

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

190201.65 «Автомобиле- и тракторостроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобилестроение

(направленность (профиль))

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему: Переднеприводный легковой автомобиль 2кл. Модернизация задней подвески.

Студент(ка)	<u>Д.С. Воронин</u> (И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	<u>И.Р. Галиев</u> (И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	<u>Л.Л. Чумаков</u> (И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>Д.Ю. Воронов</u> (И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>А.Н. Москалюк</u> (И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>А.Г.Егоров</u> (И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2016

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «Проектирование и
эксплуатация автомобилей»
_____ А.В. Бобровский
«10» декабря 2015 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Студент Воронин Дмитрий Сергеевич

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

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

3. Исходные данные к дипломному проекту

$G_a=1060$ кг, $n = 5$, колёсная формула 4×2 , размерность колеса $185/60R14$, длина $4,35$ м, ширина $B=1,68$ м, высота $H=1,42$ м, $V_{amax}=175$ км/ч, $C_x=0,37$, величина $\max.$ преодолеваемого уклона $i=0,028$, КПД трансмиссии $\eta_T=0,9$, $f_0=0,012$, $n_e^{\min}=1000$ об/мин., $n_e^{\max}=6000$ об/мин., $n_{eN}=5600$ об/мин.

Цель проекта: Улучшение потребительских качеств автомобиля, связанных с управляемостью и устойчивостью, а так же с характеристиками плавности хода, в зависимости от загрузки автомобиля.

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

Разработать технологический процесс сборки задней подвески.

5. Анализ экономической эффективности объекта

Проанализировать себестоимость и показатели экономической составляющей внедрения новой задней подвески автомобиля.

6. Безопасность и экологичность объекта

Разработать мероприятия по безопасности для участка сборки задней подвески.

Заключение

Список литературы

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

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала:

Автомобиль. Общий вид. 1 лист ф. А1

Графики тягово-динамического расчета 1 лист ф.А1

Сборочные чертежи листов формата

Деталировка листов формата А1

Технологическая схема сборки разрабатываемого узла 1 лист ф. А1

Показатели экономической эффективности объекта 1 лист ф. А1

6. Консультанты по разделам

Технологическая /Исследовательская часть _____/_____/

Анализ экономической эффективности объекта _____/_____/

Безопасность и экологичность объекта _____/_____/

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

Руководитель выпускной
квалификационной работы

И.Р. Галиев

Задание принял к исполнению

Д.С. Воронин

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «Проектирование
и эксплуатация автомобилей»
_____ А.В.
Бобровский _____
(подпись) (И.О. Фамилия)
«10» декабря 2015г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения дипломного проекта

Студента Воронина Дмитрия Сергеевича

по теме Переднеприводный легковой автомобиль 2кл. Модернизация задней 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	непредусмотренно		
4. Расчет проектируемого механизма	25.04.2016			
5. Чертежи деталей механизмов и узлов	25.04.2016			
6. Технологическая часть	25.04.2016			
7. Экономическая часть	30.04.2016			
8. Безопасность и экологичность объекта	30.04.2016			
9. Сдача готовых ВКР на предварительную проверку	04.05.2016			
10. Предварительная защита	01.06.2016			

Руководитель дипломного проекта _____

(подпись)

И.Р. Галиев

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению _____

(подпись)

Д.С. Воронин

(И.О. Фамилия)

Аннотация

В данном дипломном проекте рассмотрена конструкция задних подвесок легковых автомобилей, приведена их классификация и описаны основные элементы. Выполнен тягово-динамический расчет переднеприводного автомобиля 2-го класса, рассчитана упругая характеристика задней подвески, упругая характеристика пружины, а также выполнено проектирование пружины задней подвески. Так же был проведен анализ влияния данных изменений на безопасность автомобиля. Разработан технологический процесс монтажа задней подвески автомобиля, мероприятия по технике безопасности на сборочном участке. Произведена оценка экономической эффективности проекта.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1. Состояние вопроса	8
1.1. Назначение подвески автомобиля	8
1.2. Требования, предъявляемые к конструкции подвески	9
1.3. Классификация подвесок	10
1.4. Обзор и тенденции развития конструкций подвесок	17
1.5. Обоснование выбора объекта модернизации	19
2. Защита интеллектуальной собственности	20
3. Конструкторская часть	20
3.1. Тягово-динамический расчет автомобиля	20
3.2. Выбор компоновочной схемы объекта	29
3.3. Расчет задней подвески автомобиля	30
3.4. Проектирование пружины	35
3.5. Прочностной расчет пружины	38
4. Технологическая часть	39
5. Экономическая эффективность проекта	52
6. Безопасность и экологичность проекта	74
Заключение	85
Список литературы	86
Приложения	87

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время автопроизводителями предлагается достаточно большое количество моделей автомобилей в разных классах. Конкуренция между различными автопроизводителями идет достаточно жесткая, таким образом, чтобы повысить продажи, каждый автопроизводитель стремится сделать свой автомобиль максимально комфортным для водителя и пассажиров.

На плавность хода и комфорт влияет подвеска автомобиля. Именно благодаря ей, на автомобиль передаются меньшие силы со стороны дороги, и обеспечивается непрерывное качение колес. Таким образом, от подвески зависит насколько управляемым и комфортным будет автомобиль. Управляемость автомобиля напрямую влияет на его активную безопасность – то есть на возможность избежать столкновения в критической ситуации.

В настоящее время безопасность дорожного движения является одной из важных и приоритетных тем, так как количество автомобилей на дорогах значительно возросло за последние годы. Это тем более актуально для легковых автомобилей, которые могут развивать достаточно высокие скорости.

Конструкции подвесок современных автомобилей достаточно разнообразны. Они зависят от класса автомобиля, от стоимости, от необходимых эксплуатационных свойств, требуемых от автомобиля. Однако, несмотря на достаточно большое разнообразие подвесок, до сих пор не придумано подвески, которая бы отработывала неровности дороги одинаково эффективно на всех режимах движения.

В представленном дипломном проекте будет выполнен расчет задней подвески автомобиля Лада Калина, с целью улучшить потребительские качества автомобиля и обеспечить постоянство характеристик подвески вне зависимости от загрузки автомобиля.

1. Состояние вопроса.

1.1 Назначение подвески автомобиля.

Подвеска автомобиля — это устройство, которое осуществляет передачу сил и их моментов в трех осях (вертикальной, продольной и поперечной) между колесами и кузовом автомобиля. Немаловажным качеством является снижение динамических нагрузок от этих сил, передающихся на кузов. Таким образом, от конструкции и настроек подвески зависит характер перемещения колес относительно кузова автомобиля, плавность хода, управляемость автомобиля.

Так как подвеска автомобиля обеспечивает упругую связь колес с кузовом, она допускает перемещения колес относительно кузова в процессе движения. В большинстве своем, эти перемещения негативно влияют на сопротивление качению, на управляемость автомобиля и комфорт пассажиров, на площадь пятна контакта шин автомобиля с поверхностью дороги. Поэтому одной из задач, стоящих перед конструкторами подвесок, является ограничение данных перемещений.

Управляемость и устойчивость автомобиля, которые напрямую зависят от конструкции подвески автомобиля достаточно сильно влияют на его активную безопасность, или иными словами, на возможность автомобиля уйти от столкновения. Учитывая плотность движения на дорогах в современном мире, а так же достаточно высокие скорости движения конструкция подвески достаточно серьезно влияет на снижение количества дорожно-транспортных происшествий на дорогах.

В свою очередь, плавность хода автомобиля помимо комфорта для пассажиров также оказывает сильное влияние на утомляемость водителя. Что тоже является немаловажным фактором для обеспечения безопасности на дорогах.

1.2 Требования, предъявляемые к конструкции подвески.

В зависимости от предназначения автомобиля, требований к его эксплуатационным качествам, в долговечности и надежности требования к подвескам также могут достаточно серьезно отличаться друг от друга. Например, подвеска гоночного автомобиля должна обеспечивать максимально возможную управляемость автомобиля и устойчивость, в то время как требования по плавности хода отходят на второй план, подвеска грузового автомобиля должна быть максимально долговечной и должна обеспечивать требуемую грузоподъемность, а подвеска внедорожника должна обеспечивать достаточную артикуляцию колес относительно кузова или рамы автомобиля, чтобы иметь максимальное пятно контакта при езде по бездорожью.

Тем не менее, ряд требований может быть применим к подвеске любого автомобиля. К ним можно отнести следующие требования:

- соответствие кинематики подвески и рулевого управления для исключения колебаний управляемых колес относительно оси поворота (эффекта шимми);
- максимальная передача продольных и боковых сил во всех режимах движения;
- противодействие поперечным кренам кузова при движении в поворотах, а также продольным кренам при разгонах и торможениях автомобиля;
- максимально возможная плавность хода;
- минимальный вес и габариты комплектующих подвески;
- максимальная прочность и долговечность элементов подвески;
- ремонтпригодность и возможность осуществления небольших регулировок (как минимум - регулировок углов установки колес), технологичность и удобство сборки узла;
- минимальная цена.

1.3 Классификация подвесок

Подвески автомобиля классифицируются по типу связи между колесами, по типу упругого элемента и по возможности управления. Зачастую для описания подвески одного автомобиля указывается сразу несколько характеризующих ее параметров.

Классификация по типу связи между колесами указывает на конструкцию направляющего элемента подвески. Подвески бывают независимыми, зависимыми и полузависимыми.

При зависимой подвески оба колеса оси жестко связаны друг с другом. Таким образом, перемещение одного колеса относительно кузова автомобиля автоматически вызовет перемещение другого. Данный тип подвесок появился раньше всех, но в настоящее время применяется как правило на внедорожниках и автомобилях повышенной грузоподъемности рисунок 1. Основным преимуществом зависимой подвески, по причине которого ее все еще устанавливают на автомобили, можно считать ее дешевизну, простоту конструкции и ремонтпригодность. Помимо вышеперечисленного зависимая подвеска обеспечивает постоянство дорожного просвета, что является важным для автомобилей повышенной проходимости, а также постоянство колеи и углов установки колес, что приводит к меньшему износу шин.

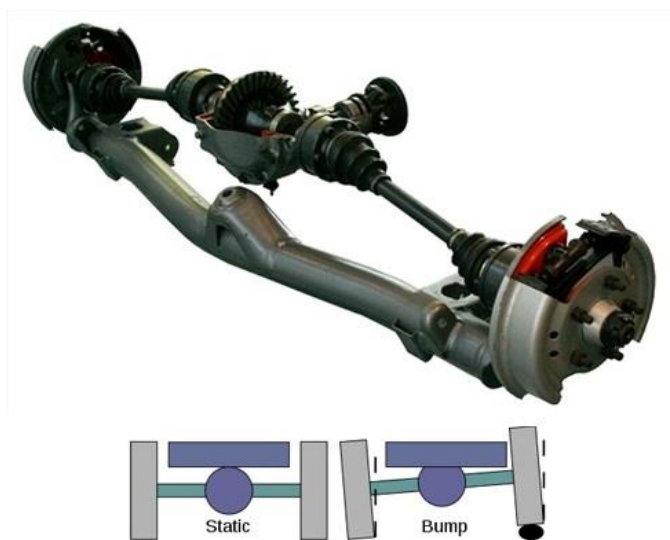


Рисунок 1 – зависимая подвеска автомобиля.

Однако существенные недостатки, к которым можно отнести большие неподрессоренные массы, поперечное смещение колес при больших ходах подвески на пятиштанговом направляющем элементе, а также поворот оси, возникающий при кренах кузова крайне негативно влияют на управляемость и плавность хода автомобиля.

Именно в силу своих недостатков зависимая подвеска все реже появляется в конструкции современных автомобилей, уступая свое место независимой подвеске (рисунок 2). Основным отличием независимых подвесок от зависимых является отсутствие жесткой связи между колесами одной оси. Они бывают разных конструкций: на поперечных рычагах, на продольных рычагах, на косых рычагах а также подвески типа качающаяся свеча. К преимуществам независимых подвесок можно отнести возможность обеспечения оптимальной кинематики колес, что обеспечит максимальное пятно контакта колеса с дорогой на всех режимах движения, что крайне положительно сказывается на управляемости и устойчивости автомобиля. Кроме того, на некоторых конструкциях возможно применение достаточно большого количества сайлентблоков, которые значительно снижают динамические нагрузки при передачи их на кузов автомобиля.

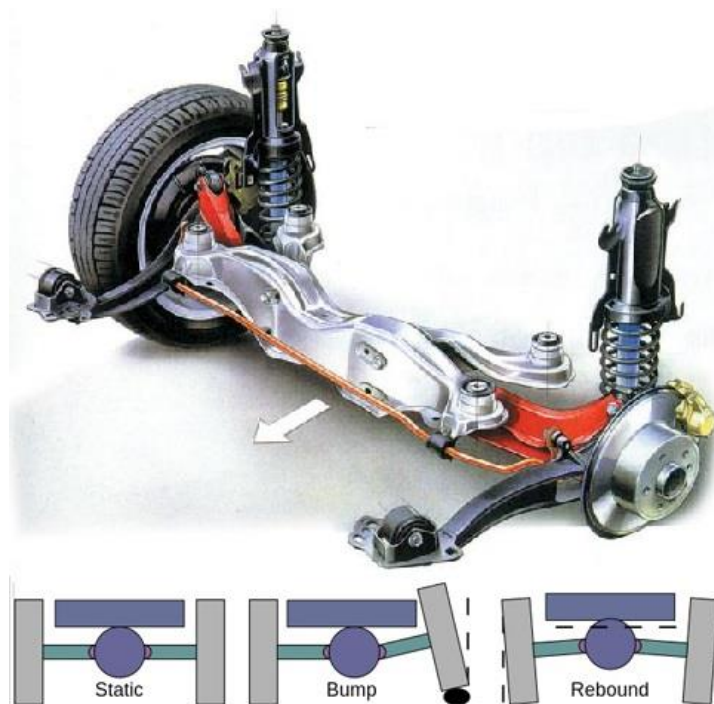


Рисунок 2 – независимая подвеска автомобиля

Несмотря на то, что подвески типа качающаяся свеча не обладают преимуществами по совершенной кинематике в полной мере, совокупность их характеристик все равно значительно лучше характеристик зависимых подвесок. Кроме того, подвески типа качающаяся свеча очень просты в изготовлении и имеют достаточно низкую себестоимость.

Кроме того, существуют полузависимые подвески. Данный тип подвесок устанавливается на заднюю ось большинства бюджетных автомобилей классов А, В и С. В случае одноименного хода колес данный тип подвески ведет себя как зависимая, а в случае разноименного хода – как независимая подвеска - рисунок 3. Полузависимые подвески очень просты в изготовлении, обладают хорошей ремонтпригодностью и достаточно дешевы и при этом обладают малыми неподрессоренными массами, что положительно сказывается на плавности хода автомобиля.

Недостатков у данного типа подвесок не так много. К ним относится склонность к избыточной поворачиваемости автомобиля под действием боковых сил и некоторые ограничения по максимальной нагрузке. Также при такой схеме достаточно сложно организовать привод на заднюю ось автомобиля, хотя подобное решение нашло применение в серийном производстве – на автомобиле ToyotaUrbanCruiser. Задняя ось модернизируемого автомобиля LadaKalina оснащена полузависимой задней подвеской.



Рисунок 3 – Полузависимая подвеска автомобиля.

Классификация по типу упругого элемента подвески указывает на конструкцию упругого элемента. Выделяют пружинные, рессорные, торсионные подвески и подвески на пневматических подушках.

Наибольшее распространение на легковых автомобилях получили пружинные подвески. Это обусловлено тем, что пружина, в качестве упругого элемента, имеет несколько неоспоримых преимуществ. К ним относятся малая масса, простота изготовления и компоновки подвески. Изменения геометрические параметры пружин можно добиться существенного изменения их характеристик. Таким образом, для автопроизводителей остается место для незначительных модернизаций своих автомобилей, без изменения крупных узлов. К примеру, изменив толщину прутка из которого выполнена пружина можно изменить ее жесткостную характеристику, не изменяя при этом компоновку автомобиля.

По форме навивки пружины бывают цилиндрическими, коническими, бочкообразными (см. рисунок 4). Кроме того, пружины могут быть выполнены из прутка переменного диаметра, либо иметь разный шаг на разных витках. Комбинацией этих параметров можно получить практически любую требуемую характеристику.



Рисунок 4 – Пружины автомобильной подвески разных форм.

Конструкция рессорных подвесок (изображена на рисунке 5) появилась раньше всех и с тех пор практически не менялась. Впервые такая конструкция была применена на каретах. Рессоры – это набор стальных пластин, соединенных между собой и закрепленных на кузове автомобиля в двух точках. Как правило, спереди рессора закреплена при помощи шарнира, а сзади при помощи серьги, которая допускает удлинение рессоры на ходе сжатия. В настоящее время данная конструкция подвески достаточно широко применяется на грузовых автомобилях, на фургонах и пикапах. К ее преимуществам, можно отнести долговечность и надежность конструкции, ее простоту и большую грузоподъемность. Кроме того, рессоры могут быть использованы в качестве направляющего элемента подвески. Однако данный тип упругого элемента имеет один серьезный недостаток – наличие сил межлистового трения. При езде автомобиля по небольшим неровностям дороги, когда силы от дороги меньше по величине, чем силы межлистового трения, данная подвеска ведет себя как абсолютно жесткая конструкция. Этим обусловлена крайне низкая плавность хода автомобиля при применении данного типа подвесок и следовательно – постепенный уход от рессор на легковых автомобилях.



Рисунок 5 – рессорная зависимая подвеска автомобиля

Торсионные подвески в настоящее время имеют достаточно малое распространение. Они все еще встречаются на некоторых автомобилях высокой проходимости, однако вышли из применения на обычных автомобилях. Торсионами называются трубы, испытывающие нагрузки на скручивание. Торсионы могут располагаться как вдоль, так и поперек кузова автомобиля. У данного типа подвесок есть одно преимущество, актуальное для внедорожников – это возможность принудительного изменения величины дорожного просвета автомобиля в результате регулировки предварительного натяга торсиона. Однако, для обеспечения больших ходов подвески торсионы должны быть достаточно длинными, что влечет серьезные проблемы в компоновке автомобиля.

Также в качестве упругих элементов подвесок используются пневматические подушки. Найдя достаточно широкое применение на автобусах и на грузовых автомобилях, пневматические подушки постепенно начинают устанавливаться и на легковых автомобилях. В качестве рабочего элемента в пневматических подушках выступает воздух. Регулируя давление воздуха в подушках можно регулировать дорожный просвет автомобиля. Таким образом, можно поддерживать постоянную величину погрузочной высоты на грузовиках и посадочной ступени на автобусах. Данная подвеска обладает самыми лучшими параметрами плавности хода. Кроме того, она позволяет управлять подвеской на ходу автомобиля. Так, например, на внедорожнике VW Touareg с пневмо подушками есть возможность увеличения дорожного просвета со 150мм до 300мм. Таким образом при езде по разбитой дороге величина дорожного просвета больше, что лучше для геометрической управляемости автомобиля, а при езде по асфальту – данная величина может быть снижена для улучшения управляемости автомобиля. Однако данный тип подвесок является крайне сложным и дорогостоящим. Помимо пневматических подушек, данная подвеска требует установки системы подачи и хранения сжатого воздуха.

По возможности управления подвески делятся на активные и пассивные. Кроме того, в отдельную группу выделяют также полуактивные подвески, которые позволяют изменять только дорожный просвет автомобиля.

Пассивные подвески достаточно просты и не позволяют дополнительных регулировок в процессе движения. К их преимуществам можно отнести простоту и технологичность конструкции, а также ее надежность. Недостатком же таких подвесок является постоянство ее характеристик, которые в данном случае будут являться вынужденным компромиссом между управляемостью и плавностью хода автомобиля.

Активные подвески достаточно дороги и сложны в производстве, обладают меньшей технологичностью и ремонтпригодностью, однако позволяют изменять характеристики подвесок в зависимости от дорожных условий. Данные системы позволяют как принудительно выбрать один из режимов работы подвески, так и изменять его основываясь на данных собранных с датчиков. Таким образом, при езде по ровной асфальтовой дороге водитель может максимально «зажать» подвеску, сделать ее более жесткой. В этом случае он получит лучшие характеристики управляемости и устойчивости автомобиля. В тоже время при езде по дорогам плохого качества или по брусчатке водитель может выбрать более «мягкие» характеристики подвески, достигнув тем самым лучшей плавности хода.

На рисунке 6 показана система подвески автомобиля Mercedes, которая называется MagicBodyControl. Данная подвеска позволяет практически полностью исключить крены кузова автомобиля при езде в поворотах. Помимо гидравлических элементов, система состоит из насоса, масляного радиатора, двух резервуаров масляной жидкости. Управляется система автоматическим контроллером, который получает данные с нескольких датчиков уровня, датчика ускорения автомобиля и активной стерео-камеры, благодаря которой он может заранее просчитать требуемые изменения характеристик подвески.

MAGIC BODY CONTROL

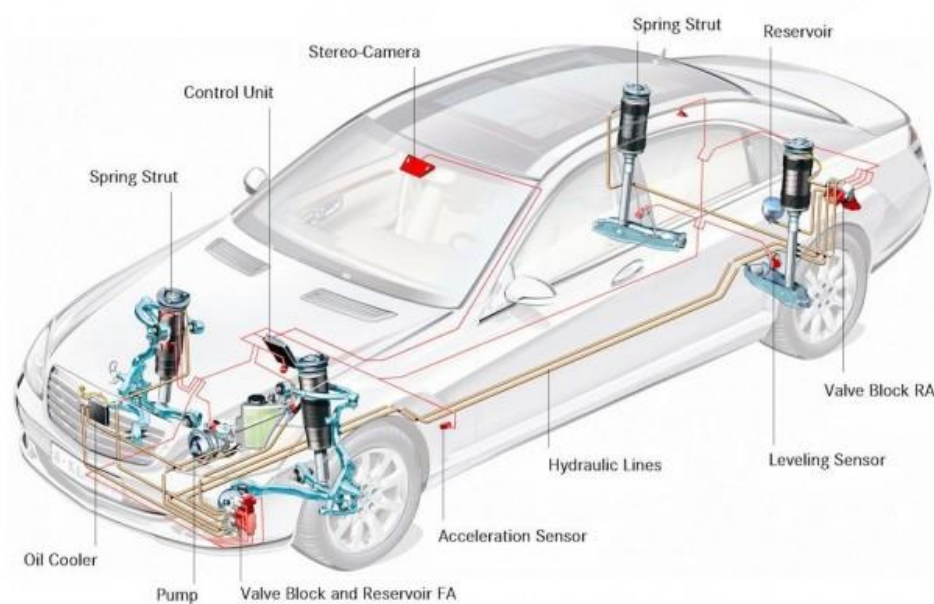


Рис. 6 – Активная подвеска автомобиля Mercedes

1.4 Обзор и тенденции развития конструкций подвесок.

Развитие конструкции подвесок в настоящее время идет по нескольким направлениям. Правительства многих стран настаивают на ужесточении норм по выбросам выхлопных газов в атмосферу. Так как на величину выбросов напрямую влияет количество сожженного топлива – автопроизводители стремятся снизить нагрузку на двигатели, снижая массу автомобиля. Таким образом, одним из основных направлений развития конструкций подвесок является снижение веса компонентов подвески. Находят свое применение новые сплавы металлов, композитные материалы, а также ищутся оптимальные сечения рычагов и подрамников подвесок.

В тоже время автопроизводители ищут решения в конструкции автомобиля, которые будут актуальными для внедрения на массовые автомобили в недалеком будущем. Таким образом, достаточно большое внимание уделяется активным подвескам, и системам управления данными подвесками. Развитие данных систем приводит к тому, что автомобиль сам

выбирает жесткость подвески в зависимости от анализа дорожного покрытия, скорости движения, положения руля и педали акселератора. В настоящее время данные системы применяются на дорогах автомобилях бизнес-класса, однако автопроизводители ищут способы удешевления данных систем для более массового распространения.

Становится актуальным развитие автономных автомобилей, которые бы передвигались по городу без помощи и участия водителя. Данные системы уже разрабатываются фирмами BMW, Toyota, Google. В силу того, что они достаточно сложны и требуют вовлеченности всех узлов автомобиля в работу, на автомобили оснащенные данными системами разрабатываются управляемые подвески интегрируемые в данные системы.

На автомобили более простых конструкций постепенно внедряются задние подвески, позволяющие «подруливать» задними колесами, как например на автомобиле FordFocus (см. рисунок 7). Также с удешевлением конструкций и отработкой технологий, постепенно на заднюю ось внедряются более сложные многорычажные подвески, позволяющие существенно улучшить кинематику задних колес, а также снизить количество шумов и вибраций передаваемых на кузов автомобиля.



Рисунок 7 – Задняя подвеска автомобиля FordFocus

1.5 Обоснование выбора объекта модернизации.

LadaKalina в кузове универсал является современным автомобилем В-класса с полунезависимой задней подвеской. После обновления были также перенастроены подвески автомобиля, под новые стандарты управляемости и устойчивости. Так, новые настройки получили амортизаторы, пружины, стабилизатор поперечной устойчивости.

Однако, учитывая, что автомобиль имеет кузов универсал – его масса и, в частности, масса приходящаяся на заднюю ось достаточно сильно меняется в зависимости от загрузки. Подобные автомобили достаточно часто используются для перевозки небольших грузов в загородные дома, езды на большие расстояния с большим багажом. В тоже время, подвеска данного автомобиля спроектирована из расчета промежуточной загрузки. Таким образом, данная подвеска не лучшим образом работает в полной загрузке и в том случае, когда водитель едет в автомобиле один.

В данном дипломном проекте предлагается модернизация пружины задней подвески автомобиля. Обычная цилиндрическая пружина будет заменена пружиной с переменным шагом витка. Такая конструкция позволит получить прогрессивную характеристику жесткости и обеспечить оптимальную характеристику при разных степенях загрузки автомобиля, что позволит достичь оптимальной плавности хода автомобиля.

Жесткость пружины зависит от количества витков пружины. Чем меньше витков – тем пружина жестче. Переменный шаг позволяет выключать некоторое количество витков пружины при определенной степени загрузки автомобиля. Таким образом, жесткость пружины будет оптимальной как при снаряженной массе, так и при полной загрузке автомобиля.

2 Защита интеллектуальной собственности

Не предусмотрено

3 Конструкторская часть

3.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

Исходные данные для тягового расчета

Тип автомобиля:	<i>FWD</i>
Длина:	4350мм
Ширина:	1680мм
Высота:	1420мм
Число мест:	5
Число передач:	5
КПД трансмиссии:	$\eta_{TP} = 0.9$
Шины автомобиля:	185/60R14
Максимальная скорость:	$v_{\max} = 175 \text{ км / ч}$
Масса автомобиля:	$m_a = 1060 \text{ кг}$
Коэф-т аэродинамич. сопр-я:	$C_x = 0.37$
Коэф-т сопротивления качению:	$f_0 = 0,012$
Уклон:	$i = 0,028$
Обороты двигателя	$\omega_e^{\min} = 1000 \text{ об / мин}$
	$\omega_e^{\max} = 6000 \text{ об / мин}$
	$\omega_N = 5600 \text{ об / мин}$

Подготовка оставшихся данных

Расчет полной массы и веса автомобиля:

$$m = m_a + 75 \cdot n + 10 \cdot n = 1060 + 75 \cdot 5 + 10 \cdot 5 = 1485 \text{ кг} , \quad (3.1)$$

где n – число посадочных мест автомобиля.

Рассчитаем также вес автомобиля:

$$G_{\text{сеп}} = m_{\text{сеп}} \cdot g = 14553 \text{ Н} \quad (3.2)$$

Учитывая то, что автомобиль переднеприводный, соотношение массы автомобиля по осям будет следующим: 60% массы на переднюю ось, 40% массы – на заднюю. Таким образом, на переднюю ось будет приходиться 855кг, а на заднюю ось – 570кг.

Рассчитываем коэффициент обтекаемости:

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2} = \frac{0.37 \cdot 1.293}{2} = 0.24 , \quad (3.3)$$

где ρ - плотность воздуха

Рассчитываем радиус качения колес, учитывая, что шины автомобиля имеют размерность 185/65 R14:

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H \quad (3.4)$$

$$r_k = 0.5 \cdot 14 \cdot 25,4 + 0.86 \cdot 185 \cdot 0.65 = 281,2 \text{ мм}$$

Находим лобовую площадь автомобиля:

$$F = 0,8 \cdot B_f \cdot H_f , \quad (3.5)$$

где B_f и H_f - соответственно габаритная ширина и высота автомобиля.

Подставляем значения:

$$F = 0,8 \cdot 1,7 \cdot 1,5 = 2.04 \text{ м}^2$$

Коэффициент дорожного сопротивления:

$$\psi_v = f = f_{k0} \cdot \left(1 + \frac{v_{\text{max}}^2}{2000} \right) = 0.026 \quad (3.6)$$

Найдем передаточное отношение главной передачи:

$$U_{\text{ГП}} = \frac{\omega_{\text{max}} \cdot r_{\text{к}}}{v_{\text{max}} \cdot U_{\text{КП}}}, \quad (3.7)$$

где в качестве передаточного отношения коробки передач принимаем передаточное отношение высшей передачи: $U_{\text{КП}} = 0.78$

$$U_{\text{ГП}} = \frac{586 \cdot 273}{48.6 \cdot 0.78} = 4,2$$

Расчет внешнескоростной характеристики двигателя

Исходя из максимальной скорости, которую должен развивать автомобиль, рассчитаем требуемую мощность двигателя:

$$N_v = \frac{1}{\eta_{\text{мп}}} (G_a \cdot \psi_v \cdot v_{\text{max}} + k \cdot F \cdot v_{\text{max}}^3) \quad (3.8)$$

Подставляем значения:

$$N_v = \frac{1}{0,9} (14553 \cdot 0,027 \cdot 48.6 + 0,24 \cdot 2.04 \cdot 48.6^3) = 83.6 \text{ кВт}$$

Так как при максимальных оборотах двигателя, его мощность как правило, падает, рассчитаем максимальную мощность двигателя по формуле:

$$N_e^{\text{max}} = \frac{N_v}{a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3}, \quad (3.9)$$

где λ - отношение максимальных оборотов двигателя к оборотам двигателя при максимальной мощности:

$$\lambda = \frac{\omega_{\text{max}}}{\omega_N} = \frac{6000}{5600} = 1.071 \quad (3.10)$$

а, b, c = 1 – эмпирические коэффициенты;

Подставляем значения в формулу 3.9:

$$N_e^{\text{max}} = \frac{83,6}{1.071 + 1.071^2 - 1.071^3} = 84.48 \text{ кВт}$$

Далее рассчитываем внешнюю скоростную характеристику двигателя в зависимости от оборотов двигателя по формулам:

$$N_e = N_{\max} \left[\frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (3.11)$$

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (3.12)$$

Строим график (см. Приложение).

Расчет передаточных чисел коробки передач.

Для обеспечения возможности движения автомобиля, и при этом избегания буксования колес, тяговая сила на ведущих колесах должна быть меньше силы сцепления колес с дорогой и при этом больше силы сопротивления дороги. Таким образом, верно следующее выражение:

$$G_{cy} \cdot \varphi \geq \frac{M_{e\max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП} \cdot U_1}{r_k} \geq G_a \cdot \psi_{\max} \quad (3.13)$$

Откуда выражаем передаточное отношение первой передачи U_1 :

$$\frac{G_{cy} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{e\max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП}} \geq U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{e\max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП}} \quad (3.14)$$

$$2,79 \geq U_1 \geq 0,15$$

Выбираем для дальнейших расчетов принимаем $U_1 = 2,23$

Остальные передаточные числа рассчитываются в зависимости от передаточного отношения первой передачи:

$$\begin{aligned} U_2 &= \sqrt[3]{U_1^2} \\ U_3 &= \sqrt[3]{U_1} \\ U_4 &= 1 \\ U_5 &= 0,6 \cdot 0,8 \end{aligned} \quad (3.15)$$

Так как для обеспечения долговечности зубчатого соединения нельзя выбирать целое передаточное отношение, выберем наиболее близкое к нему:

$$U_4 = 0,98$$

Подставляя значения в остальные формулы получаем:

$$U_2 = 1,7;$$

$$U_3 = 1,3;$$

$$U_5 = 0,78.$$

Тяговый баланс автомобиля

Уравнение тягового баланса автомобиля:

$$P_T = P_D + P_B + P_{II} \quad (3.16)$$

где P_T - тяговая сила автомобиля;

P_D - сила дорожного сопротивления;

P_B - сила сопротивления воздуха;

P_{II} - сила сопротивления разгону автомобиля.

Эти силы рассчитываются по формулам:

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{r_k}; \quad (3.17)$$

$$P_D = P_{II} + P_f, \quad (3.18)$$

где $P_{II} = G_a \cdot \sin \alpha \quad (3.19)$

$$P_f = G_a \cdot \cos \alpha \cdot f \quad (3.20)$$

$$P_B = k \cdot F \cdot v^2 \quad (3.21)$$

Связываем скорость и силу тяги автомобиля:

$$v_a = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_k \cdot U_0} \Rightarrow P_T = \frac{\omega_e \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{v_a} \quad (3.22)$$

При помощи этой связи можно построить графики зависимости силы тяги от скорости автомобиля (см. Приложение).

Динамическая характеристика автомобиля

Динамическим фактором называется отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля. Он показывает величину сопротивления дороги, которую может преодолеть автомобиль на разных скоростях. Находится по формуле:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (3.23)$$

Связываем динамический фактор с дорожным сопротивлением:

$$D = \psi + \frac{j}{g} \cdot \delta_{ep}, \quad (3.24)$$

где: j - ускорение автомобиля;

δ_{ep} - коэффициент учета вращающихся масс;

ψ - коэффициент сопротивления дороги.

Рассчитав динамический фактор автомобиля на всех передачах можем построить его графики (см. Приложение).

Расчет ускорений автомобиля

Расчет ускорений автомобиля ведется для условий движения автомобиля по горизонтальной асфальтовой дороге с хорошим сцеплением.

Формула для расчета ускорений:

$$j = \frac{(D - \psi) \cdot g}{\delta_{ep}}; \quad (3.25)$$

где δ_{ep} - коэффициент учета вращающихся масс, зависит от вращающихся масс двигателя и колес.

Он рассчитывается по формуле:

$$\delta_{ep} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2) \quad (3.26)$$

где δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес;

δ_2 - коэффициент учета вращающихся масс двигателя;

Учитывая, что реальные коэффициенты неизвестны, принимаем:

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

Подставляя данные значения в формулу (3.26) получаем следующие значения:

$$\delta_{epI} = 3,7$$

$$\delta_{epII} = 2,58$$

$$\delta_{epIII} = 1,93$$

$$\delta_{epIV} = 1,54$$

$$\delta_{epV} = 1,35$$

Производим расчет и строим графики ускорения в зависимости от скорости движения автомобиля на различных передачах (см. Приложение).

Расчет времени и пути разгона

Время разгона автомобиля находится в зависимости от обратных ускорений автомобиля. Таким образом, сначала необходимо построить графики обратных ускорений $1/j$ автомобиля (см. Приложение).

Проинтегрировав полученные графики, можно высчитать и построить график времени разгона от скорости автомобиля. При этом минимальное время разгона будет получено, если точками переключения передач считать точки пересечения графиков обратных ускорений. Рассчитать время можно по следующим формулам:

$$\Delta t = \frac{1}{j_a} \Delta v \quad (3.27)$$

$$t = \sum \Delta t_i \quad (3.28)$$

Путь разгона высчитывается способом, аналогичным способу расчета времени разгона.

$$ds = v_a \cdot dt \quad (3.29)$$

$$\Delta s = v_a \cdot \Delta t \quad (3.30)$$

$$s = \sum s_i^t \quad (3.31)$$

Мощностной баланс автомобиля

По аналогии с уравнением тягового баланса автомобиля можно записывать уравнение мощностного баланса автомобиля.

$$N_T = N_e - N_{mp} = N_f + N_{II} + N_B + N_{II} \quad (3.32)$$

Где: N_T - тяговая мощность, мощность подводимая к ведущим колесам.

N_{mp} - мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии.

N_f - мощность, затраченная на преодоление сил сопротивлению качения колес.

$N_{\dot{\gamma}}$ - мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему.

$N_{\dot{A}}$ - мощность, затраченная на преодоление силы сопротивления воздуха.

$N_{\dot{E}}$ - мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля.

$N_{\dot{A}}$ - мощность, затраченная на преодоление силы сопротивления дороги.

С помощью мощностного баланса мы можем найти сопротивления, которые может преодолеть автомобиль на любой скорости. Решение уравнения (3.32) производится графическим способом (см. Приложение)

Топливоно-экономическая характеристика автомобиля

Путевой расход топлива на 100км пути выражается через удельный эффективный расход топлива:

$$g_{II} = \frac{g_e \cdot N_e}{36 \cdot \rho_T \cdot v} \quad (3.33)$$

где ρ_T - плотность топлива, для бензина примем 0,72 кг/л.

v - скорость автомобиля.

Эффективность мощности N_e может быть выражена из мощностного баланса, и тогда мы получим:

$$g_{II} = \frac{g_e}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}} \cdot (P_D + P_B + P_{II}) \quad (3.34)$$

Точный расход топлива в определенных условиях может быть рассчитан благодаря исходя из нагрузочной характеристики двигателя, которая может быть определена только благодаря эксперименту.

Данных с данного графика нет, поэтому воспользуемся следующей формулой:

$$g_e = k_{CK} \cdot k_{II} \cdot g_{e \min} \cdot 1.1, \quad (3.35)$$

где k_{CK} и k_{II} - коэффициенты, учитывающие соответственно изменения величины g_e в зависимости от ω_e и И двигателя.

$g_{e \min}$ - минимальный удельный расход топлива. Примем $g_{e \min} = 290$ г/кВт*ч

Отсюда, учитывая $P_{II} = 0$, для равномерного движения, выводим:

$$g_{II} = \frac{k_{CK} \cdot k_{II} \cdot g_{e \min} \cdot 1.1 \cdot (P_D + P_B)}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}} \quad (3.36)$$

Так как показателем топливной экономичности автомобиля служит минимальный путевой расход топлива, соответствующий скорости при испытаниях автомобиля с полной нагрузкой на горизонтальной дороге, принимаем значение уклона дороги $\alpha = 0$.

3.2 Выбор компоновочной схемы объекта

Автомобиль, выбранный в качестве объекта для модернизации имеет заднюю полунезависимую подвеску. Направляющий аппарат подвески состоит из двух рычагов и скручивающейся балки, соединенной с ними. Подобный тип подвесок является достаточно распространенным как на автомобилях В класса, так и на автомобилях более высокого класса. К зарубежным аналогам, имеющим схожую подвеску можно отнести автомобили KiaRio, RenaultLogan, VWPolo, RenaultFluence, ChevroletCruze.

Несмотря на некоторые недостатки, которые присущи данному типу подвесок, данный тип подвесок достаточно дешев, прост в изготовлении, и технологичен, что является определяющим фактором для повседневных легковых автомобилей. Поэтому менять принципиальную схему данной подвески не имеет смысла.

Таким образом, следует сосредоточить усилия на модернизации некоторых деталей подвески, направленной на улучшение параметров плавности хода. Учитывая, что модернизируемый автомобиль имеет кузов типа универсал, предполагается его использование как в полной загрузке, так и в снаряженном состоянии при езде от дома до работы. Таким образом, настройки подвески целесообразно подобрать под оба состояния загрузки.

В настоящее время автомобиль LadaKalina оснащается пружиной задней подвески с жесткостью 20 кН/м, что подходит к усредненному, конструктивному, варианту загрузки автомобиля. Замена данной пружины на пружину с изменяемым шагом витка позволит изменять ее жесткость в зависимости от загрузки автомобиля, что позволит существенно улучшить

плавность хода в полной загрузке и в снаряженном состоянии. Кроме того, такая модернизация не потребует серьезных капиталовложений в изменение технологического процесса сборки автомобиля, или в изменение дорогостоящих элементов кузова автомобиля.

3.3 Расчет задней подвески автомобиля

3.3.1 Исходные данные для расчета

$D_{cp} = 96,3\text{мм}$ - средний диаметр пружины

$m_{зад.сн} = 512\text{кг}$ - масса на заднюю ось при снаряженной нагрузке

$m_{зад.конст} = 609\text{кг}$ - масса на заднюю ось при конструктивной нагрузке

$m_{зад.пол} = 788\text{кг}$ - масса на заднюю ось при полной нагрузке

$m_{неподр.} = 74\text{кг}$ - неподдрессоренная масса задней оси автомобиля

$i = 1$ - передаточное отношение пружины задней подвески

$l = 415\text{мм}$ - длина базовой пружины в свободном состоянии

$\Delta C_{ш} = 2 \text{ кН/м}$ - жесткость шарниров подвески

3.3.2 Расчет упругой характеристики подвески

Для обеспечения оптимальной плавности хода автомобиля необходимо задаться частотами собственных колебаний деталей задней подвески. В зависимости от различной степени загрузки данная величина может колебаться в пределах от 1.15 до 1.5 Гц. В среднем же, частота собственных колебаний подвески автомобиля должна быть в районе 1.35 Гц.

Для дальнейших расчетов примем это значение.

Теперь рассчитаем необходимую вертикальную жесткость задней подвески в зависимости от загрузки автомобиля.

Для этого сначала найдем неподрессоренные массы, приходящиеся на одно колесо задней оси автомобиля, в зависимости от загрузки автомобиля:

$$\begin{aligned}m_{IIc} &= \frac{512 - 74}{2} = 219 \text{ кг} \\m_{IIk} &= \frac{609 - 74}{2} = 267,5 \text{ кг} \\m_{III} &= \frac{788 - 74}{2} = 357 \text{ кг}\end{aligned}\tag{3.37}$$

Теперь рассчитаем вертикальную жесткость подвески, необходимую для обеспечения выбранной частоты колебаний в каждой загрузке автомобиля по формуле:

$$C = \frac{(2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot m}{1000}\tag{3.38}$$

Подставляя значения получим:

$$\begin{aligned}C_c &= \frac{(2 \cdot \pi \cdot 1.35)^2 \cdot 219}{1000} = 15,76 \text{ кН/м} \\C_k &= \frac{(2 \cdot \pi \cdot 1.35)^2 \cdot 267,5}{1000} = 19,25 \text{ кН/м} \\C_{II} &= \frac{(2 \cdot \pi \cdot 1.3)^2 \cdot 357}{1000} = 25,7 \text{ кН/м}\end{aligned}$$

Так как модернизируемый автомобиль производится в кузове универсал, предполагается, что конечный потребитель будет время от времени перевозить на нем достаточно большое количество грузов. В то же время, зачастую в современном мире автомобиль используется для езды по городу от работы до дома только с одним водителем внутри. Таким образом, для данного автомобиля пружина с линейной характеристикой не сможет обеспечить приемлемой плавности хода на всех режимах движения.

Серийная пружина имеет жесткость 20 кН/м, что делает ее хорошим вариантом для езды в конструктивной загрузке.

3.3.3 Расчет упругой характеристики пружины

Зная приблизительные характеристики пружины, к которым необходимо стремиться, сделаем расчет прогрессивной характеристики пружины. Для этого рассчитаем величину статического прогиба подвески. Воспользуемся следующими формулами:

$$f_{ст} = \frac{m \cdot g}{C_{п}} \quad (3.40)$$

$$n = \frac{30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{C_{п}}{m}}, \quad (3.41)$$

где n – количество колебаний в минуту.

В нашем случае $n = 1,35 Гц = 81^{кол}/мин$

Совмещаем две формулы и получаем:

$$f_{ст} = \frac{g}{\left(\frac{n \cdot \pi}{30}\right)^2} = 0.136 м = 136 мм$$

Как видно из формул (3.40) и (3.41), величина статического прогиба зависит от массы приходящейся на ось автомобиля и от жесткости пружины. Таким образом, жесткость пружины должна изменяться в зависимости от загрузки автомобиля.

В нашей подвеске, при одноименном ходе колес, передаточное число пружины равно 1. Таким образом, статический прогиб подвески будет равен статическому прогибу пружины:

$$S_1 = f_{ст}$$

Так как при полной загрузке автомобиля дальнейшего увеличения веса не происходит – участок характеристики пружины после прохождения данной точки должен быть линейным. В то же время так как масса автомобиля не может быть меньше снаряженной, участок характеристики пружины от нулевой точки до точки снаряженной нагрузки также должен

иметь линейную характеристику. Между этими двумя участками у пружины должен быть участок с прогрессивной характеристикой, что позволит оставить плавность хода на хорошем уровне вне зависимости от загрузки автомобиля.

Рассчитаем силу реакции на пружину в точках перехода между участками характеристик пружины по формуле:

$$R_{Z1-2} = m_{\text{ШАР}} \cdot g = 219 \cdot 9.8 = 2146,2 \text{ Н} \quad (3.42)$$

$$R_{Z2-3} = m_{\text{ПОЛН}} \cdot g = 357 \cdot 9.8 = 3498,6 \text{ Н}$$

Далее рассчитаем жесткость пружины на первом и третьем участках характеристики. Так как плавность хода автомобиля в этих точках должна быть одинаковой, статический прогиб подвески также должен быть одинаковый при разных загрузках. Таким образом получим:

$$C_1 = \frac{R_{Z1-2}}{S_1} = \frac{2146,2}{0.136} = 15780.88 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad (3.43)$$

$$C_3 = \frac{R_{Z2-3}}{S_2 - S_1} = \frac{R_{Z2-3}}{S_1} = \frac{3498,6}{0.136} = 25725 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad (3.44)$$

Для того, чтобы рассчитать силу реакции и жесткость пружины на втором участке воспользуемся формулами:

$$R_{Z2} = R_{Z1-2} \cdot e^{\left(\frac{s}{s_1} - 1\right)} \quad (3.45)$$

$$C_2 = \frac{R_2}{S_{CT}} \quad (3.46)$$

Хода подвесок как правило рассчитываются от состояния конструктивной загрузки. Рассчитаем силу реакции в этой точке:

$$R_{\text{КОНСТР}} = m_{\text{КОНСТР}} \cdot g = 267,5 \cdot 9.8 = 2621,5 \text{ Н} \quad (3.47)$$

Этой величине соответствует прогиб подвески в 163мм. Ход сжатия задней подвески 105мм, ход отбоя – 98мм. Таким образом, максимальный прогиб пружины будет равен 268мм, а минимальный (в полном ходе отбоя) –

65мм. Кроме того, расчет по формуле 2.45 показывает, что второй участок характеристики кончается при прогибе пружины в 203мм.

Найдем величину s' по формуле:

$$s' = s_{CT} - \frac{R_{Z2-3}}{c_3} = 0.203 - \frac{3498,6}{25725} = 0.067\text{м} \quad (3.48)$$

Таким образом сила реакции пружины на третьем участке будет находиться по формуле:

$$R_{Z3} = c_3 \cdot (s_{CT} - s') \quad (3.49)$$

Подставляя значения в эти формулы построим графики силы реакции пружины (рисунок 8) и ее жесткости (рисунок 9).

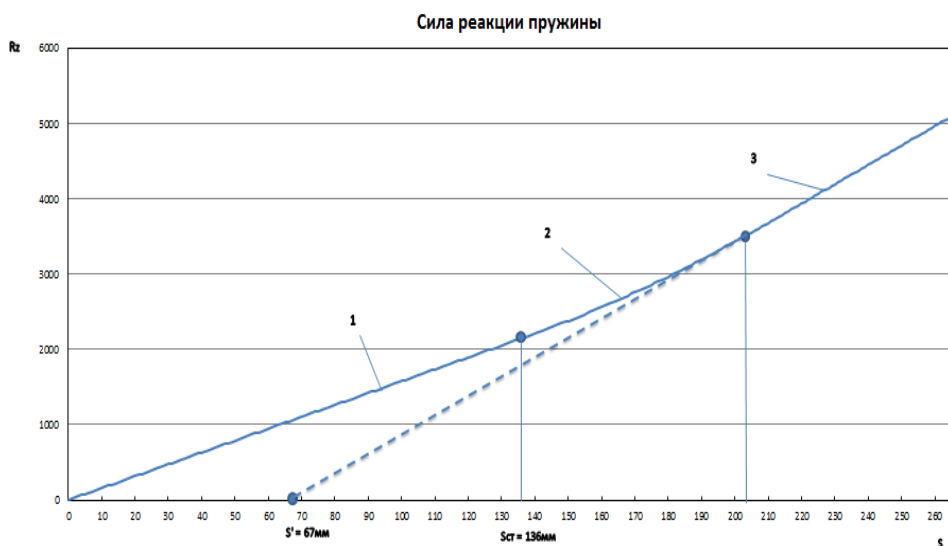


Рисунок 8 - Характеристика зависимости силы реакции пружины от ее прогиба

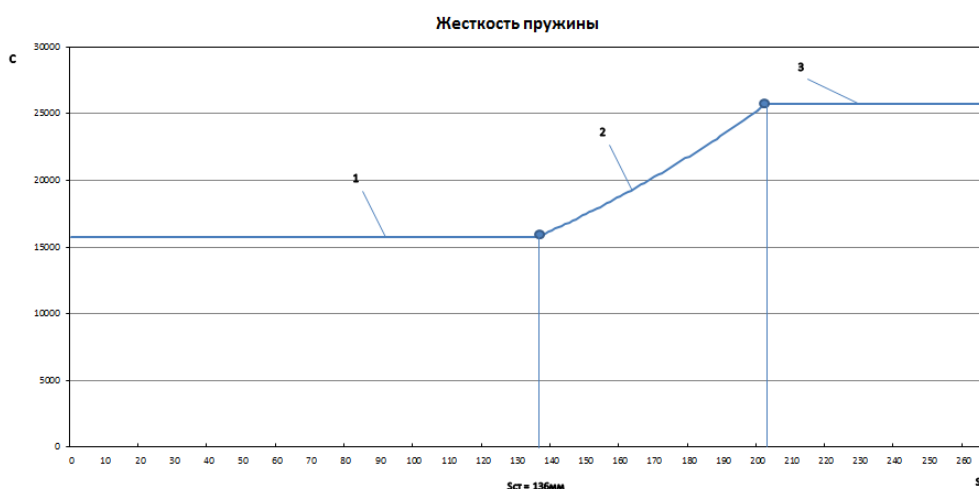


Рисунок 9 - Характеристика зависимости жесткости пружины от ее прогиба

3.4 Проектирование пружины

Найдем количество витков пружины, необходимое для обеспечения требуемой жесткости на первом и на третьем участках по формуле:

$$n_{\text{раб.}i} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot C_i} \quad (3.50)$$

где D - средний диаметр навивки пружины

d - диаметр прутка пружины

Для простоты монтажа и избежания необходимости замены опорных чашек пружины, оставим эти параметры идентичными базовой пружине.

Тогда получаем:

$$n_{\text{раб.}1} = \frac{78 \cdot 10^5 \cdot 9,8 \cdot (11,45 \cdot 10^{-3})^4}{8 \cdot (96,3 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 15780,88} = 11,65 \text{шт}$$

$$n_{\text{раб.}3} = \frac{78 \cdot 10^5 \cdot 9,8 \cdot (11,45 \cdot 10^{-3})^4}{8 \cdot (96,3 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 25725,3} = 7,14 \text{шт}$$

Теперь высчитываем число сающихся витков:

$$n_{\text{раб.сад.}} = n_{\text{раб.}1} - n_{\text{раб.}3} = 11,89 - 7,29 = 4,51 \text{шт} \quad (3.51)$$

Принимаем число опорных витков $n_{\text{опорн}} = 1,5 \text{шт}$

Рассчитаем минимальную длину пружины, в третьей контрольной точке:

$$L_B = (n_1 + 1) \cdot d_{\text{пр}} + (n_1 + 1) \cdot 0,25 + d_{\text{пр}} \cdot 0,05 \quad (3.52)$$

где: n_1 – полное число витков, отличается от числа рабочих витков на количество опорных витков.

0,25 – коэффициент, учитывающий толщину покрытия и допуск на диаметр прутка;

0,05 – коэффициент, учитывающий допуск на длину концевых (опорных) витков.

Подставляем значения:

$$L_B = (13,15 + 1) \cdot 11,45 + (13,15 + 1) \cdot 0,25 + 11,45 \cdot 0,05 = 166 \text{ мм}$$

Длина базовой пружины во второй контрольной точке при динамическом ходе сжатия равняется 172 мм, а длина в третьей контрольной точке – 147 мм. Для исключения проблем, связанных с компоновкой, а также для избежания контакта витков и жесткого пробоя подвески возьмем ту же разницу длин и для проектируемой пружины.

Тогда длина пружины во второй контрольной точке будет равна:

$$L_D = 166 + 25 = 191 \text{ мм} \quad (3.53)$$

Рассчитаем межвитковый зазор у несмыкающихся витков:

$$\Delta_{\min} = \frac{L_D - L_B}{n_{\text{раб.ст.}}} = \frac{25}{7,14} = 3,5 \text{ мм} \quad (3.54)$$

Жесткость одного витка рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{вит}} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3} = \frac{7800 \cdot 11,45^4}{8 \cdot 96,3^3} = 18,765 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}} = 183896,63 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad (3.55)$$

Далее определим реакцию пружины при которой смыкается первый виток $R_{\text{пр.1}}$. Для этого необходимо построить график зависимости количества рабочих витков от прогиба пружины (рис. 10).

Для этого используем формулу:

$$n_{\text{раб}} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot C_{2i}} \quad (3.56)$$



Рис. 10 – зависимость количества работающих витков от прогиба

После чего строим характеристику количества работающих витков от деформации пружины, а потом считаем шаг каждого витка.

Шаг несмыкаемых витков будет найден по формуле:

$$t_H = \Delta_{\min} + \frac{R_{\text{ПР.МАХ}}}{C_{\text{вит}}} + d, \quad (3.57)$$

где $R_{\text{ПР.МАХ}}$ - максимальная сила реакции пружины, которую можно найти по формуле:

$$R_{\text{ПР.МАХ}} = C_3 \cdot (s_{\text{МАХ}} - s') \quad (3.58)$$

$$R_{\text{ПР.МАХ}} = 25725,3 \cdot (0,268 - 0,067) = 5170,76$$

Тогда подставляя значения в формулу (2.57) получим:

$$t_H = 3,5 + \frac{5170,76}{183,89663} + 11,45 = 43,06 \text{ мм}$$

Шаг первого смыкающегося витка рассчитывается по формуле:

$$t_1 = \frac{P_{\text{нп.1}}}{C_{\text{вит}}} + d \quad (3.59)$$

Зная усилия на которых перестают работать витки пружин, используя графики рис. 8 и рис. 10 составим таблицу 1.

Таблица 1 - Шаг витков пружины

Номер витка	1-7	7-7,15	7,15-8,15	8,15-9,15	9,15-10,15	10,15-11,15	11,15-11,65
Шаг витка, мм	43,06	6,45	28,18	26,32	24,87	23,64	17,28

3.5 Прочностной расчет пружины

Максимальные нагрузки пружина испытывает при максимальном ходе сжатия, то есть в контрольной точке 3. Это напряжения кручения. Для того чтобы понять, правильно ли спроектирована пружина, найдем максимальные напряжения в третьей контрольной точке используя формулы:

$$\tau = \frac{8 \cdot P_{np \max} \cdot D \cdot k}{\pi \cdot d^3} = \frac{8 \cdot 5170 \cdot 96,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1,165}{\pi \cdot (11,45 \cdot 10^{-3})^3} = 984,08 \text{ МПа} \quad (2.60)$$

Где коэффициент $k = 1,165$ является поправочным коэффициентом, указывающим на разницу напряжений с внешней и внутренней стороны пружины.

Из расчета видно, что максимальное напряжение не превышает максимально допустимого для данного прутка, следовательно, расчеты выполнены верно:

$$\tau \leq [\tau]$$

$$984,08 \text{ МПа} < [1350] \text{ МПа}$$

4. Технологическая часть

4.1.1 Анализ изменения конструкции подвески, приводящий к изменению технологического процесса

Изменение конструкции задней подвески автомобиля заключающееся в изменении пружин не приводит к изменению существующего процесса сборки задней подвески. Модернизированная пружина с новыми характеристиками имеет некоторые изменения только толщины прутка и межвиткового расстояния пружины, а также количества витков. Однако, несмотря на то, что новые пружины несколько отличаются по габаритным размерам от базовых, все посадочные размеры остались без изменений, что не приводит к изменению технологического процесса.

Учитывая тот факт, что количество деталей модернизированной подвески также не имеет отличий от серийной, предлагается оставить существующий технологический процесс сборки задней подвески автомобиля без изменений.

В процессе проектирования сборочного процесса установки задней подвески на кузов автомобиля, одним из важных факторов, которые следует учитывать является расположение кузова автомобиля на конвейере. Учитывая новые технологии сборки автомобиля, на данном участке автомобиль находится над головой рабочего, в то время как подсобранное шасси находится на связанной с конвейером тележке внизу. По нажатию кнопки оператора, тележка поднимается на необходимый уровень и рабочий затягивает нижние крепления подвески. Этот участок сборки, как правило, называется «свадьбой». На другом участке, когда автомобиль опять спустится на уровень пояса оператора происходит затяжка верхних креплений.

В случае с задней подвеской, заранее устанавливаются задние амортизаторы автомобиля в районе верхней опоры. Затем к ним на участке «свадьбы» прикручивается балка задней подвески.

На сборку поставляются следующие детали и узлы модернизированной подвески:

1. Амортизатор задней подвески;
2. Подушка крепления штока амортизатора;
3. Буфер хода сжатия
4. Защитный кожух;
5. Рычаги задней подвески с тормозами в сборе;
6. Пружина задней подвески;
7. Прокладка изолирующая пружины;
8. Кронштейн крепления рычагов задней подвески на кузове.

Первые четыре компонента поступают на линию сборки в момент когда автомобиль находится на уровне пояса рабочего, задолго до участка «свадьбы». Остальные – устанавливаются на том же участке, на котором устанавливается передняя подвеска, двигатель, коробка передач автомобиля.

4.2 Общие требования к технологичности конструкции подвески

Автомобильная промышленность в настоящее время находится в достаточно жесткой конкуренции автопроизводителей между собой. Производители автомобилей постепенно пришли к приблизительно одним и тем же решениям в конструкции автомобиля, таким образом, одним из определяющих факторов прибыльности предприятия является себестоимость выпускаемой продукции. Учитывая, что требования к автомобилям бюджетного класса достаточно серьезно возросли, удовлетворить их и получить прибыль становится все сложнее.

Таким образом, повысить прибыльность предприятия можно существенно снизив издержки, какими являются в том числе издержки на сборку автомобиля. Чем тщательнее продуман процесс сборки автомобиля, чем меньше в нем незавершенных изделий, меньше операций и переходов между ними, тем более рентабельным является предприятие.

Требования к проработке технологического процесса автоматически распространяются и на требования к проектированию узлов и агрегатов самого автомобиля. Таким образом, следует учитывать следующие требования:

- Конструкция должна предусматривать возможность узловой сборки изделия
- Сборочные узлы должны быть спроектированы таким образом, чтобы существовала возможность независимого одновременного присоединения узлов к автомобилю
- Крепежные и соединительные узлы должны по возможности быть стандартными унифицированными изделиями
- По-возможности исключить специальный сборочный инструмент.
- Предусмотреть возможность послеоперационного контроля

Модернизированная конструкция задней подвески позволяет разработать технологию поузловой сборки изделия. Вся задняя подвеска разбита на узлы, которые можно подсобрать независимо друг от друга. С левой и правой стороны автомобиля сборочный процесс происходит независимо, исключая только установку рычагов подвески вместе с тормозами в сборе. Весь сборочный инструмент достаточно удобно и свободно расположен вокруг собираемого изделия. Доступ к соединительным точкам достаточно свободен.

4.3 Разработка технологической схемы сборки задней подвески.

Производственный процесс сборки задней подвески – это весь перечень работ, направленный на осуществление сборки задней подвески автомобиля непосредственно с его кузовом. В него включаются как работы непосредственно влияющие на добавочную стоимость изделия так и все дополнительные работы, такие как послеоперационный контроль, подачу

деталей и крепежа на линию сборки, ремонт и обслуживание оборудования и оснастки, работы связанные с упаковкой изделия (в данном случае – с распаковкой) Как правило, непосредственно сборка изделия – это только небольшая часть всего производственного процесса. Одной из задач разработки технологического процесса является минимизация всех вспомогательных процессов, не оказывающих влияния на финальное изделие. Таким образом, убираются действия, которые стоят денег (в виде оплаты труда рабочего, организации дополнительных площадей и т.д.), но не добавляют стоимости финальному продукту.

Процесс установки задней подвески на автомобиль является сборочным процессом. При сборке изделия отдельные узлы и детали собираются вместе образуя в итоге одно конечное изделие. Конечное изделие может быть как частью более крупной сборки, так и непосредственно финальным продуктом, ибо отправляться напрямую на продажу.

Учитывая необходимость дробления сборочного процесса, все детали в процессе проектирования технологического процесса в конечном счете делятся на группы и подгруппы. Рассматривая случай сборки задней подвески с кузовом автомобиля можно обнаружить, что данная сборка включает в себя в основном уже готовые подсобранные изделия, такие как амортизаторы задней подвески в сборе, поперечная балка с рычагами и тормозами в сборе и так далее. Каждый узел в данном случае называется группой. В то время как в каждую группу могут входить несколько подгрупп, которые бывают подгруппами первого, второго и далее порядков. Чем больший порядковый номер имеет подгруппа – тем более раздробленным является сборочный процесс.

Технологической схемой называется схематическое изображение процесса, показывающее последовательность тех или иных операций, поток материалов на линии сборки, а также поток подборок между операциями. Операцией называется определенная завершенная часть технологического процесса, выполняемая как правило на одном сборочном участке.

4.4 Составления перечня сборочных работ

Для того чтобы верно составить технологическую схему, сначала определим перечень сборочных работ необходимых для осуществления данной сборки. Перечнем сборочных работ называется таблица, в которую сведены все операции сборочного процесса в правильной последовательности, с указанием времени на выполнение каждой операции.

Перечень сборочных работ по монтажу задней подвески автомобиля LadaKalina на автомобиль приведен в таблице 2.

Таблица 2– Перечень сборочных работ.

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, мин
1	2
Взять амортизатор задней подвески и осмотреть.	0.15
Установить амортизатор в приспособление	0.25
Установить на шток амортизатора буфер хода сжатия	0.15
Установить на шток амортизатора защитный чехол.	0.15
Установить на шток подушку крепления амортизатора.	0.1
Установить на амортизатор пружину задней подвески.	0.1
Установить на пружину изолирующую прокладку.	0.15
Подвести приспособление к автомобилю, совместив шток и отверстие на кузове	0.3
Установить подушку крепления амортизатора.	0.15
Установить шайбу подушки крепления амортизатора.	0.1
Взять гайку и наживить на резьбовой части штока амортизатора.	0.2

Продолжение таблицы 2

1	2
---	---

Взять пневмогайковерт и затянуть гайку крепления амортизатора к кузову.	0.15
Отвести приспособление от автомобиля.	0.1
Итого:	2.05
Взять кронштейн крепления задней подвески и осмотреть.	0.15
Взять три шайбы и три гайки крепления кронштейна задней подвески.	0.25
Установить кронштейн крепления задней подвески на автомобиль. Удерживая кронштейн установить шайбы на болты и наживить гайки крепления кронштейна.	0,3
Взять пневмогайковерт и затянуть гайку крепления кронштейна задней подвески.	0,3
Итого	1
Осмотреть рычаги задней подвески с тормозами в сборе.	0.2
Установить рычаги задней подвески с тормозами в сборе в приспособление.	0.4
Подвести приспособление к кузову.	0.2
Взять шайбу, болт и гайку крепления рычагов к кронштейну. Пропустить болт через втулку шарнира рычагов и соответствующие отверстия кронштейна.	0.2
Установить шайбу и наживить гайку на болт.	0,15
Взять болт и гайку крепления амортизатора к рычагам.	0,15
Совместить отверстия втулки шарнира крепления амортизатора и соответствующего кронштейна на рычагах. Пропустить через отверстия болт и наживить гайку.	0,25

Продолжение таблицы 2

1	2
---	---

Взять пневмогайковерт и затянуть гайки крепления рычагов задней подвески к кузову и крепления амортизатора к рычагам.	0.25
Отвести приспособление от автомобиля.	0.25
Итого:	2,05

Для расчёта трудоемкости операций по сборке задней подвески автомобиля с кузовом, воспользуемся данными из таблицы 2. Финальная трудоемкость будет рассчитываться по следующей формуле:

$$t_{ит}^{общ} = t_{он}^{общ} + t_{он}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (4.1)$$

где α - это коэффициент, учитывающий временные затраты на организационно-технические виды работ, такие как обслуживание рабочего места. Возьмем этот коэффициент равным 3%.

β - часть оперативного времени, предназначенная для перерывов и отдыха. Как правило, $1 \beta = 6\%$.

Подставим коэффициенты в формулу и рассчитаем:

$$t_{ит}^{общ} = 5,1 + 5,1 \cdot \left(\frac{3 + 6}{100} \right) = 5,56 \text{ мин}$$

4.5 Составление технологической карты сборки

После определения перечня необходимых сборочных работ можно приступить к написанию технологической карты процесса. В данной таблице, помимо правильной последовательности всех операций и указания необходимого времени для их выполнения указаны также сведения о номере операции, оборудовании и спец. инструменте, необходимом для ее выполнения, а также о компонентах, которые необходимо поставить на линию сборки.

Кроме перечня сборочных работ, основой для технологической карты сборки служат также технологические схемы процессов, сборочные и монтажные чертежи изделий.

Технологическая карта монтажа задней подвески автомобиля LadaKalina приведена в таблице 3

Таблица

3

ТГУ	Технологическая карта сборки			Группа: Атз-1001			
	Наименование изделия		Задняя подвеска автомобиля ВАЗ-2194		Студент: Воронин Д. С.		
Институт	Автомеханический		Сборочная единица		Задняя подвеска автомобиля ВАЗ 2190		Лист 1
Номер операции	Номер перехода	Содержание переходов	Номера деталей и их количество, поступающих на сборку	Оборудование, технологическая оснастка	Инструмент		Норма времени
					рабочий	контрольн	
005	1	Взять амортизатор задней подвески и осмотреть	16.ДП.01.029-2915004, 1шт	Пневматический гайковерт, приспособление для сборки и установки амортизатора задней подвески			0,15
	2	Установить амортизатор в приспособление					0,25
	3	Установить на шток амортизатора буфер хода сжатия подвески	16.ДП.01.029-2912812, 1шт				0,15
	4	Установить на шток амортизатора защитный чехол	16.ДП.01.029-2912814, 1шт				0,15
	5	Установить на шток подушку крепления амортизатора	16.ДП.01.029-2915450, 1шт				0,1
	6	Установить на амортизатор пружину задней подвески	16.ДП.01.029.03.000, 1шт				0,1
	7	Установить на пружину изолирующую прокладку	16.ДП.01.029-2912652, 1шт				0,15
	8	Подвести приспособление к автомобилю, совместив шток и отверстие на кузове					0,3
	9	Установить подушку крепления амортизатора	16.ДП.01.029-2915450, 1шт				0,15
	10	Установить шайбу подушки крепления амортизатора	16.ДП.01.029-2905455-01, 1шт				0,1

ТГУ	Технологическая карта сборки				Группа: Атз-1001		
	Наименование изделия		Задняя подвеска автомобиля ВАЗ-2194		Студент: Воронин Д. С.		
Институт	Автомеханический		Сборочная единица		Задняя подвеска автомобиля ВАЗ 2190		Лист 1
Номер операции	Номер перехода	Содержание переходов	Номера деталей и их количество, поступающих на сборку	Оборудование, технологическая оснастка	Инструмент		Норма времени
					рабочий	контрольный	
005	11	Взять гайку и наживить на резьбовой части штока амортизатора	16.ДП.01.029-2574511, 1шт	Пневматические гайковерты, приспособление для сборки и установки амортизатора задней подвески			0,2
	12	Взять пневмогайковерт и затянуть гайку крепления амортизатора к кузову					0,15
	13	Отвести приспособление от автомобиля					0,1
Суммарно: 2,05 мин.							
010	1	Взять кронштейн крепления задней подвески и осмотреть	16.ДП.01.029-2914046, 1шт / 16.ДП.01.029-2914047, 1шт	Пневматический гайковерт			0,15
	2	Взять три шайбы и три гайки крепления кронштейна задней подвески	16.ДП.01.029-0516870, 3шт 16.ДП.01.029-2164711, 3шт				0,25
	3	Установить кронштейн крепления задней подвески на автомобиль. Удерживая кронштейн установить шайбы на болты и наживить гайки крепления кронштейна					0,3
	4	Взять пневмогайковерт и затянуть гайки крепления кронштейна задней подвески					0,3
Суммарно: 1 мин; приводим время операции к 2,05							
015	1	Осмотреть рычаги задней подвески с тормозами в сборе	16.ДП.01.029-2914002, 1шт	Приспособление для установки рычагов задней подвески			0,2
	2	Установить рычаги задней подвески с тормозами в сборе в приспособление					0,4
	3	Подвести приспособление к кузову					0,2

ТГУ	Технологическая карта сборки				Группа: Атз-1001		
	Наименование изделия		Задняя подвеска автомобиля ВАЗ-2194		Студент: Воронин Д. С		
Институт	Автомеханический		Сборочная единица		Задняя подвеска автомобиля ВАЗ 2190		Лист 1
Номер операции	Номер перехода	Содержание переходов	Номера деталей и их количество, поступающих на	Оборудование, технологическая оснастка	Инструмент		Норма времени
					рабочий	контрольный	
015	4	Взять шайбу, болт и гайку крепления рычагов к кронштейну. Пропустить болт через втулку шарнира рычагов и соответствующие отверстия кронштейна.	16.ДП.01.029-0517070, 1шт 16.ДП.01.029-6101511, 1шт; 16.ДП.01.029-2914040, 1шт	Пневматический гайковерт, приспособление для установки рычагов задней подвески.			0,2
	5	Установить шайбу и наживить гайку на болт					0,15
	6	Взять болт и гайку крепления амортизатора к рычагам.	16.ДП.01.029-6142921, 1шт 16.ДП.01.029-6105011, 1шт				0,15
	7	Совместить отверстия втулки шарнира крепления амортизатора и соответствующего кронштейна на рычагах. Пропустить через отверстия болт и наживить гайку					0,25
	8	Взять пневмогайковерт и затянуть гайки крепления рычагов задней подвески к кузову и крепления амортизатора к рычагам					0,25
	9	Отвести приспособление от автомобиля					0,25
Суммарно 2,05 мин.							
Итого затраченное время на сборку подвески: 5,1 мин.							

4.6 Выбор организационной формы сборки и расчет такта выпуска

После того как был разработан технологический процесс и определена последовательность присоединения деталей и узлов к базовой детали, а также учтены объем выпуска и имеющееся оборудование следует выбрать организационную форму сборки изделия.

В нашем случае лучше всего подходит поточная форма сборки с разделением процесса на отдельные операции. Таким образом можно раздробить процесс на несколько отдельных шагов примерно одинаковых по времени, чтобы уложиться в заданные требования по объему выпуска изделия с минимальными затратами.

Рассчитаем требуемый такт выпуска изделия для обеспечения производительности на требуемом уровне. Для этого воспользуемся следующими формулами:

$$T = \frac{\Phi_d \cdot 60}{N_G}, \text{ мин.} \quad (4.2)$$

$$\Phi = D_P \cdot c \cdot T_{CM} \cdot \eta_P \quad (4.3)$$

В данных формулах:

N_G - годовой объем выпуска продукции. Учитывая спрос на данный автомобиль в 2016-м году объем выпуска автомобиля LadaKalina составит около 40 000 автомобилей. Заложим в технологический процесс возможность наращивания мощностей на 30% и получим:

$$N_G = 40000 \cdot 1,3 = 52000 \text{ шт} \quad (4.4)$$

Φ – годовой фонд рабочего времени

$D_P = 259$ – число рабочих дней в году;

$c = 1$ – число рабочих смен в день;

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

$\eta_p = 0.85$ – коэффициент, учитывающий потери на простой и ремонт оборудования.

Подставляем значения в формулы (4.3) и (4.2):

$$\Phi = 259 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 0.85 = 1761ч$$

$$T_H = 60 \cdot 1761 / 52000 = 2,05 \text{ мин}$$

Таким образом, видно, что весь сборочный процесс желательно разбить на отрезки кратные необходимому такту выпуска. В случае, если по нормам рабочий укладывается в данный такт и у него остается свободное время его можно загрузить дополнительными операциями, такими как сторонними подборками, переупаковкой некоторых маленьких компонентов, таких как болты и гайки в тару, удобную для выполнения операции.

Сравнивая полученное значение с рассчитанными значениями времени необходимыми на выполнение операций можно увидеть, что операции точно укладываются в необходимое время такта. Кроме того, операция 010 выполняется практически ровно в два раза быстрее требуемого такта выпуска. Но так как данная операция должна выполняться дважды (монтаж происходит с обеих сторон автомобиля) на ее выполнение можно поставить одного оператора вместо двух, как в случае с операциями 005 и 015.

5 Экономическая эффективность проекта

В данном дипломном проекте произведена модернизация задней подвески автомобиля Лада Калина в части пружины задней подвески. Обычную цилиндрическую пружину предлагается заменить пружиной с изменяемым шагом витка. Данная модернизация позволит значительно улучшить показатели плавности хода автомобиля, сделать их независимыми от загрузки автомобиля, также положительно скажется на ресурсе и утомляемости водителя.

Основные узлы автомобиля, а также места под монтаж задней пружины автомобиля остались неизменными. Это позволяет снизить инвестиции на начальном этапе, снизить срок окупаемости проекта и сроки запуска в производство. Новый инструмент либор оборудование на заводе также не потребуются.

Пружина задней подвески является покупным изделием. Таким образом, в экономической части расчет сырых материалов оказывается не затронутым. Цена модернизированной пружины несколько выше базовой, что негативно скажется на себестоимости задней подвески по сравнению с базовой.

Однако, новая пружина меньше подвержена износу, так как при больших нагрузках часть витков смыкается и не участвует в работе. Таким образом, экономия проекта будет получена за счет общественно значимой экономии, уменьшении затрат на ремонт и увеличении долговечности пружины.

5.1 Расчёт себестоимости проектируемой подвески

Исходные данные для расчёта себестоимости проектируемой подвески, предоставленные ОМО, ОАиПРО, ПБО, бухгалтерии МСП и ПрТО, БОТиЗ МСП и др. подразделениями ОАО «АВТОВАЗ» в марте 2016 года сведены в таблицу .

Таблица 4 – Исходные данные для расчета себестоимости

Наименование показателей	Обозначение	Значение	Ед Изм.
1	2	3	4
Годовая программа выпуска изделия	V год.	52000	Шт.
Коэффициент страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС	Е св.	30	%
Коэффициент общезаводских расходов	Е обзав	250	%
Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов	Е ком.	5	%
Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	Е обор.	200	%
Коэффициент транспортно – заготовительных расходов	К тзр.	3	%
Коэффициент цеховых расходов	Е цех.	170	%
Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	Е инс.	3	%
Коэффициент рентабельности и плановых накоплений	К рент.	20	%
Коэффициент доплат или выплат, не связанных с работой на производстве	К вып.	15	%
Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	К прем.	20	%
Оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов: - Пружина задней подвески	Ц1	253,39	Руб.
Количество покупных изделий и полуфабрикатов: - Пружина задней подвески	n1	2	Шт.

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
Часовая тарифная ставка одного разряда:			
- четвертый разряд (слесарная операция)	Ср4	92,03	
- пятый разряд (контроль)	Ср5	97,87	Руб.
Трудоёмкость выполнения одной операции			
- сборочная	Т1	0,13	
- контрольная	Т2	0,08	Час.

5.1.1 Расчёт затрат на покупные изделия и полуфабрикаты

Расчет покупных изделий:

$$P_u = C_i \cdot n_i \cdot \left(1 + \frac{K_{мзр}}{100}\right), \quad (5.1)$$

где C_i – оптовая цена изделия или полуфабриката, руб;

n_i - количество данных изделий или полуфабрикатов, шт.

Расчет приведен в виде таблицы 5.

Таблица 5 – Расчет затрат на покупные изделия

Наименование изделия	Количество	Ср. цена за 1 шт, руб.	Сумма Руб.
Пружина задней подвески	2	508,39	1016,78
ИТОГО:			1016,78
Транспортно – заготовительные расходы			30,5
ВСЕГО:			1047,28

5.1.2 Расчёт затрат на основную заработную плату производственных рабочих

Расчета основной заработной:

$$Z_o = Z_m \cdot \left(1 + \frac{K_{прем}}{100}\right), \quad (5.2)$$

где Z_m - тарифная заработная плата, руб.

$K_{прем}$ - коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве, %.

Тарифная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_m = C_{pi} \cdot T_i, \quad (5.3)$$

где C_{pi} - часовая тарифная ставка, руб.

T_i - трудоёмкость выполнения операций, час.

Расчет выполняем в виде таблицы:

Таблица 6 – Расчет основной заработной платы рабочих

Виды операций	Разряд работы	Трудоёмкость	Часовая тарифная ставка, руб	Тарифная зарплата, руб.
Сборочная	4	0,13	92,03	11,96
Контрольная	5	0,08	97,87	7,83
ИТОГО:				19,79
Премииальные доплаты (20% от ставки)				3,96
Основная заработная плата				23,75

5.1.3 Расчёт затрат на дополнительную заработную плату производственных рабочих

Дополнительная заработная плата рабочих:

$$З_{дон} = З_0 \cdot K_{вып}, \quad (5.4)$$

Подставляем значения в формулу и получаем:

$$З_{дон} = 23,75 \cdot 0,15 = 3,56 \text{ руб.}$$

5.1.4 Расчёт затрат на отчисления в страховые взносы

Отчисления в страховые взносы:

$$C_{CB} = (З_0 + З_{дон}) \cdot \frac{E_{CB}}{100}, \quad (5.5)$$

Подставляем значения в формулу и получаем:

$$C_{CB} = (23,75 + 3,56) \cdot 0,3 = 8,19 \text{ руб.}$$

5.1.5 Расчёт затрат на расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$C_{сод.обор.} = З_0 \cdot \frac{E_{обор.}}{100}, \quad (5.6)$$

где $E_{обор.}$ - коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, %.

Подставляем требуемые значения в формулу:

$$C_{сод.обор.} = 23,75 \cdot 2 = 47,5 \text{ руб.}$$

5.1.6 Расчёт расходов на инструмент и оснастку

Расходы на инструмент и оснастку:

$$C_{инстр} = Z_o \cdot \frac{E_{инстр}}{100}, \quad (5.7)$$

Подставляем значения:

$$C_{инстр} = 23,75 \cdot 0,03 = 0,71 \text{ руб.}$$

5.1.7 Расчёт статьи затрат “Цеховые расходы”

Цеховые расходы:

$$C_{цех} = Z_o \cdot \frac{E_{цех}}{100}, \quad (5.8)$$

где $E_{цех}$ - коэффициент цеховых расходов, %.

Подставляем значения:

$$C_{цех} = 23,75 \cdot 1,70 = 40,38 \text{ руб.}$$

5.1.8 Расчёт цеховой себестоимости

Цеховая себестоимость — это сумма всех затрат на производство данного узла. Она не включает в себя общезаводские расходы и расходы на коммерцию.

Рассчитывается по формуле:

$$C_{цех/c} = \Pi_u + Z_o + Z_{дон} + C_{CB} + C_{сод.обор} + C_{цех} + C_{инстр} \quad (5.9)$$

Подставляем значения:

$$C_{цех/c} = 1047,28 + 23,75 + 3,56 + 8,19 + 47,5 + 0,71 + 40,38 = 1171,37 \text{ руб}$$

5.1.9 Расчёт статьи затрат “Общезаводские расходы”

Общезаводские расходы:

$$C_{об.завод} = 3_o \cdot \frac{E_{об.завод}}{100}, \quad (5.10)$$

Подставляем значения

$$C_{об.завод} = 23,75 \cdot 2,5 = 59,38 \text{ руб.}$$

5.1.10 Расчёт общезаводской себестоимости

Общезаводская себестоимость включает в себя общезаводские расходы и цеховую себестоимость изделия:

$$C_{об.заводс/с} = C_{об.завод} + C_{цехс/с} \quad (5.11)$$

$$C_{об.заводс/с} = 59,38 + 1171,37 = 1230,75 \text{ руб.}$$

5.1.11 Расчёт статьи затрат “Коммерческие расходы”

Коммерческие расходы:

$$C_{ком} = C_{об.заводс/с} \cdot \frac{E_{ком}}{100}, \quad (5.12)$$

где $E_{ком}$ - коэффициент коммерческих расходов, %.

$$C_{ком} = 1230,75 \cdot 0,05 = 61,54 \text{ руб.}$$

5.1.12 Расчёт полной себестоимости изделия

Полная себестоимость включает в себя общезаводскую себестоимость и коммерческие расходы:

$$C_{пол} = C_{об.заводс/с} + C_{ком}, \quad (5.13)$$

Подставляем необходимые числа и получаем:

$$C_{пол} = 1230,75 + 61,54 = 1292,29 \text{ руб.}$$

5.1.13 Расчёт отпускной цены для базового и проектируемой подвески

Для расчета цены изделия воспользуемся формулой::

$$C_{отп} = C_{пол} \cdot (1 + K_{ремт}) \quad (5.14)$$

Для того чтобы расчет экономической эффективности проекта отражал объективную картину, отпускная цена проектируемого изделия должна быть одинаковой с отпускной ценой базового изделия. Поэтому, в формулу (5.14) подставляем данные базовой подвески:

$$C_{отп.п} = C_{отп.б} = 1251,18 \cdot (1 + 0,2) = 1501,42 \text{ руб}$$

Калькуляцию себестоимости спроектированной подвески сведем в таблицу 7 и сравним ее с калькуляцией базовой подвески. Таким образом будет проще сделать анализ и предварительные выводы о внедрении модернизированного узла.

Проанализировав представленную таблицу можно увидеть, что основную часть себестоимости изделия составляют покупные изделия. Стоимость покупных изделий проектного варианта несколько дороже, что связано с усложнением технологии производства новой пружины. Однако, разница себестоимости не настолько велика. Таким образом, экономической эффективности можно добиться за счет уменьшения затрат на ремонт автомобиля (повышение долговечности пружины), а также за счет общественно значимой экономии.

Таблица 7 - Сравнительная калькуляция базового и проектного изделия.

Наименование показателей	Обоз- начение	Затраты на ед. изд. (база)	Затраты на ед. изд. (проект)
1	2	3	4
Стоимость комплектующих изделий	P_u	1006,17	1047,28
Основная заработная плата производственных рабочих	$Z_o.$	23,75	23,75
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	$Z_{доп.}$	3,56	3,56
Отчисления на страховые взносы	$C_{св}$	8,19	8,19
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	$C_{сод.обор}$	47,5	47,5
Расходы на инструмент и оснастку	$C_{инстр}$	0,71	0,71
Цеховые расходы	$C_{цех}$	40,38	40,38
Цеховая себестоимость	$C_{цех}$ с/с	1130,26	1171,37
Общезаводские расходы	$C_{об.зав}$ од	59,38	59,38
Общезаводская себестоимость	$C_{обз.}$ с/с	1189,64	1230,75
Коммерческие расходы	$C_{ком}$	61,54	61,54
Полная себестоимость	$C_{пол}$	1251,18	1292,29
Отпускная цена	$C_{отп}$	1501,42	1501,42

5.2 Расчёт точки безубыточности производства

Точкой безубыточности называют такой объем производства и продажи изделий при котором предприятие полностью покрывает все расходы на производство продукции, но еще не получает прибыли. Таким образом, все что произведено и продано сверх данного количества приносит предприятию прибыль. Рассчитаем данную точку по следующей формуле:

$$C_{онт} \cdot V_{год} = Z_{пост} + Z_{пер.уд} \cdot V_{год}, \quad (5.15)$$

где $C_{онт}$ - цена продукции, руб.;

$V_{год}$ - объём производства, шт.;

$Z_{пост}$ - постоянные издержки, руб.;

$Z_{пер.уд}$ - переменные удельные издержки, руб.

Необходимо рассчитать издержки на производство. Воспользуемся следующей формулой для постоянных затрат:

$$Z_{пост.уд.п} = \frac{(C_{сод.обор} + C_{инстр}) \cdot (100 - H_A)}{100} + C_{цех} + C_{об.завод} + C_{ком} + A_{м.уд}, \quad (5.16)$$

И для переменных затрат:

$$Z_{перем.уд.п} = P_u + Z_o + Z_{доп} + C_{СВ} \quad (5.17)$$

Для расчета постоянных затрат также необходимо рассчитать амортизацию. Это делается по следующей формуле:

$$A_{м.уд} = (C_{сод.обор} + C_{инстр}) \cdot \frac{H_A}{100}, \quad (5.18)$$

где H_A - доля амортизационных отчислений, %. У нас равна $H_A = 15\%$

Найдем амортизационные отчисления:

$$A_{м.уд} = (47,5 + 0,71) \cdot 0,15 = 7,23 \text{ руб.}$$

Зная все значения подставим их в формулы (5.16) и (5.17) и найдем затраты предприятия. Постоянные:

$$Z_{\text{пост.уд.н}} = (47,5 + 0,71) \cdot \frac{100 - 15}{100} + 40,38 + 59,38 + 61,54 + 7,23 = 209,51 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{перем.уд.н}} = 1047,28 + 23,75 + 3,56 + 8,19 = 1082,78 \text{ руб.}$$

Теперь рассчитываем данные издержки на весь объем выпуска изделий:

$$Z_{\text{пост.н}} = Z_{\text{пост.уд.н}} \cdot V_{\text{год}} = 209,51 \cdot 52000 = 10894520 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{перем.н}} = Z_{\text{перем.уд.н}} \cdot V_{\text{год}} = 1082,78 \cdot 52000 = 56304560 \text{ руб.}$$

Рассчитаем теперь полную себестоимость изделия на годовую программу выпуска:

$$C_{\text{пол.з.н}} = C_{\text{пол.н}} \cdot V_{\text{год}} \quad (5.19)$$

$$C_{\text{пол.з.н}} = 1292,29 \cdot 52000 = 67199080 \text{ руб.}$$

Рассчитаем выручку:

$$\text{Выручка}_n = C_{\text{опт}} \cdot V_{\text{год}} \quad (5.20)$$

$$\text{Выручка}_n = 1501,42 \cdot 52000 = 78073840 \text{ руб.}$$

Маржинальный доход:

$$D_{\text{марж}} = \text{Выручка}_n - Z_{\text{перем.н}} \quad (5.21)$$

$$D_{\text{марж}} = 78073840 - 56304560 = 21769280 \text{ руб.}$$

Теперь можно рассчитать критический объем продаж, или точку безубыточности:

$$A_{\text{крит}} = \frac{Z_{\text{пост.н.}}}{C_{\text{опт.н.}} - Z_{\text{перем.уд.н.}}}, \quad (5.22)$$

$$A_{\text{крит.}} = \frac{10894520}{1501,42 - 1082,78} = 26023,6 \approx 26025 \text{ шт.}$$

Округляем критический объем продаж до ближайшего числа, которое кратно пяти. Таким образом получаем примерное количество изделий которые необходимо продать для того, чтобы не понести убытков от внедрения модификации. Для проверки расчёта воспользуемся графическим методом и также найдем точку безубыточности (рисунок 11)

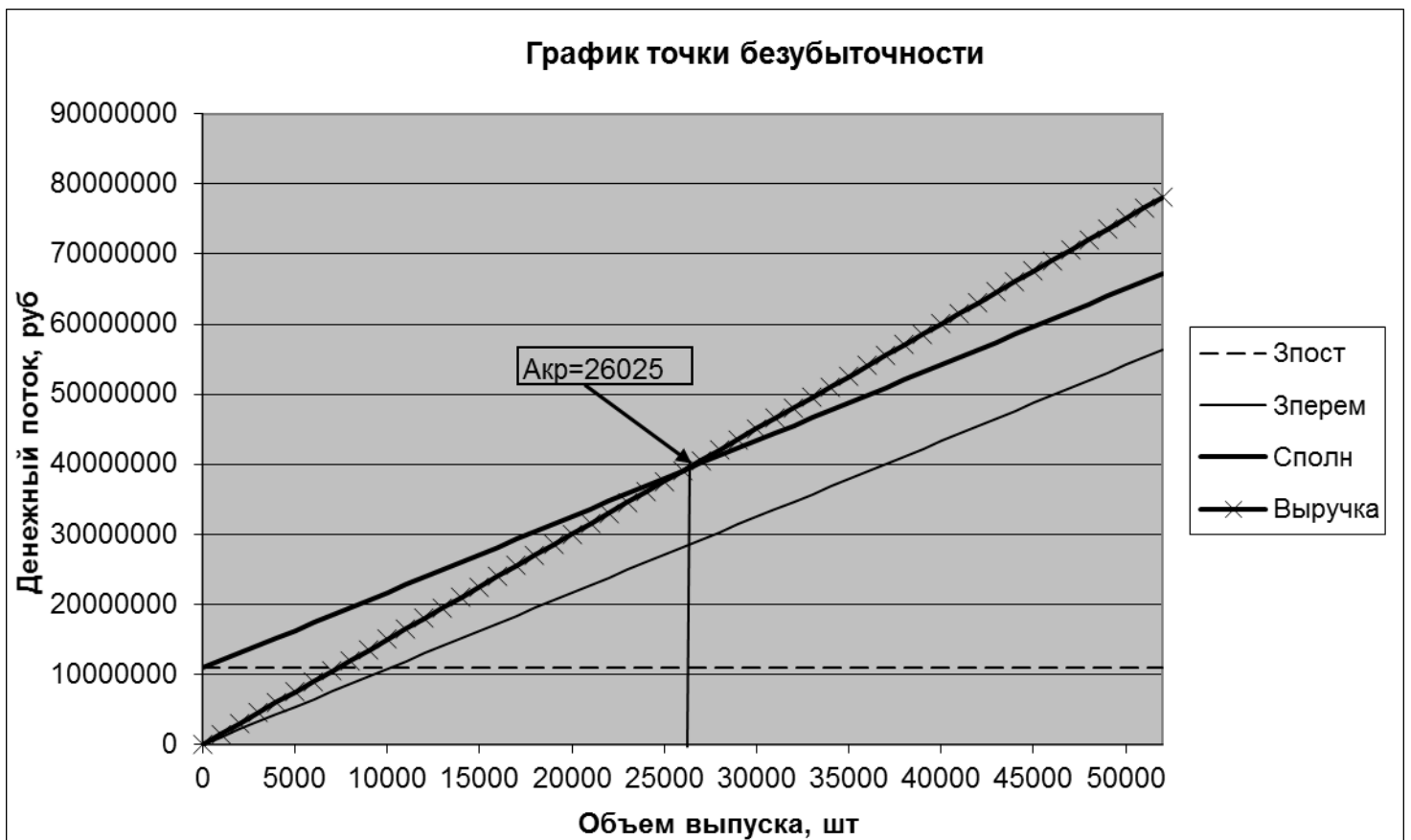


Рисунок 11 – График безубыточности проекта

5.3 Расчет коммерческой эффективности проекта

Экономическая эффективность проекта рассчитывается по следующим показателям:

- чистый доход;
- чистый дисконтированный доход;
- внутренняя норма доходности;
- индексы доходности затрат и инвестиций;
- срок окупаемости.

Начнем расчет с определения годового производства продукции. Данный объем равномерно увеличивается на протяжении всех пяти лет, достигая своего максимума на 5й год жизни проекта. Таким образом, дельта производства изделия между разными годами будет равна:

$$\Delta = \frac{V_{MAX} - A_{КРИТ}}{n - 1}, \quad (5.23)$$

где: V_{MAX} - максимальный объем продукции, шт

$A_{КРИТ}$ - критический объем продаж проектируемого изделия, шт

n - количество лет, с учетом подготовки производства

$$\Delta = \frac{52000 - 26025}{6 - 1} = 5195шт$$

Рассчитываем объем выпуска изделий по годам:

$$V_{ПРОД_i} = V_{КР} + \Delta \quad (5.24)$$

$$V_{ПРОД_1} = 26025 + 5195 = 31220$$

$$V_{ПРОД_2} = 31220 + 5195 = 36415$$

$$V_{ПРОД_3} = 36415 + 5195 = 41610$$

$$V_{ПРОД_4} = 41610 + 5195 = 46805$$

$$V_{ПРОД_5} = 46805 + 5195 = 52000$$

Рассчитаем выручку по годам: для базового и для проектного варианта.

$$B_i = Ц_{ОТП} \cdot V_{ПРОД_i} ; \quad (5.25)$$

$$B_1 = 1501,52 \cdot 31220 = 46877454,4 \text{руб}$$

$$B_2 = 1501,52 \cdot 36415 = 54677850,8 \text{руб}$$

$$B_3 = 1501,52 \cdot 41610 = 62478247,2 \text{руб}$$

$$B_4 = 1501,52 \cdot 46805 = 70278643,6 \text{руб}$$

$$B_5 = 1501,52 \cdot 52000 = 78079040 \text{руб}$$

Рассчитываем переменные затраты на выпускаемый объем продукции. Данный расчет требуется сделать для обоих вариантов: базового и проектируемого.

$$З_{ПЕРЕМ.i} = З_{ПЕРЕМ.УД} \cdot V_{ПРОД.i} \quad (5.26)$$

Базовый вариант:

$$З_{ПЕРЕМ.Б1} = 1041,67 \cdot 31220 = 32520937,4 \text{руб}$$

$$З_{ПЕРЕМ.Б2} = 1041,67 \cdot 36415 = 37932413,05 \text{руб}$$

$$З_{ПЕРЕМ.Б3} = 1041,67 \cdot 41610 = 43343888,7 \text{руб}$$

$$З_{ПЕРЕМ.Б4} = 1041,67 \cdot 46805 = 48755364,35 \text{руб}$$

$$З_{ПЕРЕМ.Б5} = 1041,67 \cdot 52000 = 54166840 \text{руб}$$

Проектный вариант:

$$З_{ПЕРЕМ.П1} = 1082,78 \cdot 31220 = 33804391,6 \text{руб}$$

$$З_{ПЕРЕМ.П2} = 1082,78 \cdot 36415 = 39429433,7 \text{руб}$$

$$З_{ПЕРЕМ.П3} = 1082,78 \cdot 41610 = 45054475,8 \text{руб}$$

$$З_{ПЕРЕМ.П4} = 1082,78 \cdot 46805 = 50679517,9 \text{руб}$$

$$З_{ПЕРЕМ.П5} = 1082,78 \cdot 52000 = 56304560 \text{руб}$$

Рассчитываем постоянные затраты предприятия. Учитывая, что они одинаковы для базового и проектного варианта расчет делаем один раз:

$$З_{ПОСТ} = З_{ПОСТ.УД} \cdot V_{МАХ} \quad (5.27)$$

$$З_{ПОСТ.б.} = 209,51 \cdot 52000 = 10894520 \text{руб}$$

Рассчитываем амортизацию для проектного варианта:

$$A_M = A_{M.уд} \cdot V_{MAX} \quad (5.28)$$

$$A_M = 7,23 \cdot 52000 = 375960 \text{ руб}$$

Рассчитаем полную себестоимость для обоих вариантов:

$$C_{ПОЛ.i} = Z_{ПЕРЕМ.i} + Z_{ПОСТ} \quad (5.29)$$

Базовый вариант

$$C_{ПОЛ.1} = 32520937,4 + 10894520 = 43415457,4 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.2} = 37932413,05 + 10894520 = 48826933,05 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.3} = 43343888,7 + 10894520 = 54238408,7 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.4} = 48755364,35 + 10894520 = 59649884,35 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.5} = 54166840 + 10894520 = 65061360 \text{ руб}$$

Проектный вариант

$$C_{ПОЛ.1} = 33804391,6 + 10894520 = 44698911,6 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.2} = 39429433,7 + 10894520 = 50323953,7 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.3} = 45054475,8 + 10894520 = 55948995,8 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.4} = 50679517,9 + 10894520 = 61574037,9 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.5} = 56304560 + 10894520 = 67199080 \text{ руб}$$

Рассчитаем суммарную себестоимость проектного варианта:

$$\sum C_{ПОЛ.П.i} = 279644979 \text{ руб}$$

Рассчитаем налогооблагаемую прибыль по формуле:

$$Пр_{ОБЛ.i} = B_i - C_{ПОЛ.i} \quad (5.30)$$

Для базового варианта

$$\begin{aligned}
Pr_{ОБЛ.1} &= 46877454,4 - 43415457,4 = 3461997 \text{ руб} \\
Pr_{ОБЛ.2} &= 54677850,8 - 48826933,05 = 5850917,75 \text{ руб} \\
Pr_{ОБЛ.3} &= 62478247,2 - 54238408,7 = 8239838,5 \text{ руб} \\
Pr_{ОБЛ.4} &= 70278643,6 - 59649884,35 = 10628759,25 \text{ руб} \\
Pr_{ОБЛ.5} &= 78079040 - 65061360 = 13017680 \text{ руб}
\end{aligned}$$

Для проектного варианта

$$\begin{aligned}
Pr_{ОБЛ.1} &= 46877454,4 - 44698911,6 = 2178542,8 \text{ руб} \\
Pr_{ОБЛ.2} &= 54677850,8 - 50323953,7 = 4353897,1 \text{ руб} \\
Pr_{ОБЛ.3} &= 62478247,2 - 55948995,8 = 6529251,4 \text{ руб} \\
Pr_{ОБЛ.4} &= 70278643,6 - 61574037,9 = 8704605,7 \text{ руб} \\
Pr_{ОБЛ.5} &= 78079040 - 67199080 = 10879960 \text{ руб}
\end{aligned}$$

Рассчитаем чистую прибыль, учитывая, что с налогооблагаемой прибыли необходимо уплатить налог равный $H=20\%$:

$$Pr_{ч.и} = Pr_{ОБЛ.и} \cdot \left(1 - \frac{H}{100}\right) = Pr_{ОБЛ.и} \cdot 0,8 \quad (5.31)$$

Базовый вариант:

$$\begin{aligned}
Pr_{ч.Б.1} &= 3461997 \cdot 0,8 = 2769597,6 \text{ руб} \\
Pr_{ч.Б.2} &= 5850917,75 \cdot 0,8 = 4680734,2 \text{ руб} \\
Pr_{ч.Б.3} &= 8239838,5 \cdot 0,8 = 6591870,8 \text{ руб} \\
Pr_{ч.Б.4} &= 10628759,25 \cdot 0,8 = 8503007,4 \text{ руб} \\
Pr_{ч.Б.5} &= 13017680 \cdot 0,8 = 10414144 \text{ руб}
\end{aligned}$$

Проектный вариант:

$$\begin{aligned}
Pr_{ч.П.1} &= 2178542,8 \cdot 0,8 = 1742834,24 \text{ руб} \\
Pr_{ч.П.2} &= 4353897,1 \cdot 0,8 = 3483117,68 \text{ руб} \\
Pr_{ч.П.3} &= 6529251,4 \cdot 0,8 = 5007401,12 \text{ руб} \\
Pr_{ч.П.4} &= 8704605,7 \cdot 0,8 = 6963684,56 \text{ руб} \\
Pr_{ч.П.5} &= 10879960 \cdot 0,8 = 8703968 \text{ руб}
\end{aligned}$$

Как видно из расчетов, проектный вариант приносит несколько меньшую прибыль, чем базовый. Это связано с большими затратами на покупные изделия для проектного варианта. Но модернизированная пружина задней подвески имеет большую долговечность и надежность узла, чем базовая. Это приведет к

экономии средств за счет общественно значимой прибыли, а также за счет повышения надежности и долговечности пружины.

Рассчитаем прибыль от повышения долговечности:

$$Pr_{ож.дi} = \left(C_{отп} \cdot \frac{D_2}{D_1} - C_{отп} \right) \cdot V_{Г}, \quad (5.32)$$

где D_1 и D_2 - долговечность изделия в проектном и базовом варианте. В нашем случае, $D_1 = 1000000$ циклов, а $D_2 = 1150000$ циклов сжатий пружины.

Подставляем числа:

$$Pr_{ож.д1} = \left(150152 \cdot \frac{1150000}{1000000} - 150152 \right) \cdot 31220 = 7031618,1 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д2} = \left(150152 \cdot \frac{1150000}{1000000} - 150152 \right) \cdot 36415 = 8201677,6 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д3} = \left(150152 \cdot \frac{1150000}{1000000} - 150152 \right) \cdot 41610 = 9371737,0 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д4} = \left(150152 \cdot \frac{1150000}{1000000} - 150152 \right) \cdot 46805 = 10541796,5 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д5} = \left(150152 \cdot \frac{1150000}{1000000} - 150152 \right) \cdot 52000 = 1171185 \text{ руб}$$

Ожидаемая прибыль от повышения надежности узла определяется по формуле:

$$Pr_{ож.н} = \left(N_{рем.баз} \cdot Z_{рем.баз} - N_{рем.пр} \cdot Z_{рем.пр} \right) + \left(T_{прост.баз} - T_{прост.пр} \right) \cdot C_{отп}, \quad (5.33)$$

где $N_{рем.баз}$ и $N_{рем.пр}$ - количество ремонтов (отказов) техники за год соответственно по базовому и проектируемому вариантам (по данным базового предприятия);

$Z_{рем.баз}$ и $Z_{рем.пр}$ - затраты на ремонт соответственно по базовому и проектируемому вариантам (по данным базового предприятия);

$T_{прост.баз}$ и $T_{прост.пр}$ - количество часов простоя техники в ремонтах за год соответственно по старому и новому вариантам;

$C_{отп.б.}$ - отпускная цена узла по базовому варианту, руб.

Подставим значения:

$$Pr_{ож.н} = (35 \cdot 1501,52 - 23 \cdot 1501,52) + (70 - 46) \cdot 1501,52 = 54054,72 \text{ руб}$$

Теперь рассчитаем общественно значимую экономию, путем суммы экономии от надежности и долговечности узла:

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ},i} = \text{Пр}_{\text{ОЖ},Л,i} + \text{Пр}_{\text{ОЖ},Н,i} \quad (5.34)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ},1} = 7031618,16 + 54054,72 = 7085672,88 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ},2} = 8201677,62 + 54054,72 = 8255732,34 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ},3} = 9371737,08 + 54054,72 = 9425791,8 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ},4} = 10541796,54 + 54054,72 = 10595851,26 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ},5} = 11711856 + 54054,72 = 11765910,72 \text{ руб}$$

Чистый доход от внедрения проекта с учетом общественно значимой прибыли:

$$\text{ЧД}_i = \text{Пр.ч.и.п.} - \text{Пр.ч.и.б.} + A_M + \mathcal{E}_{\text{Общ.}} \quad (5.35)$$

$$\text{ЧД}_1 = 1742834,24 - 2769597,6 + 375960 + 7085672,88 = 6434869,52 \text{ руб}$$

$$\text{ЧД}_2 = 3483117,68 - 4680734,2 + 375960 + 8255732,34 = 7434075,82 \text{ руб}$$

$$\text{ЧД}_3 = 5007401,12 - 6591870,8 + 375960 + 9425791,8 = 8217282,12 \text{ руб}$$

$$\text{ЧД}_4 = 6963684,56 - 8503007,4 + 375960 + 10595851,26 = 9432488,42 \text{ руб}$$

$$\text{ЧД}_5 = 8703968 - 10414144 + 375960 + 11765910,72 = 10431694,72 \text{ руб}$$

Теперь рассчитаем чистый дисконтированный доход. Для этого сначала необходимо рассчитать коэффициент α_i , зависящий от коэффициента дисконтирования. Коэффициент дисконтирования (E) равен 10%.

Откуда получаем следующие значения:

$$\alpha_i = 1/(1 + E)^i, \quad (5.36)$$

$$\alpha_1 = 0.909$$

$$\alpha_2 = 0.826$$

$$\alpha_3 = 0.751$$

$$\alpha_4 = 0.683$$

$$\alpha_5 = 0.621$$

Чистый дисконтированный доход, по формуле:

$$\text{ЧДД}(i) = \text{ЧД}(i) \cdot \alpha_i \quad (5.37)$$

$$\text{ЧДД}(1) = 5849296,39 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД}(2) = 6140546,63 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД}(3) = 6171178,87 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД}(4) = 6442389,59 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД}(5) = 6478082,42 \text{ руб}$$

Суммируем ЧДД:

$$\sum \text{ЧДД}(i) = 31081493,9 \text{ руб} \quad (5.38)$$

Экономическая эффективность проекта оценивается по индексу доходности и сроке окупаемости. Для определения этих величин необходимо сначала определить потребность в капиталобразующих инвестициях.

Расчет выполняется по формуле:

$$J_o = K_{инв} \cdot \sum C_{пол.i}; \quad (5.39)$$

где $K_{инв}$ - коэффициент капиталобразующих инвестиций.

Коэффициент капиталобразующих инвестиций в нашем случае будет достаточно мал, так как предприятию, осуществляющему сборку и продажу автомобилей инвестиции не требуются. Однако, они необходимы предприятию – поставщику пружин. Таким образом, $K_{инв} = 5\%$.

Подставляем значение в формулу:

$$J_o = 0,05 \cdot 279644979 = 13982248,95 \text{ руб}$$

Рассчитаем чистый дисконтированный доход

$$ЧДД = \sum_{i=0}^T ЧДД(i) - J_o \quad (5.40)$$

$$ЧДД = 31081493,9 - 13982248,95 = 17099244,95 \text{ руб}$$

Рассчитываем индекс доходности инвестиций:

$$JD = \frac{ЧДД}{J_o}; \quad (5.41)$$

$$JD = \frac{17099244,95}{13982248,95} = 1,22$$

Срок окупаемости проекта:

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{J_o}{ЧДД} \quad (5.42)$$

$$T_{\text{окуп.}} = 0,817 \text{ лет}$$

Сведем все данные для анализа в таблицу 8. Затем построим график соотношения между объемом производства и чистым дисконтированным доходом по годам. Зависимость представлена на рисунке 12

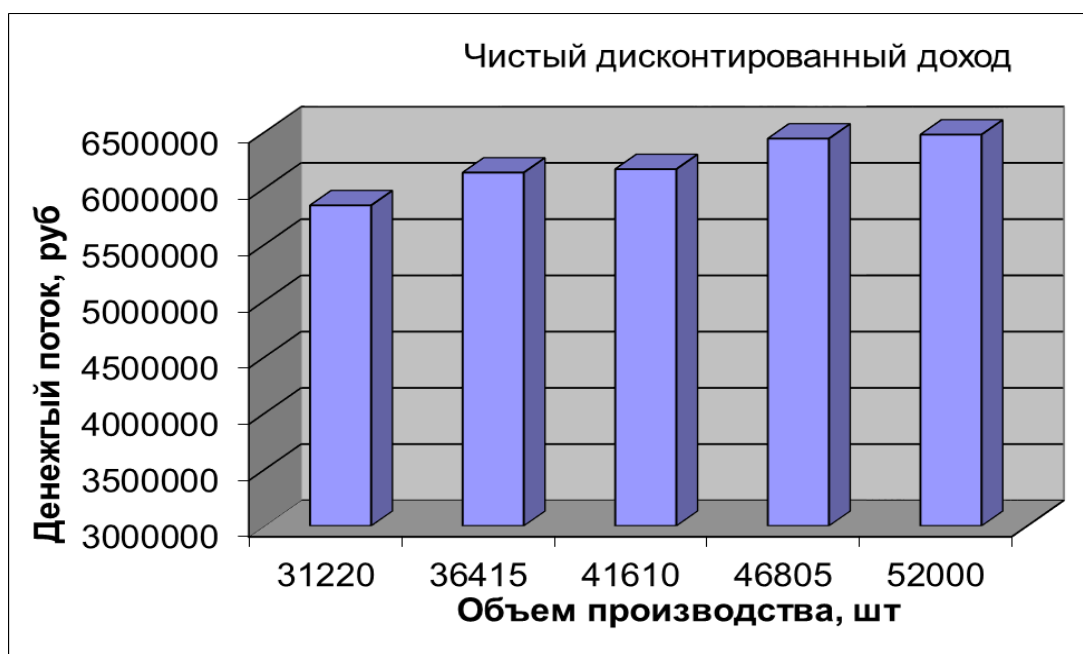


Рисунок 12 – Чистый дисконтированный доход

Таблица 8 – Данные для анализа экономической эффективности

Наименование	Годы					
	0	1	2	3	4	5
Объем продаж $V_{\text{прод.}}$	-	31220	36415	41610	46805	52000
Отпускная цена за единицу продукции $C_{\text{отп.}}$, (руб.)	-	1501,52				
Зперем. i (руб.)	-	33804391,6	39429433,7	45054475,8	50679517,9	56304560
Полная себестоимость изделия (руб.)	-	44698911,6	50323953,7	55948995,8	61574037,9	67199080
Выручка (руб.)	-	46877454,4	54677850,8	62478247,2	70278643,6	78079040
Налогооблагаемая прибыль (руб.)	-	2178542,8	4353897,1	6529251,4	8704605,7	10879960
Чистая прибыль (руб.)	-	1742834,24	3483117,68	5007401,12	6963684,56	8703968
Чистый поток реальных денег, ЧД (руб.)	-	6434869,52	7434075,82	8217282,12	9432488,42	10431694,72
Коэф-т	-	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
Чистый дисконтированный поток (руб.)	-	5849296,39	6140546,63	6171178,87	6442389,59	6478082,42
Капиталообразующие инвестиции J_0 (руб.)	13982248,95					
Суммарный \sum ЧДД (руб.)	-	31081493,9				
Чистый дисконтированный доход, ЧДД (руб.)	-	17099244,95				
Индекс доходности ID	-	1,22				
Срок окупаемости	-	0,817				

5.4 Вывод

Исходя из полученных данных по индексу доходности и сроку окупаемости проекта делаем вывод, что данный проект экономически эффективен. Чистая прибыль предприятия от внедрения данного проекта несколько ниже, чем в случае базового варианта. Однако, благодаря возросшим показателям надежности и долговечности подвески проектный вариант имеет существенную общественнозначимую экономию.

Точка безубыточности находится на низком уровне: всего 26025 автомобилей в год. Несмотря на то, что годовой объем составляет всего 52000 автомобилей, мощности предприятия можно нарастить за счет внедрения третьей смены и увеличить объемы выпуска продукции, что в конечном итоге также приведет к увеличению прибыли.

Чистый дисконтированный доход положителен, это значит, проект - эффективен, что подтверждается также индексом доходности, который составляет $JD=1,22$ и срок окупаемости проекта, равным 0,817 года.

6. Безопасность и экологичность проекта

6.1 Анализ влияния модернизации задней подвески на параметры устойчивости, управляемости и плавности хода автомобиля

В данном дипломном проекте производится модернизация пружины с изменением ее упругой характеристики. На базовом автомобиле установлена простая цилиндрическая пружина с линейной характеристикой. Это решение достаточно простое и дешевое, но оно не является оптимальным. В настоящее время наиболее распространенным режимом движения автомобилей является езда в городе с одним водителем. Однако, автомобиль в кузове универсал достаточно часто используется также в полной загрузке для перевозки грузов и пассажиров. В этих двух крайних случаях из-за линейности характеристики пружины меняется собственная частота колебаний задней подвески, что негативно сказывается на плавности хода автомобиля.

Модернизированная пружина имеет переменный шаг витка. Таким образом при увеличении нагрузки на заднюю ось, некоторые витки пружины постепенно выключаются из работы, делая ее характеристику прогрессивной и обеспечивая оптимальную собственную частоту колебаний задней подвески. Таким образом плавность хода автомобиля не меняется в худшую сторону при увеличении загрузки автомобиля.

Автомобиль относится к источникам повышенной опасности. На уровень его безопасности во многом оказывают влияние настройки шасси. Данные настройки влияют на такие свойства как управляемость и устойчивость автомобиля, а также на его плавность хода автомобиля. Управляемость и устойчивость автомобиля относятся к элементам активной безопасности автомобиля – то есть, помогают избежать столкновения автомобиля. Плавность хода автомобиля напрямую не влияет на безопасность автомобиля, однако она оказывает непосредственное влияние на водителя, на его утомляемость, что в конечном счете также сказывается на безопасности дорожного движения.

Законодательные требования, предъявляемые к автомобилю и подвеске в частности, постоянно ужесточаются. В настоящее время к свойствам управляемости и устойчивости автомобиля применяется ГОСТ Р 52302-2004 «Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний». Согласно данному документу автомобиль проверяется на следующие параметры:

- Усилие на рулевом колесе;
- Стабилизация рулевого управления
- Устойчивость при испытании «Рывок руля»
- Управляемость и устойчивость при испытаниях «Поворот» и «Переставка»
- Управляемость при испытании «Прямая»
- Управляемость и устойчивость при испытании «Пробег»
- Поперечная статическая устойчивость при испытаниях «опрокидывание на стенде».

Так как проект рассматривает изменения задней подвески с целью обеспечения постоянства характеристик вне зависимости от загрузки автомобиля, результатом проведенной работы будут являться более стабильные характеристики задней подвески. Таким образом, изменения, внесенные в конструкцию автомобиля практически не повлияют на безопасность автомобиля по вышеперечисленным параметрам. Кроме того, водителю автомобиля будет легче спрогнозировать его поведение вне зависимости от загрузки автомобиля.

Кроме управляемости и устойчивости автомобиля под законодательное регулирование также попадает плавность хода автомобиля. Они определяются отраслевыми стандартами ОСТ 37.001.275 и ОСТ 37.001.291. Согласно данным стандартам автомобиль подвергается испытаниям во время которых производятся замеры виброускорений определенных точек в местах сидения водителя и пассажиров. Произведенная модернизация задней подвески

автомобиля практически не скажется на параметрах плавности его хода. Кроме того, учитывая анализ конструкции серийной подвески автомобиля LadaKalina можно с уверенностью утверждать что критические значения указанные в данных ОСТ не будут превышены.

6.2 Описание рабочего места, оборудования, выполняемых операций

Участок сборки задней подвески автомобиля показан на рисунке 13. Участок состоит из нескольких рабочих станций. Вся работа производится при помощи пневматических гайковертов и специальных приспособлений, помогающих механизировать процесс монтажа задних амортизаторов и рычагов задней подвески. Все рабочие инструкции, а также моменты затяжек резьбовых соединений, информация по настройке параметров оборудования находится непосредственно на сборочных ячейках. Автомобиль поступает на участок сборки по конвейерной линии и по ней же отправляется на следующие операции.

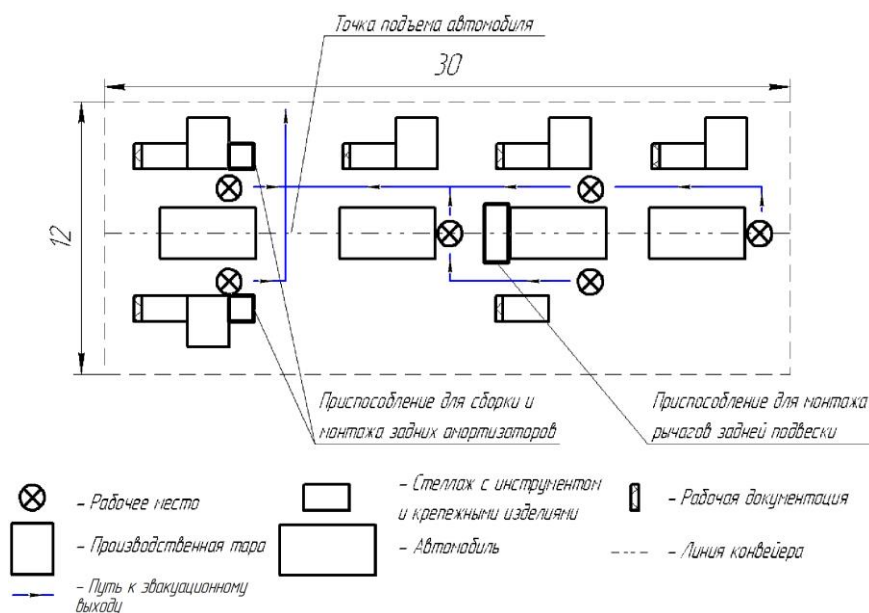


Рисунок 13- Схема участка сборки узлов задней подвески

6.3 Идентификация опасных и вредных производственных факторов разрабатываемого производственного объекта

Согласно ГОСТ 12.0.003-74, опасными производственными факторами называются такие моменты в работе, которые могут привести к травмам рабочего, а вредными – те, которые способствуют развитию различных заболеваний рабочего. Данные факторы условно делятся на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Опасные и вредные производственные факторы, характерные для участка сборки задней подвески автомобиля:

- а) Движущийся транспорт (погрузчики), доставляющий компоненты на участок
- б) Движущиеся по конвейерной ленте кузова автомобилей.
- в) Травмирование от подвижных элементов приспособлений для установки задней подвески.
- г) Шумы от работающего оборудования.
- д) Пожароопасность.

6.4 Мероприятия по созданию безопасных условий труда

- а) Выгораживание зон специальными отбойниками, нанесение специальной разметки
- б) Зоны опускания выгородить защитным экраном, провести инструктаж рабочих
- в) Установка аварийных прерывателей (кнопок), защитных экранов, провести инструктаж рабочих
- г) Звукопоглощающие материалы, демпфирование шумов, выдача СИЗ – от шумов работающего оборудования
- д) Огнетушители и стационарные пожарные краны – для тушения возможных возгораний, установка схем эвакуации – для организации эвакуации в чрезвычайной ситуации

6.4.1 Пожарная безопасность на сборочном участке

Несмотря на то, что пожар не указан в перечне опасных и вредных производственных факторов, любое производственное помещение оценивается на вероятность пожара и для любого производственного помещения производится комплекс мероприятий по пожарной безопасности. На участке сборки задней подвески основной причиной для возникновения возгорания может послужить короткое замыкание в электропроводке, а также несоблюдение техники пожарной безопасности.

Первичная борьба с огнем на ранней стадии пожара производится при помощи огнетушителя. Его место должно быть четко обозначено таким образом, чтобы любой работник предприятия знал где он находится и имел к нему прямой доступ.

Кроме огнетушителей, одним из действенных методов пожаротушения является оборудование, подключенное к водонапорной сети при помощи труб, оборудованное дренчерными головками и датчиками улавливания дыма. Такие системы способны самостоятельно справиться с небольшими возгораниями, существенно замедлить распространение огня в случае более серьезных возгораний, а также в автоматическом режиме отправить сигнал бедствия в пожарную службу.

Предотвратить несчастные случаи при пожаре также помогают схемы эвакуации персонала. На данных схемах, обычно указывают пути эвакуации персонала из всех помещений здания. Все пути эвакуации дополнительно обозначаются указателями на стенах и дверях. Применение таких схем позволяет снизить время эвакуации рабочих, а также снизить панику в случае возгорания. Что позволяет избежать жертв.

Участок сборки задней подвески автомобиля LadaKalina относится к категории ВП. Это значит, что данный участок является пожароопасным

участком, так как на нем хранятся сгораемые, но не легковоспламеняющиеся, вещества. Таким образом, участок должен быть оборудован системами пожаротушения. В нашем случае – это огнетушители и стационарные брандспойты.

6.4.2 Обеспечение электробезопасности на производственном участке

Мерами по обеспечению электробезопасности предприятия называют систему мероприятий (организационных и технических) по защите работающего персонала от воздействия электрического тока, дуги, статического электричества и электромагнитного поля. Учитывая, что человеческие органы чувств не способны определить наличие или отсутствие электрического тока на проводящих поверхностях, мероприятия по электробезопасности являются одними из важнейших аспектов по обеспечению безопасности объекта.

Организационные методы обеспечения электробезопасности сводятся к регулярным инструктажам по технике безопасности, проведению соответствующих обучений сотрудникам с присвоением определенных категорий, которые непосредственно выполняют работы на электроопасном оборудовании.

Основными источниками опасности поражения электрическим током являются токопроводящие части конвейерной ленты, оборудования для монтажа задних амортизаторов и рычагов задней подвески. Меньшую угрозу представляет освещение рабочего места. В качестве методов борьбы с данными факторами оборудование должно быть правильно заземлено, а все токопроводящие поверхности качественно изолированы.

6.4.3 Методы борьбы с шумами на производственном участке

Под шумами понимают совокупность всех звуков различной интенсивности и частоты, который неблагоприятно воспринимается организмом. Шум является вредным фактором производства, способен оказывать негативные последствия на органы слуха, сердечно-сосудистую и нервную систему организма. Восприятие шумов у каждого человека индивидуально, поэтому степень проявления негативных изменений у каждого человека разнится. Кроме того, она зависит от времени воздействия шума, его уровня и характеристик.

На участке сборки задней подвески автомобиля LadaKalina существует несколько основных источников шума, таких как пневматические гайковерты, приспособления и линия конвейера, а также шум от погрузчиков подвозящих компоненты на участок. Однако, данный участок является открытым участком в большом цеху, так что на него будут также проникать шумы с других сборочных участков. Методами борьбы с данными шумами на производственном участке является применение звукопоглощающих материалов и средств демпфирования шумов, а также выдача сотрудникам средств индивидуальной защиты (противошумных вкладышей).

6.5 Инженерные расчеты

На участке монтажа задней подвески автомобиля присутствуют различные приспособления и оборудования для выполнения некоторых операций. К примеру, оборудование для подъема и фиксации рычагов задней подвески в сборе. Рассчитаем заземление данного оборудования.

Все оборудование работает от сети 380В, т.е. напряжения выше 1000В на участке нет.

Допустимое сопротивление заземляющего устройства $R_{\partial} \leq 4 \text{ Ом}$.

Грунт, в котором будет находиться заземлитель имеет сопротивление: $\rho = 60 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Заземлитель выберем трубчатый в грунте, конфигурация заземления – рядная.



$$L = 1,5 \text{ м}; \quad t = 1 \text{ м}; \quad d = 50 \text{ мм},$$

где $t = 1(\text{м})$ – расстояние от поверхности до середины заземления;

$\ell = 1,5(\text{м})$ – длина;

$d = 50\text{мм}$ – диаметр.

Рассчитаем сопротивление растекания тока одного заземлителя:

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) = \frac{60}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 1,5}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1 + 1,5}{4 \cdot 1 - 1,5} \right) = 28,56 \text{ Ом} \quad (6.1)$$

Найдем количество проводников, установленных параллельно для обеспечения требуемого заземления:

$$n = \frac{R_1}{R_d} = \frac{28,56}{4} = 7,14 \text{ шт} \quad (6.2)$$

Округлим 7,14 в большую сторону до $n=8$

Рассчитаем длину соединительного электрода

$$l = 1,05 \cdot m \cdot (n - 1) = 1,05 \cdot 1 \cdot (8 - 1) = 7,35 \text{ м} \quad (6.3)$$

где $m = 1$ – расстояние между заземлителями, м;

Далее рассчитаем сопротивление растеканию тока тока в горизонтальном заземлителе кольцевого типа в земле, имея следующие параметры:

$$D = 6,3\text{м}; \quad t = 1 \text{ м}; \quad d = 50 \text{ мм}.$$

$$R_2 = \frac{\rho}{\pi^2 \cdot D} \cdot \ln \frac{8 \cdot D}{d} = \frac{60}{3,14^2 \cdot 6,3} \cdot \ln \frac{8 \cdot 6,3}{0,05} = 6,68 \text{ Ом} \quad (6.4)$$

Таким образом, суммарное сопротивление растеканию тока в заземлителях можно найти по формуле:

$$R_u = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 \cdot \eta_2 + R_2 \cdot n \cdot \eta_8} = \frac{28,56 \cdot 6,68}{28,56 \cdot 0,72 + 6,68 \cdot 8 \cdot 0,77} = 3,09 \text{ Ом} \quad (6.5)$$

Полученное значение удовлетворяет условию $R_{и} < R_{д}$.

Недостаточное освещение на рабочем месте сильно влияет на производительность труда, вызывает утомление, затрудняет выполнение некоторых операций. Кроме того, существенно возрастает риск получения производственных травм. В дальнейшем возможно развитие близорукости. В свою очередь, сильно яркий свет способствует перевозбуждению нервной системы, а при чрезмерной яркости может вызвать фотоожоги глаз.

Учитывая, что помещение, в котором происходит сборка задней подвески является закрытым, необходимо использование искусственного освещения. В нашем случае применяются газоразрядные лампы, учитывая более высокую эффективность последних по сравнению с традиционными лампами накаливания.

В качестве источников света берем газоразрядные люминесцентные лампы ЛД80-4. Мощность одной такой лампы - 80 Вт, светильники включают в себя 2 лампы.

Принимаем минимальную необходимую освещенность сборочного участка $E = 350$ лк.

Количество светильников рассчитаем по формуле:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{\Phi \cdot \eta} = \frac{350 \cdot 360 \cdot 1.5 \cdot 1.3}{4250 \cdot 0.60} \approx 97 \text{ шт} \quad (6.6)$$

где $E = 350$ – минимальная нормируемая освещенность, лм;

$S = 44.8$ – площадь помещения, м²;

$k = 1.5$ – коэффициент запаса учитывающий старение ламп, запыление и загрязнение светильников;

$z = 1.3$ – коэффициент, учитывающий отношение средней освещенности к минимальной;

$\Phi = 4250$ – световой поток одной лампы, лм;

η – коэффициента использования светового потока $\eta = 60\%$.

Получаем 49 светильников должны освещать рабочий участок.

6.6 Экологическая экспертиза разрабатываемого объекта

Экологическая экспертиза — это комплекс мер, устанавливающих соответствие документации предприятия, его хозяйственной или иной деятельности действующим экологическим требованиям, установленным законодательством в области охраны окружающей среды.

Процесс сборки модернизированного узла не отличается от базового процесса, уже используемого на предприятии. Таким образом внедрение модернизации не нанесет большего вреда окружающей среды, чем действующее производство. Кроме того, так как на действующее производство получен сертификат соответствия СНИП, можно утверждать, что действующий процесс не наносит серьезного вреда окружающей среде.

6.7 Безопасность в чрезвычайных и аварийных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – это обстановка, сложившаяся на определенной территории по причине аварии, катастрофы или стихийного бедствия, в результате чего нанесен вред здоровью людей, их имуществу, окружающей

среде. Чрезвычайные ситуации делятся на техногенные, природные и экологические.

Техногенными называются чрезвычайные ситуации, связанные с деятельностью человека, такие как пожары, выбросы опасных веществ, взрывы, дорожно транспортные происшествия. Природные чрезвычайные ситуации вызваны проявлениями природы: извержениями вулканов, землетрясениями, смерчами, ливнями и так далее. Экологическими чрезвычайными ситуациями называют глобальные изменения окружающей среды, такие как опустынивание почв, истощение источников питьевой воды и другие.

В случае возникновения чрезвычайной ситуации или аварии должен проводиться комплекс мероприятий по минимизации последствий произошедшего. Для этого в первую очередь должна производиться эвакуация работников и населения из зоны происшествия, оказываться первая помощь.

6.8 Вывод

В ходе работы над безопасностью и экологичностью проекта были определены факторы, влияющие на безопасность транспортного средства, в связи с модернизацией узла, разработан комплекс мер по обеспечению безопасности на сборочном участке задней подвески.

Сборочный участок задней подвески автомобиля Лада Калина полностью соответствует действующим нормам СНиП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте был проведен анализ конструкций задних подвесок автомобилей-аналогов и произведена модернизация задней подвески автомобиля Лада Калина в кузове универсал. В результате модернизации

улучшены показатели плавности хода, устранена зависимость параметром плавности хода от загрузки автомобиля.

Была рассчитана цилиндрическая пружина с переменным шагом витка, с последовательным выключением рабочих витков в зависимости от загрузки автомобиля. Произведен ее прочностной расчёт.

Также был выполнен тягово-динамический расчет автомобиля, в ходе которого были получены значения максимальной скорости, времени и пути разгона, определен расход топлива при движении на высшей передаче.

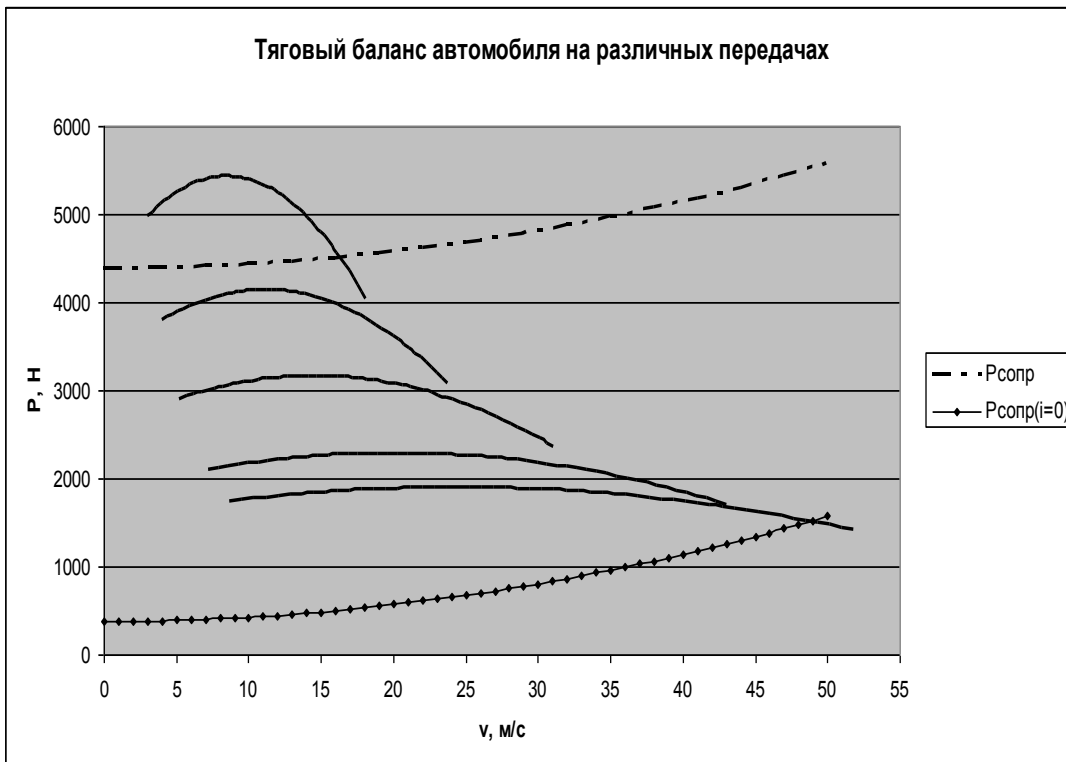
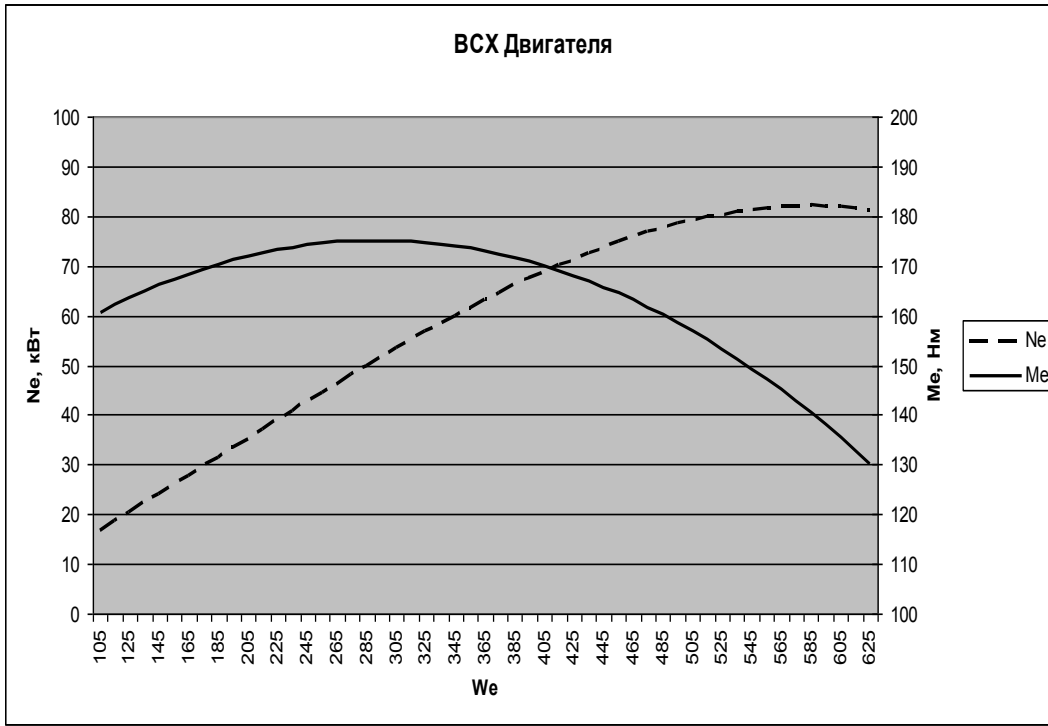
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Автомобиль. Основы конструкции»; под ред. д.т.н. А.Н.Островцева; Москва: «Машиностроение», 1976г.
2. «Автомобили. Конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть»; под ред. Гришкевича А.И.; Минск: «Высшая школа», 1987г.
3. Й.Раймпель: «Шасси автомобиля»; Москва: «Машиностроение», 1983г.
4. Й.Раймпель: «Шасси автомобиля. Амортизаторы, шины и колеса»; Москва: «Машиностроение», 1986г.
5. Й.Раймпель: «Шасси автомобиля. Рулевое управление»; Москва: «Машиностроение», 1987г.
6. Й.Раймпель: «Шасси автомобиля. Элементы подвески»; Москва: «Машиностроение», 1987г.
7. Й.Раймпель: «Шасси автомобиля. Конструкции подвесок». Москва: «Машиностроение», 1989г.
8. «Теория и конструкция автомобиля»; В.А. Илларионов, М.М. Морин, Н.М. Сергеев и др.; Москва: «Машиностроение», 1985г.
9. В.Ф.Родионов, Б.М.Фиттерман: «Легковые автомобили». Москва: «Машиностроение», 1971г.
10. Лукин П.П., Гаспарянц Г.А., Родионов В.Ф.: «Конструирование и расчет автомобиля»; Москва: «Машиностроение», 1984г.
11. Дэниэлс Дж.: «Современные автомобильные технологии»; Москва: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2003г.
12. Передерий В.П.: «Устройство автомобиля»; Москва: ИД «ФОРУМ»: «ИНФРА-М», 2008г.
13. Лукин П.П., Гаспарянц Г.А., Родионов В.Ф.: «Конструирование и расчет автомобиля»; Москва: «Машиностроение», 1984г.
14. Боровских Ю.И., Кленников М.В., Сабинин А.А.: «Устройство автомобиля»; М. : «Высшая школа», 1983г.
15. Чудаков Е.А.: «Конструкция и расчет автомобиля»; Москва: «Машгиз», 1981г.

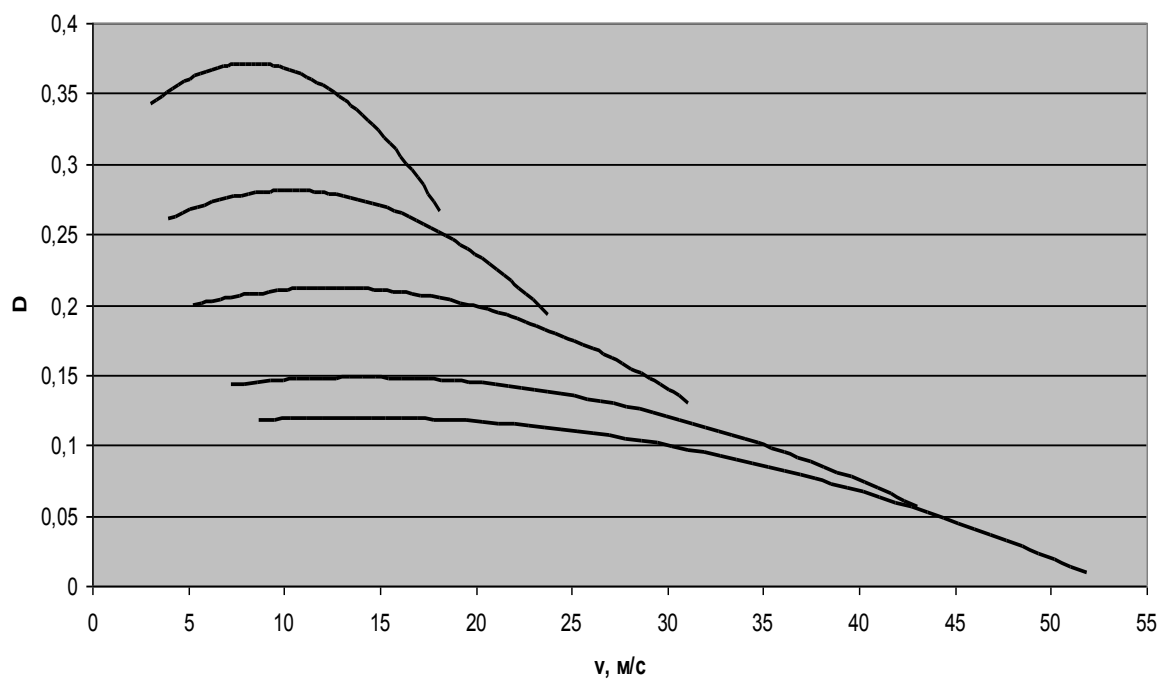
16. Сборник нормативно – технических материалов по безопасности труда.
17. Горина Л.Н.: «Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. пособие.»; Тольятти: Толпи, 2000г.
18. СТП 2.207-84. Дипломное проектирование.
19. Черемисин А.С.: «Разработка технологических процессов сборки в автостроении. Методические указания к технологической части дипломного проекта для студентов спец. «Автомобиле- и тракторостроение»; Тольятти: ТГУ, 2005г.
20. Капова В.Г.: «Технико-экономическое обоснование дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений для студентов спец. «Автомобиле- и тракторостроение»; Тольятти: ТГУ, 2005г.

ПРИЛОЖЕНИЯ

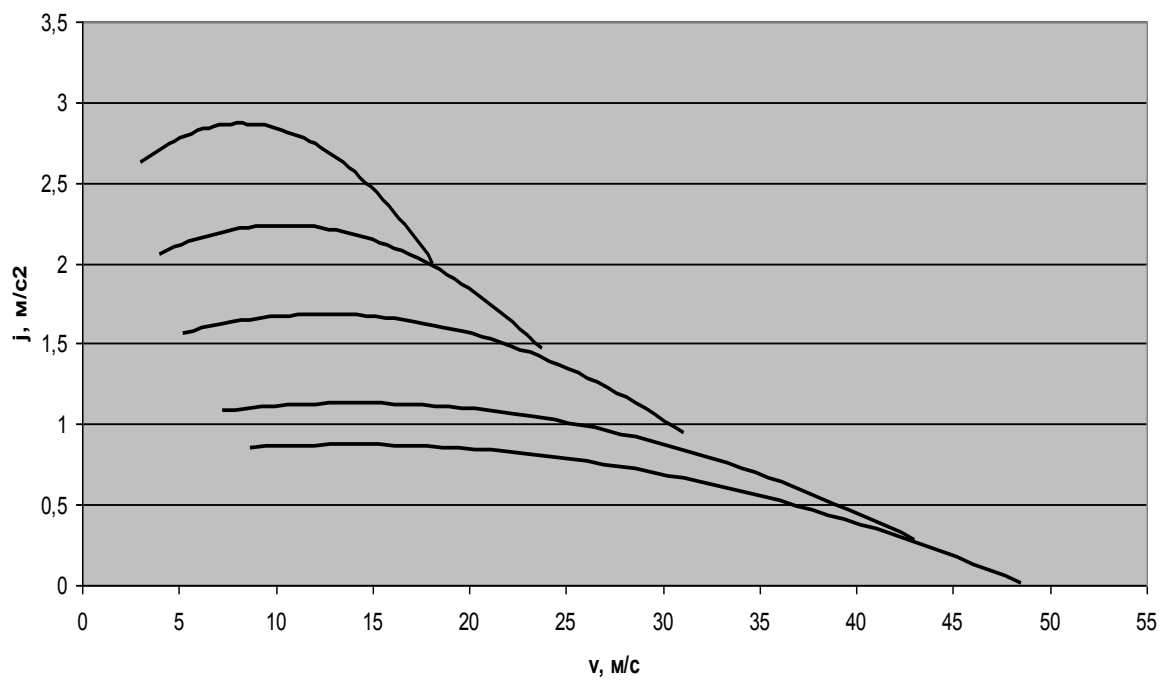
Приложение А - Графики тягового расчета



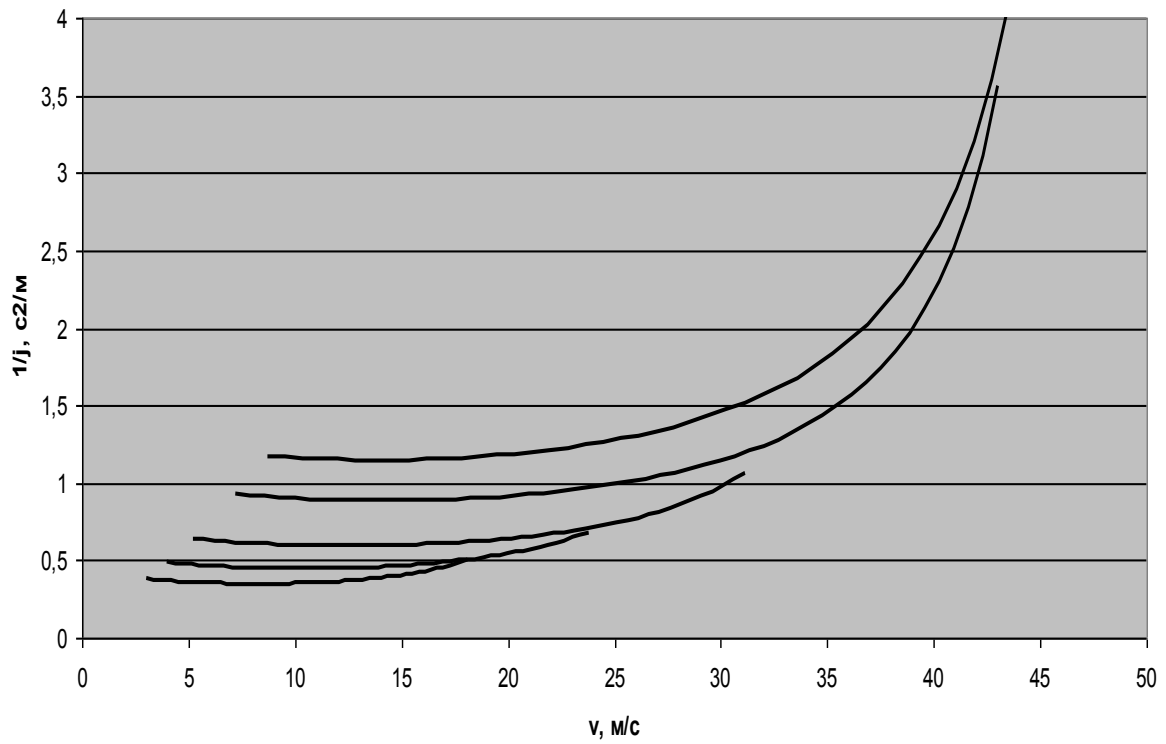
Динамический фактор автомобиля на разных передачах



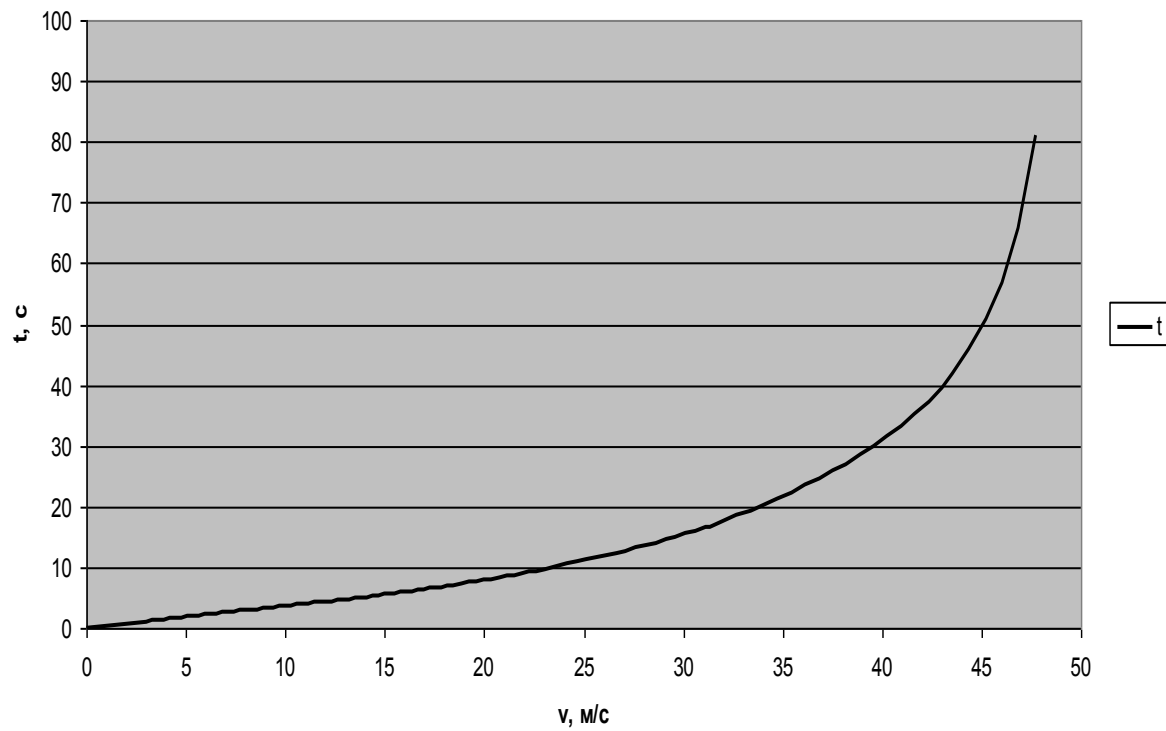
Ускорения автомобиля на различных передачах



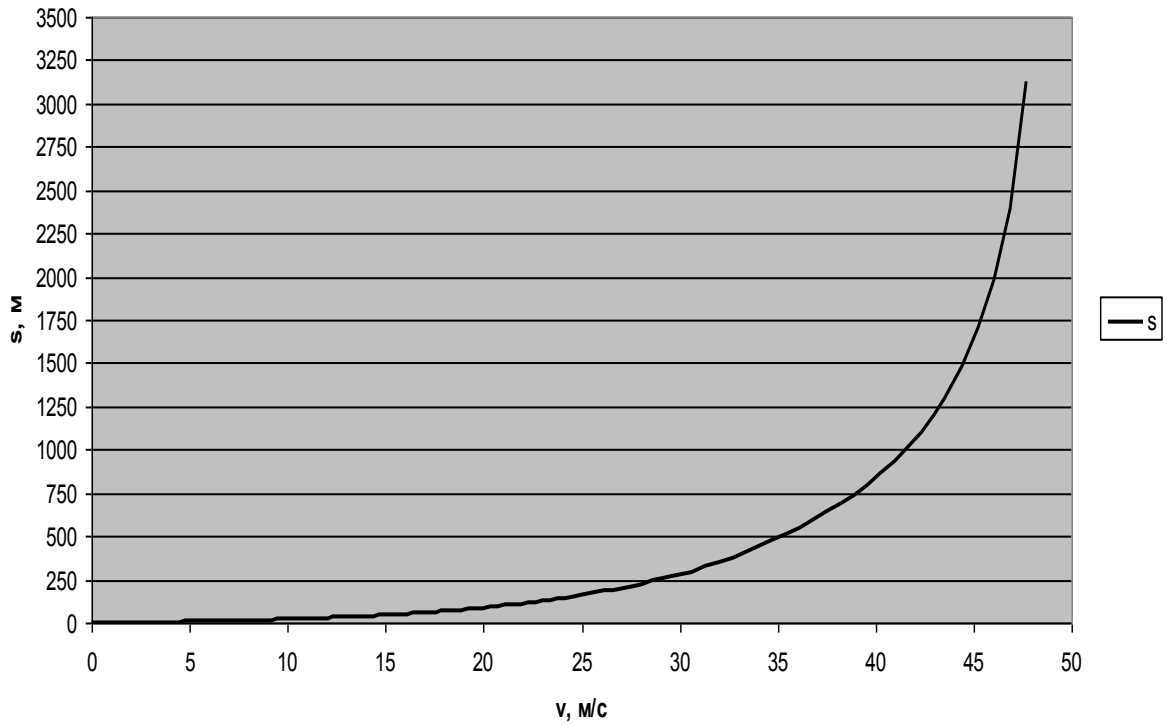
Обратные ускорения автомобиля на разных передачах



Время разгона



Путь разгона



Мощностной баланс

