

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)
Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

23.03.02 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили

(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

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

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

Студент Гареев Руслан Ильгизович

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

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

3. Исходные данные

Габаритные размеры – 4260мм x 1700мм x 1500мм; число мест для пассажиров – 5; число передач КПП -5; КПД трансмиссии -0,9; размерность шины 185/65 R14; максимальная скорость 180 км/ч; масса автомобиля – 1088 кг; коэффициент аэродинамического сопротивления -0,32; коэффициент сопротивления качению -0,012; максимальный преодолеваемый уклон 0,03; обороты ДВС – $w_{min}=1000$, $w_{max}=6000$, $w_n=5600$.

Цель проекта: Улучшение управляемости и курсовой устойчивости автомобиля путем модернизации упругого и демпфирующего элементов задней подвески.

4. Содержание (перечень подлежащих разработке вопросов):

Аннотация

Введение

1. Состояние вопроса

1.1. Назначение агрегата или системы

1.2. Требования, предъявляемые к конструкции агрегата или системы.

1.3. Классификация конструкций агрегата или системы

1.4. Обзор и тенденции развития конструкции агрегата или системы.

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

2. Защита интеллектуальной собственности

(предусмотрено/не предусмотрено) Руководитель _____

3. Конструкторская часть

3.1. Тягово-динамический расчет автомобиля

3.2. Выбор компоновочной схемы объекта.

3.3. Кинематические, динамические и др. расчеты.

3.4. Выбор деталей, подлежащих расчету, определение нагрузочных режимов.

3.5. Расчет деталей (на прочность, износостойкость, нагрев и т.п.) и выбор материалов деталей.

3.6. *Разработка вспомогательных механизмов (для охлаждения, обогрева, смазки, защиты от загрязнений, сигнализации предельного значения параметра и т.д.).*

4. Технологическая /Исследовательская часть

Разработка технологического процесса сборки задней подвески.

5. Анализ экономической эффективности объекта

Определение коммерческой эффективности модернизации задней подвески, расчет затрат на производство и реализацию.

6. Безопасность и экологичность объекта

Проверка соответствия конструкции модернизированной подвески законодательным требованиям о безопасности автомобиля. Разработка мероприятий, обеспечивающих безопасные условия труда при сборке.

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 3 листа формата А1

Детализовка 3 листа формата А1

Технологическая схема сборки разрабатываемого узла 1 лист ф. А1

Показатели экономической эффективности объекта 1 лист ф. А1

6. Консультанты по разделам

Технологическая /Исследовательская часть _____/_____/

Анализ экономической эффективности объекта _____/_____/

Безопасность и экологичность объекта _____/_____/

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

Руководитель выпускной
квалификационной работы

И.В. Турбин

Задание принял к исполнению

Р.И. Гареев

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 бакалаврской работы

Студента Гареев Руслан Ильгизович
по теме Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. 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			
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

_____ (подпись)

И.В. Турбин

_____ (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ (подпись)

Р.И. Гареев

_____ (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

В рамках данной работы были выполнены тягово-динамический расчет переднеприводного легкового автомобиля 2ого класса, расчет упругой характеристики задней подвески, расчет упругого элемента и характеристики демпфирования, разработаны технологический процесс сборки задней подвески и комплекс мероприятий по охране труда и безопасности на сборочном участке, также произведен технико-экономический анализ модернизированной подвески.

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	5
Введение	8
1	Состояние
вопроса	9
1.1 Назначение подвески автомобиля.....	91.2
Требования, предъявляемые к конструкции подвески.....	91.3
Классификация конструкций подвески	10
1.4 Обзор и тенденции развития конструкций подвесок	11
1.5 Выбор и обоснование проектируемого варианта.....	20
2 Конструкторская часть	21
2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	21
2.2 Выбор компоновочной схемы объекта.....	29
2.3 Расчет упругой характеристик подвески.....	30
2.4 Расчёт пружины.....	32
2.5 Расчёт характеристик демпфирования колебаний кузова и неподрессоренных масс.....	35
3 Технологическая часть	40
3.1. Анализ изменения конструкции подвески, приводящего к изменению технологического процесса.....	40
3.2 Общие требования к технологичности конструкции подвески.....	40
3.3 Разработка технологической схемы сборки задней подвески.....	42
3.4 Составление перечня сборочных работ.....	43

3.5	Определение трудоемкости сборки задней подвески.....	46
3.6.	Выбор организационной формы сборки.....	50
4	Безопасность и экологичность проекта.....	52
4.1	Проверка соответствия автомобиля законодательным требованиям	52
4.2	Описание рабочего места, оборудования, выполняемых операций.....	55
4.3	Идентификация опасных и вредных производственных факторов разрабатываемого производственного объекта.....	56
4.4	Мероприятия по созданию безопасных условий труда.....	57
4.5	Инженерные расчеты.....	59
4.6	Экологическая экспертиза разрабатываемого объекта.....	60
4.7	Безопасность в чрезвычайных и аварийных ситуациях.....	60
4.8	Вывод.....	61
5	Технико-экономическая оценка модернизируемой подвески.....	62
5.1	Расчёт себестоимости проектируемого узла.....	63
5.2	Расчет точки безубыточности проекта.....	71
5.3	Расчет коммерческой эффективности проекта.....	75
5.4.	Расчет экономии от повышения надежности и долговечности проектируемого узла.....	79
5.5	Вывод.....	83
	Заключение.....	84
	Список литературы.....	85
	Приложения.....	86
	Графики тягового расчета.....	86
	Спецификация.....	91

ВВЕДЕНИЕ

Автомобиль — это механическое транспортное средство, предназначенное для перевозки людей и грузов. В ходе эксплуатации возникают колебания автомобиля, вызванные неровностями дорожного покрытия. Такие воздействия могут оказывать негативное влияние на организм человека, вызывать повреждения перевозимых грузов, выводить из строя детали самого автомобиля. Также дефекты дорожного покрытия могут стать причиной аварийных ситуаций.

Для того чтобы уменьшить такие неблагоприятные воздействия необходимо улучшать качество дорожного покрытия и совершенствовать конструкции автомобилей. В обоих направлениях происходит постоянное развитие, появляются новые прогрессивные решения, обеспечивающие повышение качества дорожного движения.

В автомобиле воздействия со стороны дороги воспринимают шины колес и подвеска. От выбора шин и конструкции подвески зависит не только уровень комфорта, но и безопасность движения. Тип подвески определяется из экономических соображений и условий эксплуатации транспортного средства. На автомобилях более высокой ценовой категории используются более сложные решения, такие как, например, пневмоэлементы, регулируемые амортизаторы, детали из алюминиевых сплавов. В бюджетном сегменте наоборот применяют более простые и дешевые решения, но в целом обеспечивающие приемлемый уровень ездовых качеств. В автомобилях этого класса конструкции шасси довольно схожи и уровень их потребительских свойств в большей степени зависит от настройки. В виду улучшающегося качества дорог, при настройке подвески зачастую акцент делается в сторону улучшения управляемости и устойчивости.

В данной работе управляемость и устойчивость легкового автомобиля 2 класса улучшаются по средствам модернизации деталей и узлов задней подвески.

1 Состояние вопроса

1.1 Назначение подвески автомобиля

Назначение подвески заключается в обеспечении упругой связи между кузовом и колесами автомобиля, смягчая и поглощая толчки и удары, возникающие вследствие движения автомобиля по неровной дороге, а также передавая силы и моменты, возникающие при ускорениях, замедлениях и в поворотах. Конструкция подвески обеспечивает перемещение колес относительно кузова для достижения требуемых показателей управляемости, устойчивости и плавности хода.

1.2 Требования, предъявляемые к конструкции подвески

К конструкции подвески в современном автомобилестроении предъявляются следующие требования:

- кинематическая схема должна обеспечивать необходимый ход колес при благоприятном изменении углов их установки и колеи;
- кинематика колеса должны соответствовать рулевому управлению автомобиля, с целью исключения колебаний управляемых колес относительно оси поворота;
- конструкция подвески должна обеспечивать приемлемую величину затуханий колебаний колес и кузова автомобиля;
- детали и узлы подвески должны быть достаточно прочными и долговечными;
- массы узлов и деталей должны быть невелики (особенно важно для неподрессоренных элементов подвески);

- конструкция деталей и узлов подвески должна быть максимально технологичной и обеспечивать простое и удобное изготовление, сборку и обслуживание;

- стоимость деталей и узлов должна быть невысокой.

1.3 Классификация конструкций подвески

Конструкции подвески автомобиля принято делить на две большие группы: независимые и зависимые. Оба варианта конструкции имеют свои преимущества и недостатки. И тот и другой варианты используются в современном автомобилестроении.

Первой на автомобилях появилась зависимая подвеска. В такой конструкции все колеса одной оси (два или более) имеют жесткую связь, т.е. перемещение одного из колес приводит к перемещению остальных.

К преимуществам данного типа подвески относят отсутствие изменения колеи и углов установки колес, что позволяет шинам передавать боковые усилия постоянной величины. Также такая конструкция подвески имеет постоянный дорожный просвет, за что она приобрела большую популярность на автомобилях эксплуатирующихся на бездорожье. Помимо этого, стоит отметить относительно невысокую стоимость производства и сервисного обслуживания. Однако независимая подвеска не лишена и недостатков. При разноимённых ходах появляется поворот оси, а при одноименных, в случае использования тяги Панара, возникает поперечное перемещение оси. Эти явления негативно сказываются на устойчивости и управляемости автомобиля и в конечном итоге ухудшают безопасность движения. Большие неподрессоренные массы отрицательно сказываются на плавности хода. С точки зрения компоновки автомобиля такая конструкция не является лучшим вариантом, так как требует большого рабочего пространства. В части задней подвески это может привести к уменьшению объемов багажника и топливного бака. В подкапотном пространстве может потребоваться перемещение двигателя и других агрегатов вверх, т.е. центр

крена окажется достаточно высоко. Но несмотря на эти недостатки зависимая подвеска широко применяется на автобусах, грузовиках и некоторых внедорожниках. На бюджетных легковых автомобилях в виду своей небольшой стоимости преобладает разновидность зависимой подвески, подвеска на соединенных продольных рычагах.

В независимой подвеске колеса не имеют жесткой связи между собой и перемещение одного из них не оказывает влияние на другое.

В такой конструкции проще организовать изменение углов установки в сторону недостаточной поворачиваемости, что в свою очередь положительно сказывается на управляемости и безопасности движения. Также имеется возможность регулировать углы установки колес в эксплуатации. Масса, особенно неподрессоренная, меньше чем в зависимой подвеске. В целом независимая подвеска обеспечивает большую безопасность движения на высоких скоростях. Компонентно обладает преимуществом, т.к. не требует много свободного пространства для работы. Для крепления элементов независимой подвески преимущественно используют подрамник, на котором в свою очередь можно установить силовой агрегат, элементы трансмиссии или рулевой механизм, что существенно упрощает сборку автомобиля в условиях конвейера. При всех указанных достоинствах такая конструкция более сложна и дорога в обслуживании. Изменяющееся значение клиренса ограничивает использование независимой подвески на автомобилях использующихся в условиях сложного бездорожья, а невозможность обеспечения большой грузоподъемности делает невозможным ее применение на тяжелых грузовых автомобилях.

Стоит отметить, что на современных легковых автомобилях независимая подвеска практически вытеснила зависимую конструкцию, представленную в основном лишь в задних подвесках бюджетников, ввиду возможности обеспечения лучших ездовых свойств.

1.4 Обзор и тенденции развития конструкций подвесок

С момента начала автомобилестроения подвеска транспортных средств значительно изменилась. Новые более совершенные конструкции сменяют старые, уходящие из употребления. Развитие получают как схемы подвески, так и ее отдельные элементы. Все элементы подвески, будто зависимой или независимой, делят на упругие, демпфирующие и направляющие.

Упругие элементы подвески обеспечивают упругую связь между колесами и кузовом автомобиля, а также воспринимают нагрузки со стороны дороги. Среди упругих элементов в современном автомобилестроении наибольшее распространение получили пружины. Они достаточно компактны и имеют невысокую стоимость, а также обеспечивают хорошие показатели плавности хода. Цилиндрическая пружина с постоянным шагом витка изготовленная из прутка постоянного сечения имеет постоянное значение жесткости. Для получения прогрессивной характеристики жесткости используют пружины с переменным шагом витков или изготовленные из прутка переменного сечения. Чтобы сделать эти элементы компактнее изготавливают бочкообразные или конусные пружины.

Еще одним видом упругих элементов являются листовые рессоры. Они используются со времен гужевых экипажей. Рессора состоит из нескольких листов пружинной стали различной длины соединенных между собой. Помимо обеспечения упругой связи она способна также выполнять роль упругого элемента подвески. Такое решение относительно дорого, занимает большое компоновочное пространство и не обеспечивает хороших показателей плавности хода. Именно поэтому она была вытеснена пружиной из подвесок легковых автомобилей. Однако ввиду своей надежности и возможности обеспечивать высокую грузоподъемность широко применяется на грузовом транспорте и в настоящее время.

На спортивных автомобилях и внедорожниках в качестве упругого элемента иногда используется торсион. Торсион представляет собой металлический стержень работающий на кручение. На концах торсиона имеются шлицы для закрепления его на кузове и направляющем элементе

подвески. Такое решение обладает компоновочным преимуществом перед пружинами и рессорами. Помимо этого, торсион удобен при установке и обслуживании, а также достаточно надежен. Однако автомобиль с такой подвеской склонен к избыточной управляемости, что ухудшает безопасность движения. Ввиду сложности технологии изготовления стоимость торсиона достаточно высока.

Для обеспечения наилучших ездовых характеристик в подвеске легковых автомобилей используют пневматические и гидропневматические элементы. Они изменяют свою жесткость в зависимости от дорожной ситуации и обеспечивают возможность регулирования высоты кузова. Стоимость таких элементов достаточно высока и в эксплуатации они требуют большего внимания. Поэтому применяются они преимущественно на автомобилях высокого класса.

В целях гашения колебаний, вызванных работой упругого элемента в подвеске, применяют демпфирующие элементы. Демпфирующие элементы обеспечивают надежный контакт колеса с дорогой, комфорт и безопасность движения. Сначала в автомобилях не устанавливали специальных демпферов, а колебания гасились за счет трения листов рессоры, но с увеличением динамики движения такое решение оказалось неприемлемым. Первыми демпферами, которые устанавливались на автомобили, были механические амортизаторы. Они представляли собой пакет из фрикционных дисков, которые проворачивались относительно друг друга, тем самым поглощая энергию вибрации. Однако, надежность такой конструкции была крайне мала. Поэтому в современном автомобилестроении используются гидравлические амортизаторы. Они более надежны и удобны в доводке. При работе гидравлического амортизатора поршень совершая возвратно-поступательные движения через клапаны пропускает рабочую жидкость, тем самым превращая механическую энергию в тепловую.

Наибольшее распространение получил двухтрубный амортизатор. Он состоит из двух соосных труб. Внутренняя заполнена рабочей жидкостью и в

ней перемещается поршень. Пространство между трубами используется для компенсации изменения объема жидкости при ее температурном расширении, а также для ее охлаждения. Данная конструкция относительно проста в производстве и обслуживании, достаточно надежна (при небольшом пропускании масла способна сохранять работоспособность на несколько лет эксплуатации). В таком амортизаторе существует вероятность вспенивания рабочей жидкости (кавитации), поэтому в корпус приходится вводить газ под высоким давлением. Кроме того, работоспособность такой конструкции сильно зависит от угла установки.

Однотрубный амортизатор является более эффективным с точки зрения демпфирующих свойств и обеспечивает более стабильное пятно контакта колеса. Для компенсации изменения объема рабочей жидкости используется плавающий поршень, разделяющей масло и газ. В случае повреждения корпуса однотрубный амортизатор неминуемо выходит из строя. В такой конструкции требования к точности изготовления, качеству уплотнений и материалов значительно выше, поэтому конечная стоимость оказывается достаточно высокой.

На более дорогих автомобилях применяют регулируемые амортизаторы, на которых в зависимости от режима движения изменяется характеристика демпфирования. Такая работа может быть реализована двумя принципами. В первом случае изменение характеристик происходит при помощи специальных электромагнитных клапанов, во втором за счет использования жидкости, меняющей свою вязкость при воздействии электромагнитного поля. Очевидным минусом таких решений является их дороговизна.

Направляющий аппарат подвески определяет положение колеса, в том числе и углы установки, относительно кузова автомобиля и дорожного полотна. В качестве направляющих элементов подвески используют штанги и рычаги (тяги), а также рессоры (для зависимых подвесок) и амортизатор с закрепленной на нем пружиной (независимая подвеска типа МакФерсон).

Штангой является стержень или труба с закрепленными на концах шарнирами. Такая деталь нагружается только поперечными и продольными нагрузками. Штанги в основном применяются в конструкции зависимых подвесок, реже с целью удешевления в некоторых независимых подвесках.

Рычаги способны работать на растяжение, сжатие, изгиб и кручение. Это могут быть детали Н-образной, А-образной, L-образной и прямой формы, полученные различным технологическим путем. Форма рычага определяет положение шарниров и то как они будут воспринимать нагрузки. В А-образных рычагах, например, силы равномерно распределяются между двумя одинаковыми горизонтально расположенными шарнирами. В L-образном рычаге поперечные и вертикальные нагрузки воспринимает в основном компактный жесткий горизонтальный шарнир, массивный податливый вертикальный шарнир воспринимает продольные усилия и вносит некоторые коррективы в упругую характеристику подвески, улучшая комфорт движения. Рычаги подвески могут быть изготовлены из стальных штампованных деталей. В этом случае масса изделия будет невелика. Рычаги, испытывающие во время эксплуатации большие нагрузки, обычно получают ковкой. Малонагруженные рычаги, которые ввиду сложной формы невозможно получить штамповкой, изготавливают литьем. Конкретные форма и способ изготовления выбираются из компоновочных, экономических, а также эксплуатационных требований.

Первые конструкции подвесок автомобиля были зависимого типа. Зависимая подвеска и в настоящее время широко применяется как в легковых, так и грузовых автомобилях. Вариантов конструкций зависимых подвесок достаточно много. Их многообразие определяется применением как на ведомой, так и на ведущей оси, а также расположением редуктора.

Достаточно распространенным случаем является применение такой подвески на ведущей оси с редуктором, расположенным на балке моста. Классический и самый простой вариант — это подвеска на продольных рессорах. Листовые рессоры, расположенные вдоль кузова, выполняли роль

направляющего, упругого и демпфирующего элементов одновременно. Ввиду слабого противодействия рессоры боковым силам на высоких скоростях мост сильно перемещается в поперечном направлении, что сильно снижает управляемость движения. Безопасность движения при использовании такой конструкции оказывается крайне низкой. Поэтому в современных автомобилях зависимая подвеска в таком виде не применяется.

Дальнейшим развитием зависимой подвески является трехштанговая схема. Здесь роль упругого и демпфирующего элементов выполняют пружина и амортизатор, а направляющий аппарат состоит из двух продольных штанг и тяги Панара, воспринимающей боковые нагрузки. Обладая невысокой стоимостью, такая конструкция обеспечивает приемлемые ездовые характеристики. Существует вариант данной схемы, где продольные штанги заменены на кованые рычаги. Преимуществом данной подвески является то, что движение моста определено достаточно однозначно. Однако, чтобы обеспечить работоспособность шарниров, фиксирующих рычаги на кузове, длины рычагов приходится увеличивать, что приводит, в конечном счете, к удорожанию подвески и увеличению неподрессоренных масс.

Оптимальной с точки зрения ездовых качеств является пятиштанговая схема. Направляющий аппарат такой подвески состоит из двух нижних продольных штанг, двух верхних продольных более коротких штанг и поперечной штанги. В такой конструкции движение моста строго определено в вертикальном, продольном и боковом направлениях, а расположив продольные штанги под некоторым углом к оси автомобиля, можно снизить склонность подвески к избыточной поворачиваемости.

Использование тяги Панара при больших ходах подвески вызывает значительное перемещение балки моста в поперечном направлении, ухудшая управляемость автомобиля. Решить эту проблему можно с помощью применения механизмов Уатта и Скота-Рассела. Механизм Уатта представляет собой две поперечные штанги с одной стороны закрепленные

на кузове, а с другой соединенные с вертикальной штангой, установленной на кронштейне в центре балки моста и способной вращаться. В механизме Скота-Рассела в месте крепления поперечной тяги на балке реализуется возможность перемещения конца тяги в на балке, а также вводится еще одна тяга, соединяющая балку с серединой первой штанги. Такая конструкция исключает боковые перемещения балки моста и обеспечивает лучшие показатели управляемости и курсовой устойчивости автомобиля. Стоит отметить, что вышеуказанные механизмы ввиду большего количества деталей имеют достаточно высокую стоимость.

В подвеске типа Де Дион редуктор трансмиссии устанавливается на кузове автомобиля, тем самым достигается снижение неподрессоренных масс при сохранении преимуществ зависимой подвески, в частности отсутствия изменения углов установки колес. На дорогах с хорошим покрытием такая подвеска показывает высокие ездовые качества и превосходит некоторые независимые подвески. Необходимость использования приводов вместо полуосей, а также достаточно сложная конструкция балки делают стоимость такой подвески достаточно высокой.

В подавляющем большинстве современных автомобилей бюджетного сегмента и средней ценовой категории в задней ведомой оси применяется такая разновидность зависимой подвески, как подвеска со связанными продольными рычагами. В такой конструкции продольные рычаги соединены между собой элементом, работающим на скручивание. При ходах такой подвески происходит значительное изменение установочных углов колес, поэтому такую схему часто называют полузависимой. Не смотря на это, стоит отметить, что такая подвеска в целом обеспечивает приемлемые ездовые характеристики. Также такая подвеска обладает малой массой, недорога и удобна в условиях конвейерной сборки, поэтому она так популярна на сегодняшний день.

Одной из самых простых схем независимой подвески является подвеска на продольных рычагах. В такой конструкции связь между колесом

и кузовом обеспечивается с помощью одного продольного. Такая схема достаточно проста и недорога, но обладает весьма серьезными недостатками. Изменение базы при ходах подвески достаточно существенно. Также отмечается значительный наклон колеса в сторону поворота при маневрировании. Поэтому достичь приемлемых ездовых качеств при использовании такой подвески невозможно. Разновидностью данной конструкции является подвеска на косых рычагах. Расположение рычагов под углом к оси автомобиля позволяет снизить изменение базы и улучшить восприятие боковых сил, однако, изменение колеи становится более существенным. Несмотря на указанные выше недостатки, обе разновидности конструкции в настоящее время широко используются на прицепах, где показатели управляемости и устойчивости, обеспечиваемые такой подвеской, считаются приемлемыми.

Одной из распространенных конструкций независимых подвесок является подвеска на двойных поперечных рычагах. В такой схеме рычаги расположены друг на другом, а колесо крепится к поворотному кулаку, соединенному с рычагами по средствам шарниров. Как правило, верхний рычаг имеет меньшую длину, чем нижний. Это позволяет обеспечивать отрицательный угол развала колеса при ходе сжатия и положительный при ходе, что дополнительно улучшает устойчивость автомобиля при маневрировании. К недостаткам такой подвески можно отнести относительную сложность, дороговизну и высокую трудоемкость в ремонте. Данная конструкция применяется в автомобилях различных классов, начиная от спортивных болидов и представительских седанов и заканчивая тяжелыми внедорожниками.

Дальнейшим развитием подвески на двойных поперечных рычагах является многорычажная подвеска. С помощью большего количества элементов направляющего аппарата можно организовать восприятие сил во всех направлениях и получить хорошую кинематику. Также для такой конструкции характерны высокая плавность хода, хорошая управляемость и

низкий уровень передачи шумов и вибраций на кузов. Очевидными недостатками такой конструкции являются большая масса, дороговизна и сложность в обслуживании. Данную схему можно встретить в большинстве задних подвесок легковых автомобилей, а также компактных и среднеразмерных внедорожниках.

Еще одной популярной схемой, которую можно встретить в передней оси большинства современных автомобилей, является подвеска МакФерсон или подвеска на направляющей стойке. Такая конструкция состоит из нижнего рычага, поворотного кулака и амортизационной стойки, совмещающей в себе демпфер и пружину. Такая стойка одновременно выполняет функции упругого, демпфирующего и направляющего элементов подвески. Простота и дешевизна этой конструкции и определили ее популярность. Помимо этого, данная схема имеет большое компоновочное преимущество, так как для установки достаточно компактного и простого подрамника, а в некоторых автомобилях обходятся и без него. Однако, кинематика такой подвески несовершенна. Угол развала колес существенно изменяется при ходах подвески. Еще одним серьезным недостатком такой конструкции является большая степень передачи шумов и вибраций на кузов, что приводит к снижению виброакустического комфорта. Реже подвеску МакФерсон можно встретить в задней оси автомобиля. В таком случае ее могут называть подвеской Чепмена.

Для мировой автомобильной промышленности в настоящее время в части конструкций подвесок наблюдается постепенный переход в сторону активных подвесок. Если раньше такие конструкции использовались исключительно в премиальных автомобилях, то сейчас их можно встретить в транспортных средствах менее дорогих сегментов.

Независимо от типа выбранной подвески для вновь разрабатываемого автомобиля каждый автопроизводитель пытается снизить конечную ее стоимость. Поэтому разработку платформы могут вести одновременно несколько крупных производителей, что впоследствии применить ее сразу на

нескольких моделях, выпускаемых под различными брендами. Такая тенденция к глобальной унификации технических решений характерна как для производителей бюджетных автомобилей, так и более дорогих.

1.5 Выбор и обоснование проектируемого варианта

Объектом модернизации в данной работе будет являться легковой автомобиль 2ого класса – ВАЗ 2190, LADAGRANTA. Этот автомобиль не первый год является лидером продаж в своем сегменте на российском рынке. Он был разработан на платформе LADAKALINA. От предшественника этот автомобиль выгодно отличали более современные экстерьер и интерьер, обновленная линейка силовых агрегатов, а также некоторые другие технические решения. На автомобиле LADAGRANTA впервые, среди остальных моделей АвтоВАЗА, начали устанавливать автоматическую трансмиссию. Сначала это была четырехступенчатая автоматическая коробка переключения передач, но позже она была заменена на пятиступенчатую роботизированную. Шасси автомобиля GRANTA по сравнению с шасси KALINA, в целом, не претерпело революционных изменений, но имеет ряд отличий. В передней подвеске за счет изменения конструкций кронштейна растяжки нижнего рычага и верхней опоры телескопической стойки был увеличен кастор. В задней подвески подвеске появился отрицательный угол развала колес. Все пружины и амортизаторы подвески получили иные характеристики. Эти изменения позволили улучшить управляемость и устойчивость автомобиля на дороге.

Дорожное движение в Российской Федерации в последнее время стало динамичнее. Этому способствуют планомерное увеличение автомагистралей и улучшение качества дорожного покрытия. В условиях увеличения средней скорости транспортного потока разумным решением представляется модернизация подвески с целью улучшения управляемости и устойчивости

автомобиля. Для этого в задней подвеске будет увеличена жесткость пружины, а также подобрана подходящая характеристика амортизатора.

2. Конструкторская часть

2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

2.1.1 Исходные данные для тягового расчета

Тип автомобиля:	<i>Переднеприводный</i>
Количество посадочных мест:	5
Количество передач:	5
КПД трансмиссии:	$\eta_{TP} = 0.9$
Размерность шины:	185/65R14
Максимальная скорость:	$v_{\max} = 180 \text{ км/ч}$
Масса автомобиля:	$m_a = 1088 \text{ кг}$
Коэф. аэродинамич. сопр-я:	$C_x = 0.32$
Коэф. сопротивления качению:	$f_0 = 0,012$
Преодолеваемый уклон:	$i = 0,3$
Обороты ДВС	$\omega_e^{\min} = 1000 \text{ об / мин}$
	$\omega_e^{\max} = 6000 \text{ об / мин}$
	$\omega_N = 5600 \text{ об / мин}$

2.1.2 Подготовка оставшихся данных

1) Расчет полной массы и веса автомобиля:

$$m = m_a + 75 \cdot n + 10 \cdot n = 1088 + 75 \cdot 5 + 10 \cdot 5 = 1513 \text{ кг} \quad (2.1)$$

где n – количество посадочных мест

$$G_{сер} = m_{сер} \cdot g = 14827,4Н \quad (2.2)$$

2) Распределение массы по осям автомобиля:

Для автомобиля с приводом на переднюю ось, распределение массы по осям при полной загрузке будет выглядеть следующим образом:

Приходящаяся на переднюю ось - 60% (855кг)

Приходящаяся на заднюю ось: 40% (570кг)

3) Расчет коэффициента обтекаемости:

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2} = \frac{0.32 \cdot 1.293}{2} = 0.21 \quad (2.3)$$

4) Зная размерность шины 185/65 R14, определим радиус качения колеса.

Расчет радиуса качения колеса:

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H \quad (2.4)$$

$$r_k = 281\text{мм}$$

5) Расчет лобовой площади автомобиля:

$$F = 0,8 \cdot B_r \cdot H_r = 0,8 \cdot 1,680 \cdot 1,420 = 1,908\text{м}^2; \quad (2.5)$$

где B_r и H_r - ширина и высота автомобиля, м.

6) Расчет коэффициента дорожного сопротивления:

$$\psi_v = f = f_{k0} \cdot \left(1 + \frac{v_{\max}^2}{2000} \right) = 0.027 \quad (2.6)$$

7) Расчет передаточного отношения главной передачи:

$$U_{ГП} = \frac{\omega_{\max} \cdot r_k}{v_{\max} \cdot U_{КП}} \quad (2.7)$$

Где $U_{КП} = 0.78$ - передаточное отношение коробки переключения передач равно значению передаточного отношения высшей передачи:

$$U_{ГП} = \frac{586 \cdot 281}{50 \cdot 0,78} = 4,23$$

2.1.3 Расчет внешнескоростной характеристики двигателя

Расчет мощности двигателя, обеспечивающей достижение целевой максимальной скорости движения автомобиля:

$$N_v = \frac{1}{\eta_{mp}} (G_a \cdot \psi_v \cdot v_{\max} + k \cdot F \cdot v_{\max}^3) \quad (2.8)$$

$$N_v = \frac{1}{0,9} (14827,4 \cdot 0,027 \cdot 50 + 0,21 \cdot 1,908 \cdot 50^3) = 77,1 \text{ кВт}$$

Расчет максимальной мощности двигателя:

$$N_e^{\max} = \frac{N_v}{a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3} \quad (2.9)$$

$$\lambda = \frac{\omega_{\max}}{\omega_N} = \frac{628}{586} = 1,071 \quad (2.10)$$

a, b, c = 1 – эмпирические коэффициенты;

$$N_e^{\max} = \frac{77,1}{1,071 + 1,071^2 - 1,071^3} = 77,9 \text{ кВт}$$

Расчет внешней скоростной характеристики двигателя:

$$N_e = N_{\max} \left[\frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (2.11)$$

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (2.12)$$

Применяя вышеуказанные формулы строим график внешней скоростной характеристики двигателя (см. Приложение).

2.1.4. Расчет передаточных чисел коробки передач.

Для обеспечения возможности движения автомобиля тяговая сила на колесах ведущей оси должна превышать силы сопротивления дороги. С другой стороны, с целью исключения пробуксовки, тяговая сила на ведущих колесах должна быть меньше силы сцепления колес с дорогой.

$$G_{cy} \cdot \varphi \geq \frac{M_{e \max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП} \cdot U_1}{r_k} \geq G_a \cdot \psi_{\max} \quad (2.13)$$

Тогда U_1 :

$$\frac{G_{cy} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{e \max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП}} \geq U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{e \max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП}} \quad (2.14)$$

В результате расчетов получаем:

$$2,9 \geq U_1 \geq 0.16$$

Тогда для первой передачи принимаем $U_1 = 2.71$

Расчет передаточных чисел остальных передач будет производиться по формулам:

$$\begin{aligned} U_2 &= \sqrt[3]{U_1^2} \\ U_3 &= \sqrt[3]{U_1} \\ U_4 &= 1 \\ U_5 &= 0.6..0.8 \end{aligned} \quad (2.15)$$

Подбирая значения передаточного отношения зубчатого соединения следует избегать целых значений, в противном случае долговечность соединения не будет обеспечена. Поэтому для передаточного отношения четвертой передачи примем следующее значение:

$$U_4 = 0,98$$

Расчет передаточных чисел оставшихся передач:

$$U_2 = 1,94 ;$$

$$U_3 = 1,31 ;$$

$$U_5 = 0.78 .$$

2.1.5 Тяговый баланс автомобиля

Запишем уравнение тягового баланса автомобиля:

$$P_T = P_D + P_B + P_{II} \quad (2.16)$$

Где P_T - тяговая сила автомобиля;

P_D - сила дорожного сопротивления;

P_B - сила сопротивления воздуха;

P_{II} - сила сопротивления разгону.

Расчет данных сил производится по следующим формулам:

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{r_k}; \quad (2.17)$$

$$P_D = P_{II} + P_f; \quad (2.18)$$

$$\text{где: } P_{II} = G_a \cdot \sin \alpha \quad (2.19)$$

$$P_f = G_a \cdot \cos \alpha \cdot f \quad (2.20)$$

$$P_B = k \cdot F \cdot v^2 \quad (2.21)$$

Для решения уравнения тягового баланса автомобиля следует найти зависимость между силой тяги и скоростью автомобиля:

$$v_a = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_k \cdot U_0} \Rightarrow P_T = \frac{\omega_e \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{v_a} \quad (2.22)$$

Построим графики зависимости силы тяги от скорости движения автомобиля с учетом полученного выражения (см. Приложение).

2.1.6 Динамическая характеристика автомобиля

Отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля принято называть динамическим фактором автомобиля D . Динамический фактор дает представление о динамических свойствах автомобиля при определенных дорожных условиях и нагрузке автомобиля.

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (2.23)$$

Динамический фактор связан с дорожным сопротивлением следующим выражением:

$$D = \psi + \frac{j}{g} \cdot \delta_{ep} \quad (2.24)$$

Где: j - ускорение автомобиля;

δ_{ep} - коэффициент учета вращающихся масс;

ψ - коэффициент сопротивления дороги.

Построим графики динамического фактора автомобиля (см. Приложение).

2.1.7 Расчет ускорений автомобиля

Для расчета выбираем случай движения автомобиля с разгоном по дорожному полотну с требуемым уровнем качества.

Расчет ускорение автомобиля:

$$j = \frac{(D - \psi) \cdot g}{\delta_{ep}}; \quad (2.25)$$

Где:

$$\delta_{ep} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2) \quad (2.26)$$

Где δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес;

δ_2 - коэффициент учета вращающихся масс двигателя;

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

В результате расчетов получаем значения коэффициента учета вращающихся масс:

$$\delta_{epI} = 4,97$$

$$\delta_{epII} = 3,05$$

$$\delta_{epIII} = 2,06$$

$$\delta_{epIV} = 1,56$$

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

Определим значения ускорений на всех передачах и строим графики (см. Приложение).

2.1.8 Расчет времени и пути разгона

Для определения времени разгона и построения его графика следует проинтегрировать графики обратных ускорений $1/j$.

Для получения минимальных значений времени и пути разгона, точки переключения передач принимают в точках пересечения графиков обратных ускорений.

$$\Delta t = \frac{1}{j_a} \Delta v \quad (2.27)$$

$$t = \sum \Delta t_i \quad (2.28)$$

Аналогичным способом рассчитываем путь разгона.

$$ds = v_a \cdot dt \quad (2.29)$$

$$\Delta s = v_a \cdot \Delta t \quad (2.30)$$

$$s = \sum s_i^t \quad (2.31)$$

2.1.9 Мощностной баланс автомобиля

Записываем уравнение мощностного баланса автомобиля.

$$N_T = N_e - N_{mp} = N_f + N_{II} + N_B + N_{II} \quad (2.32)$$

Где: N_T - тяговая мощность подводимая к ведущим колесам.

N_{mp} - мощностные потери в узлах трансмиссии.

N_f - мощность, которая затрачивается на преодоление сил сопротивления качению колес.

N_{γ} - мощность, которая затрачивается на преодоление сил сопротивления подъему.

N_A - мощность, которая затрачивается на преодоление силы сопротивления воздуха.

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

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

Для уравнение мощностного баланса находим графическое решение (см. Приложение).

2.1.10 Топливо-экономическая характеристика автомобиля

Для определения путевого расход топлива на 100км пути используем удельный эффективный расход топлива:

$$g_{II} = \frac{g_e \cdot N_e}{36 \cdot \rho_T \cdot v} \quad (2.33)$$

Где: ρ_T - плотность топлива, плотность бензина - 0,72 кг/л.

v - скорость движения автомобиля.

Из уравнения мощностного баланса выражаем мощность N_e и получаем формулу следующего вида:

$$g_{II} = \frac{g_e}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}} \cdot (P_D + P_B + P_{II}) \quad (2.34)$$

Получить точное значение расхода топлива в конкретных дорожных условиях можно определить только экспериментальным способом. В

условиях отсутствия экспериментальных данных, эффективный расход топлива следует рассчитать по следующей формуле:

$$g_e = k_{CK} \cdot k_{II} \cdot g_{e\min} \cdot 1.1 \quad (2.35)$$

Где: k_{CK} и k_{II} - коэффициенты, учитывающие изменения величины g_e от ω_e и И двигателя.

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

Так как для равномерного движения $P_{II} = 0$:

$$g_{II} = \frac{k_{CK} \cdot k_{II} \cdot g_{e\min} \cdot 1.1 \cdot (P_D + P_B)}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}} \quad (2.36)$$

Значение угла наклона дороги принимаем $\alpha = 0$, поскольку при оценке топливной экономичности испытания происходят при постоянной скорости движения на горизонтальном участке дороги.

2.2 Выбор компоновочной схемы объекта

В данной работе в качестве автомобиля-аналога принят ВАЗ 2190 LadaGranta. В задней подвеске этого автомобиля применена схема с продольными соединенными рычагами. Рычаги формованы из труб и крепятся на кузов с помощью резинометаллических шарниров. Соединитель рычагов, работающий на скручивание, выполнен из открыто профиля. Пружина располагается на амортизаторе. Отрицательное значение угла развала задних колес обеспечивается за счет механической обработки фланцев рычагов. Основными преимуществами такой конструкции является ее малая масса и невысокая стоимость, а также простота монтажа и небольшая трудоемкость в обслуживании. Для установки такой подвески не требуется подрамника, крепление производится по четырем точкам на кузове. Недостатком данной схемы является существенное изменение углов установки колес при ходах, а также значительная передача шумов и

вибраций на кузов. Низкий уровень виброкомфорта определяется расположением пружины на амортизаторе. Также следует отметить, что выбранная схема ограничивает применение полного привода в автомобиле. Вариантом решения этой проблемы может являться применение соединителя гнутой формы. Однако, подобное решение вызывает существенное увеличение стоимости узла и значительно ограничивает хода подвески.

При определении объема модернизации, следует учитывать, что автомобиль является бюджетным, а значит значительное увеличение стоимости его узлов крайне нежелательно, так как может привести к падению интереса у покупателей. В таком случае модернизация должна быть эффективной, при этом иметь низкий уровень затрат. Поэтому в данной работе улучшение управляемости и курсовой устойчивости автомобиля будет достигаться за счет оптимизации характеристик пружины и амортизатора с сохранением существующей схемы подвески.

2.3 Расчет упругой характеристики подвески

Запишем исходные данные, которые будут применяться для расчета упругой характеристики подвески:

$m_a = 1115$ кг - снаряженная масса автомобиля

$m_{\text{зад.СНАР}} = 457$ кг - масса, которая приходится на заднюю ось автомобиля

в снаряженном состоянии

$m_{\text{зад.КОНСТ.}} = 550$ кг - масса, которая приходится на заднюю ось при

конструктивной нагрузке

$m_{\text{зад.ПОЛН.}} = 770$ кг - масса, которая приходится на заднюю ось при полной

нагрузке

$m_{\text{неподр}} = 74$ кг - масса автомобиля неупрочненная

$i_c \approx 1$ - передаточное отношение пружины

Расчет вертикальной жесткости задней подвески:

$$C_c = \frac{(2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot m_{II}}{1000}, \quad (2.37)$$

Где: m_{II} - поддресоренная масса, которая приходится на одно колесо

f - собственная частота колебаний компонентов задней подвески.

Расчет значений поддресоренной массы автомобиля для различных вариантов загрузки:

$$\begin{aligned} m_{IIc} &= 457/2 - 74/2 = 191,5 \text{ кг} \\ m_{IIk} &= 550/2 - 74/2 = 238 \text{ кг} \\ m_{III} &= 770/2 - 74/2 = 348 \text{ кг} \end{aligned} \quad (2.38)$$

Значение собственной частота колебаний деталей подвески имеет решающее значение для обеспечения плавности хода. Приемлемые показатели плавности хода достигаются при значении собственной частоты колебаний находящейся в пределах 1,5..1,65 Гц для снаряженной массы автомобиля и 1,3..1,6 Гц для конструктивной.

Расчет вертикальной жесткости подвески в указанных диапазонах:

$$\begin{aligned} C_c &= \frac{(2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot m_{IIc}}{1000} = \frac{(2 \cdot \pi \cdot 1,5..1,65)^2 \cdot 191,5}{1000} = 17,01..20,6 \text{ кН/м} \\ C_k &= \frac{(2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot m_{IIk}}{1000} = \frac{(2 \cdot \pi \cdot 1,3..1,6)^2 \cdot 238}{1000} = 15,88..24,05 \text{ кН/м} \end{aligned}$$

Расчет жесткость пружины с учетом необходимой вертикальной жесткости подвески:

$$C_{IIp} = (C - \Delta C_{III}) \cdot i_c^2, \quad (2.39)$$

Где C - вертикальная жесткость подвески

$\Delta C_{ш}$ - жесткость шарниров подвески, приведенная к колесу. Значение жесткости шарниров может варьироваться в пределах от 1 до 3 $\kappa H/м$. В данной работе примем $\Delta C_{ш} = 2 \kappa H/м$

i_C^2 - квадрат передаточного отношения пружины

При расчете упругого элемента подвески следует использовать конструктивную загрузку автомобиля. Используя снаряженную или полную загрузку при разработке пружины уровень ездовых свойств будет оптимальным только в этом режиме. Использование конструктивной загрузки обеспечивает приемлемые ходовые свойства при любой загрузке автомобиля.

Расчет значение жесткости пружины для снаряженной массы автомобиля:

$$C_{пр} = (15,88 \cdot 24,05 - 2) \cdot 1 = 13,88 \cdot 22,05 \kappa H/м = 1,41 \cdot 2,25 \kappa \text{гс}/мм$$

При выборе жесткости упругого элемента принимаем во внимание полученный диапазон и значение жесткости применяемой пружины. Жесткости пружины, применяемой на автомобиле, равна 2кгс/мм. Для улучшение управляемости и курсовой устойчивости примем жесткость упругого элемента равным 2,3кгс/мм. Такое изменение существенно скажется на плавности, поэтому окончательное решение о настройках подвески обычно принимается после экспертной оценки.

2.4 Расчет пружины

Расчет диаметра прутка пружины, который требуется для обеспечения выбранной жесткости:

$$C_{пр} = \frac{G \cdot d_{пр}^4}{8n \cdot D_{сп}^3}, \tag{2.40}$$

Где $d_{пр}$ - диаметр прутка

D_{np} - средний диаметр пружины. С целью сохранения конструкции чашки пружины и элементов верхней опоры примем значение D_{np} как на серийной пружине.

n - число витков пружины. В данной работе принимаем $n=8,5$.

$$d_{np} = \sqrt[4]{\frac{8n \cdot D_{cp}^3 \cdot C_{np}}{G}} \quad (2.41)$$

Проведя расчет, получаем:

$$d_{np} = \sqrt[4]{\frac{2,2 \cdot (84,85 + 10,7)^3 \cdot 68}{7,8 \cdot 10^3}} = 11,4 \text{ мм}$$

В ходе расчета определяется свободная длина пружины, длина при полном сжатии подвески и при смыкании всех витков.

Расчет статического прогиба пружины:

$$f_{cm} = \frac{P_1}{C_{np}}; \quad (2.42)$$

Где: P_1 - сила, воздействующая при статическом прогибе.

$$P_1 = 250 \text{ кгс}$$

Получаем:

$$f_{cm} = \frac{250}{2,25} = 111,11 \approx 111 \text{ мм};$$

Расчет свободной длины пружины.

Учитывая, значение длины пружины при свободном прогибе

$H_1 = 225 \text{ мм}$, получаем:

$$H_0 = H_1 + f_{CT} = 225 + 111 = 336 \text{ мм} \quad (2.43)$$

Расчет длины пружины при полном ходе сжатия подвески:

$$H_2 = H_1 - S_{СЖ} \quad (2.44)$$

Определяем ход сжатия задней подвески автомобиля LADAGRANTA по монтажному чертежу и его значение составляет $S_{сж} = 93\text{мм}$. В результате длину пружины при полном ходе сжатия получаем:

$$H_2 = 225 - 93 = 132 \text{ мм}$$

Расчет длины пружины при полной загрузке автомобиля:

$$H_3 = (n_1 + 1)d_{np} + (n_1 + 1)0.25 + d_{np} \cdot 0.05, \quad (2.45)$$

Где n_1 - число витков пружины, включая опорные. Обычно для пружин число опорных витков принимают равным 1,5. В результате получаем $n_1 = 10$.

Тогда длина пружины при полной загрузке:

$$H_3 = (10 + 1) \cdot 11,4 + (10 + 1) \cdot 0.25 + 11,4 \cdot 0.05 = 128,72\text{мм}$$

Далее следует определить нагрузки для случаев полного хода сжатия подвески и полного смыкания витков пружины.

$$P_i = (h_0 - h_i) \cdot C_{пр} \quad (2.46)$$

В результате получаем значения нагрузок:

$$P_2 = (336 - 132) \cdot 2.25 = 459\text{кгс},$$

$$P_3 = (336 - 128,75) \cdot 2.25 = 466\text{кгс}$$

Расчет коэффициента формы пружины:

$$\kappa = 1 + \frac{5}{4} \cdot \frac{1}{w} + \frac{7}{8} \cdot \frac{1}{w^2} + \frac{1}{w^3}, \quad (2.47)$$

Где w рассчитывается по следующей формуле:

$$w = \frac{D_{фр}}{d_{нп}} = \frac{90,2}{11,4} = 10,95 \quad (2.48)$$

В результате значение коэффициента формы пружины:

$$\kappa = 1 + 0.15 + 0.01 + 0.0017 = 1.12$$

Расчет напряжений в пружине для вышеуказанных случаев:

$$\tau = \frac{8 \cdot \kappa \cdot D_{cp}}{\pi \cdot d_{np}^3} \cdot P_i; \quad (2.49)$$

$$\tau_1 = 48,98 \text{ кгс}$$

$$\tau_2 = 89,92 \text{ кгс}$$

$$\tau_3 = 93,46 \text{ кгс}$$

Расчет длины прутка пружины:

$$l_{np} = \sqrt{(n \cdot \pi \cdot D_{cp})^2 + H_0^2} + (n_1 - n) \pi \cdot D_{cp}; \quad (2.50)$$
$$l_{np} = 2857 \text{ мм}$$

Расчет массы пружины:

$$m = \frac{\pi \cdot d_{np}^2}{4} \cdot l_{np} \cdot \rho \quad (2.51)$$
$$m = \frac{3.14 \cdot 0.0114^2}{4} \cdot 2,857 \cdot 7.8 \cdot 10^3 = 2,27 \text{ кг}$$

2.5 Расчет характеристик демпфирования колебаний кузова и неподрессоренных масс

В задней подвески автомобиля LADAGRANTA используется гидравлический двухтрубный телескопический амортизатор двухстороннего действия. Скоростная характеристика данного демпфирующего элемента изображена на рисунке 3-1.

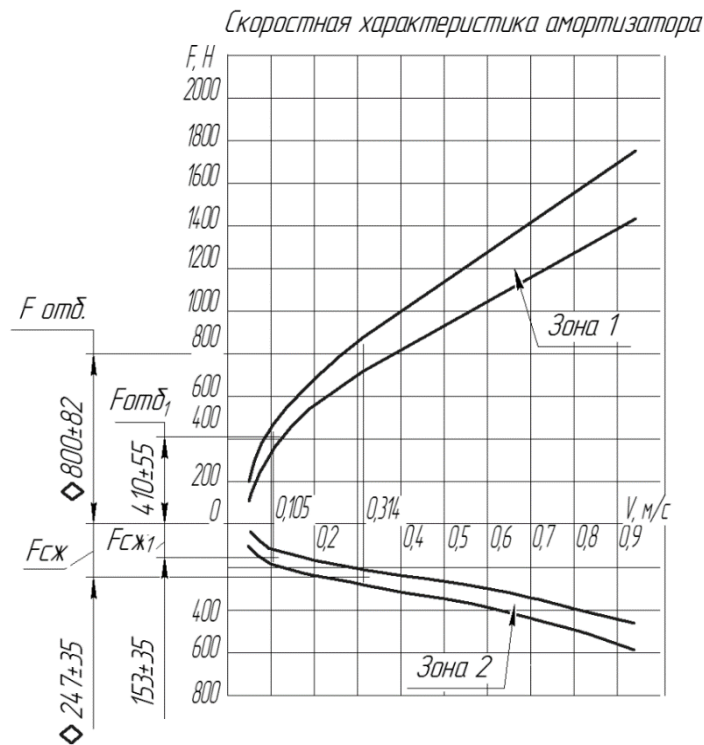


Рисунок 2.1 Скоростная характеристика амортизатора задней подвески

Методика контроля и расчетов параметров амортизатора описана в скоростной характеристике амортизатора и технических требованиях, указанных на чертеже серийного изделия. В соответствие с вышеприведенной схемой контроль и расчеты производятся при скоростях 0.105 м/с и 0.314 м/с, которые соответствуют дроссельному и клапанному режимам работы.

Расчет среднего коэффициента демпфирования:

$$K_A = \frac{F_{сж} + F_{отб}}{2 \cdot v}, \quad (2.52)$$

Где: $F_{сж}$ - усилие амортизатора на ходе сжатия;

$F_{отб}$ - усилие амортизатора на ходе отбоя;

v - скорость движения штока амортизатора.

Рассчитываем значения среднего коэффициента демпфирования для указанных режимов:

$$K_{DA} = \frac{153 + 410}{2 \cdot 0,105} = 2681 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

$$K_{KA} = \frac{247 + 800}{2 \cdot 0,314} = 1667 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

В пересчете значений коэффициентов демпфирования в отношении колеса нет необходимости, поскольку значение передаточного отношения амортизатора в данной конструкции подвески $i_{AM} = 1$.

В результате значения коэффициента демпфирования:

$$K_D = 2681 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м} - \text{ для дроссельного режима}$$

$$K_K = 1667 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м} - \text{ для клапанного режима}$$

Расчет коэффициента относительного демпфирования подрессоренной и неподрессоренной массы автомобиля с учетом среднего коэффициента демпфирования:

$$\psi_{II} = \frac{K}{2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_Z}}, \quad (2.53)$$

Где: K - коэффициент демпфирования в отношении колеса;

m_{II} - подрессоренная масса, которая приходится на одно колесо;

C_Z - вертикальная жесткость задней подвески.

Подставляя значения в формулу, получаем:

$$\psi_{II D} = \frac{K_D}{2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_Z}} = \frac{2681}{2 \cdot \sqrt{348 \cdot 23536}} = 0,45 - \text{ для дроссельного режима}$$

$$\psi_{II K} = \frac{K_K}{2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_Z}} = \frac{1667}{2 \cdot \sqrt{348 \cdot 23536}} = 0,28 - \text{ для клапанного режима}$$

Для получения приемлемых показателей плавности хода, необходимо

чтобы коэффициент относительного демпфирования колебаний подрессоренной массы находился в диапазоне от 0,25 до 0,3. В данном расчете значение коэффициента для дроссельного режима не попадает в этот интервал. С другой стороны, для клапанного режима условие выполняется. Для улучшения гашения колебаний, вызванных крупными дорожными неровностями, в качестве значения коэффициента для клапанного режима примем верхнюю границу интервала, т.е. 0,3 и найдем средний коэффициент демпфирования необходимый для его обеспечения.

$$\psi_{ПК} = \frac{K_K}{2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_Z}} = 0.3 \quad (2.54)$$

Расчет среднего коэффициента демпфирования:

$$K_K = \psi_{ПК} \cdot (2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_Z}) \quad (2.55)$$

В результате расчета получаем:

$$K_K = 0.3 \cdot (2 \cdot \sqrt{348 \cdot 23536}) = 1789 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м} \quad (2.56)$$

Во время хода отбоя усилие в амортизаторе достигает достаточно высокого значения, поэтому более оптимальным вариантом увеличения значения среднего коэффициента демпфирования амортизатора будет увеличение усилия на сжатии.

Расчет целевого значения усилия на сжатии.

$$K_{КА} = \frac{F_{сж} + 800}{2 \cdot 0,314} = 1830 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

Тогда, значение усилия на сжатие будет определяться по формуле:

$$F_{сж} = (K_{КА} \cdot 2 \cdot \nu) - F_{отб} \quad (2.57)$$

$$F_{сж} = (1667 \cdot 2 \cdot 0,314) - 800 = 247 \text{ Н}$$

В конструкции амортизатора за усилие на сжатие отвечают три диска, двое из которых сплошные и имеют толщину 0,1 мм. Дроссельный режим работы обеспечивается с помощью третьего диска, имеющим в своей конструкции отверстия. Клапанный режим обеспечивается работой всех трех дисков.

Жесткость дисков клапанов обладает кубической зависимостью от их толщины. Используя эту зависимость определяем требуемую толщину прижимных дисков клапана сжатия.

$$C_d = a^3 \cdot y, \quad (2.58)$$

Где: a - толщина диска клапана сжатия

y - коэффициент, зависящий от конструкции диска клапана сжатия. Расчет значения данного коэффициента достаточно сложен и трудоёмок. Для его определения необходимо знать параметры диска такие как габаритные размеры, качество поверхности и т.д. Поэтому в данном расчете для определения жесткости приниматься во внимание будет только толщина дисков.

Рассчитаем жесткость базовой конструкции:

$$C_{СЖ} = C_{d1} + C_{d2} + C_{d3} \quad (2.59)$$

$$C_{СЖ} = 0.1^3 \cdot y + 0.1^3 \cdot y + 0.1^3 \cdot y = 0.003 \cdot y$$

Изменяя толщину дисков клапана сжатия, можно регулировать жесткость амортизатора. Увеличим толщину одного диска клапана сжатия с 0.1 мм до 0.12мм:

$$C_{СЖ1} = 0.1^3 \cdot y + 0.1^3 \cdot y + 0.12^3 \cdot y = 0.0037 \cdot y$$

Расчет увеличения жесткости амортизатора в сравнении с базовой конструкцией:

$$\frac{C_{сжП}}{C_{сжБ}} = \frac{0,0037 \cdot y}{0,003 \cdot y} = 1,243$$

Таким же образом будут связаны усилия сжатия модернизируемого амортизатора и базового:

$$F_{сжП} = 1,243 \cdot F_{сжБ} = 306,9 \text{ Н}$$

Произведем расчет среднего коэффициента демпфирования и относительного демпфирования колебаний подрессоренной массы для модернизируемого узла с учетом полученного усилия сжатия:

$$K_{кст} = \frac{306,9 + 800}{2 \cdot 0,314} = 1763 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

$$\psi_{пк} = \frac{1763}{2 \cdot \sqrt{306,9 \cdot 23536}} = 0,3$$

В результате получаем, что значение коэффициента относительного демпфирования колебаний подрессоренной массы найденное в результате расчета соответствует значению, которое было выбрано ранее.

3. Технологическая часть

3.1 Анализ изменения конструкции подвески, приводящий к изменению технологического процесса

Согласно ГОСТ 3.1109-82 технологический процесс является частью производственного процесса, содержащей целенаправленные действия по

изменению и (или) определению состояния предмета труда. Предметами труда являются изделия и заготовки.

Предложенный вариант модернизации задней подвески не требует изменения существующего техпроцесса, т.к. детально-узловой состав проектируемой подвески не отличается от состава базовой конструкции, количество и наименование деталей для обоих вариантов одинаково. Итак, детально-узловой состав имеет следующий вид:

- рычаги задней подвески с тормозами и приводом ручного тормоза в сборе
- кронштейн крепления рычагов задней подвески
- амортизатор
- буфер хода сжатия с защитным кожухом в сборе
- подушка крепления амортизатора
- пружина задней подвески
- прокладка, изолирующая пружины задней подвески.

Сохранение существующего технологического процесса позволяет избежать затрат на приобретение нового и модернизацию существующего оборудования, а также обучения работников.

3.2 Общие требования к технологичности конструкции подвески

Стремление производителей к снижению стоимости продукции и сокращению всех видов затрат оказывает влияние на технологичность конструкции автомобиля и всех его систем. Чем технологичнее конструкция подвески, тем меньше стоимость ее изготовления, сборки и установки. В сегменте бюджетных автомобилей требования к технологичности особенно высоки. Процесс сборки должен быть максимально простым, чтобы получить стабильные показатели качества и уменьшить затраты на службу контроля. Время сборки должно быть минимальным, это позволяет увеличить эффективность рабочих. Должна обеспечиваться узловая сборка. Сборка

крупных узлов поставщиком позволяет снизить трудоемкость установки подвески на заводе-изготовителе, уменьшить количество необходимых производственных площадей. Труд рабочего персонала должен быть механизирован. Конструкция подвески должна обеспечивать одновременную независимую установку с обеих сторон автомобиля, что также положительно сказывается на качестве выпускаемой продукции. Крепежные изделия должны быть стандартизированными и максимально унифицированы во всем модельном ряде предприятия, что позволяет минимизировать перечень необходимого для сборки инструмента. Это требование особенно актуально для выбранного автомобиля-аналога, так как на одной сборочной линии с ним собираются еще несколько моделей различных брендов. Доступ к инструменту должен быть легким, а сам инструмент по возможности обеспечивать встраивание систем активного контроля. Примером такого решения может служить электрический гайковерт, обеспечивающий более высокую точность затяжки и ее контроль.

Технологический процесс сборки модернизированного изделия удовлетворяет вышеуказанные требования. Механизированы установка рычагов и подборка амортизатора, который в свою очередь, как и пружина, имеет возможность независимой установки с обеих сторон автомобиля. Пневмоинструмент располагается в удобных для рабочих местах, на высоте, которой его используют. Процесс сборки не требует дополнительных регулировок и подгона деталей, что обеспечивает высокий уровень показателей качества.

3.3 Разработка технологической схемы сборки задней подвески

Под производственным процессом понимают совокупность действий людей и средств производства, направленных на изготовлении продукции. Основным процессом производства является технологический процесс, в ходе которого изменяются масса-габаритные и физико-химические свойства

узлов и деталей. Помимо основного различают также вспомогательный процесс, направленный на поддержание бесперебойности производства, и обслуживающий, обеспечивающий хранение, транспортировку, контроль и другие работы.

Технологической операцией называют часть технологического процесса, выполняемую непрерывно на одном рабочем месте одним или группой сотрудников над одним или несколькими изделиями. Операция является основой для планирования и учета в производстве. Требуемое количество рабочих, инструмента, специальных приспособлений, нормы времени и трудоемкость рассчитываются на основании технологических операций.

Документом, связывающим все операции, является маршрутная карта. Она определяет маршрут движения изделия по производственному цеху.

Конечным продуктом производственного процесса является товарный автомобиль. Крупные узлы из которых собирается автомобиль принято называть группами. Группа имеет свой номер и обозначение, в нее могут входить детали или другие подгруппы, которые тоже в свою очередь могут состоять из подгрупп.

При разработке технологической схемы процесса разбивку на узлы необходимо производить так, чтобы осуществлять сборку как можно большего их количества независимо друг от друга. Однако стоит также учитывать, что при чрезмерном количестве сборочных единиц могут возникнуть сложности при организации рабочих мест персонала и увеличится трудоемкость сборки, а при малом количестве увеличивается их масса и габариты, что потребует использования специальных приспособлений. Следует избегать частичной разборки или полного демонтажа уже установленных узлов и деталей. Если таковое невозможно, то такие работы следует детально регламентировать. Детали или узлы, для которых требуется доработка, подгонка, дополнительный контроль или испытания следует объединять в отдельную сборочную единицу. При

организации сборочного процесса необходимо стремиться к тому, чтобы трудоемкость была равной для всех узлов. Схема описывает последовательность сборки и определяет базовые детали или узлы. К выбору базовых деталей следует подходить рационально, с целью снижения трудоемкости.

Разработка технологической схемы сборки ведется на основе конструкторской документации. На основе чертежей и спецификаций определяется последовательность сборки, перечень деталей, узлов, крепежных изделий. Технологическая схема сборки является базой при разработке и оптимизации технологического процесса.

3.4 Составления перечня сборочных работ

Составляем перечень работ по сборке модернизированной задней подвески учитывая последовательность и длительность операций, наименование деталей, узлов и крепежных изделий и их количество. Также следует отметить необходимость в специальных вспомогательных приспособлениях, если таковая имеется.

Таблица 3.1 - Перечень сборочных работ

№	Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, топ, мин
1	2	3
1. Установка амортизатора задней подвески		

1	Взять амортизатор задней подвески и произвести его осмотр.	0.3
2	Установить амортизатор в специальное приспособлении и вытянуть его шток.	0.4
3	Взять буфер хода сжатия с защитным кожухом в сборе и произвести его осмотр.	0.2
4	Установить буфер хода сжатия с защитным кожухом в сборе на шток.	0.1
5	Установить подушку крепления амортизатора на шток.	0.2
6	Установить пружину задней подвески на чашку амортизатора.	0.2
7	Установить прокладку изолирующую на верхний виток пружины.	0.3
8	Совместить шток и отверстие на кузове с помощью специального приспособления.	0.2
9	Установить подушку крепления амортизатора.	0.2
10	Установить шайбу подушки крепления амортизатора на шток.	0.2
11	Наживить гайку на резьбу штока амортизатора.	0.3
12	Взять пневмогайковерт и затянуть гайку крепления амортизатора.	0.3
13	Освободить амортизатор из приспособления, привести приспособление в первоначальное рабочее положение.	0.3
	Итого:	3.2
2. Установка кронштейна крепления задней подвески		

1	Взять кронштейн крепления задней подвески и произвести его осмотр.	0.4
2	Взять три шайбы и три гайки крепления кронштейна задней подвески.	0.2
3	Установить кронштейн крепления задней подвески на кузове. Наживить шайбы и гайки на болты крепления кронштейна, удерживая кронштейн, чтобы исключить его возможное падение.	0.6
4	Взять пневмогайковерт и затянуть гайки крепления кронштейна задней подвески.	0.4
Итого		1.6
3. Установка рычагов задней подвески с тормозами в сборе.		
1	Осмотреть рычаги задней подвески с тормозами в сборе на наличие дефектов.	0.5
2	Установить рычаги задней подвески в специальное приспособление.	0.6
3	Совместить отверстия шарниров рычагов и кронштейнов на кузове. С помощью приспособления обеспечить положение рычагов задней подвески соответствующее конструктивной нагрузке автомобиля.	0.5
4	Взять болт, шайбу и гайку. Установить болт, пропустив его через отверстия кронштейна и шарнира рычагов. Наживить шайбу и гайку на болт.	0.4
5	Взять болт и гайку крепления амортизатора. Установить болт, пропустив его через отверстия шарнира амортизатора и кронштейна на рычагах задней подвески. Наживить гайку на болт.	0.3

6	Гайковертом затянуть гайку крепления рычагов задней подвески к кузову и гайку крепления амортизатора к рычагам.	0.3
7	Освободить рычаги задней подвески из приспособления и вернуть приспособление в первоначальное рабочее положение.	0.6
	Итого:	3.2
Суммарное время на выполнение сборочного процесса: 8 мин		

3.5 Определение трудоемкости сборки задней подвески

Суммарная трудоемкость сборки задней подвески равна сумме времени, затраченного на выполнение сборочных операций, времени, занимаемого обслуживанием рабочих мест, а также времени, отводящегося на перерывы и отдых. Также следует учитывать, что некоторые операции выполняются отдельно для левой и правой сторон, т.е. в суммарной трудоемкости будут учитываться дважды.

Определяем трудоемкость, затраченную на выполнение сборочных операций:

$$t^{ОБЩ}_{ОП} = \Sigma t_{ОП} = 2 \cdot (3.2 + 1.6) + 3.2 = 12.8 \text{ мин} \quad (3.1)$$

Тогда суммарная трудоемкость сборки подвески будет равна:

$$t^{ОБЩ}_{ШТ} = t^{ОБЩ}_{ОП} + t^{ОБЩ}_{ОП} \cdot (\alpha + \beta) / 100 = 12.8 + 12.8 \cdot (2 + 4) / 100 = 13.57 \text{ мин} \quad (3.2)$$

Где: α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах. Принимаем $\alpha = 2\%$;

β – часть оперативного времени на перерывы для отдыха в процентах. Принимаем $\beta = 4\%$.

ТГУ	Технологическая карта сборки			Группа: АТбз-1101			
	Наименование изделия		Задняя подвеска автомобиля ВАЗ-2190		Студент: Гареев		
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 провести его осмотр.	16.ПБ.01.017-2915004СБ, 1шт	Гайковерт, специальное приспособление для сборки и установки амортизатора			0,3
	2	Установить амортизатор в специальное приспособлении и вытянуть его шток.					0,4
	3	Взять буфер сжатия с защитным кожухом в сборе и произвести его осмотр.	16.ПБ.01.017-2912810, 1шт				0,2
	4	Установить буфер хода сжатия с защитным кожухом в сборе на шток.					0,1
	5	Установить подушку крепления амортизатора на шток	16.ПБ.01.017-2915450, 1шт				0,2
	6	Установить пружину задней подвески на чашку амортизатора.	16.ПБ.01.017-2912712, 1шт				0,2
	7	Установить прокладку изолирующую на верхний виток пружины.	16.ПБ.01.017-2912652, 1шт				0,3
	8	Перемещая приспособление, совместить шток и нужное отверстие на кузове автомобиля					0,2
	9	Установить подушку крепления амортизатора	16.ПБ.01.017-2915450, 1шт				0,2
	10	Установить шайбу подушки крепления амортизатора на шток	16.ПБ.01.017-2905455, 1шт				0,2
	11	Наживить гайку на резьбу штока	1/25745/11, 1шт				0,3

Таблица 3.2- Технологическая карта сборки

ТГУ		Технологическая карта сборки		Группа: АТбз-1101			
Институт		Наименование изделия		Задняя подвеска автомобиля ВАЗ-2190			
Автомеханический		Сборочная единица		Задняя подвеска автомобиля ВАЗ 2190			
Лист 2							
Номер операции	Номер перехода	Содержание переходов	Номера деталей и их количество, поступающих на сборку	Оборудование, технологическая оснастка	Инструмент		Норма времени
					рабочий	контрольн	
005	12	Взять пневмогайковерт и затянуть гайку крепления амортизатора		Гайковерт, специальное приспособление для сборки и установки амортизатора			0,3
	13	Освободить амортизатор из приспособления, привести приспособление в первоначальное рабочее положение.					0,3
Суммарно: 3,2 мин.							
010	1	Взять кронштейн крепления задней подвески и провести его осмотр	16.ПБ.01.017-2914047/46, 1шт	Гайковерт			0,4
	2	Взять три шайбы и три гайки крепления кронштейна задней подвески	1/05168/70, 3шт 1/21647/11, 3шт				0,2
	3	Установить кронштейн крепления задней подвески на кузове. Наживить шайбы и гайки на болты крепления кронштейна, удерживая кронштейн.					0,6
	4	Взять пневмогайковерт и затянуть гайки крепления кронштейна задней подвески					0,4
Суммарно: 1,6 мин.							
015	1	Осмотреть рычаги задней подвески с тормозами в сборе на наличие дефектов.	16.ПБ.01.017-2914002, 1шт	Специальное приспособление для установки рычагов задней подвески			0,5
	2	Установить рычаги задней подвески в специальное приспособление.					0,6
	3	Совместить отверстия шарниров рычагов и кронштейнов на кузове. С помощью приспособления обеспечить положение рычагов задней подвески					0,5

ТГУ		Технологическая карта сборки		Группа: АТбз-1101			
Институт		Наименование изделия	Задняя подвеска автомобиля ВА3-2190		Студент: Гареев		
Автомеханический		Сборочная единица		Задняя подвеска автомобиля ВА3 2190			
Лист 3							
Номер операции	Номер перехода	Содержание переходов	Номера деталей и их количество, поступающих на	Оборудование, технологическая оснастка	Инструмент		Норма времени
					рабочий	контрольн	
015	4	Взять болт, шайбу и гайку. Установить болт, пропустив его через отверстия кронштейна и шарнира рычагов. Наживить шайбу и гайку на болт.	1/05170/70, 1шт 1/61015/11, 1шт; 16.ПБ.01.017-2914040, 1шт	Гайковерт, специальное приспособление для установки рычагов задней подвески.			0,4
	5	Взять болт и гайку крепления амортизатора. Установить болт, пропустив его через отверстия шарнира амортизатора и кронштейна на рычагах задней подвески. Наживить гайку на болт.	1/61429/21, 1шт 1/61050/11, 1шт				0,3
	6	Гайковертом затянуть гайку крепления рычагов задней подвески к кузову и гайку крепления амортизатора к рычагам.					0,3
	7	Освободить рычаги задней подвески из приспособления и вернуть приспособление в первоначальное рабочее положение.					0,6
					Суммарно 3,2 мин.		
					Итого затраченное время на сборку подвески: 8 мин.		

3.6 Выбор организационной формы сборки

В качестве организационной формы сборки модернизированной подвески принимаем поточную форму. Ее характерными признаками являются расположение рабочих мест в соответствии с процессом и временем, ритмичность выполнения операций, возможность параллельного выполнения некоторых операций, ограниченная специализация рабочих мест и непрерывность производственного процесса. На основе анализа технологической карты можно сделать вывод, что процесс сборки полностью подходит для поточной формы организации. Особенностью процесса сборки подвески является изменение высоты расположения кузова автомобиля в зависимости от выполняемой технологической операции. При установке упругого и демпфирующих элементов кузовов необходимо располагать на уровне груди рабочего, т.к. затяжка резьбовых соединений производится по направлению сверху, а при установке кронштейнов кузовов располагается над головой, потому

Особенностью поточной формы является разделение процесса сборки на технологические операции. С целью снижения простоев и увеличения производительности труда разбивку на операции производят так, чтобы время их выполнения было кратно такту выпуска.

Определяем такт выпуска:

$$T = \frac{\Phi_d \cdot 60}{N_G}, \text{ мин.} \quad (3.3)$$

Где: N_G - годовой объем выпуска. Для модернизированной конструкции подвески берем $N_G = 150000 \text{ шт}$

Φ – годовой фонд рабочего времени, который определим по формуле:

$$\Phi = D_p \cdot c \cdot T_{CM} \cdot \eta_p \quad (3.4)$$

Где: $D_p = 259$ – количество рабочих дней в году;

$c = 2$ – количество рабочих смен в сутки;

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

$\eta_p = 0.96$ – коэффициент потерь на ремонт оборудования.

Подставим значения и определим годовой фонд рабочего времени:

$$\Phi = 259 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0.96 = 3978$$

Рассчитываем такт выпуска модернизированной подвески:

$$T_H = 60 \cdot 3978 / 150000 = 1,6 \text{ мин}$$

Полученные значения такта выпуска и длительности технологических операций кратны, т.е. основное условие поточной формы сборки выполняется.

4. Безопасность и экологичность проекта

4.1 Проверка соответствия автомобиля законодательным требованиям

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

Модернизируемый автомобиль, LADAGRANTA, является одним из лидеров продаж в сегменте бюджетных автомобилей и, в целом, обладает неплохими параметрами устойчивости, управляемости и плавности хода. За время своего производства автомобиль претерпел модернизацию подвески. В ближайшем будущем производитель планирует модернизацию модели, так называемый «фэйслифт». Очевидно, что вместе с обновлением интерьера и экстерьера должны улучшиться и некоторые другие свойства автомобиля. В настоящее время в отрасли прослеживается тенденция к увеличению угловых жесткостей подвесок и, как следствие, происходит улучшение управляемости и курсовой устойчивости.

В рамках представленной в работе модернизации предлагаются следующие технические решения:

- увеличение жесткости упругих элементов задней подвески;
- оптимизация скоростной характеристики демпфера.

Применение этих решений позволит улучшить управляемость и курсовую устойчивость автомобиля. В виду изменения указанных параметров следует провести анализ соответствия автомобиля с модернизированной конструкцией подвески законодательным требованиям. Помимо этого, следует также оценить влияние модернизации на внутренние шумы в транспортном средстве.

4.1.2 Управляемость и устойчивость транспортного средства

Управляемость и устойчивость напрямую зависят от конструкции и настройки шасси автомобиля. Характеристики шин, жесткость упругих элементов, настройки амортизаторов, согласованность кинематики подвески и рулевого управления определяют управляемость и устойчивость. Документом, описывающим требования законодательства в части этих свойств, является ГОСТ Р 52302-2004 «Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний». Согласно данному стандарту в ходе испытаний должны быть подтверждены следующие величины:

- усилие на руле не более 60Н при стоянке, а также не более 150Н с исправным и не более 300Н с неисправным усилителем при движении;

- стабилизация рулевого управления, а именно угол поворота колеса, не достигшего нейтрального положения в течение 6 секунд после его освобождения, должен быть не более 30% величины угла поворота руля, соответствующего движению автомобиля по окружности радиусом 50м, помимо этого допускается один переход рулевого колеса через нейтральное положение;

- устойчивость во время испытаний «рывок руля», а именно заброс угловой скорости должен быть не более 30% при установившемся боковом ускорении 2 м/с²;

- управляемость и устойчивость во время испытаний «поворот» и «переставка», а именно нормативное значение скорости движения автомобиля при испытании «поворот» должно быть 72 км/ч, для «переставки» - 83 км/ч.

В рамках модернизации задней подвески в данном проекте предполагается увеличение жесткости упругого элемента, что улучшит

управляемость и устойчивость автомобиля. Прогнозируемое увеличение скорости движения на режиме «переставка» составляет 6%.

4.1.3 Шум внутренний

Звуки различной периодичности, частоты и интенсивности называют шумом. Воздействие шумов на человека может привести к снижению его внимательности и работоспособности, что в свою очередь увеличивает вероятность возникновения аварийной ситуации. Документом, описывающим требования законодательства в части внутреннего шума автомобиля, является ГОСТ Р 51616-2000 «Автомобильные транспортные средства. Шум внутренний. Допустимые уровни и методы испытаний». Этот стандарт определяет критические значения следующих шумов:

1. Уровень шума характерный для режима разгона.
2. Уровень шума характерный для режима движения с постоянной скоростью.
3. Уровень шума вентиляционных и климатических установок.

Согласно стандарту, уровень указанных шумов не должен превышать 78 дБА.

Технические решения предлагаемые в данной модернизации задней подвески не влияют на уровень внутреннего шума в автомобиле при указанных режимах движения, тем более не влияют на шум систем вентиляции. Поэтому можно утверждать, что транспортное средство будет соответствовать нормам государственного стандарта.

4.1.4 Плавность хода

Плавность хода – способность транспортного средства поглощать внутренние и внешние силы, возникающие при движении. Это свойство автомобиля существенно влияет на общее ощущение комфорта водителя и

пассажирам во время движения. Конструктор, проектируя подвеску автомобиля, всегда ищет компромисс между параметрами управляемости, устойчивости и плавности хода. Высокие значения угловой жесткости подвески обеспечивают хорошую устойчивость и управляемость, но не обеспечивают достаточного комфорта пассажиров, и наоборот, комфортный автомобиль с мягкой подвеской и высокой плавностью хода может быть небезопасен при маневрировании на высоких скоростях.

Существуют законодательные нормы в части плавности хода автомобиля, и они описаны в ОСТ 37.001.275 и ОСТ 37.001.291. Предлагаемые в рамках данной модернизации задней подвески технические решения теоретически снизят плавность хода автомобиля, но учитывая принятый уровень жесткости подвески, значимого ухудшения плавности хода не произойдет.

4.2 Описание рабочего места, оборудования, выполняемых операций

Рабочее место – неделимое звено производства, оборудованное необходимым инструментом, приспособлениями и материалами для выполнения одной или нескольких технологических операций. Для операций по установке задней подвески отведен и оборудован специальный участок конвейера. Автосборочный конвейер располагается в закрытом помещении.

При установке задней подвески широко используются средства механизации труда: специальные приспособления для монтажа рычагов задней подвески и амортизаторов, пневматические гайковерты для затяжки резьбовых соединений. Работы по установке амортизаторов и кронштейнов подвески производятся одновременно двумя рабочими с левой и правой стороны автомобиля. Для удобства сборки меняется высота кузова относительно работника. Это изменение высоты достигается за счет

изменения геометрии конвейера. Установка задней подвески не является финальной операцией и после нее автомобиль движется далее по конвейеру для последующей сборки.

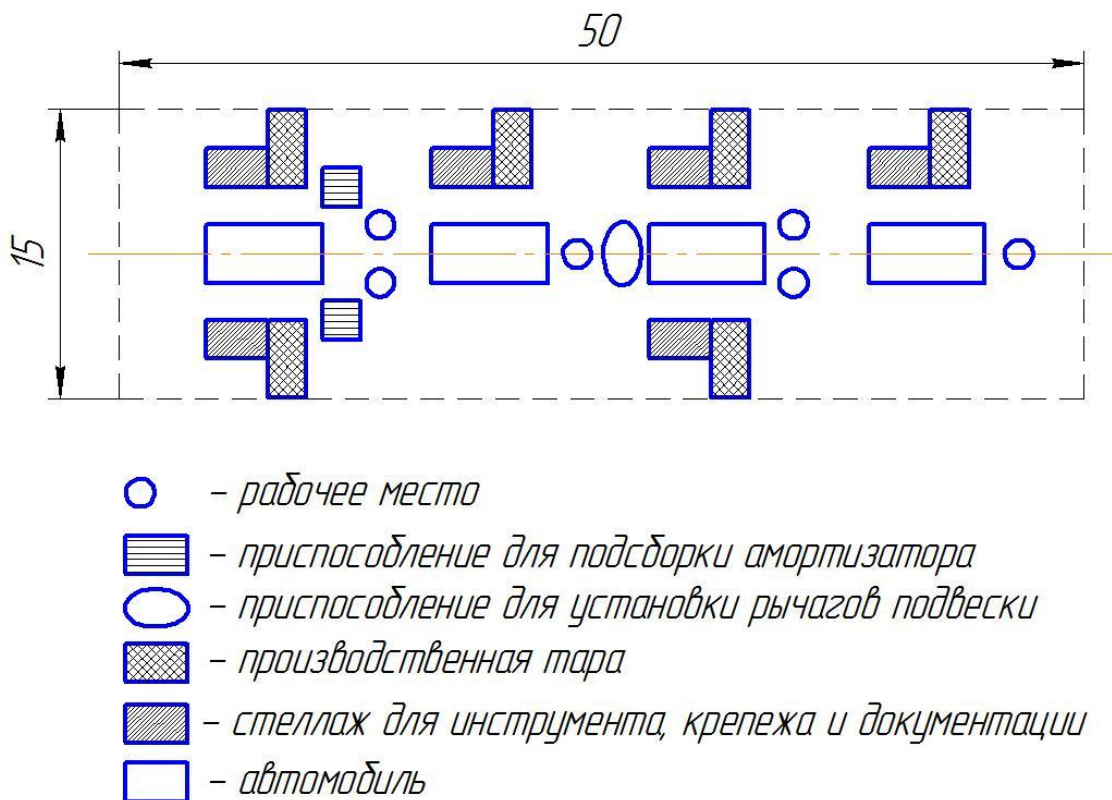


Рисунок 4.1 Схема участка сборки узлов задней подвески

4.3 Идентификация опасных и вредных производственных факторов разрабатываемого производственного объекта

Различают опасные и вредные производственные факторы. Первые способны привести к травмированию персонала, вторые к развитию у работников заболеваний. Травма в таком случае называется производственной, а заболевание - профессиональным.

Опасные и вредные производственные факторы классифицируют на физические, химические, биологические и психофизиологические.

Опасные физические производственные факторы:

- подвижные части машин и механизмов;
- движущийся транспорт.

Вредные физические производственные факторы:

- неоптимальные температура и влажность воздуха;
- вибрации и шумы.

Физические и психические перегрузки, возникающие у работников вследствие перенапряжения и слишком больших нагрузок на слуховые и зрительные органы, относят психофизиологическим опасным и вредным производственным факторам.

Для работника, который осуществляет сборку задней подвески, опасными производственными факторами будут являться:

- транспорт осуществляющий перевозку комплектующих изделий;
- элементы подвески во время установки;
- движущиеся части специальных приспособлений.

Вредным фактором для работника будет являться шум гайковертов, конвейерной линии и специальных приспособлений, отклонения от установленного режима освещения.

4.4 Мероприятия по созданию безопасных условий труда

4.4.1 Мероприятия по борьбе с опасными производственными факторами

С целью снижения вероятности травмирования персонала движущимся транспортом необходимо провести следующие мероприятия:

- нанесение на территории участка специальной разметки разграничивающей зоны движения пешеходов и транспорта;
- установка отбойников ограничивающих движение погрузчиков и остального транспорта.

Для того чтобы исключить травмирование рабочих движущимися частями оборудования и специальных приспособлений необходимо, где это возможно, устанавливать заградительные барьеры и кожухи.

В дополнении к предложенным мерам, для работников необходимо в соответствии с установленными законом сроками проводить обучение по охране труда.

4.4.2 Мероприятия по борьбе с шумами

Шум может оказывать неблагоприятное влияние на эмоциональное и физическое состояние работников. При кратковременном воздействии шума у человека может возникать головная боль, снижаться внимание и увеличиваться утомляемость. При систематическом действии шума у работника может развиваться профессиональная тугоухость.

Существует несколько групп мер по снижению уровня шума в производстве. К ним относят устранение источников шума, звукопоглощение, звукоизоляция, а также организационно-технические решения.

Устранить источники шума можно путем рациональной разработки оборудования и приспособлений. Например, замена зубчатых передач на клиноременные или использование косозубых шестерен вместо прямозубых может существенно снизить уровень шума устройства.

Установка поглотителей шума также является эффективной мерой. Поглотители шума могут существовать как в виде отдельных объектов, так и шумопоглощающие материалы могут устанавливаться на поверхности уже используемого оборудования.

Примером звукоизоляционных средств защиты от шума являются различные экраны и кожухи.

К организационно-техническим мероприятиям следует отнести применение специальных глушителей и резонаторов.

Источниками шума на участке сборки задней подвески являются конвейер, гайковерты и приспособления. Из перечисленных выше мер для данного участка эффективно будет применение шумопоглощающих материалов, а также использование работниками средств индивидуальной защиты, такими как беруши и наушники.

4.5 Инженерные расчеты

Освещение на участке сборки существенно влияет на качество и безопасность выполняемых работ, поэтому оно должно быть оптимальным. Недостаточное освещение снижает производительность труда, приводит к увеличению утомляемости, может стать причиной близорукости. Чрезмерное освещение также мешает выполнению трудовых обязанностей и увеличивает риск развития заболеваний органов зрения.

Различают естественное, искусственное и совмещенное виды освещения. Сборка задней подвески производится в обогреваемом зимой и охлаждаемом летом закрытом помещении. Поэтому существует потребность в организации искусственного освещения. Газоразрядные лампы в производстве практически вытеснили классические лампы накаливания вследствие своих высоких эксплуатационных показателей. Для организации освещения выберем люминесцентные лампы ЛД80-4, мощностью 80 Вт, и светильник ВЛЮ.

Минимальную нормируемую освещенность для расчетов примем $E = 300$ лк.

Определим требуемое количество ламп по формуле:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{\Phi \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 750 \cdot 1.5 \cdot 1.3}{4250 \cdot 0.60} = 172 \text{ шт} \quad (4.1)$$

Где $E = 300$ – 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 $\eta = 60\%$.

В виду того, что в одном светильнике используется 2 лампы, для организации освещения производственного участка потребуется 86 светильников ВЛО.

4.6 Экологическая экспертиза разрабатываемого объекта

Проведением государственной экологической экспертизы на территории Российской Федерации занимается Государственный комитет по охране окружающей среды и его представительства в регионах. Экспертиза устанавливает соответствие хозяйственного объекта нормам экологии и производится до подписания разрешения на строительство объекта.

Поскольку процесс сборки модернизированной подвески не отличается от процесса сборки базовой подвески, можно быть уверенным что сборочный участок будет соответствовать требованиям государственной экологической экспертизы.

4.7 Безопасность в чрезвычайных и аварийных ситуациях

Чрезвычайной называют ситуацию, вызванную природными катаклизмами, экологическими и техногенными катастрофами. С большей степенью вероятности производственная площадка подвержена техногенным

авариям, таким как пожары, взрывы или транспортные происшествия. При выборе территории для организации производства также необходимо оценивать вероятность природных катаклизмов, таких как дожди, наводнения, и т.д. Необходимо также оценивать экологическое состояние территории.

Для любой производственной площадки необходима организация мер безопасности в условиях чрезвычайной ситуации. Первой мерой способствующей снижению человеческих жертв в такой ситуации является грамотный и рациональный план эвакуации персонала. Он поможет избежать давки и паники среди работников покидающих рабочие места в случае возникновения аварийной ситуации. Среди работников должен быть проведен инструктаж о порядке действий во время аварий и оповещении экстренных служб, проработан порядок оказания первой помощи непосредственно работниками на производстве, разработана система резервного освещения.

4.8 Вывод

В данной части был разработан план участка сборки модернизированной задней подвески легкого автомобиля 2ого класса, а также предложены меры по улучшению безопасности в производстве и снижению влияния вредных факторов на персонал, проведен анализ соответствия модернизированной подвески законодательным требованиям.

5. Технико-экономическая оценка модернизируемой подвески

В данной работе модернизируется задняя подвеска легкового переднеприводного автомобиля 2ого класса LadaGranta. Данный автомобиль обладает приемлемыми ходовыми качествами, подвеска достаточно энергоемка и имеет большие хода. Однако, в сравнении с автомобилями-конкурентами при движении на дороге с хорошим покрытием отмечается недостаточные управляемость и курсовая устойчивость. С целью улучшения этих свойств в рамках данной модернизации предполагается увеличение жесткости пружины задней подвески, а также оптимизация характеристики демпфера.

Увеличение стоимости комплектующих изделий приводит к удорожанию автомобиля в целом. Так как автомобиль LadaGranta является бюджетным, подобное изменение цены может существенно отразиться на его спросе. Поэтому в данной части работы будут произведены расчеты затрат на производство модернизируемой конструкции подвески, а также оценена коммерческая эффективность данного проекта.

5.1 Расчёт себестоимости проектируемого узла

Исходные данные для расчета показаны в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 -Расчёт себестоимости проектируемого узла

№ п/п	Наименование показателей	Обозначение	Ед. изм.	Источник
А	1	2	3	4
1	Годовая программа выпуска изделия	V _{год.} 150000	шт.	Руководит ель проекта
2	Коэффициент отчислений в единый социальный налог.	Е _{соц.} 30		Консульта нт каф. «ЭО и УП»
3	Коэффициент общезаводских расходов.	Е _{обзав.} 125		ПЭО цеха
4	Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов.	Е _{ком.} 5		ПЭО цеха
5	Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.	Е _{обор.} 165		ПЭО цеха
6	Коэффициенты транспортно – заготовительных расходов.	К _{тзр.} 3		ПЭО цеха

7	Коэффициент цеховых расходов.	Ецех 175		ПЭО цеха
8	Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	Еинс. 3		ПЭО цеха
9	Коэффициент рентабельности и плановых накоплений.	Крент. 20		Консульта нт каф. «ЭоиУП»
10	Коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве	Квып. 20		ПЭО цеха
11	Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	Кпрем. 25		ПЭО цеха
12	Оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов	Ц _і	руб	ПЭО цеха
13	Количество покупных изделий и полуфабрикатов	n _і	шт	ПЭО цеха
14	Часовая тарифная ставка і-го разряда	Ср _і	руб	Конс.каф. «ЭоиУП»
15	Трудоемкость выполнения і-ой операции	Т _і	час	ПЭО цеха
16	Коэффициент капиталообразующих инвестиций	Кинв.		Конс.каф. «ЭоиУП»

Рассчитываем затраты на покупные изделия и полуфабрикаты по следующей формуле:

$$P_{и} = C_{i} \cdot n_{i} \cdot \left(1 + \frac{K_{тз}}{100}\right), \quad (5.1)$$

Где C_i – оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида, руб.

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

Расчеты затрат на покупные изделия и полуфабрикаты представлены в таблице 5.2:

Таблица 5.2 -.Расчет затрат на покупные изделия (проект)

№ п/п	Наименование полуфабрикатов	Количество	Средняя цена за 1шт, руб.	Сумма, руб.
1	Амортизатор	2	750	1500
2	Подушка амортизатора	4	7.5	30
3	Крепежные элементы	24	2	48
	ИТОГО:			1578
	Транспортно-заготовительные расходы		3%	47.34
	Всего:			1625.34

Для определения основной заработной платы производственных рабочих воспользуемся следующей формулой:

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

Где Z_m – тарифная заработная плата в рублях.

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

Где C_{p_i} – часовая тарифная ставка, руб.

T_i – коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве

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

Таблица 5.3 -.Основная заработная плата производственных рабочих

№ п/п	Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
1	Сборочные	4	0.2	80	16
2	Контрольные	5	0.03	90	2.7
	ИТОГО:				18.7
	Премииальные доплаты	25%			4.68
	Основная з/п				23.38

Для расчета дополнительной заработной платы производственных рабочих используем следующую формулу:

$$З_{доп.} = З_о \cdot K_{вып.}; \quad (5.4)$$

Где $K_{вып.}$ – коэффициент доплат и выплат не связанных с работой на производстве, %

Для данного расчета примем $K_{вып.} = 20\%$

$$З_{доп.} = 23.38 \cdot 0.2 = 4.67$$

Для расчета отчислений в единый социальный налог воспользуемся формулой:

$$C_{соц.н} = (З_о + З_{доп.}) \cdot E_{соц.н}; \quad (5.5)$$

Где $E_{соц.н}$ – коэффициент отчислений в единый социальный фонд, %

Для данного расчета примем $E_{\text{СОЦН}} = 30\%$

$$C_{\text{СОЦН}} = (23.38 + 4.67) \cdot 0.3 = 8.41 \text{ руб}$$

Для расчета затрат на расходы на содержание и эксплуатацию оборудования используем формулу:

$$C_{\text{СОД.ОБОР}} = Z_o \cdot E_{\text{ОБОР}} \quad (5.6)$$

Где $E_{\text{ОБОР}}$ – коэффициент отчислений в единый социальный фонд, %

В данной работе примем $E_{\text{ОБОР}} = 165\%$

$$C_{\text{СОД.ОБОР}} = 23.38 \cdot 1.65 = 38.57 \text{ руб}$$

Для расчета статьи затрат «Цеховые расходы» воспользуемся формулой:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = Z_o \cdot E_{\text{ЦЕХ}}, \quad (5.7)$$

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

Для данного расчета примем $E_{\text{ЦЕХ}} = 175\%$

$$C_{\text{ЦЕХ}} = 23.38 \cdot 1.75 = 40.91 \text{ руб}$$

Для расчета расходов на инструмент и оснастку используем следующую формулу:

$$C_{\text{ИНСТР}} = Z_o \cdot E_{\text{ИНСТР}}, \quad (5.8)$$

Где $E_{\text{ИНСТР}}$ – коэффициент расходов на инструмент и оснастку, %

В данной работе примем $E_{\text{ИНСТР}} = 3\%$

$$C_{\text{ИНСТР}} = 23.38 \cdot 0.03 = 0.7 \text{ руб}$$

Определяем цеховую себестоимость модернизированного узла как сумму рассчитанных выше статей затрат:

$$C_{\text{ЦЕХ.С/С}} = \text{Пи} + 3o + 3_{\text{ДОП}} + C_{\text{СОЦ.Н}} + C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ИНСТР}} \quad (5.9)$$

$$C_{\text{ЦЕХ.С/С}} = 1625.34 + 23.38 + 4.67 + 8.41 + 38.57 + 40.91 + 0.7 = 1741.98 \text{ руб}$$

Для расчета общезаводских расходов используем формулу:

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 3o \cdot E_{\text{ОБ.ЗАВОД}}; \quad (5.10)$$

Где $E_{\text{ОБ.ЗАВОД}}$ – коэффициент общезаводских расходов, %

Для данного расчета примем $E_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 125\%$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 23.38 \cdot 1.25 = 29.22 \text{ руб}$$

Выполним расчет общезаводской себестоимости по формуле:

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.СС}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{ЦЕХ.С/С}} \quad (5.11)$$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.СС}} = 29.22 + 1741.98 = 1771.2 \text{ руб}$$

Для расчета статьи «Коммерческие расходы» будем использовать следующую формулу:

$$C_{\text{КОМ}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД.СС}} \cdot E_{\text{КОМ}}; \quad (5.12)$$

Где $E_{\text{КОМ}}$ – коэффициент коммерческих расходов, %

В данной работе примем $E_{\text{КОМ}} = 5\%$

$$C_{\text{КОМ}} = 1771.2 \cdot 0.05 = 88.56 \text{ руб}$$

Для расчета полной себестоимости модернизируемой подвески воспользуемся формулой:

$$C_{\text{ПОЛ}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД.СС}} + C_{\text{КОМ}} \quad (5.13)$$

$$C_{\text{ПОЛ}} = 1771.2 + 88.56 = 1859.76 \text{ руб}$$

Отпускные цены для базового и проектируемой конструкции подвески определим по формуле:

$$\Pi_{\text{ОП.П}} = C_{\text{ПОЛ}} \cdot (1 + K_{\text{РЕНТ}}) \quad (5.14)$$

Где $K_{\text{РЕНТ}}$ – коэффициент рентабельности и плановых накоплений, %

В данном расчете $K_{\text{РЕНТ}} = 20\%$

$$\Pi_{\text{ОП.Б}} = 1859.76 \cdot (1 + 0.2) = 2187.18 \text{ руб}$$

$$\Pi_{\text{ОП.П}} = \Pi_{\text{ОП.Б}}$$

Затраты на производство модернизированной задней подвески занесем в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 - Сравнительная калькуляция

№ п/п	Наименование	Обозначение	Затраты на единицу изделия (база)	Затраты на единицу изделия (проект)
1	2	3	4	5
1	Стоимость комплектующих изделий	P_u	1590	1625.34
2	Основная заработная плата производственных рабочих	$Z_o.$	23.38	23.38
3	Дополнительная заработная плата производственных рабочих	$Z_{доп.}$	4.67	4.67
4	Отчисления на социальные нужды	$C_{соц.н}$	8.41	8.41
5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	$C_{сод.обор}$	38.57	38.57
6	Цеховые расходы	$C_{цех}$	40.91	40.91
7	Расходы на инструмент и оснастку	$C_{инстр}$	0.7	0.7
8	Цеховая себестоимость	$C_{цех}$ c/c	1706.64	1741.98
9	Общезаводские расходы	$C_{об.зав}$	29.22	29.22

10	Общезаводская себестоимость	Собз. с/с	1735.86	1771.2
11	Коммерческие расходы	Ском	86.79	88.56
12	Полная себестоимость	Спол	1822.65	1859.76
13	Отпускная цена	Цотп	2187.18	2187.18

5.2 Расчет точки безубыточности проекта

Для каждого проекта существует объем продаж, который обеспечивает покрытие всех необходимых для реализации расходов. Этот объем называют точкой безубыточности.

Определим объем реализуемой продукции необходимый для обеспечения безубыточности по формуле:

$$V_{\text{кр}} = \frac{Z_{\text{ПОСТ.УД}} \cdot V_{\text{МАХ}}}{C_{\text{ОТП}} - Z_{\text{ПЕР.УД}}}, \quad (5.15)$$

Где $V_{\text{МАХ}}$ – максимальный объем выпуска изделия, шт

$C_{\text{ОТП}}$ – отпускная цена изделия, руб

$Z_{\text{ПЕР.УД}}$ – удельные постоянные издержки на производство, руб

$Z_{\text{ПЕР.УД}}$ – удельные переменные издержки на производство, руб

Для расчета переменных затрат на производство единицы подвески воспользуемся формулой:

Базовая конструкция подвески

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД.б.}} = \Pi_{\text{и}} + Z_{\text{О}} + Z_{\text{ДОП.}} + C_{\text{СОЦ.Н}} = 1590 + 23.38 + 4.67 + 8.41 = 1626.46 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД.п.}} = \Pi_{\text{и}} + Z_{\text{О}} + Z_{\text{ДОП.}} + C_{\text{СОЦ.Н}} = 1625.34 + 23.38 + 4.67 + 8.41 = 1661.8 \text{ руб}$$

Для расчета переменных издержек используем формулу:

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.н.}} = Z_{\text{ПЕРЕМ.уд.}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (5.16)$$

Базовая конструкция подвески

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.н.б.}} = 1626.46 \cdot 150000 = 243969750 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.н.п.}} = 1661.8 \cdot 150000 = 249270750 \text{ руб}$$

Определим величину амортизационных отчислений по формуле:

$$A_{\text{М.уд.}} = (C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ИНСТР}}) \cdot H_A / 100, \quad (5.17)$$

Где H_A - доля амортизационных отчислений, 15%

$$A_{\text{М.уд.}} = (38.57 + 0.7) \cdot 15 / 100 = 5.89 \text{ руб}$$

Для расчета постоянных издержек на производство используем формулу:

$$Z_{\text{ПОСТ.уд.б.н.}} = (C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ИНСТР}}) \cdot (100 - H_A) / 100 + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{КОМ}} + A_{\text{М.уд.}} \quad (5.18)$$

Базовая конструкция подвески

$$Z_{\text{ПОСТ.уд.б.}} = (38.57 + 0.7) \cdot (100 - 15) / 100 + 40.91 + 29.22 + 86.79 + 5.89 = 196.19 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$Z_{\text{ПОСТ.уд.п.}} = (38.57 + 0.7) \cdot (100 - 15) / 100 + 40.91 + 29.22 + 88.56 + 5.89 = 197.96 \text{ руб}$$

Для расчета постоянных издержек на годовую программу производства воспользуемся формулой:

$$Z_{\text{ПОСТ.б.}} = Z_{\text{ПОСТ.уд.б.}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (5.19)$$

Базовая конструкция подвески

$$Z_{\text{ПОСТ.б.}} = 196.19 \cdot 150000 = 29428200 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$Z_{\text{ПОСТ.п.}} = 197.96 \cdot 150000 = 29693250 \text{ руб}$$

Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска подвески произведем по формуле:

$$C_{\text{пол.г.}} = C_{\text{пол.н.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (5.20)$$

Базовая конструкция подвески

$$C_{\text{пол.г.}} = 1822.65 \cdot 150000 = 273397950 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$C_{\text{пол.г.}} = 1859.76 \cdot 150000 = 278964000 \text{ руб}$$

Для расчета выручки от реализации изделия используем формулу:

$$\text{Выручка.н.} = Ц_{\text{отп.н.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (5.21)$$

$$\text{Выручка.н.} = 2187.17 \cdot 150000 = 328077540 \text{ руб}$$

Определим маржинальный доход:

$$D_{\text{марж}} = \text{Выручка} - Z_{\text{перем.н}} \quad (5.22)$$

Базовая конструкция подвески

$$D_{\text{марж}} = 328077540 - 243969750 = 84107790 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$D_{\text{марж}} = 328077540 - 249270750 = 788060790 \text{ руб}$$

Определение критического объема продаж для проектируемой задней подвески:

$$A_{\text{крит}} = \frac{Z_{\text{пост.н.}}}{Ц_{\text{отп}} - Z_{\text{перем.н}}} = \frac{29693250}{2187.18 - 1661.8} = 56517.81 \text{ шт}$$

Полученное значение критического объема продаж округляем до 56518 штук.

Расчет положения точки безубыточности графическим методом:

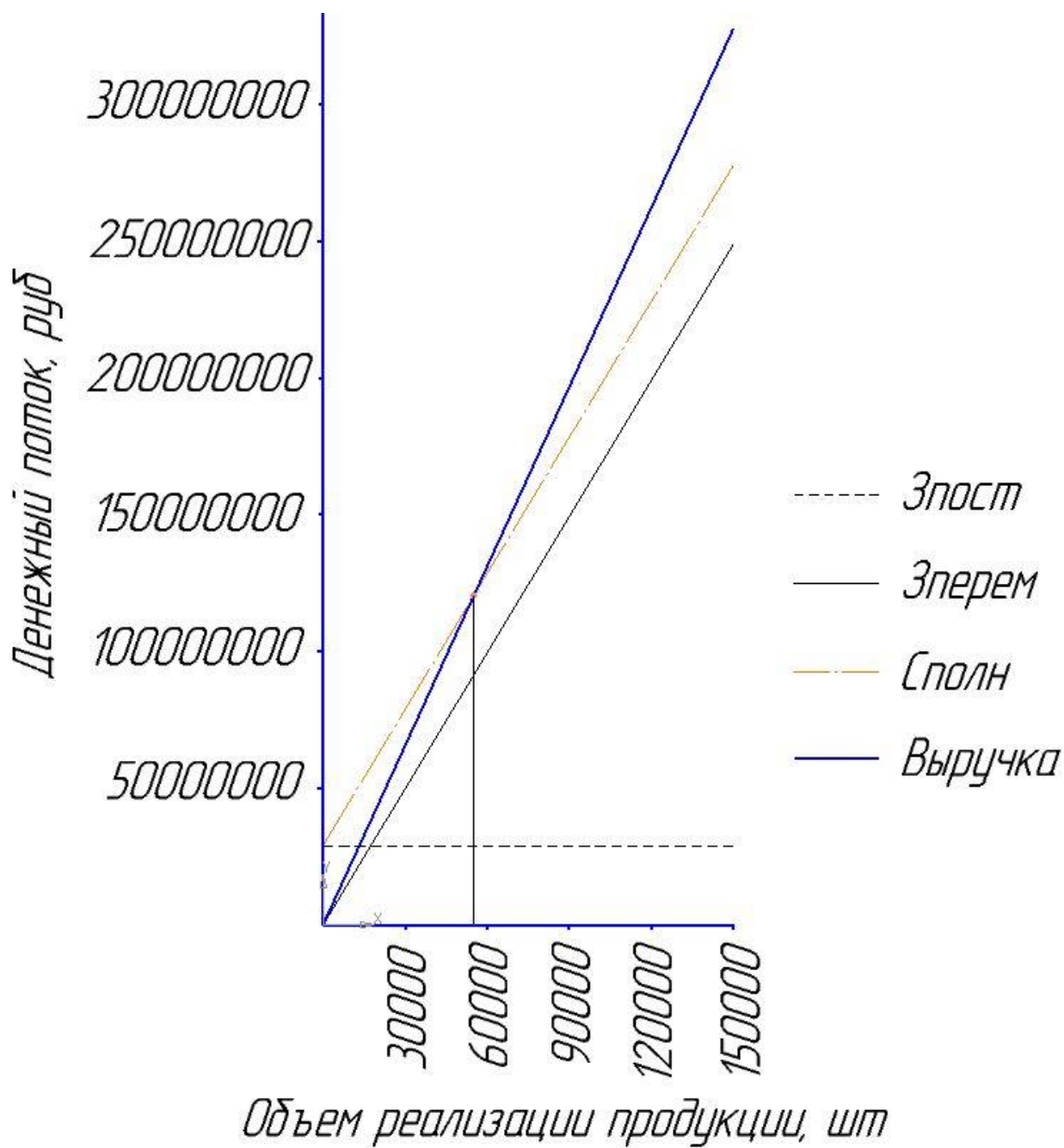


Рисунок 5.1 Графический метод нахождения точки безубыточности

5.3 Расчет коммерческой эффективности проекта

Для подтверждения коммерческой эффективности проекта модернизации задней подвески необходимо определить такие показатели как чистый и чистый дисконтированный доходы, внутреннюю норму доходности, индексы доходности и срок окупаемости.

Наращивание мощностей производства происходит постепенно. В данном расчете примем увеличение объема производства модернизируемой подвески равномерным с постоянной величиной. Для расчета этой величины воспользуемся формулой:

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

Где: V_{MAX} - максимальный объем выпускаемой продукции, шт
 $A_{КРИТ}$ - критический объем продаж проектируемой подвески, шт
 n - количество лет производства, с учетом подготовки

$$\Delta = \frac{150000 - 56518}{6 - 1} = 18696.4шт$$

Для расчета выручки от продаж в каждом году используем формулу:

$$B_i = Ц_{ОТП} \cdot V_{ПРОД_i}; \quad (5.24)$$

Где $V_{ПРОД_i}$ - объем продаж в i -году.

В первый года производства объем продукции будет рассчитываться следующим образом:

$$V_{ПРОД_i} = V_{КР} + \Delta \quad (5.25)$$

Для второго года и последующих лет $V_{КР}$ заменяется объемом продаж предыдущего года.

$$V_{\text{ПРОД1}} = 75214.4$$

$$V_{\text{ПРОД2}} = 93910.8$$

$$V_{\text{ПРОД3}} = 112607.2$$

$$V_{\text{ПРОД4}} = 131303.6$$

$$V_{\text{ПРОД5}} = 150000$$

Зная объем производства проектируемого изделия, рассчитываем выручку:

$$B_1 = 164507702.16 \text{ руб}$$

$$B_2 = 205400161.62 \text{ руб}$$

$$B_3 = 246292621.08 \text{ руб}$$

$$B_4 = 287185080.54 \text{ руб}$$

$$B_5 = 328077540 \text{ руб}$$

Для расчета переменных затрат по годам воспользуемся следующим выражением:

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.i} = Z_{\text{ПЕРЕМ}.\text{уд}} \cdot V_{\text{ПРОД}.i} \quad (5.26)$$

Базовая конструкция подвески

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.Б1} = 122333589.1 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.Б2} = 152742629.32 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.Б3} = 183151669.55 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.Б4} = 213560709.77 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.Б5} = 243969750 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.П1} = 124991665.99 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.П2} = 156061436.99 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.П3} = 187131208 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.П4} = 218200979 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.П5} = 249270750 \text{ руб}$$

Постоянные затраты по годам определяется следующим образом:

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

Базовая конструкция подвески

$$Z_{ПОСТ.б.} = 196.19 \cdot 150000 = 29428200 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$Z_{ПОСТ.п.} = 197.96 \cdot 150000 = 29693250 \text{ руб}$$

Для расчета амортизации используем формулу:

$$A_M = A_{M.УД} \cdot V_{МАХ} \quad (5.28)$$

$$A_M = 5.89 \cdot 150000 = 883575 \text{ руб}$$

Расчет себестоимость по годам производится по формуле:

$$C_{ПОЛ.i} = Z_{ПЕРЕМ.i} + Z_{ПОСТ}$$

Базовая конструкция подвески

$$C_{ПОЛ.1} = 151761789.1 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.2} = 182170829.32 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.3} = 212579869.55 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.4} = 242988909.77 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.5} = 273397950 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$C_{ПОЛ.1} = 154684915.99 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.2} = 185754686.99 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.3} = 216824458 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.4} = 247894229 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.5} = 278964000 \text{ руб}$$

Для расчета налогооблагаемой прибыли по годам будем использовать выражение:

$$Pr_{OBL.i} = B_i - C_{пол.i} \quad (5.29)$$

Базовая конструкция подвески

$$Pr_{OBL.1} = 12745913.07 \text{ руб}$$

$$Pr_{OBL.2} = 23229332.3 \text{ руб}$$

$$Pr_{OBL.3} = 33712751.33 \text{ руб}$$

$$Pr_{OBL.4} = 44196170.77 \text{ руб}$$

$$Pr_{OBL.5} = 54679590 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$Pr_{OBL.1} = 9822786.17 \text{ руб}$$

$$Pr_{OBL.2} = 19645474.63 \text{ руб}$$

$$Pr_{OBL.3} = 29468163.09 \text{ руб}$$

$$Pr_{OBL.4} = 39290851.54 \text{ руб}$$

$$Pr_{OBL.5} = 49113540 \text{ руб}$$

Налог на прибыль взимается в размере 20%. Он рассчитывается от налогооблагаемой прибыли по годам:

$$H_{пр.i} = Pr_{OBL.i} \cdot 0.2 \quad (5.30)$$

Базовая конструкция подвески

$$H_{пр.1} = 2549182.61 \text{ руб}$$

$$H_{пр.2} = 4645866.46 \text{ руб}$$

$$H_{пр.3} = 6742550.31 \text{ руб}$$

$$H_{пр.4} = 8839234.15 \text{ руб}$$

$$H_{пр.5} = 10935918 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$H_{пр.1} = 1964557.23 \text{ руб}$$

$$H_{пр.2} = 3929094.93 \text{ руб}$$

$$H_{пр.3} = 5893632.62 \text{ руб}$$

$$H_{пр.4} = 7858170.31 \text{ руб}$$

$$H_{пр.5} = 9822708 \text{ руб}$$

Для расчета чистой прибыли по годам воспользуемся формулой:

$$Pr_{ч.i} = Pr_{обл.i} - H_{пр.i} \quad (5.31)$$

Базовая конструкция подвески

$$Pr_{ч.1} = 10196730.45 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.2} = 18583465.84 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.3} = 26970201.23 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.4} = 35356939.61 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.5} = 43743672 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$Pr_{ч.1} = 7858228.94 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.2} = 15716379.7 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.3} = 23574530.47 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.4} = 31432681.23 \text{ руб}$$

$$Pr_{ч.5} = 39290832 \text{ руб}$$

5.4 Расчет экономии от повышения надежности и долговечности проектируемого узла

Модернизация задней подвески, предлагаемая в данной работе, предусматривает увеличение жесткости упругого элемента. Такое решение позволит снизить количество пробоев подвески в эксплуатации и, как следствие, увеличить долговечность амортизатора.

Ожидаемая прибыль от увеличения долговечности демпфирующего элемента может быть рассчитана по формуле:

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

где D_1 и D_2 - долговечность (срок службы) базового и проектируемого изделия $D_1 = 800000$; $D_2 = 1000000$. Отпускная цена амортизатора задней подвески $C_{отп} = 740$ руб

$$Pr_{ож.д1} = \left(740 \cdot \frac{1000000}{800000} - 740\right) \cdot 75214.4 = 13914664 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д2} = \left(740 \cdot \frac{1000000}{800000} - 740\right) \cdot 93910.8 = 17373498 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д3} = \left(740 \cdot \frac{1000000}{800000} - 740\right) \cdot 112607.2 = 20832332 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д4} = \left(740 \cdot \frac{1000000}{800000} - 740\right) \cdot 131303.6 = 24291166 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д5} = \left(740 \cdot \frac{1000000}{800000} - 740\right) \cdot 150000 = 27750000 \text{ руб}$$

Для расчета ожидаемая прибыли от повышения надежности узла определяется по формуле:

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

Где - $N_{рем.баз}$ и $N_{рем.пр}$ - количество ремонтов (отказов) базового и проектируемого изделий;

$Z_{рем.баз}$ и $Z_{рем.пр}$ - затраты на ремонт базового и проектируемого изделий;

$T_{прост.баз}$ и $T_{прост.пр}$ - количество часов простоя техники в ремонте за год по базовому и проектируемому вариантам;

$$Pr_{ож.н} = (50 \cdot 800 - 40 \cdot 800) + (100 - 80) \cdot 740 = 22800 \text{ руб}$$

Расчет общественнозначимой экономии производится по формуле:

$$\mathcal{E}_{общ.и} = Pr_{ож.л.и} + Pr_{ож.н.и} \quad (5.34)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ.1}} = 13937464 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ.2}} = 17396298 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ.3}} = 20855132 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ.4}} = 24313966 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ.5}} = 27772800 \text{ руб}$$

Для расчета текущего чистого дохода используем следующее выражение:

$$\mathcal{ЧД}_i = \text{Пр.ч.и.п.} + A_M + \mathcal{Э}_{\text{общ.}} \quad (5.35)$$

$$\mathcal{ЧД}_1 = 12482537.48 \text{ руб}$$

$$\mathcal{ЧД}_2 = 15412786.86 \text{ руб}$$

$$\mathcal{ЧД}_3 = 18343036.24 \text{ руб}$$

$$\mathcal{ЧД}_4 = 21273285.62 \text{ руб}$$

$$\mathcal{ЧД}_5 = 24203535 \text{ руб}$$

Определяем значения коэффициента дисконтирования α_i :

$$E_{\text{СТ}} = 10\%$$

$$\alpha_i = 1 \setminus (1 + E)^t, \quad (5.36)$$

$$\alpha_1 = 0,909$$

$$\alpha_2 = 0,826$$

$$\alpha_3 = 0,753$$

$$\alpha_4 = 0,683$$

$$\alpha_5 = 0,621$$

Для расчета текущего чистого дисконтированного дохода (накопленное дисконтированное сальдо) воспользуемся формулой:

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

$$\text{ЧДД}(1) = 11346626.57 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД}(2) = 12730961.95 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД}(3) = 13812306.29 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД}(4) = 14529654.08 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД}(5) = 15030395.23 \text{ руб}$$

Определяем суммарный ЧДД:

$$\sum \text{ЧДД}(i) = 67449944.12 \text{ руб}$$

Для расчета потребности в капиталобразующих инвестициях используем следующее выражение:

$$J_o = K_{инв} \cdot \sum C_{пол.i}; \quad (5.38)$$

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

В данном расчете принимаем $K_{инв} = 2.5\%$.

$$J_o = 0.025 \cdot \sum C_{пол.i} = 27103057.25 \text{ руб}$$

Рассчитываем чистый дисконтированный доход по следующей формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{i=0}^T \text{ЧДД}(i) - J_o \quad (5.39)$$

$$\text{ЧДД} = 40346886.87 \text{ руб}$$

Для расчета индекса доходности инвестиций используем выражение:

$$JD = \frac{ЧДД}{J_o}; \quad (5.40)$$

$$JD = 1.49$$

Определяем срок окупаемости проекта модернизации подвески:

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{J_o}{ЧДД} \quad (5.41)$$

$$T_{\text{окуп.}} = 0,67 \text{ года}$$

5.5 Вывод

Проанализировав полученные данные можно сделать вывод о положительной коммерческой эффективности предлагаемого варианта модернизации задней подвески переднеприводного легкового автомобиля 2ого класса. Общественная эффективность данного проекта подтверждается индексом доходности $JD=1.49$. Степень риска при осуществлении проекта можно назвать небольшой, т.к. срок окупаемости равен 0.67 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной работы являлось улучшение управляемости и курсовой устойчивости переднеприводного легкового автомобиля 2ого класса путем модернизации задней подвески. Для достижения этой цели были выполнены следующие работы:

- определены назначение, классификация подвески автомобиля и предъявляемые к ней требования;
- произведен обзор конструкций подвесок и обозначены тенденции их развития;
- произведен выбор и обоснование проектируемого варианта конструкции задней подвески;
- выполнен тягово-динамический расчет переднеприводного легкового автомобиля 2ого класса;
- произведен расчет упругой характеристики задней подвески;
- произведен расчет характеристик демпфирования колебаний кузова и неподрессоренных масс;
- рассчитаны параметры пружины задней подвески;
- разработан технологический процесс сборки;
- подтверждена экономическая эффективность проекта;
- разработан комплекс мероприятий по обеспечению безопасных условий труда.

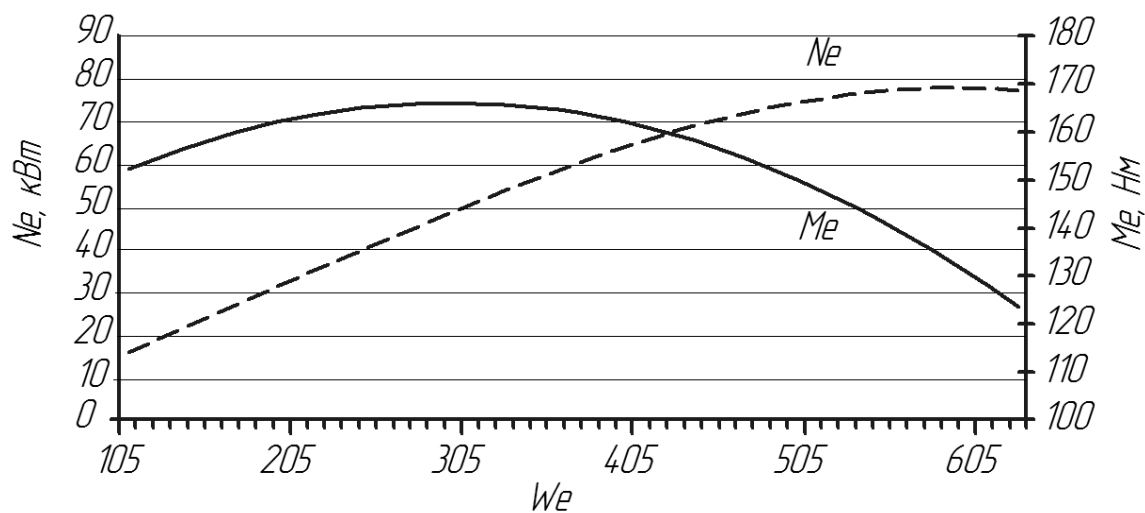
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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.

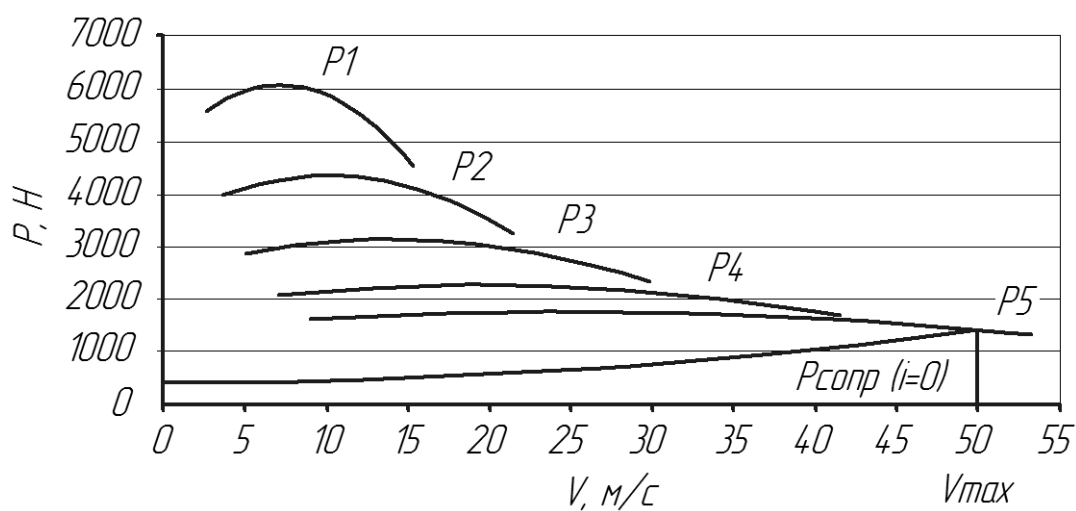
15. Чудаков Е.А.: «Конструкция и расчет автомобиля»; Москва: «Машгиз», 1981г.
16. Сборник нормативно – технических материалов по безопасности труда.
17. Горина Л.Н.: «Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. пособие.»; Тольятти: Толпи, 2000г.
18. СТП 2.207-84. Дипломное проектирование.
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.

Приложение 1 Графики тягового расчета

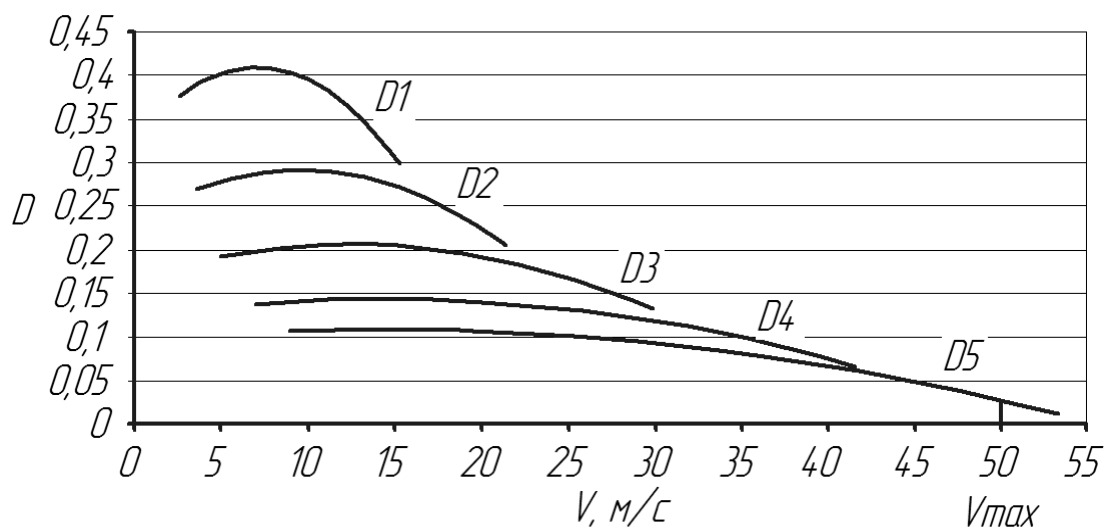
Внешнескоростная характеристика двигателя



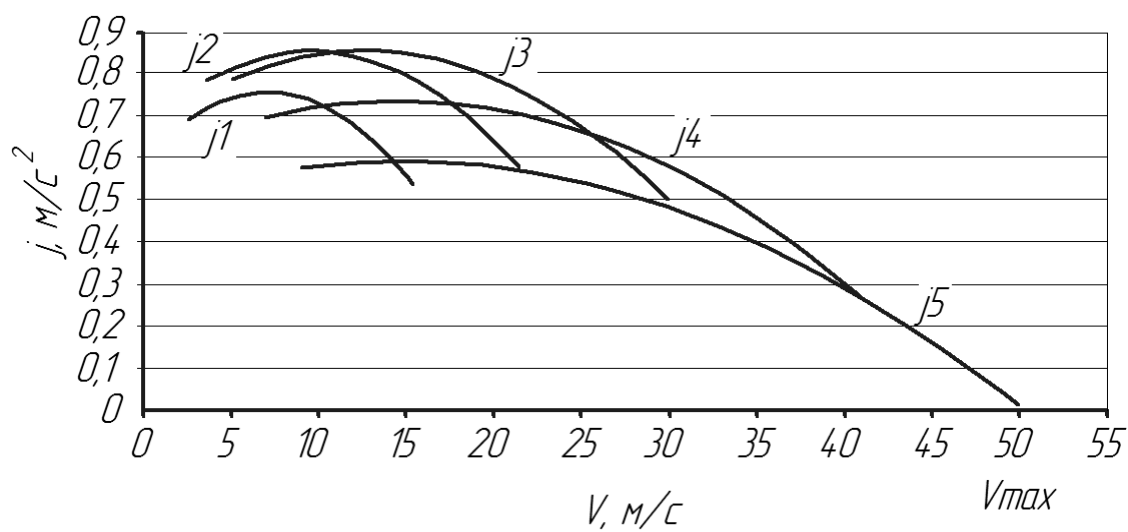
Тяговый баланс автомобиля



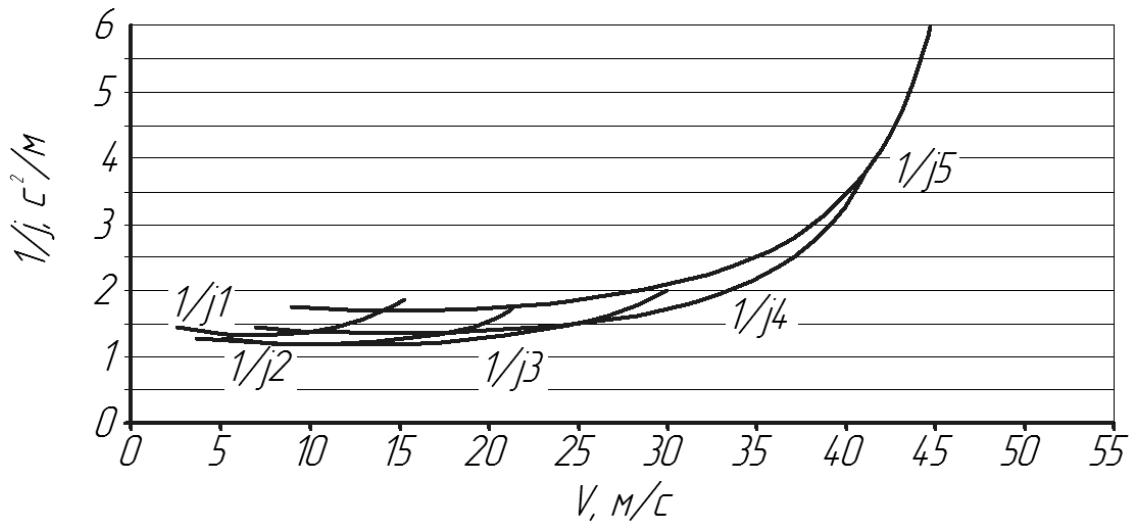
Динамический фактор автомобиля



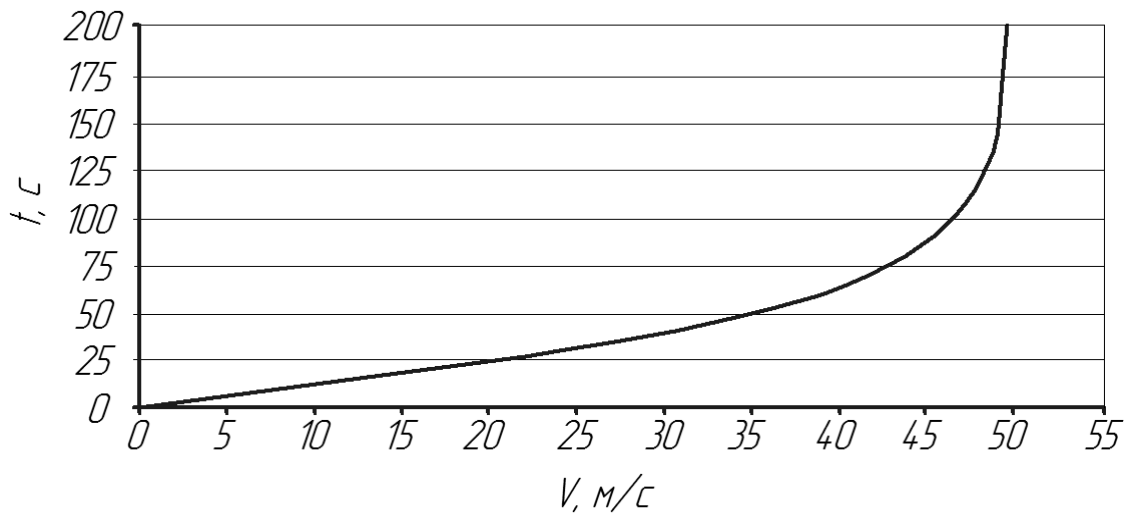
Ускорения автомобиля



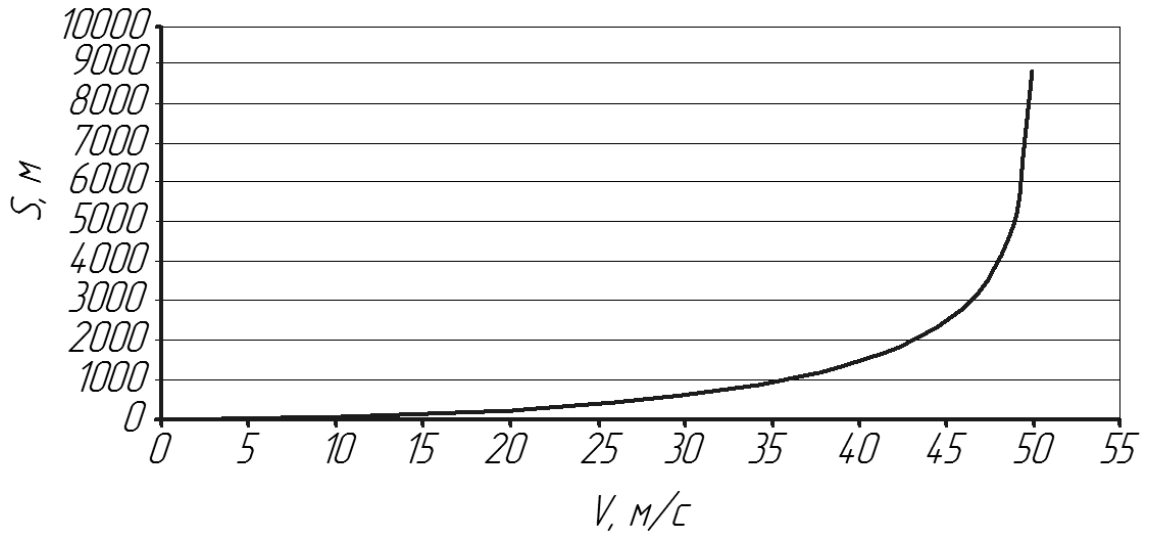
Обратные ускорения автомобиля



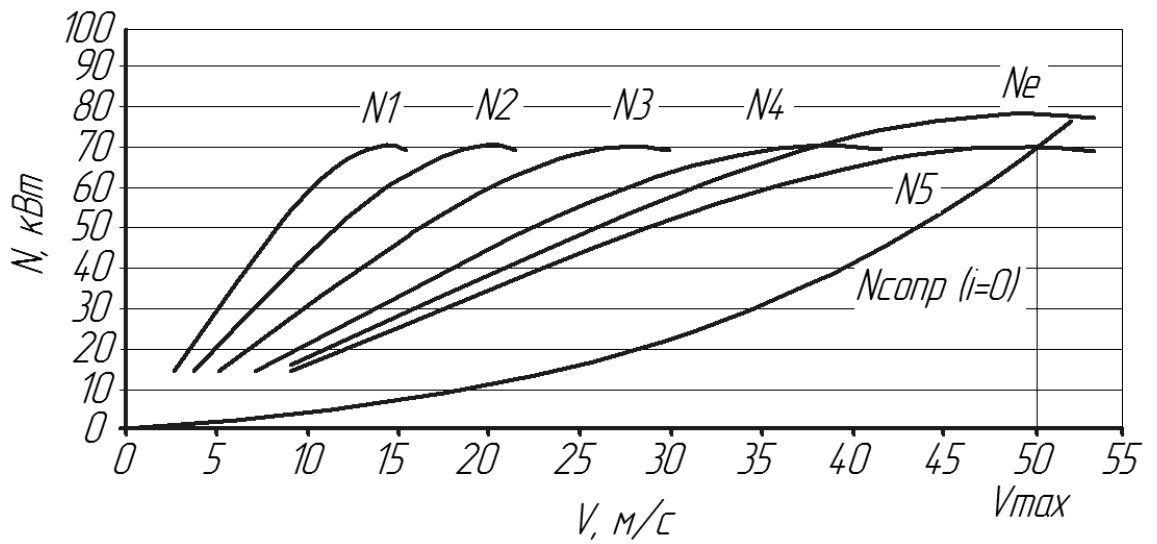
Время разгона



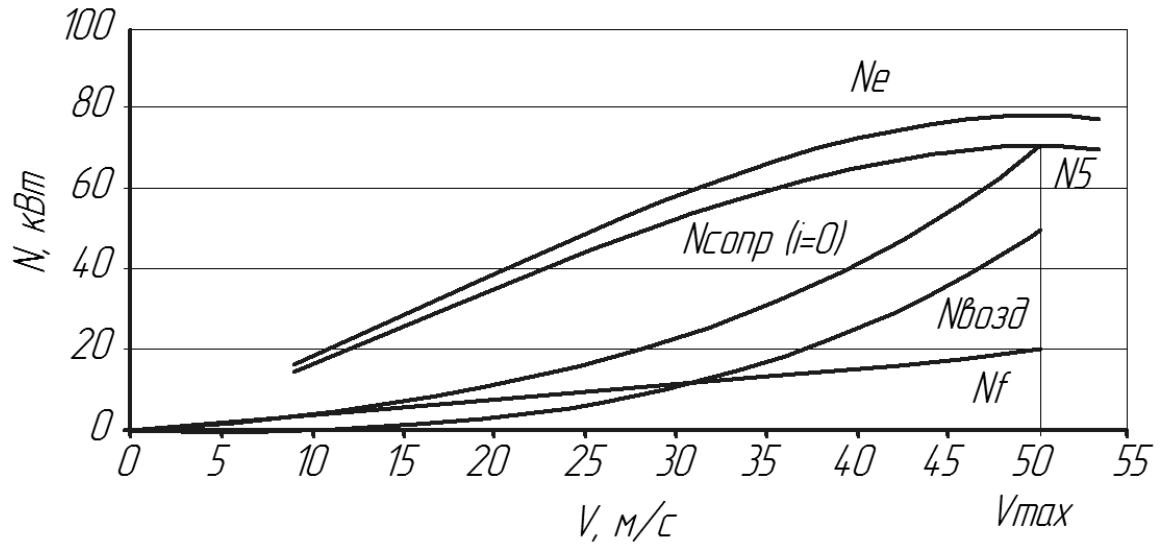
Путь разгона



Мощностной баланс



Мощностной баланс на 5ой передаче



Топливная экономичность

