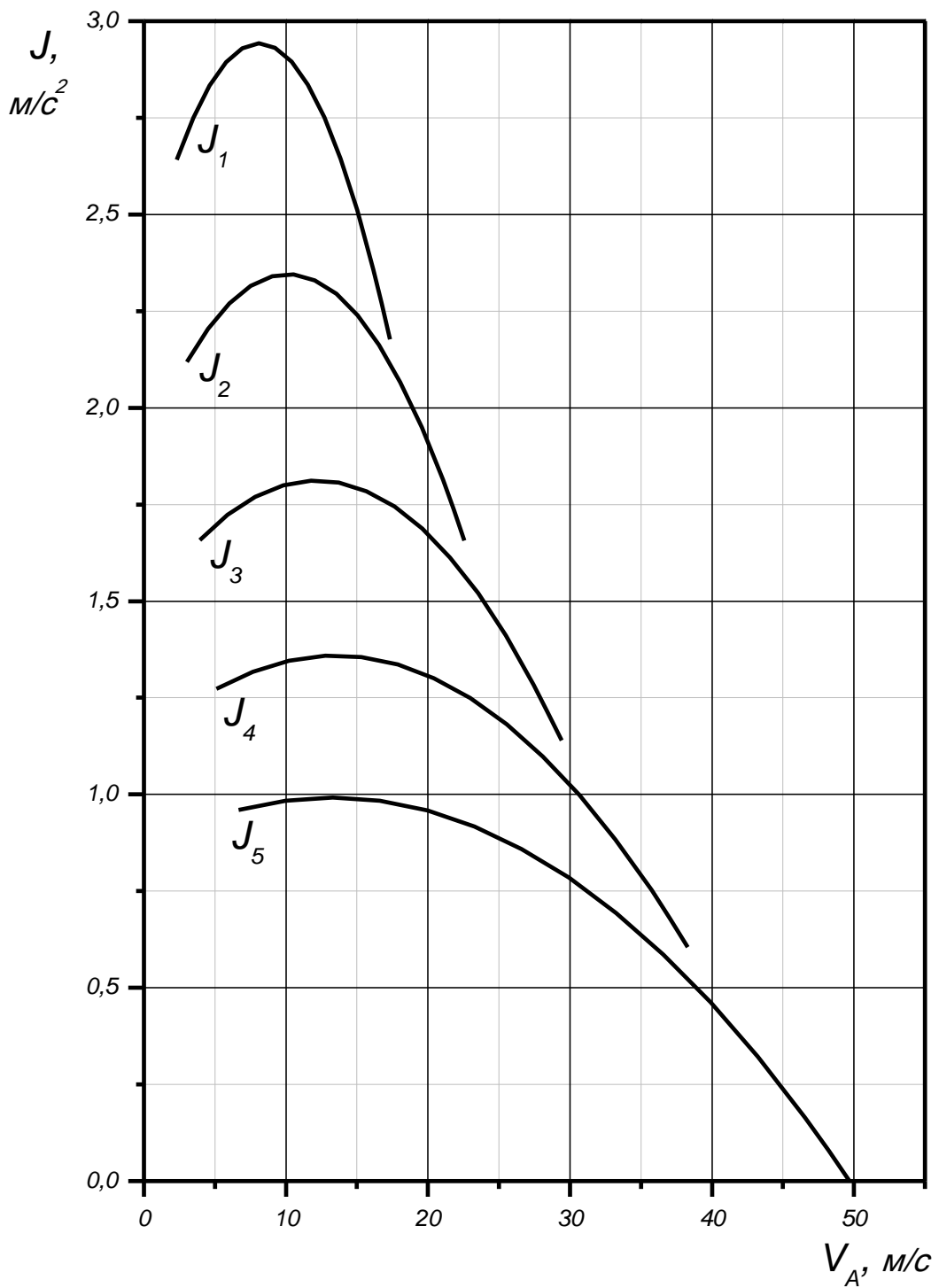


Рисунок А.5 – Ускорения на передачах

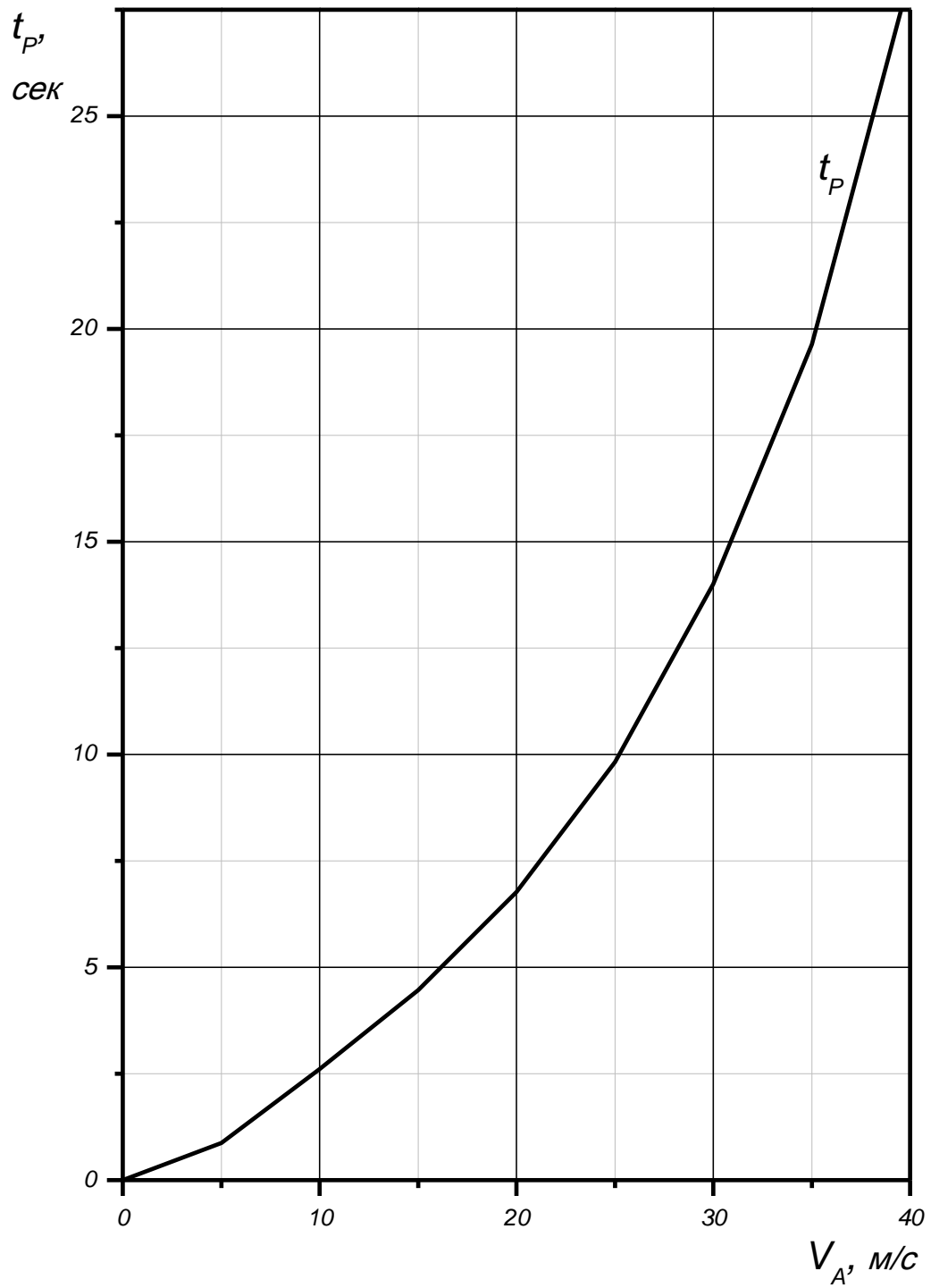


Рисунок А.6 – Время разгона

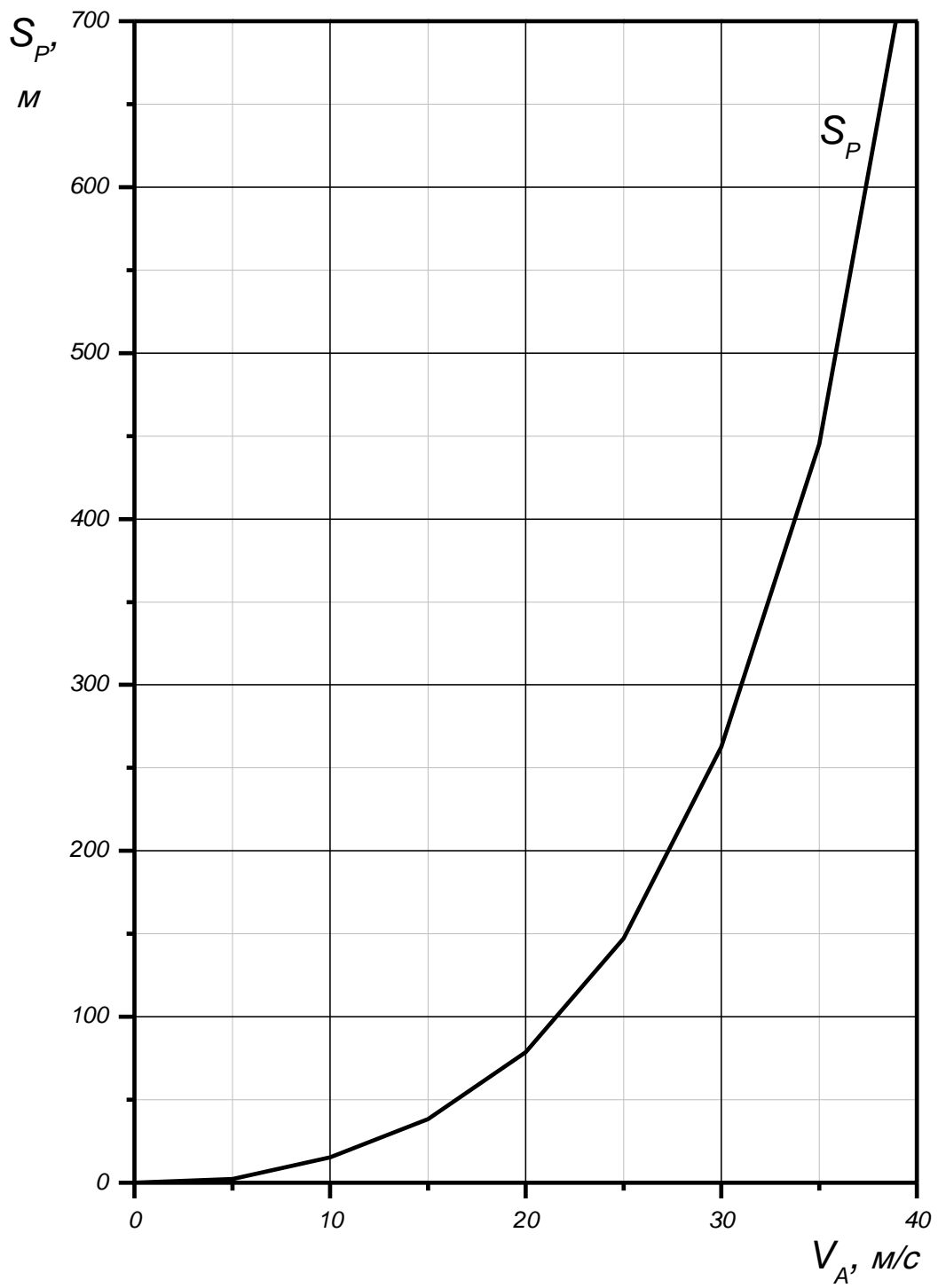


Рисунок А.7 – Путь разгона



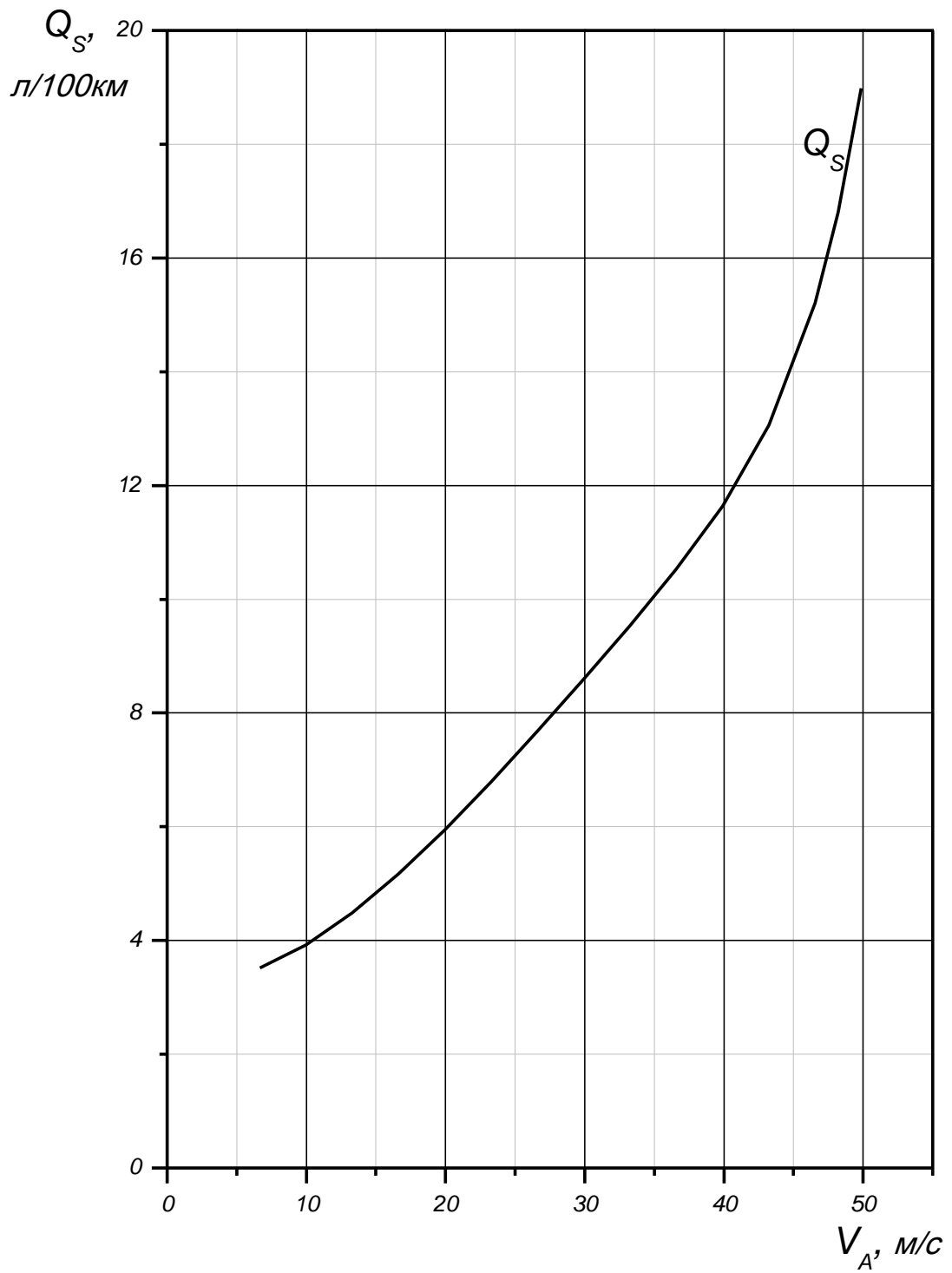


Рисунок А.8 – Путь расход топлива