

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра

«Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование кафедры)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

## ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему Переднеприводный легковой автомобиль 2 класса. Модернизация  
передней подвески

Студент

С.А. Пузырёв

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

И.В. Еремина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Капрова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

М.И. Фесина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Н.В. Яценко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заместитель ректора-  
директор института  
машиностроения

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ »

20 17 г.

Тольятти 2017

## АННОТАЦИЯ

В представленной дипломной работе описаны назначение подвески автомобиля, а также требования предъявляемые к конструкции подвесок, дана классификация конструкций подвесок, проведен обзор развития тенденций разработки подвесок в отрасли в настоящее время, выполнен расчет тягово-динамических характеристик транспортного средства, произведен расчет упругой характеристики передней подвески, определены параметры демпфера, разработаны монтажный чертеж передней подвески и чертеж амортизатора, разработана технологическая схема сборки, произведен анализ конструктивных изменений влекущих к изменению технологического процесса, составлен перечень сборочных работ, определены трудоемкости операций установки передней подвески, выбрана организационная форма производства, подтверждено соответствие проекта законодательным нормам в части безопасности и экологичности, разработано описание рабочего места и применяемого оборудования, идентифицированы опасные и вредные производственные факторы, рассчитаны себестоимость проектируемого узла и точка безубыточности проекта, доказана экономическая эффективность модернизации.

## ANNOTATION

The title of the diploma paper is Modernization of Front Suspension of second class passenger car.

This graduation work is about drivability and stability of the car.

The author dwells on suspension classification of different cars.

The diploma paper consists of an explanatory note on 82 pages, introduction, including figures, tables, 20 appendices, and the graphic part on 10 A1 sheets.

The key issue of the graduation project is spring characteristics of front suspension.

The diploma paper is divided into five main parts. The first part describes the functionality of the car suspension. It was also reviewed the development trends of the suspension in the industry nowadays. The second part is focused on engineering calculations, especially a trailer dynamic calculation of a car, calculation of the elastic characteristics of the front suspension and the characteristics of shock absorber. In the third part the author consider the technological process of the front suspension assembly. The fourth part is presented the ecological of production and safety of the car. The readers' attention is also drawn to the confirmation that the project corresponds to the legal requirements in terms of safety and environmental protection. Finally, we report the economical calculations for the cost of price of designed unit and for the breakeven point of the project and also an evidence of economic efficiency modernization.

It can be concluded that this modernization can be implemented in the current mass production.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Состояние вопроса	8
1.1 Назначение подвески транспортных средств	8
1.2 Требования, предъявляемые к подвеске	8
1.3 Варианты конструктивных исполнений подвесок	9
1.4 Обзор направлений развития конструкций подвесок	10
1.5 Обоснование применения разрабатываемой конструкции подвески	17
2 Конструкторская часть	18
2.1 Расчет тягово-динамических характеристик транспортного средства	18
2.2 Обоснование компоновочной схемы подвески	19
2.3 Определение характеристик демпфирования колебаний и неподрессоренных масс автомобиля	20
3 Технологическая часть	28
3.1. Анализ изменения конструкции подвески, влекущего за собой изменение технологического процесса	28
3.2 Технологичность разрабатываемой конструкции и требования предъявляемые к ней	28
3.3 Разработка технологической схемы установки передней подвески	29
3.4 Разработка перечня работ	31
3.5 Определение трудоемкости установки передней подвески	33
3.6. Выбор организационной формы установки подвески	38
4 Безопасность и экологичность технического объекта	40
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	40
4.2 Идентификация профессиональных рисков	44
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	47
4.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сборки	50

4.5 Обеспечение экологическая безопасности участка установки передней подвески	54
4.6 Заключение	55
5 Технико-экономическая оценка модернизируемой подвески	56
5.1 Расчёт себестоимости модернизированной конструкции подвески	56
5.2 Определение точки безубыточности производства модернизированной конструкции подвески	64
5.3 Подтверждение коммерческой эффективности модернизации подвески	68
5.4. Определение экономического эффекта от повышения надежности и долговечности узлов модернизированной подвески	72
5.5 Вывод	79
Заключение	80
Список использованных источников	81
Приложения	83
Приложение А Графики тягового расчета	83
Приложение Б Спецификация	87

## ВВЕДЕНИЕ

Современный автомобиль – массовый продукт, одним из основных параметров которого является конечная стоимость. В условиях жесткой конкуренции, особенно в низшем и среднем ценовых сегментах, автопроизводители стараются использовать оптимальные с точки зрения качества, потребительских свойств и цены технические решения, поэтому современные автомобили очень схожи друг с другом. Так, например, для бюджетного класса конструктивным стандартом по факту стали задняя полузависимая подвеска и передняя подвеска типа МакФерсон с реечным рулевым механизмом, установленным на подрамнике. Однако даже при использовании одинаковой схемы подвески, показатели курсовой устойчивости, управляемости и плавности хода у автомобилей одного класса могут существенно отличаться. Финальные значения этих характеристик подвески определяются во время доводки автомобиля.

Постоянно увеличивающаяся конкуренция заставляет производителей уменьшать длительность жизненного поколений существующих моделей и сокращать сроки разработки новых автомобилей. Требуется постоянное улучшение потребительских и ездовых характеристик по возможности с минимальными затратами.

Современному покупателю зачастую неважен тип подвески, установленной в автомобиле. Он в первую очередь обращает на внешний вид, мощность двигателя, тип трансмиссии и наполнении автомобиля опциями, обеспечивающими комфорт. Однако, потребитель все же оценивает работу подвески при сравнении автомобилей. Зачастую результат такой оценки способен оказать решающее влияние при окончательном выборе автомобиля. Именно поэтому автопроизводители чаще улучшают ездовые свойства автомобиля путем доводки существующей конструкции, нежели чем внедрением новой платформы.

Исходя из вышеизложенного оптимальным с точки зрения экономической эффективности решением по улучшению ездовых

характеристик легкового автомобиля 2ого класса, а именно управляемости и курсовой устойчивости, является модернизация демпфирующих элементов подвески.

# 1 Состояние вопроса

## 1.1 Назначение подвески транспортных средств

Подвеска автомобиля решает следующие задачи:

- обеспечение упругой связи между колесами и кузовом (рамой) автомобиля;
- поглощение ударов и толчков вызванных неровностями дорожного полотна;
- обеспечение оптимальной кинематики колес, т.е. перемещение их относительно кузова.

## 1.2 Требования, предъявляемые к подвеске

Требования предъявляются как к конструкции подвески и отдельным ее элементам, так и к кинематике.

Для подвески современного автомобиля справедливы следующие конструктивные требования:

- элементы подвески должны удовлетворять требованиям долговечности и надежности;
- элементы подвески должны обладать минимальной массой, особенно неподрессоренные;
- элементы подвески должны иметь минимальную стоимость;
- конструкция элементов, а также подвески в целом должна быть технологичной, т.е. обеспечивать несложное изготовление и сборку;
- подвеска должна обеспечивать оптимальное затухание колебаний, вызванных толчками и ударами со стороны дороги.

К кинематике применяются следующие требования:

- кинематика подвески должна быть согласована с кинематикой рулевого управления;
- кинематика должна обеспечивать оптимальные значения углов установки колес, а также колеи и базы при ходах сжатия и отбоя.



### 1.3 Варианты конструктивных исполнений подвесок

«Подвески автомобиля классифицируют на зависимые и независимые.»

[3] В настоящее время независимые подвески все больше вытесняют зависимые, хотя стоит отметить, что последние не являются редкостью для современных автомобилей.

Зависимая подвеска еще задолго до появления автомобилей применялась в конструкции гужевых повозок. «Для данного типа подвески характерна жесткая связь между колесами оси, поэтому перемещение одного колеса влечет за собой изменение положения другого колеса.» [1] Данная схема имеет следующие достоинства:

- постоянный дорожный просвет (актуально для автомобилей эксплуатирующихся в условиях тяжелого бездорожья);
- простота изготовления и обслуживания;
- относительно невысокая стоимость.

Среди недостатков отмечают следующие:

- большие значения неподрессоренных масс и как следствие низкая плавность хода;
- в некоторых конструкциях имеются сильные поперечные перемещения, существенно ухудшающие управляемость и курсовую устойчивость;
- большее рабочее пространство, требуемое для перемещение балки моста, что может повлечь за собой, например, уменьшение багажного отделения или смещение центра масс вверх.

В независимой подвеске отсутствует связь между колесами одной оси и перемещение одного из них не оказывает влияние на другое. Такой тип подвески обладает следующими преимуществами:

- хорошие показатели управляемости и курсовой устойчивости;
- возможность регулировки углов установки колес в эксплуатации;
- относительно небольшая масса;

- требует меньше компоновочного пространства.

Однако, не лишена независимая подвеска и недостатков. Ниже описаны основные из них:

- независимая подвеска обеспечивает меньшую грузоподъемность в сравнении с зависимой;

- значение дорожного просвета изменяется (ограничивает применение на автомобилях эксплуатирующихся в условиях тяжелого бездорожья);

- относительно высокая стоимость изготовления;

- более трудоемкое и как следствие дорогое обслуживание.

Также различают полузависимую подвеску. Два продольных рычага соединяются элементом, работающим на кручение. За счет этого перемещение одного из колес влияет на другое, при этом в отличие от зависимой подвески угол между ними изменяется. Поэтому данная конструкция и получила такое название. Полузависимая подвеска обладает весьма серьезными преимуществами, а именно:

- малая себестоимость;

- простота изготовления и обслуживания;

- небольшая масса.

Среди недостатков выделяют следующие:

- относительно невысокие показатели управляемости и курсовой устойчивости;

- большое компоновочное пространство, требуемое для перемещения подвески;

- крайне сложно организовать передачу крутящего момента от двигателя к колесам (полный привод).

Следует отметить, что полузависимая подвеска применяется исключительно в задней оси автомобиля.

#### 1.4 Обзор направлений развития конструкций подвесок

«Все элементы подвесок автомобиля выполняют упругие, направляющие и демпфирующие функции.» [2] В зависимости от конструкции подвески некоторые ее элементы могут выполнять одну, две или все три функции.

«Среди упругих элементов выделяют пружины, рессоры и торсионы.» [8]

Пружины в настоящее время получили самое широкое распространение в качестве упругих элементов подвески. Они обладают сравнительно небольшой массой, имеют невысокую стоимость производства, а также компоновочно не требуют много пространства. Форма пружины может быть различной, такой как цилиндрическая, коническая или бочкообразная. Первая проста и недорога в изготовлении, последние обеспечивают более компактные размеры пружины при полном сжатии. Пружины могут иметь постоянный или переменный шаг витка, а также постоянный или переменный диаметр прутка, что позволяет обеспечить линейную или нелинейную характеристику изменения жесткости.

«Листовые рессоры представляют собой одну или набор из нескольких упругих листов, соединяющих кузов и балку моста автомобиля.» [4] Листовая рессора также выполняет роль направляющего элемента подвески, а за счет возникающего трения между листами гасит колебания, т.е. работает как демпфер. По форме различают эллиптические, полуэллиптические,  $\frac{3}{4}$ -эллиптические и  $\frac{1}{4}$ -эллиптические. Рессоры относительно недороги в изготовлении и обеспечивают высокую грузоподъемность, однако, в сравнении с пружинами имеют большую массу и требуют больше компоновочного пространства для установки. Поэтому в настоящее время они применяются в основном в подвесках малого коммерческого транспорта, грузовых автомобилей и прицепов.



Рисунок 1 – Рессора автомобиля Mercedes-Benz Sprinter

«Торсионом называют упругий элемент подвески работающий на скручивание изготовленный в виде стержня круглого или квадратного сечения.» [6] Торсион имеет нелинейную характеристику изменения жесткости, позволяет компоновочно сэкономить пространство в вертикальном направлении, прост и недорог в изготовлении, однако, ездовые характеристики таких подвесок уступают пружинным. Самым распространенным в современном автомобилестроении вариантом использования торсиона является стабилизатор поперечной устойчивости подвески. Штанга стабилизатора, закрепленная по краям на направляющем аппарате, а своей средней частью на кузове, при разноименном ходе подвески скручивается создавая упругий момент, препятствующий крену автомобиля.

«Демпфирующие элементы подвески (амортизаторы) – механизмы гасящие или предотвращающие колебания, вызываемые ускорениями во время движения или неровностями дороги.» [7] Первые амортизаторы, которые устанавливались на автомобили, были механическими. Вибрации поглощались ими за счет трения фрикционных дисков. Однако, надежность и эффективность такой конструкции были достаточно низкими. Поэтому в современных автомобилях они не используются.

В настоящее время наибольшее распространение получили гидравлические амортизаторы, в которых поршень совершает возвратно-поступательное движение в камере с рабочей жидкостью пропуская ее через специальные клапаны. Амортизаторы бывают однотрубные и двухтрубные. В последних дополнительная полость используется для компенсации объема

жидкости при температурном расширении. Двухтрубные амортизаторы чувствительны к углу установки и подвержены вспениванию. Однотрубные конструкции таких проблем не имеют, но легко выводятся из строя при повреждении корпуса. Двухтрубные амортизаторы не столь чувствительны к повреждениям и деформации наружного корпуса не оказывает влияние на работоспособность системы. Гасить колебания способны также и шарниры. Среди применяемых в подвеске автомобиля шарниров следует выделить шаровые, резино-металлические шарниры и сайлент-блоки. Шаровые шарниры, так называемые шаровые пальцы, могут крепиться либо с помощью конусной посадки или фиксироваться клеммой на поворотном кулаке. Сайлент-блоки при правильном подборе резины значительно улучшают вибрационную картину

Направляющими элементами подвески являются различные рычаги, штанги и поворотные кулаки, крепящиеся к кузову и между собой через различные шарниры. Также к направляющему аппарату относят рессоры и амортизаторные стойки. Эти элементы обеспечивают кинематику подвески. Выбор конкретного направляющего элемента при проектировании подвески выполняется с учетом экономических требований, а также предполагаемых условий эксплуатации автомобиля. Литые алюминиевые рычаги обладают небольшой массой, но достаточно дороги. Поэтому их можно встретить на более дорогих автомобилях, где требования к управляемости выше, чем, например, в бюджетном сегменте. Кованные стальные рычаги способны переносить более высокие динамические нагрузки, поэтому они используются на автомобилях, передвигающихся по бездорожью. Штампованные из листовой стали рычаги недороги и просты в производстве. Это определяет их высокую востребованность в подвесках автомобилей бюджетного сегмента.



Рисунок 2 – Нижний рычаг передней подвески Volkswagen Touareg

Наиболее распространенной на сегодняшний день конструкцией подвески является подвеска МакФерсон или подвеска на направляющей стойке. Иногда такую конструкцию также называют «качающаяся свеча». Она представляет собой систему, состоящую из нижнего поперечного рычага, соединённого через шаровой шарнир с кулаком (или поворотным кулаком в случае использования для управляемых колес), а также направляющей стойке, закреплённой в верхней части на кузове и в нижней на кулаке. Направляющая стойка представляет собой амортизатор с установленной на нем пружиной. Направляющая стойка выполняет одновременно роль упругого, демпфирующего и направляющего элементов подвески. Кинематика такой подвески менее совершенна в сравнении с двухрычажной в первую очередь за счет большего изменения углов установки колес, однако в целом приемлема для большинства современных автомобилей. Основными преимуществами данной конструкции являются невысокая стоимость, а также простота и удобство при установке, она не требует много пространства в поперечном направлении, что существенно облегчает компоновку моторного отсека, однако занимает много места по вертикали. Также серьезным недостатком такой подвески является большое количество шумов и вибраций передаваемых на кузов автомобиля. Данную конструкцию подвески можно встретить в автомобилях различных ценовых

категорий, начиная с бюджетных, например, Hyundai Solaris, и заканчивая дорогими кроссоверами, например, Audi Q3.

Еще одним популярным типом подвески является подвеска на двух поперечных рычагах. В такой конструкции нижний рычаг крепится на подрамнике, верхний - на кузове (реже на подрамнике), а поворотный кулак соединен с рычагами через два шаровых шарнира. Изменяя длины рычагов можно добиться необходимого изменения углов установки колес при ходах подвески, изменяя продольный наклон рычагов можно достичь хорошего антиклевкового эффекта. К слабым сторонам данной конструкции следует отнести ее большую массу и значительную дороговизну в изготовлении, а также значительно большее требуемое компоновочное пространство в сравнении с подвеской МакФерсон. Такой тип подвески можно встретить на спортивных автомобилях, например, Nissan GT-R, тяжелых внедорожниках, например, Toyota Land Cruiser, а также представителях бизнес класса, таких как Audi A6.

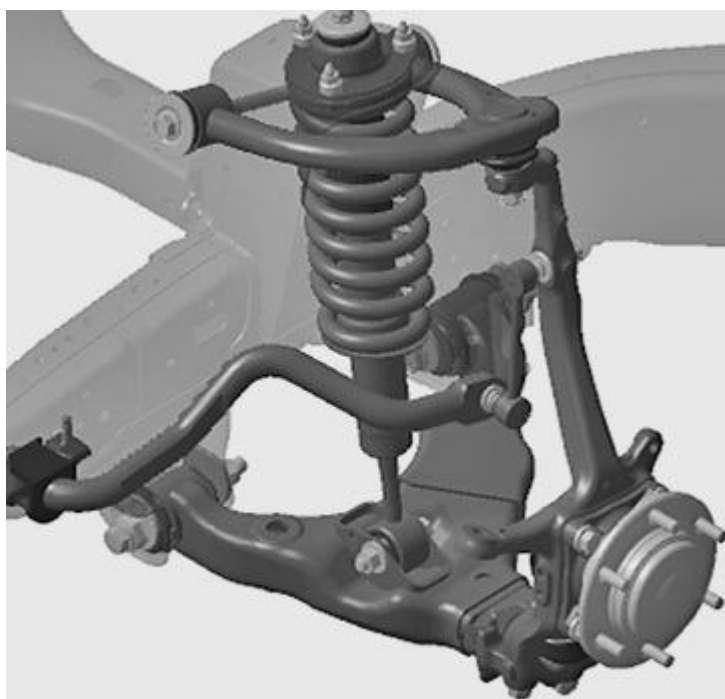


Рисунок 3 – Передняя подвеска Toyota Land Cruiser Prado

Эволюционным вариантом развития подвески на двух поперечных рычагах является многорычажная подвеска. Такая конструкция обеспечивает

лучшую управляемость, высокую плавность хода, низкий уровень передаваемых на кузов шумов. Очевидными недостатками многорычажной подвески являются высокая стоимость, а также повышенная трудоемкость при изготовлении и сборке. Одной из самых известных многорычажных подвесок является задняя подвеска Ford Focus получившая название «Control Blade».

Иногда помимо независимых передних подвесок можно встретить также и зависимые. Передние зависимые подвески применяются на тяжелых рамных внедорожниках. Балка моста соединена с кузовом по средством четырех реактивных штанг или двух массивных рычагов расположенных продольно, в поперечном направлении мост и кузов может соединять тяга Панара, механизм Уатта или механизм Скотта-Рассела. Тяга Панара представляет собой реактивную штангу, расположенную продольно. Такое решение является самым простым и недорогим, однако приводит к поперечному смещению колес при ходах подвески, что отрицательно сказывается на управляемости и курсовой устойчивости автомобиля. Механизмы Уатта и Скотта-Рассела лишены данного недостатка, но имеют более сложное устройство и большую стоимость. Примером использования передней зависимой подвески является автомобиль Mercedes-Benz G класса.

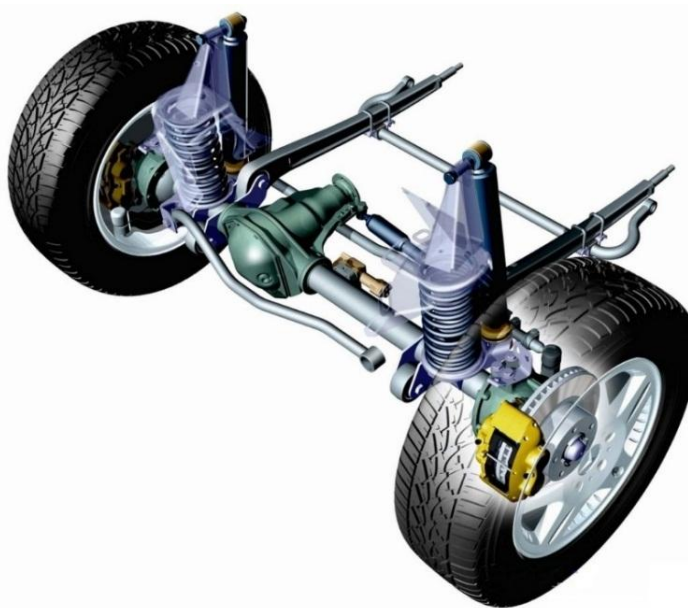


Рисунок 4 – Передняя зависимая подвеска Mercedes-Benz G класса



## 1.5 Обоснование применения разрабатываемой конструкции подвески

Базовым автомобилем для модернизации выбрана LADA GRANTA. Данный автомобиль является одним из лучших предложений на рынке, сочетающем в себе высокое качество изготовления и широкий набор дополнительных опций при невысокой стоимости владения. Немаловажной составляющей успеха продаж является также и выбор кузова. Несмотря на наличие в линейке двух кузовов большая часть продаж приходится на исполнение седан – самый популярный тип кузова на автомобильном рынке России. Автомобиль в таком исполнении и выбран для модернизации. В основе автомобиля лежит усовершенствованная платформа LADA KALINA, которая в свою очередь является модернизированной платформой 2108 разработанной инженерами АВТОВАЗа совместно со специалистами немецкой компании Porsche. В целом платформа 2108 получилась удачной. Отсутствие подрамника и составная конструкция рычага обеспечивают невысокую стоимость подвески в производстве и небольшую массу, в то же время ездовые характеристики находятся на хорошем уровне. Очевидным слабым местом платформы является высокий уровень вибраций, передаваемых водителю через рулевое колесо, вызванный креплением рулевого механизма на недостаточно жестком щитке передка. Помимо этого, наличие в составном нижнем рычаге большего количества шарниров в сравнении с цельными конструкциями отрицательным образом влияет на кинематику передней подвески.

Модернизация бюджетных автомобилей сильно ограничена в части инвестиций, особое внимание здесь уделяется конечной стоимости автомобиля. Поэтому приоритет отдается решениям, которые не только чувствительны для потребителя, но и обладают при этом невысоким уровнем финансовых затрат. Исходя из вышеизложенного предлагается улучшить управляемость и курсовую устойчивость автомобиля за счет модернизации демпфирующего элемента подвески.

## 2 Конструкторская часть

### 2.1 Расчет тягово-динамических характеристик транспортного средства

Исходные данные для расчет тягово-динамических характеристик транспортного средства:

Ведущие колеса	Передние
Количество мест в салоне:	5
Количество передач КПП:	5
КПД трансмиссии:	$\eta_{TP} = 0.9$
Размер используемой шины:	185/65R14
Максимальная скорость движения:	$v_{\max} = 180 \text{ км/ч}$
Масса автомобиля:	$m_a = 1088 \text{ кг}$
Коэф-т аэродинамического. сопр.:	$C_x = 0.32$
Коэф-т сопротивления качению:	$f_0 = 0,012$
«Максимальный преодолеваемый уклон»:[11]	$i = 0,3$
	$\omega_e^{\min} = 1000 \text{ об/мин}$
Обороты силового агрегата	$\omega_e^{\max} = 6000 \text{ об/мин}$
	$\omega_N = 5600 \text{ об/мин}$

В рамках расчета тягово-динамических характеристик автомобиля производятся расчеты внешнескоростной характеристики двигателя, передаточных чисел коробки передач, ускорений, времени и пути разгона, определяется тяговый баланс автомобиля, динамическая характеристика, мощностной баланс и топливно-экономическая характеристика.

В результате расчетов получены следующие значения передаточных чисел коробки переключения передач:

$$U_{KП1} = 2.71$$

$$U_{KП2} = 1,94;$$

$$U_{KП3} = 1,31;$$

$$U_{кп4} = 0,98$$

$$U_{кп5} = 0.78.$$

Результаты расчетов остальных показателей представлены в виде графиков (см. приложение А и чертеж 17.ДП.01.225.80.000).

## 2.2 Обоснование компоновочной схемы подвески

В данной дипломном проекте модернизируется передняя подвеска переднеприводного легкового автомобиля 2ого класса ВАЗ 2190 Lada Granta. Целью модернизации является улучшение управляемости и курсовой устойчивости автомобиля. Способов достижения этой цели достаточно много, начиная с изменения схемы на двухрычажную и заканчивая использованием активных упругих и демпфирующих элементов. Однако, предложенные в работе технические решения должны быть актуальны для реального производства. Стоит отметить, что передняя подвеска автомобиля LADA GRANTA имеет невысокую стоимость и, в целом, обеспечивает приемлемый уровень ездовых свойств, поэтому в изменении компоновочной схемы нет необходимости. Принимая во внимание, что автомобиль является бюджетным, предлагается улучшить его управляемость и устойчивость за счет модернизации демпфирующего элемента. Такое техническое решение не потребует значительных затрат на подготовку производства, но будет ценно для потребителя.

### 2.3 Определение характеристик демпфирования колебаний и неподрессоренных масс автомобиля

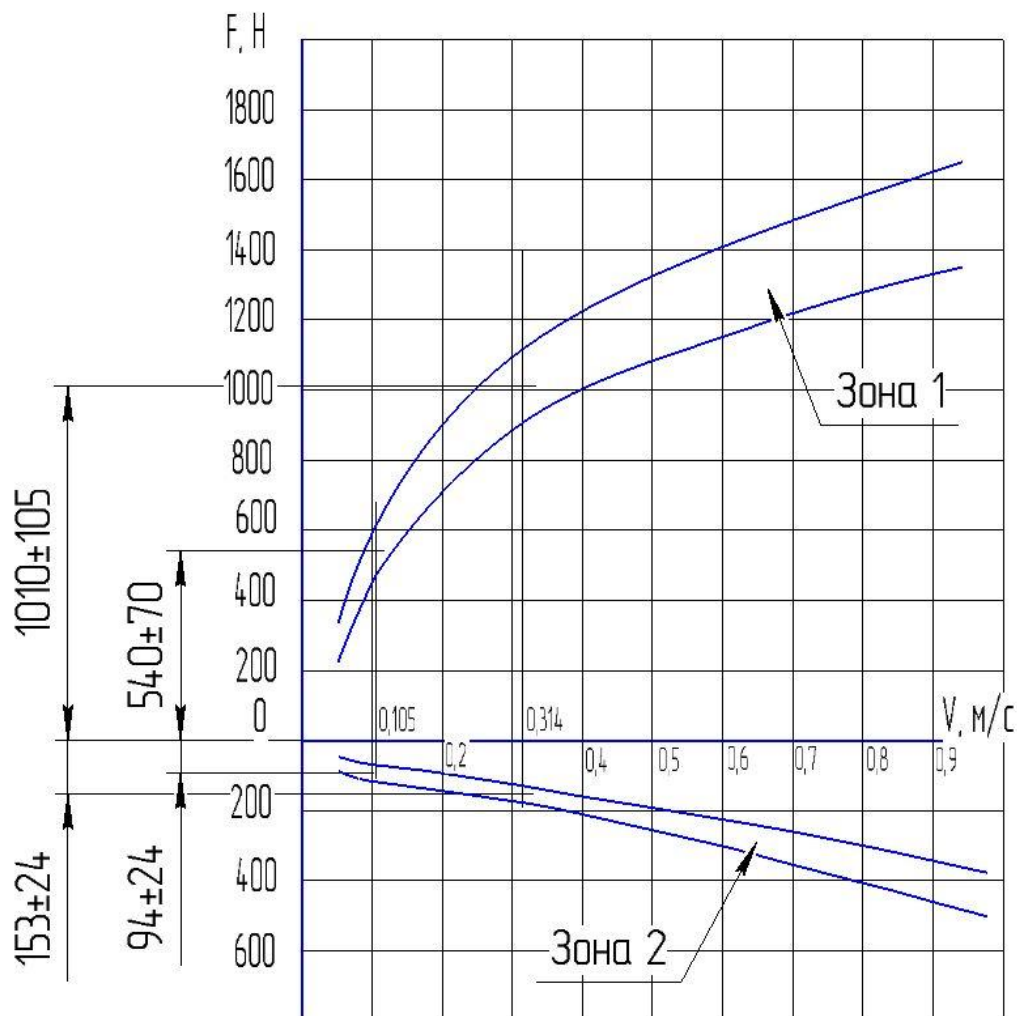


Рисунок 5 - Скоростная характеристика стойки передней подвески автомобиля LADA GRANTA

Данные для расчетов возьмем в соответствии со скоростной характеристикой стойки (рисунок 5). Проверка характеристик стойки, а также соответствие ее требованиям долговечности производится при скоростях 0.105 м/с и 0.314 м/с.

Рассчитаем средний коэффициент демпфирования амортизаторной стойки:

$$K_{ст} = \frac{F_{сж} + F_{отб}}{2 \cdot v} \quad (2.1)$$

где  $F_{сж}$  - усилие амортизаторной стойки на сжатие в первой контрольной точке;

$F_{отб}$  - усилие амортизаторной стойки на отбой в первой контрольной точке;

$v$  - скорость движения штока стойки.

Определим средний коэффициент демпфирования амортизаторной стойки для дроссельного режима:

$$K_{DCT} = \frac{94 + 5400}{2 \cdot 0,105} = 3019 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

А также для клапанного режима:

$$K_{KCT} = \frac{153 + 1010}{2 \cdot 0,314} = 1852 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

Пересчитаем средний коэффициент демпфирования с учетом передаточного отношения амортизаторной стойки:

$$K = \frac{K_{CT}}{i_{CT}^2}, \quad (2.2)$$

где  $i_{CT}$  - передаточное отношение амортизаторной стойки, для автомобиля LADA GRANTA  $i_{CT} = 1.054$

Рассчитаем значения данного коэффициента:

$$K_D = \frac{K_{DCT}}{i_{CT}^2} = \frac{3019}{1,054^2} = 2718 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м} \text{ - для дроссельного режима}$$

$$K_K = \frac{K_{KCT}}{i_{CT}^2} = \frac{1852}{1,054^2} = 1667 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м} \text{ - для клапанного режима}$$

Определив средний коэффициент демпфирования рассчитываем коэффициент относительного демпфирования поддрессоренной и неподдрессоренной массы автомобиля:

$$\psi_{II} = \frac{K}{2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_Z}}, \quad (2.3)$$

где  $K$  - коэффициент демпфирования стойки в отношении колеса; [5]

$m_{II}$  - поддрессоренная масса для одного колеса;

$C_Z$  - вертикальная жесткость передней подвески.

Подрессоренную массу для одного колеса определяем по следующей формуле:

$$m_{\Pi} = \frac{m_{III}}{2} - m_H, \quad (2.4)$$

где  $m_{III}$  - масса, приходящаяся на переднюю ось при полной загрузке. Для автомобиля  $m_{III} = 756,5 \text{ кг}$ .

$m_H$  - «неподрессоренная масса, приходящаяся на одно колесо передней оси.» [10] Для автомобиля LADA GRANTA  $m_H = 37 \text{ кг}$ .

В результате получаем:

$$m_{\Pi} = \frac{750}{2} - 37 = 341,3 \text{ кг}$$

Вертикальная жесткость передней подвески является суммой вертикальной жесткости от пружины, и жесткости от резинометаллических шарниров. Формула жесткости подвески имеет следующий вид:

$$C_Z = \frac{C_{III}}{i_{CT}^2} + C_{III}, \quad (2.5)$$

где  $C_{III}$  – жесткость пружины. В соответствии с КД  $C_{III} = 18,6 \text{ кН/м}$

$C_{III}$  - жесткость шарниров подвески, приведенная к колесу. Обычно находится в пределах 1..3 кН/м. Для данных расчетов примем  $C_{III} = 2 \text{ кН/м}$

В итоге получаем:

$$C_Z = \frac{18,6}{1,054^2} + 2 = 18,74 \text{ кН/м}$$

Рассчитываем коэффициент относительного демпфирования колебаний подрессоренной массы с учетом полученной жесткости:

$$\psi_{III} = \frac{K_D}{2 \cdot \sqrt{m_{\Pi} \cdot C_Z}} = \frac{2718}{2 \cdot \sqrt{341,3 \cdot 18740}} = 0,54 - \text{ для дроссельного режима}$$

$$\psi_{III} = \frac{K_K}{2 \cdot \sqrt{m_{\Pi} \cdot C_Z}} = \frac{1365}{2 \cdot \sqrt{341,3 \cdot 18740}} = 0,33 - \text{ для клапанного режима}$$

Полученные результаты справедливы для одноименного хода подвески, когда оба колеса двигаются одновременно на сжатие или отбой. Однако, при разноименном ходе в работу подвески включается стабилизатор

поперечной устойчивости. Для этого случая вертикальную жесткость подвески следует рассчитывать по формуле:

$$C_z = \frac{C_{\text{ПР}}}{i_{\text{СТ}}^2} + C_{\text{Ш}} + C_{\text{СТЗ}}, \quad (2.6)$$

где  $C_{\text{СТЗ}}$  - вертикальная жесткость от стабилизатора на колесе, которая определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{СТЗ}} = \frac{C_{\text{СТ0}} \cdot b_G}{i}, \quad (2.7)$$

где  $C_{\text{СТ0}}$  - жесткость штанги стабилизатора поперечной устойчивости;

$b_G = 0,9$  - коэффициент, учитывающий влияние подушек крепления штанги стабилизатора к кузову;

$i$  - передаточное число штанги стабилизатора к колесу. Для автомобиля LADA GRANTA штанга стабилизатора крепится к рычагу передней подвески и передаточное число будет равно  $i = 1.87$

Рассчитаем жесткость штанги стабилизатора поперечной устойчивости по следующей формуле:

$$C_{\text{СТ0}} = \frac{d^4 \cdot 6.18 \cdot 10^5}{2 \cdot l_0^3 + l_5^2 \cdot L_S + 7.78 \cdot l_2 \cdot l_7^2 - 2 \cdot l_4^3}, \quad (2.8)$$

Геометрические размеры  $l_i$  определяем согласно рисунку 6.

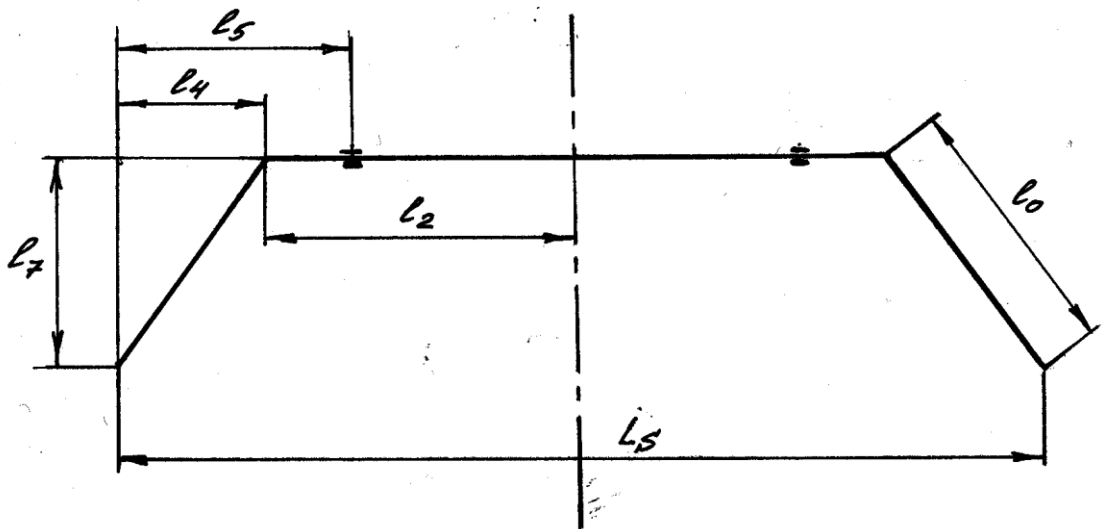


Рисунок 6 - Расчетная схема стабилизатора поперечной устойчивости

Крайними точками на схеме являются места установки стоек крепления стабилизатора на рычаге. В соответствии с конструкторской документацией на стабилизатор поперечной устойчивости принимаем следующие его параметры:

$$l_0 = 230.7 \text{ мм};$$

$$l_2 = 380 \text{ мм};$$

$$l_4 = 150 \text{ мм};$$

$$l_5 = 170 \text{ мм};$$

$$l_7 = 192 \text{ мм};$$

$$L_s = 1060 \text{ мм};$$

$$d = 22 \text{ мм}.$$

Рассчитываем жесткость штанги стабилизатора:

$$C_{CTO} = \frac{0,022^4 \cdot 6.18 \cdot 10^5}{2 \cdot 0,2307^3 + 0,170^2 \cdot 1,06 + 7.78 \cdot 0,38 \cdot 0,192^2 - 2 \cdot 0,15^3} = 92 \text{ кН/м}$$

Тогда жесткость штанги стабилизатора поперечной устойчивости, приведенная к колесу, будет равна:

$$C_{CTZ} = \frac{92 \cdot 0,9}{1,87} = 44,26 \text{ кН/м}$$

Полученная величина справедлива для разноименного хода подвески. Если одно из колес попадает в яму на дороге, а второе продолжает качение по ровному покрытию, полученную величину жесткости следует уменьшить вдвое:

$$C_{CTZ}^* = \frac{C_{CTZ}}{2} = \frac{44,26}{2} = 22,13 \text{ кН/м} \quad (2.9)$$

Определим значение жесткости подвески для данного случая:

$$C_z = \frac{18,6}{1,054^2} + 2 + 22,13 = 40,9 \text{ кН/м}$$

Пересчитываем значения относительного демпфирования колебаний подрессоренных масс с учетом вновь полученного значения жесткости подвески:

$$\psi_{HD} = \frac{K_D}{2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_z}} = \frac{2718}{2 \cdot \sqrt{341,25 \cdot 40900}} = 0,36 \text{ - для дроссельного режима}$$



$$\psi_{ПК} = \frac{K_K}{2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_Z}} = \frac{1667}{2 \cdot \sqrt{341,25 \cdot 40900}} = 0,22 \text{ - для клапанного режима}$$

«С точки зрения обеспечения оптимальной плавности хода значение коэффициента относительного демпфирования колебаний подрессоренной массы должно располагаться в пределах 0,25...0,3.»[9] На основании полученных в результате расчетов значений можно сделать вывод о том, что при разноименном ходе подвеска обладает недостаточной жесткостью. В то же время для одноименного хода жесткость несколько завышена. Однако, принимая во внимание тот факт, что в целом жесткость подвесок в современном автомобилестроении постепенно увеличивается, следует увеличить значение коэффициента относительного демпфирования. Такое решение позволит улучшить управляемость и курсовую устойчивость автомобиля, а, следовательно, и его безопасность при незначительном ухудшении плавности хода.

Выберем значение коэффициента относительного демпфирования колебаний подрессоренных масс и рассчитаем средний коэффициент демпфирования стойки:

$$\psi_{ПК} = \frac{K_K}{2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_Z}} = 0,27$$

Тогда средний коэффициент демпфирования стойки:

$$K_K = \psi_{ПК} \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_Z} \quad (2.10)$$

В результате получаем:

$$K_K = 0,27 \cdot \sqrt{341,25 \cdot 40900} = 2016,7 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м} \quad (2.11)$$

В дальнейшем будем использовать значение  $K_K = 2017 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$

При ходе отбоя усилие в амортизаторе достаточно велико, поэтому для увеличения среднего коэффициента демпфирования следует увеличить усилие на ходе сжатия. Рассчитываем необходимое значение усилия амортизатора на сжатие по следующей формуле:

$$K_{КСТ} = \frac{F_{сж} + 1010}{2 \cdot 0,314} = 2017 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

$$F_{сжк} = \left( \left( K_{КСТ} \cdot 2 \cdot v \right) \right) F_{отб} \quad (2.12)$$

$$F_{сжк} = \left( \left( 0,17 \cdot 2 \cdot 0,314 \right) \right) 1010 = 256,7 \text{ Н}$$

В конструкции амортизатора усилие при ходе сжатия обеспечивают три диска толщиной 0,1мм. Два из них являются сплошными, а третий имеет дроссельные отверстия. Величина жесткости дисков обладает кубической зависимостью от их толщины. Приблизительный расчет жесткости дисков можно произвести используя следующее выражение:

$$C_d = a^3 \cdot y, \quad (2.13)$$

где  $a$  - толщина диска клапана сжатия;

$y$  - коэффициент, зависящий от материала, размеров, шероховатости поверхности и т.д. диска клапана сжатия.

Расчет параметра  $y$  довольно трудоемкий, поэтому в данной работе будет изменяться только толщина диска для получения оптимальной жесткости.

Конструкция серийного амортизатора имеет жесткость:

$$C_{сжк} = C_{d1} + C_{d2} + C_{d3} \quad (2.14)$$

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

Для увеличения жесткости, можно увеличить толщину одного диска клапана сжатия с 0.1 мм до 0.12мм:

$$C_{сжп} = 0.1^3 \cdot y + 0.1^3 \cdot y + 0.12^3 \cdot y = 0.00373 \cdot y$$

Определим во сколько раз полученная в результате расчетов жесткость превышает базовую:

$$\frac{C_{сжп}}{C_{сжк}} = \frac{0,00373 \cdot y}{0,003 \cdot y} = 1,243$$

Во столько же раз увеличится усилие сжатия в проектируемом амортизаторе:

$$F_{сжп} = 1,243 \cdot F_{сжк} = 190 \text{ Н}$$

Тогда средний коэффициент демпфирования и коэффициент относительного демпфирования колебаний подрессоренной массы для проектируемой стойки будут иметь следующие значения:

$$K_{кст} = \frac{190+1010}{2 \cdot 0,314} = 1911 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

$$\psi_{пк} = \frac{1911}{2 \cdot \sqrt{341,25 \cdot 40900}} = 0,26$$

Расчетное значение относительного демпфирования колебаний подрессоренной массы лежит в диапазоне обеспечивающем наилучшую плавность хода автомобиля.

Проведем проверочный расчет данного коэффициента для одноименного хода подвески с модернизированной конструкцией стойки в клапанном режиме:

$$\psi_{пк} = \frac{1911}{2 \cdot \sqrt{341,25 \cdot 18740}} = 0,38$$

Полученное значение незначительно, но все же превышает оптимальный диапазон. Поэтому следует ожидать некоторое снижение плавности хода при одноименном ходе подвески, однако, для разноименного хода курсовая устойчивость и управляемость увеличатся и цель модернизации будет достигнута. Стоит отметить, что на практике окончательное решение по настройке подвески принимается экспертами после испытаний прототипов.

### 3 Технологическая часть

#### 3.1 Анализ изменения конструкции подвески, влекущего за собой изменение технологического процесса

Определение технологического процесса дается в ГОСТ 3.1109-82. Согласно данному ГОСТ технологический процесс содержит в себе целенаправленные действия по изменению или определению состояния предмета. Под предметами труда в данном случае понимают изделия или заготовки.

Существует, однако, и другое определение технологического процесса. Технологический процесс — это последовательность связанных между собой действий, выполняющихся с момента возникновения исходных данных для получения необходимого результата.

Детально-узловой состав модернизированной конструкции передней подвески идентичен составу базовой конструкции. Поэтому технологический процесс сборки модернизированной подвески будет таким же, как и серийного узла. Дополнительной технологической проработки не требуется.

Рассмотрим детально-узловой состав передней подвески:

- рычаг передней подвески в сборе;
- стойка передней подвески с тормозом в сборе;
- стабилизатор поперечной устойчивости передней подвески в сборе.

Сохранение серийного технологического процесса исключает затраты на приобретение и модернизацию оборудования и оснастки, а также обучение работников. В конечном итоге это позволит снизить конечную себестоимость передней подвески.

#### 3.2 Технологичность разрабатываемой конструкции и требования предъявляемые к ней

Технологичность является комплексной характеристикой технически сложного устройства. Она показывает удобство производства, монтажа, ремонтпригодности. Технологичность не может быть однозначного

выражена в каких-либо единицах измерения. Однако получить представление о технологичности изделия можно из его себестоимости. Обычно современные технические изделия имеют меньшую себестоимость чем более старые изделия того же уровня потребительских свойств.

В массовом производстве требования к технологичности изделия достаточно высоки, а при производстве бюджетных автомобилей они становятся еще жестче. Для обеспечения стабильного качества процесс сборки должен быть автоматизирован, а в том случае, когда это невозможно, труд персонала должен быть механизирован. В этом случае можно сократить затраты на контроль качества продукции. Сборка автомобиля по возможности должна быть крупноузловой. Контроль качества покупных изделий должен производиться поставщиком. В этом случае можно сэкономить на входящем контроле и уменьшить количество производственных площадей и, как следствие, уменьшить затраты на содержание. Крепеж должен быть по максимуму унифицирован, что позволяет сократить номенклатуру используемого инструмента. Средства контроля и измерения должны быть автоматизированы и в наилучшем варианте встроены непосредственно в инструмент.

Технологический процесс установки передней подвески автомобиля LADA GRANTA достаточно хорошо оптимизирован и удовлетворяет практически всем вышеуказанным требованиям. Узлы используемые при сборке достаточно крупные, что существенно снижает трудоемкость. Размерность крепежных изделий подобрана так, чтобы минимизировать количество инструмента. Сам инструмент, а именно пневмогайковерты, расположены в удобном для рабочего месте и на той высоте, на которой он его используют.

### 3.3 Разработка технологической схемы установки передней подвески

Технологическая схема сборки является основой для технологического процесса. Технологическая схема сборки разрабатывается на основании

конструкторской документации. Она показывает порядок операций, перечень необходимых деталей, узлов и крепежных изделий, а также величины крутящих моментов затяжки резьбовых соединений и усилий запрессовки.

Технологический процесс называют основным, если его результатом является изменение массы, габаритов или физико-химических свойств детали или узла.

Вспомогательным технологическим процессом называют производственную деятельность, не направленную на изменение объекта. К нему относят обслуживание и ремонт оборудования, хранение, транспортировка, контроль качества, а также другие виды работ.

Технологическая операция является наименьшей частью технологического процесса. Она выполняется рабочим или группой работников непрерывно на одном рабочем месте. Имея перечень операций сборки можно спланировать необходимое количество рабочих, инструмента и специальных приспособлений, определить нормы времени и трудоемкость сборки.

Перечень описывающий все технологические операции называются маршрутной картой.

Структурно автомобиль принято делить на группы. Обычно группы соответствует системам автомобиля. Группы состоят из подгрупп, а подгруппы состоят из входящих в них деталей.

К технологической схеме процесса предъявляется ряд общих требований. Разбивка на узлы должна быть произведена так чтобы максимальное количество узлов собиралась независимо друг от друга. Следует также помнить, что при чрезмерном количестве узлов потребуются большие площади для их хранения, а также увеличится трудоемкость сборки. При недостаточном количестве узлов, их масса будет достаточно большой, что потребует использования специальных приспособлений для монтажа и транспортировки. Частичная разборка или полный демонтаж уже установленных на автомобиль деталей должны быть исключены. Детали или

узлы требующие подгонки или других дополнительных регулировок необходимо объединять в отдельные сборочные единицы.

### 3.4 Разработка перечня работ

Разработаем перечень работ по сборке модернизированной передней подвески с учетом вышеизложенных требований. В перечне будет отражена последовательность операций, а также их длительность, определена номенклатура входящих деталей, узлов, крепежных изделий и их количество, а также потребность в использовании специальных приспособлений и инструмента.

Таблица 3.1 - Перечень сборочных работ

№	Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, топ, мин
1	2	3
1. Установка стойки передней подвески с тормозами в сборе		
1	Взять стойку передней подвески и выполнить осмотр.	0.4
2	С помощью специального приспособления зафиксировать стойку на кузове.	0.5
3	Взять три шайбы и три гайки и наживить их на приварные болты верхней опоры стойки.	0.3
4	Взять гайковерт и произвести затяжку гаек крепления стойки необходимым моментом.	0.4
	Итого:	1.6
2. Установка стабилизатора передней подвески		
1	Взять стабилизатор поперечной устойчивости передней подвески и выполнить его осмотр.	0.4
2	Установить стабилизатор на автомобиль совместив отверстия на кронштейнах стабилизатора с приварными болтами на кузове.	0.5

3	Взять две гайки и две шайбы и наживить их на приварные болты.	0.3
4	Взять гайковерт и произвести затяжку гаек крепления стабилизатора необходимым моментом.	0.4
Итого		1.6
3. Установка рычага передней подвески в сборе.		
1	Взять и выполнить осмотр рычага передней подвески в сборе.	0.4
2	Совместить отверстие шарнира рычага с отверстиями кронштейна на кузове.	0.3
3	Взять и пропустить через отверстия шарнира и кронштейна болт.	0.2
4	Взять гайку и шайбу крепления рычага и наживить их на болт.	0.2
5	Взять гайковерт и произвести затяжку гайки крепления рычага необходимым моментом.	0.3
6	Совместить отверстия рычага и шарнира стойки стабилизатора.	0.4
7	Взять болт и пропустить через отверстия рычага и шарнира стойки стабилизатора.	0.3
8	Взять шайбу и гайку и наживить их на болт крепления стойки стабилизатора.	0.2
9	Взять гайковерт и произвести затяжку гайки крепления стойки стабилизатора необходимым моментом.	0.2
10	Совместить отверстие на рычаге и конусную часть пальца шарового шарнира.	0.4
11	Наживить на резьбовую часть пальца шарового шарнира гайку.	0.2
12	Взять гайковерт и произвести затяжку гайки крепления	



13	шарового шарнира необходимым моментом. Совместить отверстия кронштейна растяжки рычага с отверстиями на кузове.	0.2 0.3
14	Взять две шайбы и два длинных болта и наживить их в наружные отверстия на кузове.	0.5
15	Взять шайбу и короткий болт и наживить его во внутреннее отверстие на кузове.	0.2
16	Взять гайковерт и произвести затяжку болтов крепления кронштейна растяжки рычага необходимым моментом.	0.5
Итого:		4.8
Общее время сборочного процесса: 8 мин		

### 3.5 Определение трудоемкости установки передней подвески

Чтобы определить суммарную трудоемкость сборки модернизированной передней подвески необходимо найти сумму времени, затраченного на выполнение сборочных операций, времени, занимаемого обслуживанием рабочих мест, а также времени, отводящегося на перерывы и отдых. Помимо этого, следует иметь в виду, что установка стоек и рычагов выполняется независимо на левой и правой стороне автомобиля, а установка стабилизатора выполняется одновременно двумя рабочими, поэтому в суммарной трудоемкости все операции будут учитываться дважды.

Рассчитываем трудоемкость, затраченную на выполнение сборочных операций:

$$t^{ОБЩ}_{оп} = \sum t_{оп} = 2 \cdot (0.6 + 1.6 + 4.8) = 16 \text{ мин} \quad (3.1)$$

Вычислим суммарную трудоемкость сборки передней подвески:

$$t^{ОБЩ}_{шт} = t^{ОБЩ}_{оп} + t^{ОБЩ}_{оп} \cdot (\alpha + \beta) \cdot 100 = 16 + 16 \cdot (2 + 4) \cdot 100 = 16.96 \text{ мин} \quad (3.2)$$

где  $\alpha$  – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах,  $\alpha = 2\%$ ;

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

Таблица 3.2 - Технологическая карта сборки

ТГУ	Технологическая карта сборки				Группа: АТ-1201		
	Наименование изделия		Передняя подвеска автомобиля Лада Гранта		Студент: Пузырев		
Институт	Автомеханический		Сборочная единица	Передняя подвеска автомобиля Лада Гранта			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 стойку передней подвески и выполнить осмотр.	17.ДП.01.017-2901023 СБ, 1 шт.	Гайковерт, специальное приспособление для установки стойки			0,4
	2	С помощью специального приспособления зафиксировать стойку на кузове.					0,5
	3	Взять шайбы и гайки и наживить их на приварные болты верхней опоры стойки.	1/05196/01, 3 шт. 1/61041/01, 3 шт.				0,3
	4	Взять гайковерт и произвести затяжку гаек крепления стойки необходимым моментом.					0,4
Итого: 1.6 мин							
010	1	Взять стабилизатор поперечной устойчивости передней подвески и выполнить его осмотр.	17.ДП.01.017-2906010 СБ, 1 шт.	Гаайковерт			0,4
	2	Установить стабилизатор на автомобиль совместив отверстия на кронштейнах стабилизатора с приварными болтами на кузове.					0,5
	3	Взять гайки и шайбы и наживить их на приварные болты.	1/05196/01, 2 шт. 1/61041/01, 2 шт.				0,3
	4	Взять гайковерт и произвести затяжку гаек крепления стабилизатора необходимым моментом.					0,4
Итого: 1.6 мин							

Продолжение таблицы 3.2

ТГУ		Технологическая карта сборки			Группа: АТ-1201		
		Наименование изделия	Передняя подвеска автомобиля Лада Гранта		Студент: Пузырев		
Институт		Автомеханический	Сборочная единица	Передняя подвеска автомобиля Лада Гранта			Лист 2
Номер операции	Номер перехода	Содержание переходов	Номера деталей и их количество, поступающих на сборку	Оборудование, технологическая оснастка	Инструмент		Норма времени
					рабочий	контрольн	
015	1	Взять и выполнить осмотр рычага передней подвески в сборе	17.ДП.01.017-2904011 СБ, 1 шт.	Гайковерт			0,4
	2	Совместить отверстие шарнира рычага с отверстиями кронштейна на кузове					0,3
	3	Взять и пропустить через отверстия шарнира и кронштейна болт	1/55412/31, 1 шт.				0,2
	4	Взять гайку и шайбу крепления рычага и наживить их на болт	1/05170/70, 1 шт. 1/61015/21, 1 шт.				0,2
	5	Взять гайковерт и произвести затяжку гайки крепления рычага необходимым моментом					0,3
	6	Совместить отверстия рычага и шарнира стойки стабилизатора					0,4
	7	Взять болт и пропустить через отверстия рычага и шарнира стойки стабилизатора	1/21647/11, 1 шт.				0,3
	8	Взять шайбу и гайку и наживить их на болт крепления стойки стабилизатора	1/05168/70, 1 шт. 1/59713/21, 1 шт.				0,2
	9	Взять гайковерт и произвести затяжку гайки крепления стойки стабилизатора необходимым моментом					0,2
	10	Совместить отверстие на рычаге и конусную часть пальца шарового шарнира					0,4
	11	Наживить на резьбовую часть пальца шарового шарнира гайку	1/61050/11, 1 шт.				0,2

Продолжение таблицы 3.2

ТГУ	Технологическая карта сборки			Группа: АТ-1201			
	Наименование изделия		Передняя подвеска автомобиля Лада Гранта		Студент: Пузырев		
Институт	Автомеханический		Сборочная единица		Передняя подвеска автомобиля Лада Гранта		Лист 3
Номер операции	Номер перехода	Содержание переходов	Номера деталей и их количество, поступающих на	Оборудование, технологическая оснастка	Инструмент		Норма времени
					рабочий	контрольн	
015	12	Взять гайковерт и произвести затяжку гайки крепления шарового шарнира необходимым моментом		Гайковерт			0,2
	13	Совместить отверстия кронштейна растяжки рычага с отверстиями на кузове					0,3
	14	Взять две шайбы и два длинных болта и наживить их в наружные отверстия на кузове	1/26468/01, 2 шт. 1/58888/21, 2 шт.				0,5
	15	Взять шайбу и короткий болт и наживить его во внутреннее отверстие на кузове	1/26468/01, 1 шт. 1/13438/21, 1 шт.				0,2
	16	Взять гайковерт и произвести затяжку болтов крепления кронштейна растяжки рычага необходимым моментом					0,5
Суммарно 4,8 мин.							
Итого затраченное время на сборку подвески: 8 мин.							

### 3.6 Выбор организационной формы установки подвески

Для сборки модернизированной передней подвески оптимальной организационной формой будет являться поточная. Отличительными признаками данной формы является непрерывность производственного процесса, конкретная специализация рабочих мест, ритмичность сборки. Для обеспечения удобства сборки кузовов автомобиля должен изменять свое высотное положение от операции к операции. При установке рычага и стабилизатора кузов располагается выше чем, при установке стоек.

Разделение технологического процесса на операции следует производить так, чтобы их время была кратно такту выпуска. Таким образом сокращается время простоев и увеличивается производительность труда персонала.

Такт выпуска рассчитывается по следующей формуле:

$$T = \frac{\Phi_0 \cdot 60}{N_T}, \text{ мин.} \quad (3.3)$$

где  $N_T$  - годовой объем выпуска.

Для модернизированной передней подвески принимаем  $N_T = 150000 \text{ шт}$

$\Phi$  – годовой фонд рабочего времени, который вычисляется 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;

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

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

Рассчитываем годовой фонд рабочего времени:

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

Рассчитываем такт выпуска модернизированной подвески:

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

Полученные в результате расчетов значения такта выпуска и длительности технологических операций кратны, тем самым обеспечивается реализация поточной формы сборки.

## 4. Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

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

Управляемость, устойчивость, а также плавность хода являются ключевыми потребительскими параметрами. От этих параметров во многом зависит активная безопасность при управлении автомобилем. Значение этих показателей могут существенно отличаться в зависимости от класса автомобиля. Так, например, спортивные автомобили обладают лучшей устойчивостью и управляемостью, однако лучшую плавность хода показывают автомобили бизнес сегмента. На протяжении всей истории развития автомобилестроения эти показатели постоянно улучшаются. Это происходит за счёт непрерывного совершенствования конструкций подвесок, а также их элементов.

Предлагаемая в рамках данной работы модернизация конструкции подвески призвана улучшить управляемость и курсовую устойчивость автомобиля. Технически эти цели достигаются за счёт оптимизации характеристики амортизатора. Улучшение управляемости и устойчивости сделает автомобиль более привлекательным к покупке в глазах потребителя, а также повысит уровень его активной безопасности.

4.1.2 Управляемость и устойчивость транспортного средства

Способность автомобиля изменять и сохранять направление движения при повороте руля называется управляемостью. А способность автомобиля двигаться без потери сцепления колес с поверхностью дороги называют устойчивостью. Законодательные требования в части этих свойств автомобиля описаны в ГОСТ Р 52302-2004 «Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний». При сертификации автомобиля проверяются усилие на рулевом



колесе, стабилизация рулевого управления, устойчивость при испытании рывок, управляемость и устойчивость при испытаниях поворот и переставка. На не движущемся автомобиле усилие руля не должно превышать 60 Н, во время движения для автомобиля с установленным усилителем руля усилия не должно превышать 150 Н, а в случае его неисправности не более 300 Н. Испытание поворот и переставка необходимо производит при скоростях 72 и 83 км/ч соответственно.

Предусмотренные в рамках модернизации конструктивные изменения подвески позволят улучшить управляемость и устойчивость и, соответственно, автомобиль будет удовлетворять всем законодательным требованиям в этой части.

#### 4.1.3 Шум внутренний

Шумом называют беспорядочные колебания различной физической природы отличающиеся сложной временной и спектральной структурой. Все автопроизводители в мире пытаются снизить уровень шума в своих автомобилях. Уровень внутреннего шума значительно влияет на общую оценку автомобиля потребителем. Постоянное воздействие шума на человека приводит к повышенной утомляемости и, как, следствие к снижению работоспособности и внимательности. В этом случае больше вероятность, что водитель допустит ошибку и создаст аварийную ситуацию.

Законодательные требования РФ касающиеся внутреннего шума автомобилей обозначены в ГОСТ Р 51616-2000 «Автомобильные транспортные средства. Шум внутренний. Допустимые уровни и методы испытаний». Нормируются следующие показатели шумов:

- 1) Уровень шума во время разгона;
- 2) Уровень шума во время движения с постоянной скоростью;
- 3) Уровень шума климатических и вентиляционных систем автомобиля.

Согласно данному государственному стандарту уровень шума для грузовых автомобилей междугороднего и международного направлений

может быть не более 80 дБА, для остальных грузовых, а также легковых транспортных средств не более 78 дБА. Допустимое отклонение значение внутреннего шума составляет 2 дБА.

Предлагаемые в рамках данной модернизации конструкторские мероприятия не окажут влияния на уровень внутреннего шума автомобиля. Поэтому с уверенностью можно утверждать, что транспортное средство будет соответствовать требуемым нормам ГОСТ.

#### 4.1.4 Плавность хода

Плавность хода определяет возможность движения автомобиля по дорогам с различными неровностями с минимальными колебаниями кузова. Физическая утомляемость водителя, а также пассажиров, сохранность перевозимого груза, а также, в целом, долговечность конструкции автомобиля зависят от показателей плавности хода. Плавность хода автомобиля зависит от различных конструктивных параметров таких как массогабаритные параметры транспортного средства, размерность шин, распределение масс по всей длине, упругость сидений и т.д.

Отраслевые стандарты описывающие требования касающиеся плавности хода автомобилей имеют номера ОСТ 37.001.275 «Автотранспортные средства. Методы испытаний на плавность хода» и ОСТ 37.001.291 «Автотранспортные средства. Технические нормы плавности хода».

Конструкторские решения предлагаемые в данной модернизации подвески теоретически должны снизить плавность хода автомобиля, но незначительно. Поэтому можно прогнозировать, что значение плавности хода будет удовлетворять требованиям стандартов.

#### 4.1.5 Технологический паспорт передней подвески

Заполним технологический паспорт передней подвески согласно технологическому процессу, разработанному в разделе 3 данной работы.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт передней подвески

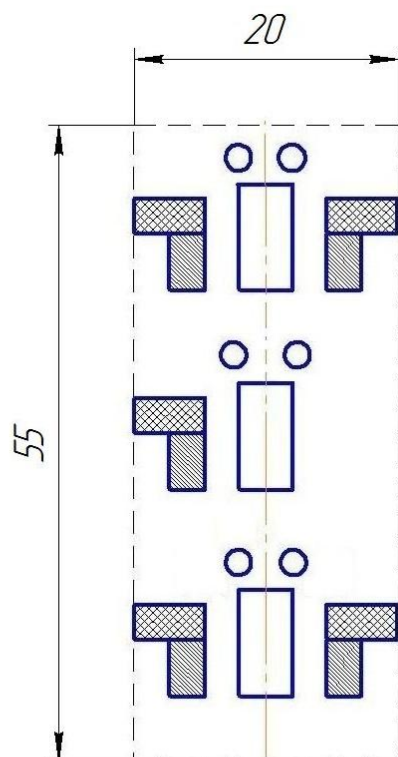
№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	2	3	4	5	6
1	Установка передней подвески	Установка стойки передней подвески	Слесарь механо-сборочных работ, человек 1	Приспособление для установки стойки ПУ-17, пневмогайковерт JTC-3921	Стойка передней подвески, крепежные элементы
2	Установка передней подвески	Установка стабилизатора передней подвески	Слесарь механо-сборочных работ, человека 2	Пневмогайковерт JTC-3921	Стабилизатор передней подвески, крепежные элементы
3	Установка передней подвески	Установка рычага передней подвески	Слесарь механо-сборочных работ, человек 1	Пневмогайковерт JTC-3921	Рычаг передней подвески, крепежные элементы

## 4.2 Идентификация профессиональных рисков

### 4.2.1 Описание рабочего места

Под рабочим местом понимают зону, закреплённую за каждым работником (или группой работников) предприятия. Обычно это какой-либо участок с установленным на нём производственным оборудованием. Каждое рабочее место обладает своей спецификой, которая обуславливается выполняемой на данном рабочем месте частью производственного процесса.

Автомобиль собирается на конвейере, расположенном в закрытом помещении. Установка подвески осуществляется на определённой части конвейера, оборудованной инструментами и приспособлениями, а также местами хранения комплектующих изделий и крепежа. Геометрия конвейерной линии спроектирована так, чтобы кузов автомобиля изменял свое высотное положение и рабочему было удобнее устанавливать детали и узлы расположены в различных частях кузова. После установки подвески на автомобиль он продолжает свое движение по конвейеру, где далее устанавливаются детали интерьера, а также детали некоторых других систем.



- - рабочее место
- (затененный) - стеллаж для инструмента и документации
- (затененный) - производственная тара
- (белый) - автомобиль

Рисунок 7 - Схема участка установки передней подвески

#### 4.2.2 Идентификация профессиональных рисков на сборочном участке

В производстве различают опасные и вредные факторы. Опасные производственные факторы могут вызвать травмирование работников, а вредные способствуют развитию у работников профессиональных заболеваний.

Вредные и опасные производственные факторы можно разделить на следующие группы:

- 1) Химические;
- 2) Физические;
- 3) Психофизиологические;
- 4) Биологические.

Химические факторы в свою очередь классифицируют по характеру воздействия (токсические, раздражающие, мутагенные, канцерогенные и др.) и способу проникновения в организм человека (через органы дыхания, через желудочно-кишечный тракт, через кожные покровы и слизистые оболочки).

К физическим опасным и вредным производственным факторам относят электрический ток, вибрации, критические значения температуры, а также шум и др.

Под психофизиологическими факторами понимают физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение, монотонность труда и др.

К биологическим опасным и вредным производственным факторам относятся патогенные микроорганизмы, а также продукты их жизнедеятельности.

На участке где осуществляется установка подвески основные опасные производственные факторы будут являться физическими, а именно движущийся транспорт, подвижные элементы конвейерной линии и специальных приспособлений. К вредным факторам можно отнести шум, вызванный работой гайковертов и движением конвейерной линии, а также неблагоприятное изменение температурного режима. Занесем эти данные в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков участка установки передней подвески

№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	2	3	4
1	Установка передней подвески (все операции)	Травмирование	Движущийся транспорт, подвижные элементы конвейерной линии и специальных приспособлений
2	Установка передней подвески (все операции)	Повышенный уровень шума	Гайковерты, конвейерная линия
3	Установка передней подвески (все операции)	Повышенный уровень температуры воздуха	Система вентиляции и кондиционирования (ее неисправность, недостаточная производительность)

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Основным мероприятием, призванным снизить травматизм в производстве является регулярное обучение работников по охране труда в сроки установленные законодательством. Помимо обучения необходимо также ввести следующие мероприятия:

- 1) Установка заграждений, разграничивающих зоны движения погрузчиков и рабочих;
- 2) Нанесение специальной разметки указывающей на зоны движения пешеходов и транспорта;
- 3) Установка специальных кожухов и барьеров перед движущимися частями механизмов и приспособлений, где это возможно.

Исследование влияния шумов на организм человека начались относительно недавно. Наука, изучающая воздействие звуков и шумов на функции организма человека называют аудиологией. Согласно последним исследованиям кратковременное воздействие шумов могут вызвать повышенную утомляемость человека, а постоянное снижает слуховую чувствительность. При высоком уровне шума слуховая чувствительность может упасть уже через 1-2 год, а при среднем уровне гораздо позже через 5-10 лет. Помимо основных последствий таких как увеличение утомляемости и потери слуха, воздействие шума также может вызывать головокружение и головную боль.

Мероприятия направленные на снижение воздействия шума на работников классифицируют на звукопоглощение, звукоизоляцию, а также организационно-технические решения.

Звукопоглотители могут существовать как в виде отдельных стационарных объектов, так и в виде специальных покрытий для поверхностей деталей машин и механизмов. В качестве звукоизоляции могут применяться различные барьеры, экраны и кожухи. Примером организационно-технических средств является применение специальных глушителей и резонаторов. Существенно снизить уровень шума можно путем применения оптимальных конструкторских решений при разработке оборудования. Известно, что косозубые шестерня гораздо тише прямозубых, а ременные передачи, в свою очередь, тише зубчатых.



Для снижения вредного воздействия шума на работников также очень эффективно применение индивидуальных средств защиты, таких как специальные наушники или беруши.

Занесем указанные выше мероприятия в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Организационно-технические методы и технические средства устранения и снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3	4
1	Травмирование	Специальные ограждения, дорожная разметка, защитные кожухи	-
2	Повышенный уровень шума	Звукоизоляционное покрытие оборудования, акустические барьеры	Наушники, беруши
3	Повышенный уровень температуры воздуха	Система вентиляции и кондиционирования	-

## 4.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сборки

### 4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Перед началом разработки мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на участке установке передней подвески следует классифицировать пожары по виду горючих материалов, опасные факторы пожаров, а также сопутствующие проявления опасных факторов.

Пожары по виду горючего материала имеют следующую классификацию:

А – «пожары, обусловленные горением твердых горючих веществ, а также конструкционных материалов;» [20]

В – «пожары, обусловленные воспламенением и горением жидкостей или плавящихся материалов или твердых веществ;» [20]

С – «пожары, обусловленные воспламенением и горением газов;» [20]

Д – «пожары, обусловленные воспламенением и горением металлов;»[20]

Е – «пожары, обусловленные воспламенением и горением веществ и материалов энергоустановок, которые находятся под электрическим напряжением;» [20]

Ф – «пожары, обусловленные реакций радиоактивных веществ, материалов или радиоактивных отходов.» [20]

Для опасных факторов пожара существует следующая классификация:

- пламя и искры;
- повышенный тепловой поток;
- превышение нормы температура окружающей среды;
- опасная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;
- «пониженная концентрация кислорода;» [17]
- уменьшение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах).

К сопутствующим для опасных факторов пожара можно отнести следующие проявления:

- обрушение задний, разрушение инженерных сооружений, производственного оборудования и других ценностей или имущества;
- образование радиоактивных и токсичных веществ;
- замыкания электрооборудования;
- отрицательное воздействие средств тушения пожара на персонал, оборудование или другое имущество.

Для участка установки передней подвески заполняем таблицу идентификации классов и опасных факторов пожара.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	«Сопутствующие проявления факторов пожара» [18]
1	2	3	4	5	6
1	Участок установки и передней подвески	Компрессор гайковерта JTC-1	Е	Пламя и искры, повышенный тепловой поток, превышение нормы температура окружающей среды, пониженная концентрация кислорода, уменьшение видимости в дыму.	Замыкание электрооборудования, разрушение производственного оборудования

#### 4.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Первичным средством пожаротушения является огнетушитель. Он может быть достаточно эффективным, если применять его на начальной стадии возгорания. Огнетушители должны находиться в специально отведенных для них местах на полу или в специальных кронштейнах. Местоположение огнетушителя должно быть четко обозначено.

Помимо огнетушителей участок может быть оборудован противопожарными техническими средствами, подключенными к водопроводной сети. Такие системы пожаротушения автоматизированы и оснащаются датчиком улавливания дыма.

К организационным мероприятиям по обеспечению пожарной безопасности на участке следует отнести своевременное обучение по охране труда персонала и грамотно составленный план эвакуации. Рациональное распределение потоков при эвакуации персонала позволяет снизить количество жертв и дает возможность пожарной охране раньше приступить к ликвидации пожара.

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
1	2	3	4	5	6	7	8
Огнетушитель порошковый ОП-5	Специальные транспортные средства пожарной охраны	Система пожаротушения ССПТ-17	Датчик дыма ИП2-12-141	Гидрант пожарный	Респиратор пожарный р-30	Набор пожарного инструмента: топор, багор, крюк, лом.	Автоматическая установка пожарная сигнализации АУПС-1582

Организационные мероприятия занесем в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта	Наименование видов, реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
1	2	3
Установка передней подвески	Обучение по охране труда	ГОСТ 12.1.004-91. Межгосударственный стандарт. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования
Установка передней подвески	Разработка плана эвакуации	ГОСТ 12.1.004-91. Межгосударственный стандарт. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования

#### 4.5 Обеспечение экологическая безопасности участка установки передней подвески

«Экологией называют науку о взаимодействиях живых организмов и их сообществ между собой и с окружающей средой.» [19]

На описываемом участке производится установка передней подвески автомобиля. Механическая обработка деталей не производится и как следствие не используется СОЖ. Для перемещения комплектующих изделий используются электропогрузчики, поэтому вредных выбросов в атмосферу не происходит. Сами детали приходят в таре многоразового использования.

Ввиду вышеуказанных обстоятельств можно считать, что сборочный участок не оказывает негативного воздействия на окружающую среду. Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду не требуется.

#### 4.6 Заключение

В данном разделе дипломной работы была дана характеристика производственно-технологического процесса установки передней подвески легкового автомобиля 2ого класса, указаны технологические операции, а также должности и количество работников их выполняющих. Также было подтверждено соответствие конструкции модернизированной подвески предъявляемым к ней государственным требованиям. В пункте 2 раздела приведена классификация возникающих профессиональных рисков по данному производственно-технологическому процессу, среди опасных и вредных производственно-технологических факторов для данного участка определены возможность травмирования, высокий уровень шума и вероятность превышения норм температурного режима. В 3ем пункте разработаны организационно-технические мероприятия, призванные снизить профессиональные риски, а именно введение специальных ограждений и кожухов, нанесение дорожной разметки, применение СИЗ. В пункте 4 указаны организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности сборочного участка, дана классификация классов и опасных факторов пожаров, перечень технических средств и организационных мер по обеспечению пожарной безопасности указан в таблице 4.5, а организационных мероприятия в таблице 4.6. В пункте 5 было подтверждено соответствие участка сборки экологическим нормам.

## 5 Технико-экономическая оценка модернизируемой подвески

В данной дипломной работе проводится модернизация передней подвески легкового переднеприводного автомобиля 2ого класса Lada Granta. Ходовые качества данного автомобиля в целом приемлемые, подвеска достаточно энергоемкая, имеет большие хода, величина клиренса выше чем в среднем у одноклассников. Однако, в сравнении с автомобилями-конкурентами потребители отмечают худшие показатели управляемости и курсовой устойчивости. Для того чтобы улучшить эти свойства автомобиля, в рамках данной модернизации предполагается изменение характеристик демпфера.

Увеличение стоимости узлов и деталей подвески приводит к удорожанию всего автомобиля. Поэтому необходимо оценить не только изменение потребительских свойств, но и величину требуемых для достижения этих показателей инвестиций. В данной части дипломной работы будут рассчитаны затраты на запуск модернизированной конструкции подвески в производство, а также дана оценка коммерческой эффективности данного проекта. Общественная эффективность проекта достигается за счет увеличения срока службы демпфирующих элементов подвески автомобиля.

### 5.1 Расчёт себестоимости модернизированной конструкции подвески

Исходные данные для расчета были получены во время преддипломной практике в период 13ого февраля по 26 марта 2017 года в отделе архитектуры и синтеза шасси управления проектирования и доводки шасси ПАО «АВТОВАЗ», а также в Тольяттинском Государственном Университете от руководителя дипломного проекта и консультанта от каф. «ЭО и УП».

Занесем полученные данные в таблицу 5.1.



Таблица 5.1 - Расчёт себестоимости проектируемого узла

Наименование	Обозначение	Ед. изм.	Источник
Годовая программа выпуска изделия	$V_{ГОД}$ 150000	шт.	Руководитель проекта
Коэффициент отчислений в страховые взносы	$E_{С.В.}$ 30		Консультант каф. «ЭО и УП»
Коэффициент общезаводских расходов	$E_{ОБ.ЗАВ.}$ 125		ПЭО цеха
Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов	$E_{КОМ}$ 5		ПЭО цеха
Коэффициент расходов на оборудование	$E_{ОБОР}$ 165		ПЭО цеха
Коэффициенты транспортных и заготовительных расходов	$K_{ТЗР}$ 3		ПЭО цеха
Коэффициент цеховых расходов	$E_{ЦЕХ}$ 175		ПЭО цеха
«Коэффициент расходов на инструмент и оснастку» [12]	$E_{ИНС}$ 3		ПЭО цеха
«Коэффициент рентабельности и плановых накоплений» [13]	$K_{РЕНТ}$ 20		Консультант каф. «ЭоиУП»
Коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве	$K_{ВЫП}$ 20		ПЭО цеха

Продолжение таблицы 5.1

11	Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	$K_{ПРЕМ} \cdot 25$		ПЭО цеха
12	Оптовая цена покупных комплектующих изделий	$C_i$	руб	ПЭО цеха
13	Количество покупных комплектующих изделий	$n_i$	шт	ПЭО цеха
14	Часовая тарифная ставка работника i-го разряда	$Cp_i$	руб	Конс.каф. «ЭоиУП»
15	Трудоемкость выполнения i-ой операции	$T_i$	час	ПЭО цеха
16	Коэффициент капиталообразующих инвестиций	$K_{ИНВ}$		Конс.каф. «ЭоиУП»

Так как в составе передней подвески присутствуют только комплектующие изделия внешних поставщиков, расчет статьи затрат «Сырье и материалы» не требуется.

Определяем затраты на покупные изделия по следующей формуле:

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

где  $C_i$  – оптовая цена покупных комплектующих изделий i-го вида, руб.

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

$K_{ТЗ}$  – «коэффициент транспортно-заготовительных расходов.» [16]

Расчет затрат на покупные изделия представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Расчет расход на покупные комплектующие изделия (проект)

№ п/п	Наименование покупных изделий	Количество	Средняя цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
1	Стойка с тормозом в сборе	2	3500	7000
2	Рычаг в сборе	2	700	1400
3	Стабилизатор в сборе	1	708	708
4	Крепеж	46	2	92
	ИТОГО:			9200
	Транспортно-заготовительные расходы		3%	276
	Всего:			9476

Расчет основной заработной платы производственного персонала производится с помощью формулы:

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

где  $Z_m$  – тарифная заработная плата рабочего в рублях.

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

где  $C_{p_i}$  – часовая тарифная ставка, руб.;

$T_i$  – трудоемкость выполнения операции, час;

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

Расчет основной заработной платы производственного персонала представлен в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Расчет основной заработной платы производственного персонала

№ п/п	Виды работ	Разряд работы	Трудоемкость	Часовая тарифная ставка, руб.	«Тарифная зарплата, руб.» [15]
1	Сборочные	4	0.25	80	20
2	Контрольные	5	0.03	90	2.7
	ИТОГО:				22.7
	Премия	25%			5.68
	Основная з/п				28.38

Для определения размера дополнительной заработной платы производственного персонала воспользуемся следующей формулой:

$$Z_{\text{доп.}} = Z_o \cdot K_{\text{вып.}}; \quad (5.4)$$

где  $K_{\text{вып.}}$  – коэффициент доплат и выплат не связанных с выполнением основных производственных работ, %

Для данной работы принимаем  $K_{\text{вып.}} = 20\%$

$$Z_{\text{доп.}} = 28.38 \cdot 0.2 = 5.68$$

Для расчета отчислений в страховые взносы применим следующую формулу:

$$C_{\text{с.в.}} = (Z_o + Z_{\text{доп.}}) \cdot E_{\text{с.в.}}; \quad (5.5)$$

где  $E_{\text{с.в.}}$  – коэффициент отчислений в страховые взносы, %

Для данного расчета примем  $E_{\text{с.в.}} = 30\%$

$$C_{\text{с.в.}} = (28.38 + 5.68) \cdot 0.3 = 10.21 \text{ руб}$$

Для определения величины затрат на содержание и эксплуатацию оборудования применим формулу:

$$C_{\text{сод.обор.}} = Z_o \cdot E_{\text{обор.}} \quad (5.6)$$

где  $E_{\text{обор.}}$  – коэффициент отчислений в единый социальный фонд, %

Для данной работы  $E_{\text{ОБОР}} = 165\%$

$$C_{\text{СОД.ОБОР}} = 28.38 \cdot 1.65 = 46.82 \text{ руб}$$

Для расчета статьи затрат «Цеховые расходы» воспользуемся формулой:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = 3o \cdot E_{\text{ЦЕХ}}, \quad (5.7)$$

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

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

$$C_{\text{ЦЕХ}} = 28.38 \cdot 1.75 = 49.66 \text{ руб}$$

Для определения величины расходов на инструмент и оснастку применим следующую формулу:

$$C_{\text{ИНСТР}} = 3o \cdot E_{\text{ИНСТР}}, \quad (5.8)$$

где  $E_{\text{ИНСТР}}$  – коэффициент затрат на инструмент и оснастку, %

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

$$C_{\text{ИНСТР}} = 28.38 \cdot 0.03 = 0.85 \text{ руб}$$

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

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

$$C_{\text{ЦЕХ.С/С}} = 9476 + 28.38 + 5.68 + 10.21 + 46.82 + 49.66 + 0.85 = 9617.59 \text{ руб}$$

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  $E_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 125\%$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 28.38 \cdot 1.25 = 35.47 \text{ руб}$$

Выполним расчет общезаводской себестоимости по формуле:

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

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.СС}} = 35.47 + 9617.59 = 9653.06 \text{ руб}$$

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  $E_{\text{КОМ}} = 5\%$

$$C_{\text{КОМ}} = 9653.06 \cdot 0.05 = 482.65 \text{ руб}$$

Для определения величины полной себестоимости модернизируемой передней подвески применим формулу:

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

$$C_{\text{ПОЛ}} = 9653.06 + 482.65 = 10135.71 \text{ руб}$$

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

$$Ц_{\text{ОТП.}} = C_{\text{ПОЛ}} \cdot (1 + K_{\text{РЕНТ}}) \quad (5.14)$$

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

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

$$Ц_{\text{ОТП.Б}} = 10135.71 \cdot (1 + 0.2) = 12093.56 \text{ руб}$$

$$Ц_{\text{ОТП.П}} = Ц_{\text{ОТП.Б}}$$

Затраты на производство модернизированной передней подвески занесем в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 - Сравнительная калькуляция

№ п/п	Наименование	Обозна чение	Затраты на единицу изделия (база)	Затраты на единицу изделия (проект)
1	Стоимость комплектующих изделий	$P_{и}$	9421	9476
2	Основная заработная плата производственных рабочих	$Z_о$	28.38	28.38
3	Дополнительная заработная плата производственных рабочих	$Z_{доп.}$	5.68	5.68
4	Отчисления в страховые взносы	$C_{с.в}$	10.21	10.21
5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	$C_{сод.обор}$	46.82	46.82
6	Цеховые расходы	$C_{цех}$	49.66	49.66
7	Расходы на инструмент и оснастку	$C_{инстр}$	0.85	0.85
8	Цеховая себестоимость	$C_{цех.с/с}$	9562.59	9617.59
9	Общезаводские расходы	$C_{об.завод}$	35.47	35.47
10	Общезаводская себестоимость	$C_{об.зав.с/с}$	9598.06	9653.06
11	Коммерческие расходы	$C_{ком}$	479.9	482.65
12	Полная себестоимость	$C_{пол}$	10077.96	10135.71
13	Отпускная цена	$Ц_{отп.}$	12093.56	12093.56

## 5.2 Определение точки безубыточности производства модернизированной конструкции подвески

Точкой безубыточности называют объём производства и реализации продукции, при котором расходы будут покрываться доходами, а при производстве и реализации каждой дополнительной единицы продукции предприятие будет получать прибыль.

Необходимую величину продаж для обеспечения безубыточности проекта можно вычислить 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 объём выпуска изделия, шт

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

$Z_{\text{пер.уд}}$  – удельные постоянные издержки на изготовление единицы изделия, руб

$Z_{\text{пер.уд}}$  – удельные переменные издержки на изготовление единицы изделия, руб

Рассчитаем переменные затраты на изготовление единицы подвески используя следующую формулу:

Базовая конструкция подвески

$$Z_{\text{перем.уд.б.}} = \Pi u + Z_o + Z_{\text{доп.}} + C_{\text{с.в}} = 9421 + 28.38 + 5.68 + 10.21 = 9465.26 \text{руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$Z_{\text{перем.уд.п.}} = \Pi u + Z_o + Z_{\text{доп.}} + C_{\text{с.в}} = 9476 + 28.38 + 5.68 + 10.21 = 9520.26 \text{руб}$$

Для расчета переменных издержек используем формулу:

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

Базовая конструкция подвески

$$Z_{\text{перем.н.б.}} = 965.26 \cdot 150000 = 1419789750 \text{руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$Z_{\text{перем.н.п.}} = 9520.26 \cdot 150000 = 1428039750 \text{руб}$$



Находим величину амортизационных отчислений по формуле:

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

где  $H_A$  - доля амортизационных отчислений, 15%

$$A_{M.уд} = (46.82 + 0.85) \cdot 15 / 100 = 7.15 \text{ руб}$$

Для расчета постоянных издержек на производство используем формулу:

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

Базовая конструкция подвески

$$Z_{\text{пост.уд.б.}} = (46.82 + 0.85) \cdot (100 - 15) / 100 + 49.66 + 35.47 + 479.9 + 7.15 = 612.7 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$Z_{\text{пост.уд.п.}} = (46.82 + 0.85) \cdot (100 - 15) / 100 + 49.66 + 35.47 + 482.65 + 7.15 = 615.45 \text{ руб}$$

Чтобы рассчитать постоянные издержки 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

$$Z_{\text{пост.б.}} = 612.7 \cdot 150000 = 91904700 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$Z_{\text{пост.п.}} = 615.45 \cdot 150000 = 92317200 \text{ руб}$$

Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска подвески будет производиться по формуле:

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

Базовая конструкция подвески

$$C_{\text{пол.г.}} = 10077.96 \cdot 150000 = 1511694450 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$C_{\text{пол.г.}} = 10135.71 \cdot 150000 = 1520356950 \text{ руб}$$

Выручку от реализации изделия рассчитываем по формуле:

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

$$\text{Выручка.н.} = 12093.56 \cdot 150000 = 1814033340 \text{ руб}$$

Определим маржинальный доход:

$$D_{\text{МАРЖ}} = \text{Выручка} - Z_{\text{ПЕРЕМ}} \cdot n \quad (5.22)$$

Базовая конструкция подвески

$$D_{\text{МАРЖ}} = 1814033340 - 1419789750 = 394243590 \text{ руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$D_{\text{МАРЖ}} = 1814033340 - 1428039750 = 385993590 \text{ руб}$$

Определение критического объема продаж для проектируемой передней подвески:

$$A_{\text{КРИТ}} = \frac{Z_{\text{ПОСТ.н.}}}{C_{\text{ОТП}} - Z_{\text{ПЕРЕМ}} \cdot n} = \frac{92317200}{12093.56} - 9520.26 = 35875.16 \text{ шт} \approx 35875 \text{ шт}$$

Также значение критического объема продаж можно определить графическим методом.

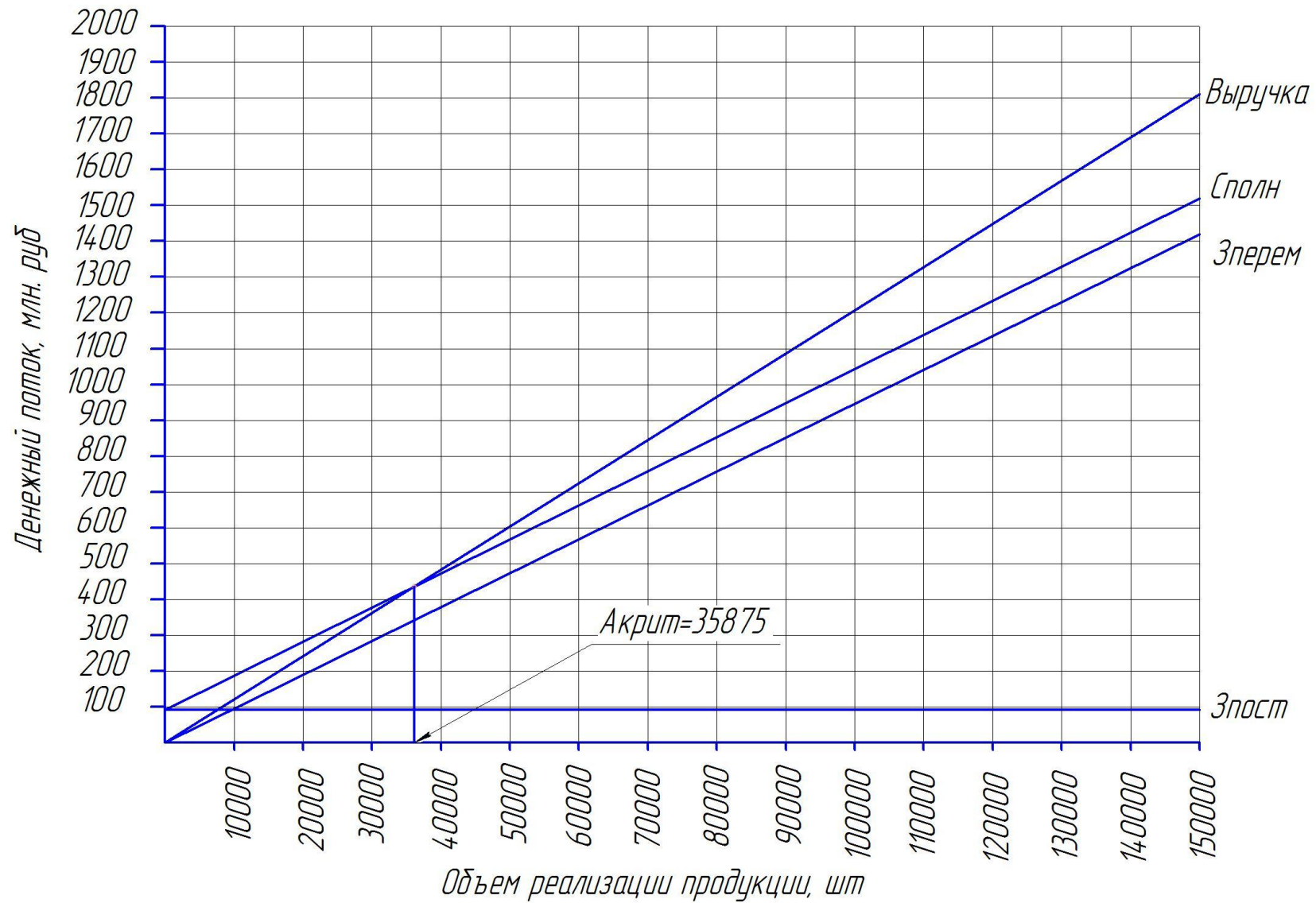


Рисунок 6 - Графический метод нахождения точки безубыточности

### 5.3 Подтверждение коммерческой эффективности модернизации подвески

Чтобы подтвердить коммерческой эффективности предлагаемой модернизации передней подвески необходимо рассчитать чистый доход, чистый дисконтированный доход, внутреннюю норму доходности, индексы доходности и срок окупаемости.

Увеличение производственных мощностей происходит постепенно. В данной работе увеличение объема производства будем считать равномерным, т.е. с постоянной величиной. Чтобы рассчитать эту величину воспользуемся формулой:

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

где  $V_{MAX}$  - максимальный объем производства изделия, шт

$A_{КРИТ}$  - критический объем продаж проектируемой подвески, шт

$n$  - количество лет производства, с учетом подготовки

$$\Delta = \frac{150000 - 35875}{6 - 1} = 22825шт$$

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.

$$V_{\text{ПРОД1}} = 35875 + 22825 = 58700 \text{шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД2}} = 58700 + 22825 = 81525 \text{шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД3}} = 81525 + 22825 = 104350 \text{шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД4}} = 104350 + 22825 = 127178 \text{шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД5}} = 127178 + 22825 = 150000 \text{шт.}$$

Зная объем производства проектируемого изделия, рассчитываем выручку:

$$V_1 = 12093.56 \cdot 58700 = 70989171372 \text{руб}$$

$$V_2 = 12093.56 \cdot 81525 = 98592712029 \text{руб}$$

$$V_3 = 12093.56 \cdot 104350 = 126196252686 \text{руб}$$

$$V_4 = 12093.56 \cdot 127178 = 153799793343 \text{руб}$$

$$V_5 = 12093.56 \cdot 150000 = 1814033340 \text{руб}$$

Для определения величины переменных затрат по годам воспользуемся следующим выражением:

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

Базовая конструкция подвески

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б1}} = 9465.26 \cdot 58700 = 5556110555 \text{руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б2}} = 9465.26 \cdot 81525 = 77165572913 \text{руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б3}} = 9465.26 \cdot 104350 = 98770040275 \text{руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б4}} = 9465.26 \cdot 127175 = 120374507638 \text{руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б5}} = 9465.26 \cdot 150000 = 1419789750 \text{руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.П1}} = 9520.26 \cdot 58700 = 5588395555 \text{руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.П2}} = 9520.26 \cdot 81525 = 77613960413 \text{руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.П3}} = 9520.26 \cdot 104350 = 99343965275 \text{руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.П4}} = 9520.26 \cdot 127175 = 121073970138 \text{руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.П5}} = 9520.26 \cdot 150000 = 1428039750 \text{руб}$$

Определение постоянных затрат по годам производится с помощью следующего выражения:

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

Базовая конструкция подвески

$$Z_{\text{пост.б.}} = 612.7 \cdot 150000 = 91904700 \text{руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$Z_{\text{пост.п.}} = 615.45 \cdot 150000 = 92317200 \text{руб}$$

Количество средств необходимых для амортизации оборудования можно определить с помощью следующей формулы:

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

$$A_M = 7.15 \cdot 150000 = 1072575 \text{руб}$$

Калькуляция себестоимости по годам производится с помощью следующего выражения:

$$C_{\text{пол.}i} = Z_{\text{перем.}i} + Z_{\text{пост}} \quad (5.29)$$

Базовая конструкция подвески

$$C_{\text{пол.б1}} = 5556110555 + 91904700 = 6475157555 \text{руб}$$

$$C_{\text{пол.б2}} = 771655729 + 91904700 = 86356042913 \text{руб}$$

$$C_{\text{пол.б3}} = 98770040275 + 91904700 = 107960510275 \text{руб}$$

$$C_{\text{пол.б4}} = 120374507638 + 91904700 = 129564977638 \text{руб}$$

$$C_{\text{пол.б5}} = 1419789750 + 91904700 = 1511694450 \text{руб}$$

Проектная конструкция подвески

$$C_{\text{пол.п1}} = 5588395555 + 92317200 = 6511567555 \text{руб}$$

$$C_{\text{пол.п2}} = 77613960413 + 92317200 = 86845680413 \text{руб}$$

$$C_{\text{пол.п3}} = 99343965175 + 92317200 = 108575685275 \text{руб}$$

$$C_{\text{пол.п4}} = 121073970138 + 92317200 = 130305690138 \text{руб}$$

$$C_{\text{пол.п5}} = 1428039750 + 92317200 = 1520356950 \text{руб}$$

$$\begin{aligned} \sum C_{\text{пол.п}} &= 6511567555 + 86845680413 + 108575685275 + \\ &+ 130305690138 + 1520356950 = 542878426376 \text{руб} \end{aligned}$$

Чтобы определить налогооблагаемую прибыль по годам следует использовать следующую формулу:

$$Pr_{\text{обл.}i} = B_i - C_{\text{пол.}i} \quad (5.30)$$

Базовая конструкция подвески

$$\begin{aligned}
Pr_{ОБЛ.1} &= 70989171372 - 6475157555 = 6237595822 \text{руб} \\
Pr_{ОБЛ.2} &= 98592712029 - 86356042913 = 12236669116 \text{руб} \\
Pr_{ОБЛ.3} &= 126196252686 - 107960510275 = 18235742411 \text{руб} \\
Pr_{ОБЛ.4} &= 153799793343 - 129564977638 = 24234815706 \text{руб} \\
Pr_{ОБЛ.5} &= 1814033340 - 1511694450 = 302338890 \text{руб}
\end{aligned}$$

Проектная конструкция подвески

$$\begin{aligned}
Pr_{ОБЛ.1} &= 70989171372 - 6511567555 = 5873495822 \text{руб} \\
Pr_{ОБЛ.2} &= 98592712029 - 86845680413 = 11747031616 \text{руб} \\
Pr_{ОБЛ.3} &= 126196252686 - 108575685275 = 17620567411 \text{руб} \\
Pr_{ОБЛ.4} &= 153799793343 - 130305690138 = 23494103206 \text{руб} \\
Pr_{ОБЛ.5} &= 1814033340 - 1520356950 = 293676390 \text{руб}
\end{aligned}$$

Величина налога на прибыль составляет 20%. Его абсолютное значение рассчитывается от налогооблагаемой прибыли по годам:

$$H_{ПР.i} = Pr_{ОБЛ.i} \cdot 0.2 \quad (5.31)$$

Базовая конструкция подвески

$$\begin{aligned}
H_{ПР.1} &= 6237595822 \cdot 0.2 = 1247519164 \text{руб} \\
H_{ПР.2} &= 12236669116 \cdot 0.2 = 2447333823 \text{руб} \\
H_{ПР.3} &= 18235742411 \cdot 0.2 = 3647148482 \text{руб} \\
H_{ПР.4} &= 242348157 \cdot 0.2 = 4846963141 \text{руб} \\
H_{ПР.5} &= 302338890 \cdot 0.2 = 60467778 \text{руб}
\end{aligned}$$

Проектная конструкция подвески

$$\begin{aligned}
H_{ПР.1} &= 5873495822 \cdot 0.2 = 1174699164 \text{руб} \\
H_{ПР.2} &= 11747031616 \cdot 0.2 = 2349406323 \text{руб} \\
H_{ПР.3} &= 17620567411 \cdot 0.2 = 3524113482 \text{руб.} \\
H_{ПР.4} &= 23494103206 \cdot 0.2 = 4698820641 \text{руб} \\
H_{ПР.5} &= 293676390 \cdot 0.2 = 58735278 \text{руб}
\end{aligned}$$

Для расчета чистой прибыли по годам воспользуемся формулой:

$$Pr_{ч.i} = Pr_{обл.i} - H_{пр.i} \quad (5.32)$$

Базовая конструкция подвески

$$\begin{aligned}
Pr_{ч.1Б} &= 6237595822 - 1247519164 = 4990076658 \text{руб} \\
Pr_{ч.2Б} &= 12236669116 - 2447333823 = 9789335293 \text{руб} \\
Pr_{ч.3Б} &= 18235742411 - 3647148482 = 14588593929 \text{руб} \\
Pr_{ч.4Б} &= 24234815706 - 48469631 = 19387852564 \text{руб} \\
Pr_{ч.5Б} &= 302338890 - 60467778 = 241871112 \text{руб}
\end{aligned}$$

Проектная конструкция подвески

$$\begin{aligned}
Pr_{ч.1П} &= 5873495822 - 1174699164 = 4698796658 \text{руб} \\
Pr_{ч.2П} &= 11747031616 - 2349406323 = 9397625293 \text{руб} \\
Pr_{ч.3П} &= 17620567411 - 3524113482 = 14096453929 \text{руб} \\
Pr_{ч.4П} &= 23494103206 - 4698820641 = 18795282564 \text{руб} \\
Pr_{ч.5П} &= 293676390 - 58735278 = 234941112 \text{руб}
\end{aligned}$$

#### 5.4 Определение экономического эффекта от повышения надежности и долговечности узлов модернизированной подвески

Предлагаемая модернизация предусматривает увеличение жесткости демпфера передней подвески. Данное конструкторское решение позволяет уменьшить количество пробоев подвески при движении и, как следствие, увеличить срок службы амортизатора.

Ожидаемую прибыль связанная с улучшением долговечности демпфирующего элемента определяем по следующей формуле:

$$Pr_{ож.дi} = \left( C_{отп} \cdot \frac{D_2}{D_1} - C_{отп} \right) \cdot V_{Г} \quad (5.33)$$

где  $D_1$  и  $D_2$  - долговечность (срок службы) базового и проектируемого изделия  $D_1 = 900000$ ;  $D_2 = 1100000$ . Отпускная цена стойки передней подвески  $C_{отп} = 1700 \text{руб}$



$$\begin{aligned}
Pr_{ОЖ.Д1} &= \left( 700 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1700 \right) \cdot 58700 = 2217555556 \text{ руб} \\
Pr_{ОЖ.Д2} &= \left( 700 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1700 \right) \cdot 81525 = 3079833333 \text{ руб} \\
Pr_{ОЖ.Д3} &= \left( 700 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1700 \right) \cdot 104350 = 3942111111 \text{ руб} \\
Pr_{ОЖ.Д4} &= \left( 700 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1700 \right) \cdot 127175 = 4804388889 \text{ руб} \\
Pr_{ОЖ.Д5} &= \left( 700 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1700 \right) \cdot 150000 = 5666666667 \text{ руб}
\end{aligned}$$

Для калькуляции ожидаемой прибыли от повышения надежности узла воспользуемся следующим выражением:

$$Pr_{ОЖ.Н} = \left( N_{Рем.Баз} \cdot Z_{Рем.Баз} - N_{Рем.Пр} \cdot Z_{Рем.Пр} \right) + \left( T_{Прост.Баз} - T_{Прост.Пр} \right) \cdot C_{ОТП} \quad (5.34)$$

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;

$$Pr_{ОЖ.Н} = \left( 60 \cdot 1300 - 40 \cdot 1300 \right) + \left( 60 - 70 \right) \cdot 1700 = 60000 \text{ руб}$$

Расчет общественно значимой экономии производится по формуле:

$$Э_{ОБЩ.i} = Pr_{ОЖ.Л.i} + Pr_{ОЖ.Н.i} \quad (5.35)$$

$$Э_{ОБЩ.1} = 2217555556 + 60000 = 2223555556 \text{ руб}$$

$$Э_{ОБЩ.2} = 3079833333 + 60000 = 3085833333 \text{ руб}$$

$$Э_{ОБЩ.3} = 3942111111 + 60000 = 3948111111 \text{ руб}$$

$$Э_{ОБЩ.4} = 4804388889 + 60000 = 4810388889 \text{ руб}$$

$$Э_{ОБЩ.5} = 5666666667 + 60000 = 5672666667 \text{ руб}$$

Для определения величины текущего чистого дохода воспользуемся следующим выражением:

$$ЧД_i = Pr_{ч.и.п.} - Pr_{ч.и.б.} + A_M + Э_{общ.} \quad (5.36)$$

$$\begin{aligned} ЧД_1 &= 4698796658 - 49900766 + 1072575 + 2223555556 = \\ &= 2039533056 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_2 &= 9397625293 - 9789335293 + 1072575 + 3085833333 = \\ &= 2801380833 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_3 &= 14096453929 - 14588593929 + 1072575 + 3948111111 = \\ &= 3563228611 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_4 &= 18795282564 - 19387852564 + 1072575 + 48103888889 = \\ &= 4325076389 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_5 &= 234941112 - 241871112 + 1072575 + 5672666667 = \\ &= 5086924167 \text{ руб} \end{aligned}$$

Определяем значения коэффициента дисконтирования  $\alpha_i$ :

$$E_{CT} = 10\%$$

$$\alpha_i = 1 / (1 + E)^t, \quad (5.37)$$

$$\alpha_1 = 0,909$$

$$\alpha_2 = 0,826$$

$$\alpha_3 = 0,753$$

$$\alpha_4 = 0,683$$

$$\alpha_5 = 0,621$$

Для калькуляции величины текущего чистого дисконтированного дохода будем использовать следующее выражение:

$$ЧДД(i) = ЧД(i) \cdot \alpha_i \quad (5.38)$$

$$ЧДД_1 = 20395330.56 \cdot 0,909 = 18539355.48 \text{ руб}$$

$$ЧДД_2 = 28013808.33 \cdot 0,826 = 23139405.68 \text{ руб}$$

$$ЧДД_3 = 35632286.11 \cdot 0,753 = 26831111.44 \text{ руб}$$

$$ЧДД_4 = 43250763.89 \cdot 0,683 = 29540271.74 \text{ руб}$$

$$ЧДД_5 = 50869241.67 \cdot 0,621 = 31589799.08 \text{ руб}$$

Рассчитываем суммарный ЧДД:

$$\sum ЧДД(i) = 12963994341 \text{ руб}$$

Для расчета потребности в капиталобразующих инвестициях используем следующее выражение:

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

где  $K_{инв}$  - «коэффициент капиталобразующих инвестиций.» [14]

В данном расчете принимаем  $K_{инв} = 1.1\%$  .

$$J_o = 0.011 \cdot \sum C_{пол.i} = 597166269 \text{ руб}$$

Рассчитываем чистый дисконтированный доход по следующей формуле:

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

$$ЧДД = 12963994341 - 597166269 = 6992331651 \text{ руб}$$

Для расчета индекса доходности инвестиций используем выражение:

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

$$JD = 6992331651 / 597166269 = 1.17$$

Определяем срок окупаемости проекта модернизации подвески:

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

$$T_{окуп.} = 597166269 / 6992331651 = 0,85 \text{ года}$$

Полученные в результате расчетов данные о коммерческой эффективности проекта занесем в таблицу.

Таблица 5.5 - Расчет коммерческой эффективности проекта

№ п/ п	Наименование показателей	Год					
		0	1	2	3	4	5
А	1	2	3	4	5	6	7
1	Объем продаж $V_{prod.i}$ (шт.)		58700	81525	104350	127175	150000
2	Расчетная цена за единицу продукции $C_{расч.з}$ (руб.)		12093.56				
3	Выручка, (тыс.руб.) $Выручка$		709891	985927	126196 2	153799 7	181403 3
4	Переменные затраты (тыс.руб.) $Z_{перем.б.}$		555611	771655	987700	120374 5	141978 9
	$Z_{перем.н.}$		558839	776139	993439	121073 9	142803 9
5	Амортизация, $A_m$ (ру б.)		1072575				
6	Постоянные затраты, (руб.) $Z_{пост.б.}$		91904700				
	$Z_{пост.н.}$		92317200				
7	Полная себестоимость, (тыс.руб.) $C_{пол.б.}$		647515	863560	107960 5	129564 9	151169 4

	$C_{пол.н.}$		651156	868456	108575	130305	152035
					6	6	6
8	Налогооблагаемая прибыль, (тыс.руб.)		58734	117470	176205	234941	293676
9	Налог на прибыль, (тыс.руб.)		11746	23494	35241	46988	58735
10	Прибыль чистая, (тыс.руб.)		46987	93976	140964	187952	234941
11	Текущий чистый доход, ЧД, (тыс.руб.)		20395	28013	35632	43250	50869
12	Коэффициент дисконтирования $\alpha_t$ при $E_{ст.1}$		0,909	0,826	0,753	0,683	0,621
13	Накопленное дисконтированное сальдо, (тыс.руб.)		18539	23139	26831	29540	31589
14	Капиталообразующие инвестиции, $J_o$ (тыс.руб.)	129639					
15	Суммарное дисконтированное сальдо потока реальных денег, (тыс.руб.) $\sum ДСП_1$		129639				

16	Чистый дисконтированный доход, $ЧДД_t$ , (тыс.руб.)		69923
17	Индекс доходности инвестиций $JD$		1.17
18	Срок окупаемости проекта $T_{окуп.}$ , ГОД		0.85

На основании полученных данных построим график зависимости прибыли от объема продаж.

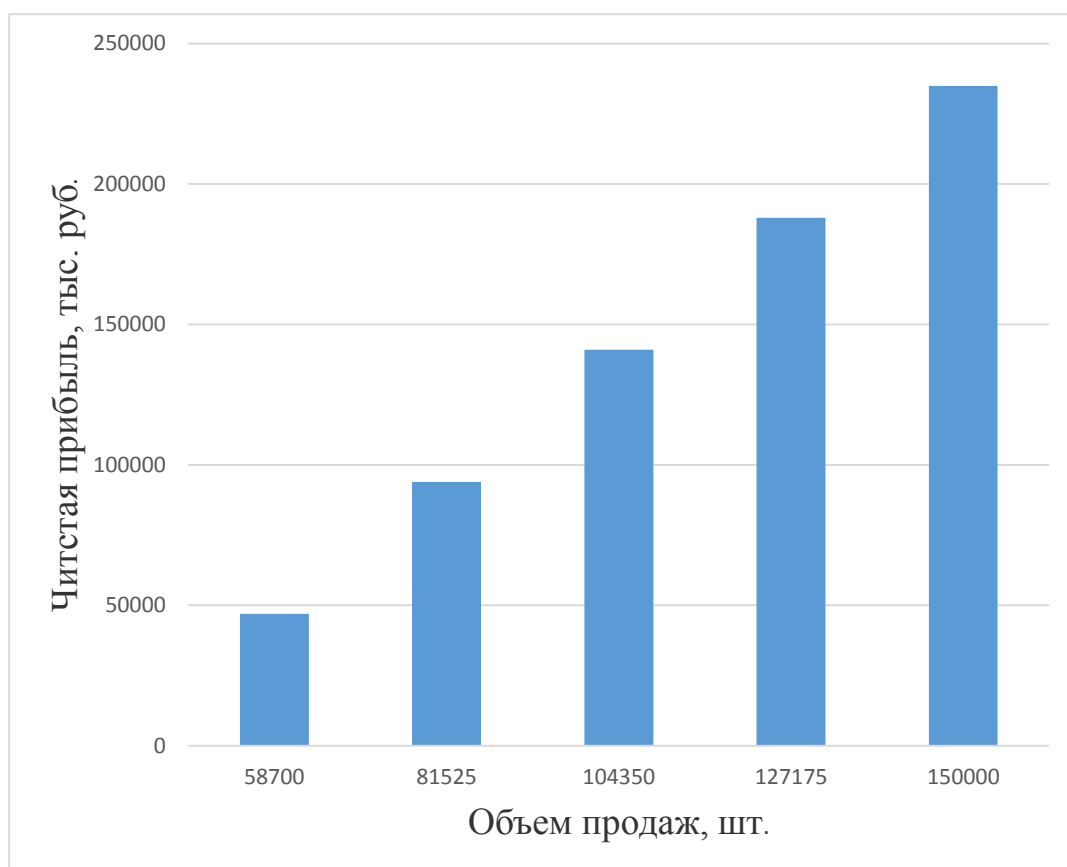


Рисунок 9 – График зависимости прибыли от объема продаж

## 5.5 Вывод

На основании полученных результатов можно сделать вывод о коммерческой эффективности предложенной модернизации передней подвески.

В проектном варианте подвески стоимость комплектующих изделий выше чем в базовом, однако, новые узлы обладают большей надежностью и долговечностью.

Потребность в капиталообразующих инвестициях составляет 59716626.9 руб.

Значение чистого дисконтированного дохода положительно и составляет 69923316.51 руб. Данное высокое значение чистого дисконтированного дохода показывает значительную коммерческую эффективность проекта.

Коммерческую эффективность также подтверждает положительное значение индекса доходности равное 1.17.

Срок окупаемости проекта составляет 0.85 года, т.е. проект с уверенностью можно считать минимально рискованным.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью дипломной работы являлось улучшение параметров управляемости и курсовой устойчивости переднеприводного легкового автомобиля 2ого класса путем совершенствования конструкции передней подвески. Для достижения этой цели были выполнены следующие работы:

- определены назначение, классификация подвески транспортного средства и предъявляемые к ней требования;
- произведен вариантов исполнений подвесок и определены тенденции в их разработке;
- произведен выбор и обоснование проектируемого варианта конструкции передней подвески;
- выполнен расчет тягово-динамических характеристик транспортного средства;
- произведен расчет упругой характеристики передней подвески;
- произведен расчет характеристик демпфирования колебаний кузова и неподрессоренных масс;
- разработан технологический процесс установки передней подвески на автомобиль;
- подтверждена экономическая эффективность проекта;
- разработан перечень мероприятий по обеспечению безопасных условий труда на сборочном участке.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Родионов, В.Ф. Легковые автомобили [Текст] /В.Ф. Родионов, Б.А. Фиттерман. – М.: Машиностроение, 1973.-490 с.
2. Раймпель, Й. Шасси автомобиля [Текст] / Й. Раймпель. – М.: Машиностроение, 1983.-356 с.
3. Валхламов, В.К. «Автомобили. Основы конструкции» [Текст] /В.К. Валхламов, Академия, 2008.-529с.
4. Васильев, Б.С. Автомобильный справочник [Текст] / Б.С. Васильев, М.С. Высоцкий, К.Л. Гаврилов– М.: Машиностроение, 2004.-704 с.
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.2. [Текст] – М.: Машиностроение, 1978.-912 с.
6. Успенский И.Н. Проектирование подвески автомобиля [Текст] – М.: Машиностроение 1976-168с.
7. Лукин, П.П. Гаспарянц, Г.А. Родионов, В.Ф. Конструкция и расчет автомобиля: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы» [Текст] П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Родионов, - М: Машиностроение, 1984. – 376 с.
8. Лата, В.Н. Конструирование и расчет автомобиля. Ходовая часть и системы управления. [Текст] Курс лекций.-125 с.
9. Лукин П.П. Конструирование и расчёт автомобиля [Текст] Машиностроение 1984-373с.
10. Кисуленко, Б.В. Краткий автомобильный справочник. ТЗ. [Текст]/ Б.В. Кисуленко, Ю.В. Дементьев, И.А. Венгеров – М.: Автополис-плюс, 2005.-560 с.
11. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие [Текст] /Л.А. Черепанов. – Тольятти: ТГУ, 2001.-41 с.
12. Хрипач, В.Я. Экономика предприятия [Текст] / В.Я.Хрипач, А.С.Головачев, И.В.Головачева и др.; Под ред. В.Я.Хрипача; Академия

управления при Президенте Республики Беларусь. Кафедра экономики и организации производства. - Минск, 1997.- 448 с.

13. Сачко, Н.С. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием: Учеб. пособие для вузов [Текст] / Н.С. Сачко, И.М. Бабук, В.И. Демидов и др.; Под ред. Н.С. Сачко, И.М. Бабука. – Минск: Выш.шк., 1988.- 272 с.

14. Грузинов В.П., Грибов В.Д. Экономика предприятия: Учеб. пос. для вузов. 2-е изд., доп. [Текст] / В.П. Грузинов, В.Д. Грибов – М.: Финансы и статистика, 2002. – 207 с.

15. Глущенко, В.Ф. Экономика предприятия. Часть 4. Организация производства. Учеб. пособие [Текст] / В.Ф. Глущенко, Г.А. Краюхин, А.И. Михайлушкин и др.: СПбГИЭУ. – СПб: СПбГИЭУ, 2001. – 101 с.

16. Ипатов, М.И. Организация и планирование машиностроительного производства: Учеб. для машиностр. спец. вузов [Текст] / М.И. Ипатов, М.К. Захарова, К.А. Грачев и др.; Под ред. М.И. Ипатова, В.И. Постникова и М.К. Захаровой.- М.: Высш.шк., 1988.-367 с.

17. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Учебно-методическое пособие [Текст] /Л.Н. Горина, М.И. Фесина – Тольятти: ТГУ, 2016.-51с.

18. Челноков, А. А. Охрана труда: учебник [Электронный ресурс] / А. А. Челноков, И. Н. Жмыхов, В. Н. Цап ; под общ. ред. А. А. Челнокова. - 2-е изд., испр. и доп. - Минск : Вышэйшая школа, 2013. - 655 с

19. Челноков, А.А. Основы экологии: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко, И. Н. Жмыхов ; под ред. А. А. Челнокова. - Минск : Вышэйшая школа, 2012. - 543 с.

20. Михнюк, Т.Ф. Охрана труда: учебное пособие [Текст] / Т. Ф. Михнюк. - Минск: ИВЦ Минфина, 2007. - 297 с.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Графики тягового расчета

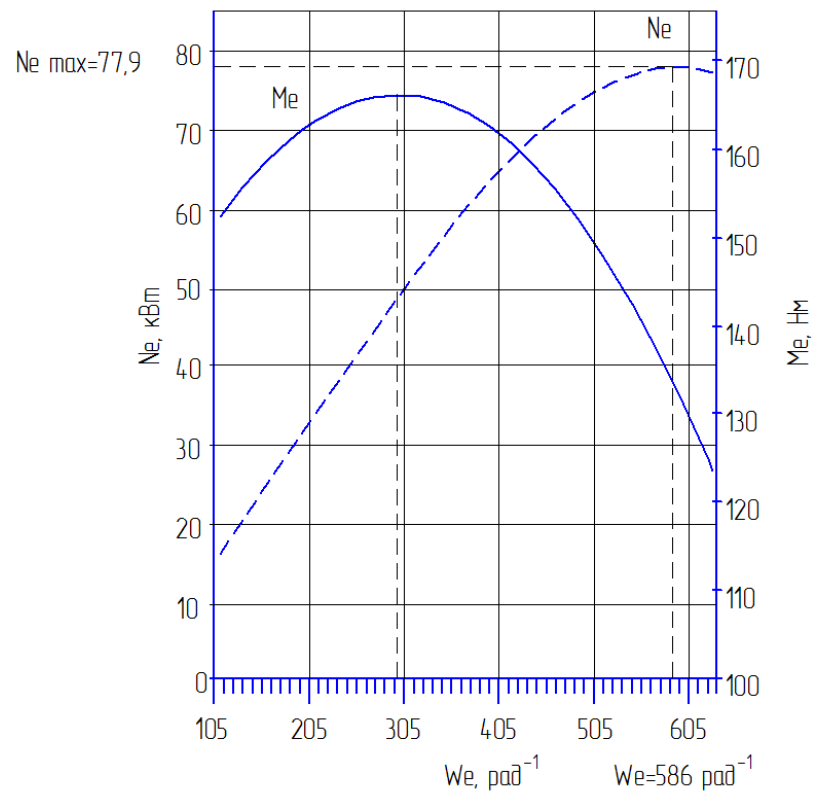


Рисунок А.1 - Внешнескоростная характеристика двигателя

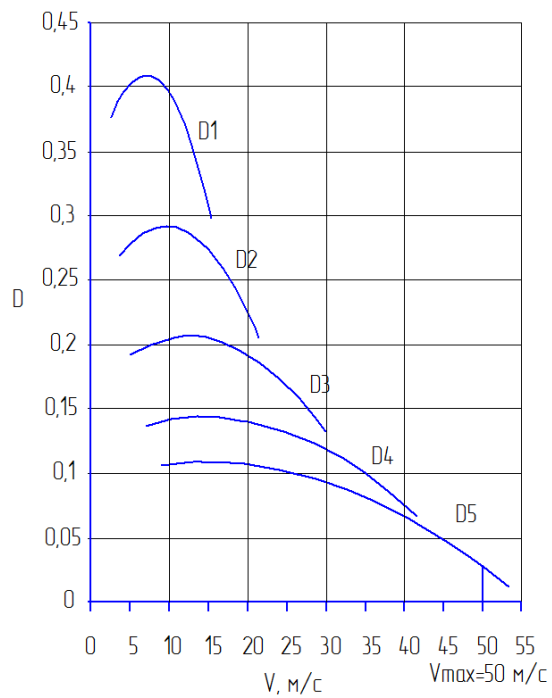


Рисунок А.2 – Динамический фактор автомобиля

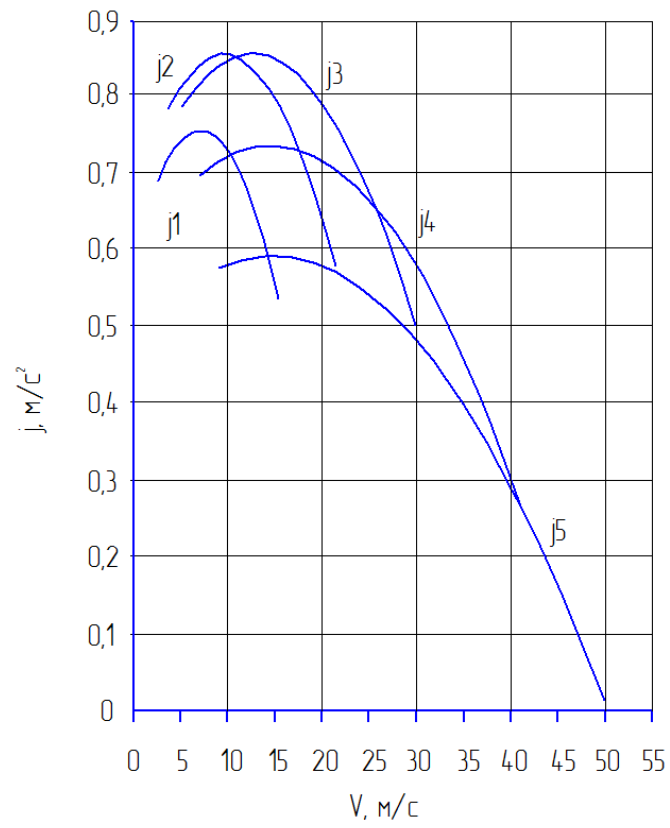


Рисунок А.3 – Ускорения автомобиля

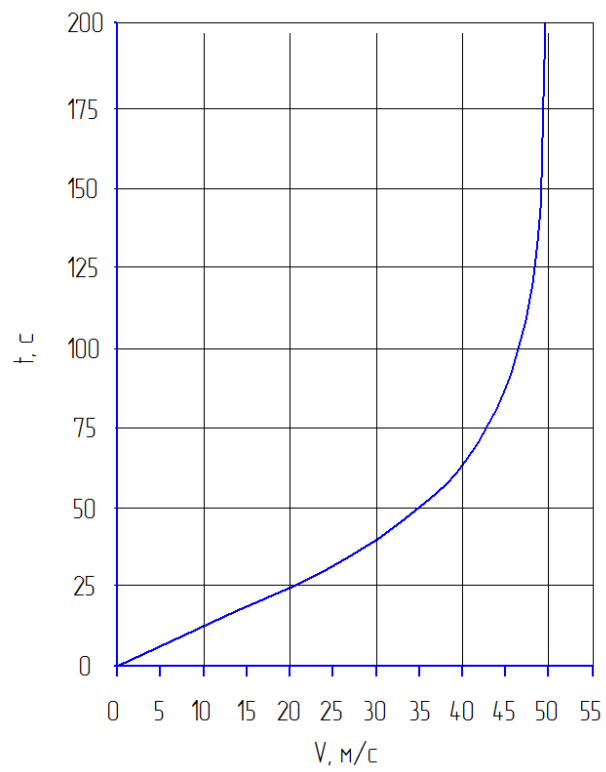


Рисунок А.4 – Время разгона

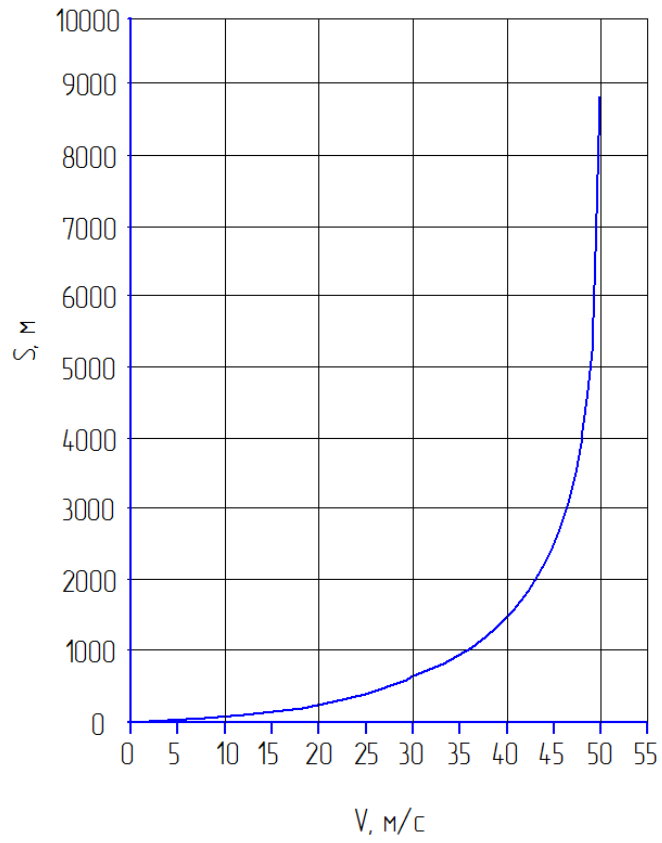


Рисунок А.5 – Путь разгона

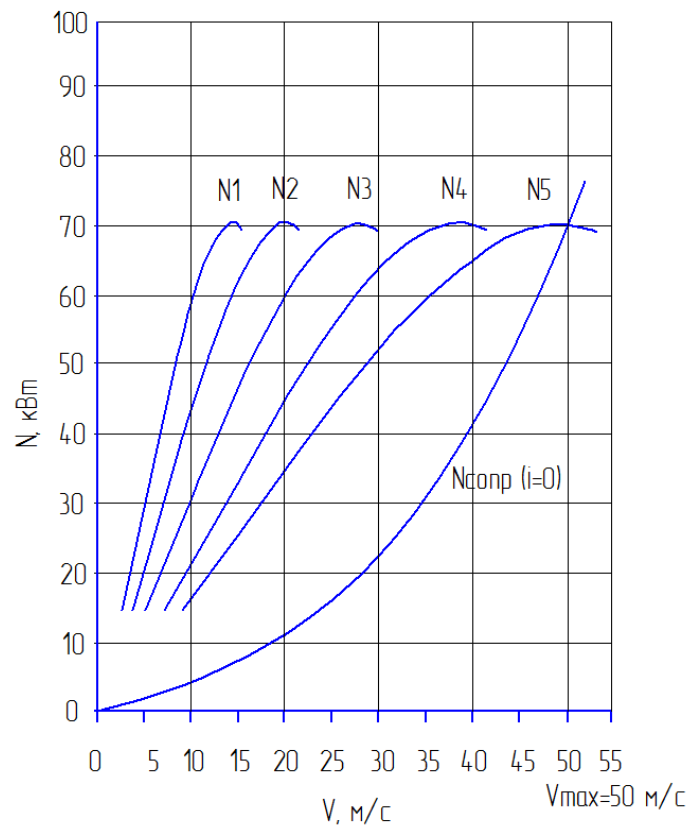


Рисунок А.6 – Мощностной баланс

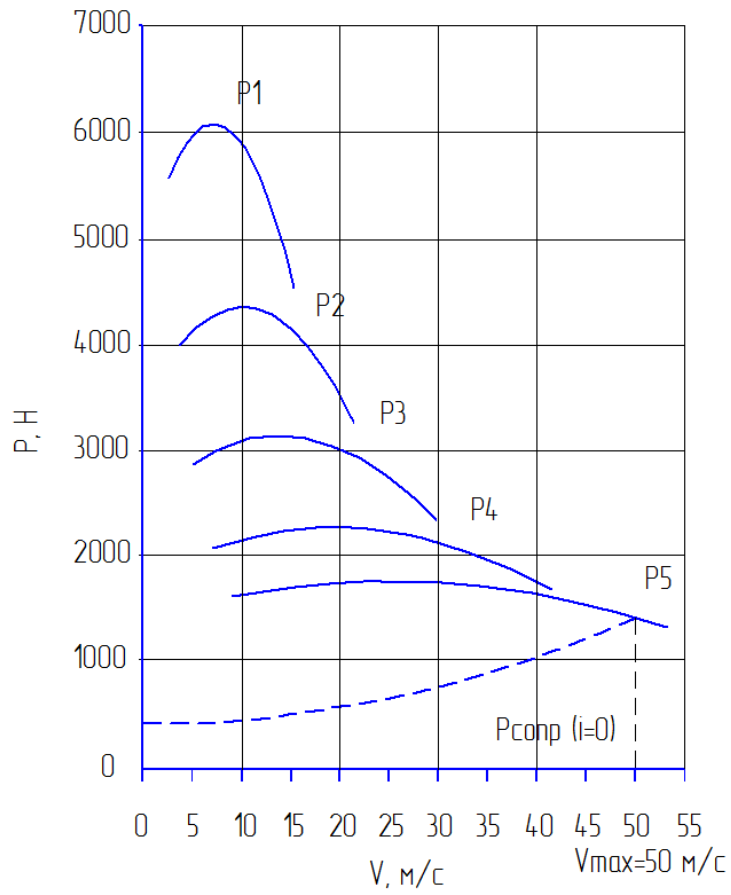


Рисунок А.7 – Тяговый баланс

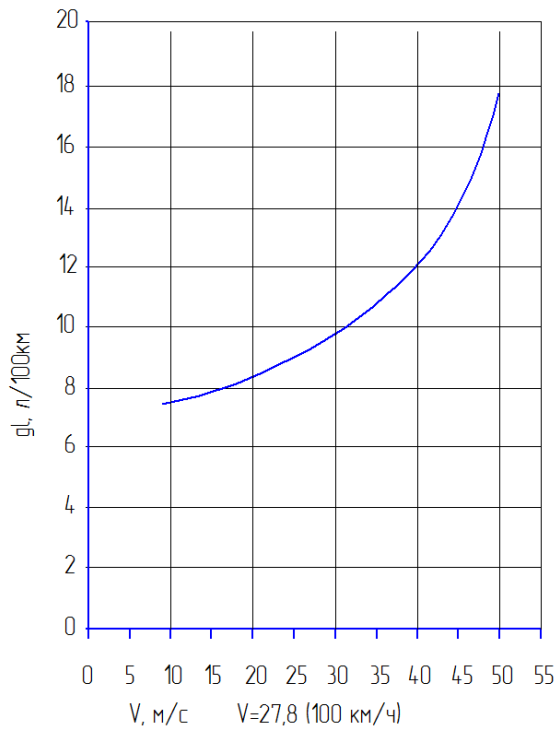


Рисунок А.8 – Топливная экономичность

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### **Спецификации**