

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Задняя подвеска автомобиля Lada Granta со спортивными характеристиками

Обучающийся

А.Н. Мастеров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.С. Тизилов

(ученая степень (при наличии), звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

(ученая степень (при наличии), звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

(ученая степень (при наличии), звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

(ученая степень (при наличии), звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

## Аннотация

Тема дипломной работы: «Задняя подвеска автомобиля Lada Granta со спортивными характеристиками». В этом быстром современном мире потребность в автомобилях также возрастает, потому что они нужны для того, чтобы обеспечить тот темп человеческой жизни, который есть у людей сегодня. Безотказная система зажигания, надежный механизм рулевого управления и замедления, чёткость хода и превосходный разгон. Отличная работоспособность на трассе, комфорт и невысокие трудозатраты на оснащение, безопасность работы, защищённость автомобиля, долгий срок службы автомобиля, высокая производительность, вот таким должен быть современный автомобиль.

Графический раздел дипломной работы состоит из 10 страниц формата А1. Описательная часть состоит из 116 страниц формата А4, включая разделы о введении, конструкции, экономике, безопасности, и приложения в виде графиков и спецификаций.

Первая часть посвящена разработанной конструкции узла, современным тенденциям их совершенствования и типологии существующих подтипов компоновок.

Второй этап проекта – расчет конструкции автомобиля. Этот раздел включает динамический анализ транспортного средства, анализ характеристик транспортного средства и конструкторские расчеты.

Третья часть дипломного проекта – техническая часть, с перечнем сборочных операций и маршрутной технологией.

Четвертая часть работы – рассмотрена проблема экологии и безопасности производства на промышленном объекте сборочного производства разрабатываемого узла.

Пятый раздел посвящен экономическому расчету стоимости проектной конструкции узла. Расчет безубыточности и расчет финансовой отдачи для этого проекта.

## **Abstract**

The topic of the thesis: "The rear suspension of the Lada Granta car with sports characteristics". In this fast modern world, the need for cars is also increasing, because they are needed in order to ensure the pace of human life that people have today. Trouble-free ignition system, reliable steering and deceleration mechanism, clear running and excellent acceleration. Excellent performance on the highway, comfort and low labor costs for equipment, work safety, car security, long service life of the car, high performance, this is how a modern car should be.

The graphic section of the thesis consists of 10 pages of A1 format. The descriptive part consists of 116 A4 pages, including sections on introduction, design, economics, safety, and appendices in the form of graphs and specifications.

The first part is devoted to the developed node design, current trends in their improvement and the typology of existing subtypes of layouts.

The second stage of the project is the calculation of the car design. This section includes dynamic vehicle analysis, vehicle performance analysis and design calculations.

The third part of the diploma project is the technical part, with a list of assembly operations and route technology.

The fourth part of the work deals with the problem of ecology and safety of production at an industrial assembly facility of the node under development.

The fifth section is devoted to the economic calculation of the cost of the design of the node. Break-even calculation and financial return calculation for this project.

## Содержание

Введение .....	5
1 Состояние вопроса .....	6
1.1 Назначение подвески и её устройство .....	6
1.2 Классификация подвесок .....	8
1.3 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции задней подвески .....	19
2 Конструкторская часть .....	21
2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля .....	21
2.2 Расчет основных параметров задней подвески автомобиля .....	36
3 Технологическая часть .....	60
4 Безопасность и экологичность объекта .....	72
5 Экономическая эффективность проекта .....	86
Заключение .....	105
Список используемой литературы .....	106
Приложение А Графики тягового расчета .....	109

## Введение

Все отрасли промышленности в мире быстро развиваются, и появление новых технологий, разработок, инноваций и технологических решений имеет для этого жизненно важное значение. Автомобильный транспорт, то есть его высокоэффективная работа, жизненно важна для существования и жизнедеятельности целых отраслей мировой экономики. Из всех растущих секторов мировой экономики автомобильная промышленность является ярким примером.

Для ускорения развития автомобильной промышленности необходимо снизить трудоемкость технического обслуживания и уменьшить расход масла и топлива, что необходимо и является основным направлением дальнейшего развития технического состояния автомобилей. Необходимо повысить безопасность и надежность автомобилей, снизить токсичность отработавших газов, уменьшить шумность автомобилей, снизить стоимость материалов, используемых при производстве автомобилей. Аэродинамические характеристики и масса кузова автомобиля также должны быть улучшены, что приведет к снижению расхода топлива. Топливо также может быть переведено на метан или дизельный газ или оснащено более современными двигателями. Электронные технологии необходимы для более эффективной эксплуатации автомобилей, и их широкое использование в конструкции транспортных средств поможет достичь этой цели.

Использование современных высокопрочных сталей, легированных сталей, пластиков, армированных углеродным волокном, алюминия и многих других новых технологий в конструкционных материалах позволит снизить вес автомобилей и повысить эффективность использования топлива.

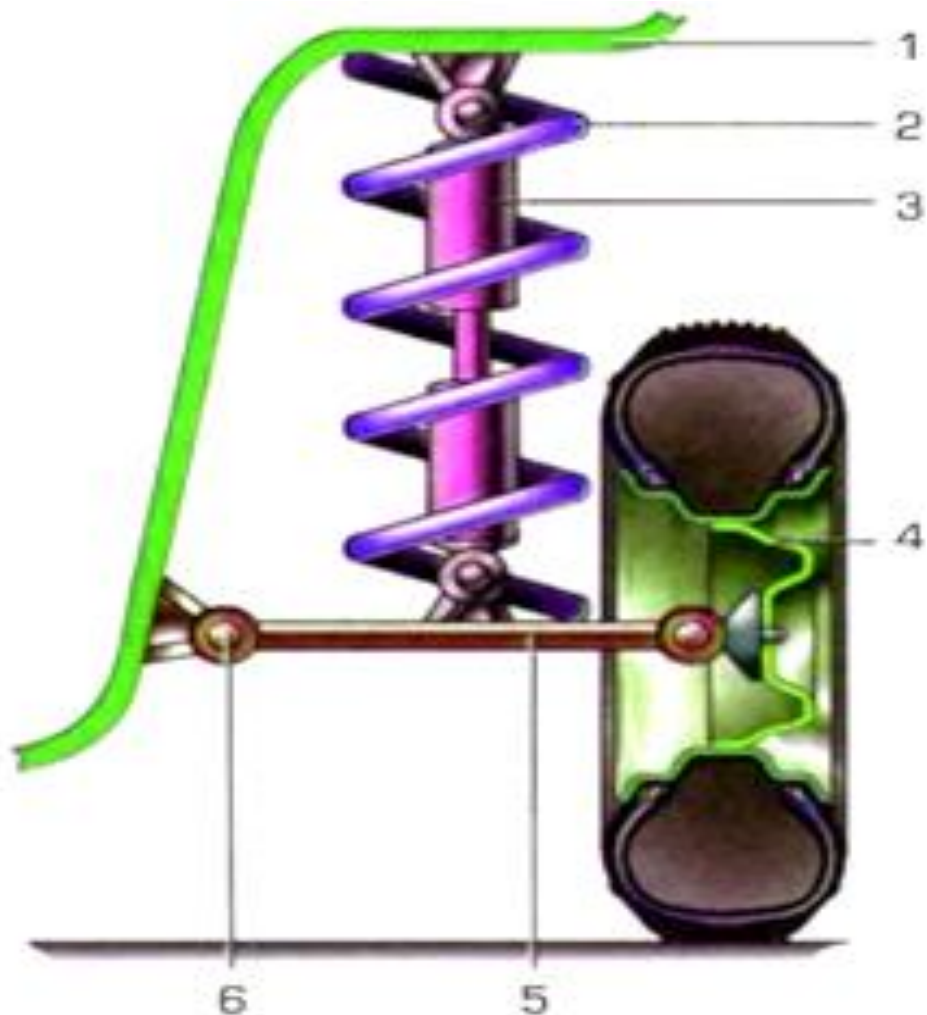
## **1 Состояние вопроса**

Легковые автомобили - это автомобили, предназначенные для передвижения людей и их грузов. Они являются основным транспортным средством для большинства людей, поскольку они комфортны, доступны и удобны в эксплуатации. Кроме того, легковые автомобили могут использоваться для транспортировки грузов, например, при переезде или при доставке товаров. В общем, легковые автомобили являются неотъемлемой частью нашей ежедневной жизни и оказывают важное влияние на экономику, культуру и общественные отношения.

Легковые автомобили могут использоваться для различных целей, таких как ежедневные поездки на работу или учебу, поездки в город или за город, а также для длительных путешествий.

### **1.1 Назначение подвески и её устройство**

Подвеска передает внешние силы на кузов автомобиля, и, наоборот, при ударных нагрузках на кузов возникают возвратно-поступательные движения балки и колесной системы. Уменьшение этого явления является одной из основных функций подвески. Подвеска - это несущая система, то есть связь между кузовом или шасси и колесами и осями. Подробнее рассмотрим, зачем нужна подвеска и каковы ее основные функции. Подвеска необходима для снижения "динамической передачи нагрузки" [14], то есть нагрузки на саму несущую систему - кузов и шасси, а также на пассажиров и багаж во время движения. Рассмотрим состав подвески. Подвеска состоит из нескольких компонентов, которые определяют общую форму подвески и способ перемещения колес с помощью этих компонентов. Компоненты подвески показаны на рисунке 1.[1]-[4]



1 – Кузов; 2 – упругий элемент; 3 – гасящий элемент; 4 – колесо; 5 – направляющий элемент; 6 – шарнир;

Рисунок 1 – Элементы подвески автомобиля

«Конструкция во многом определяет величину сил, передаваемых на ее упругие элементы, которые служат для поглощения ударов, уменьшения вертикального ускорения, снижения передачи динамических нагрузок на несущую систему и, таким образом, улучшения плавности хода. В конструкцию подвески также входят так называемые демпфирующие элементы - устройства, рассеивающие энергию, возникающую при вибрации опорной системы, за счет трения и последующего нагрева. В настоящее время в основном используются гидравлические демпфирующие элементы, в которых рассеивание энергии (также известное как диффузия) достигается за счет трения и нагрева жидкости. Однако часть энергии также может рассеиваться за счет трения в шарнирах подвески и между

тарельчатыми пружинами. В конструкциях подвески часто используются упругие элементы, называемые стабилизаторами крена, для уменьшения крена, например, при прохождении поворотов.»[4]-[8]

## 1.2 Классификация подвесок

Классификация и описание всех существующих и существовавших ранее типов подвесок заняли бы много времени, поэтому в данном разделе основное внимание уделяется наиболее распространенным и существующим типам подвесок. Классификация показана на рисунке 2. [8]-[12]

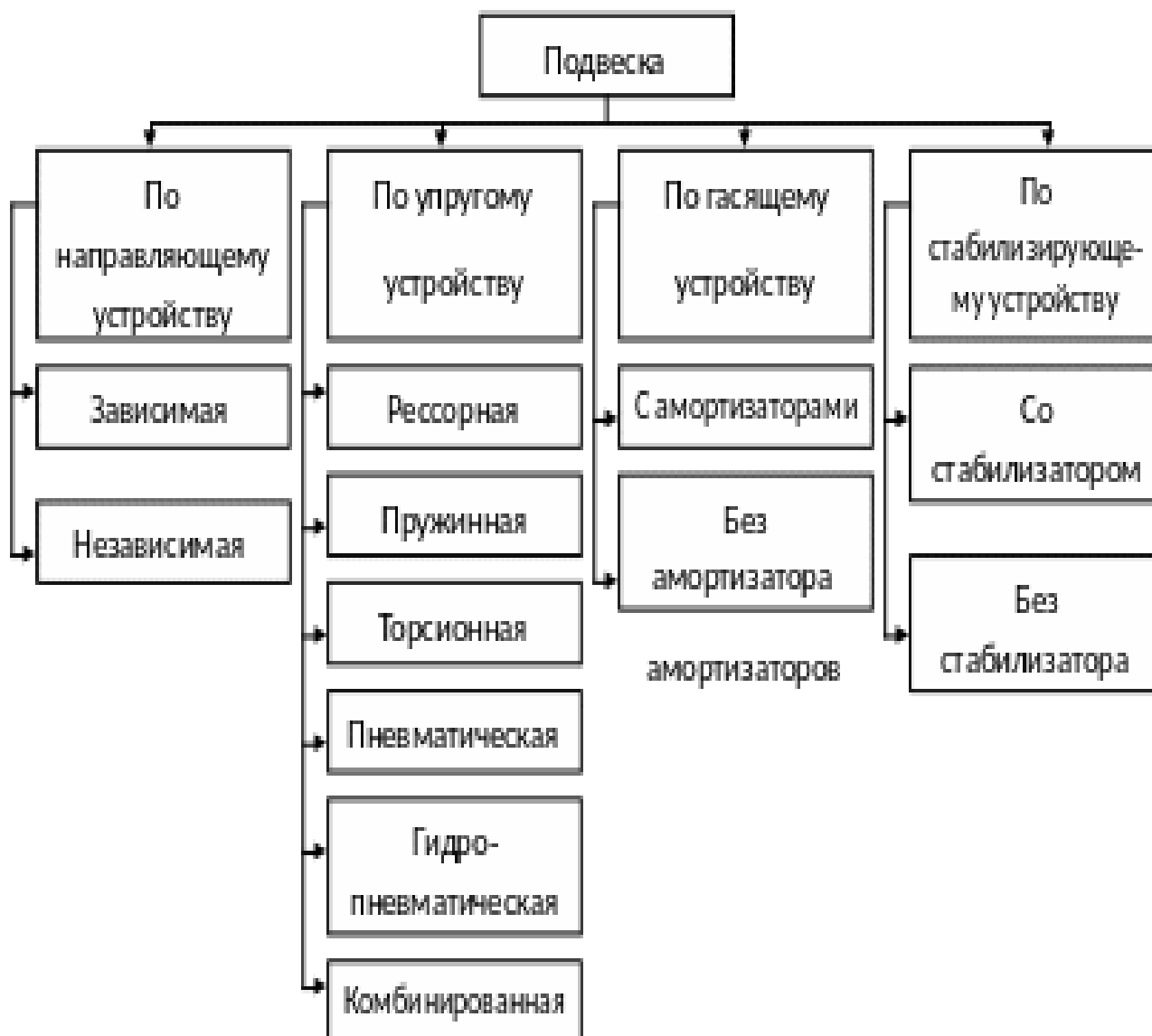
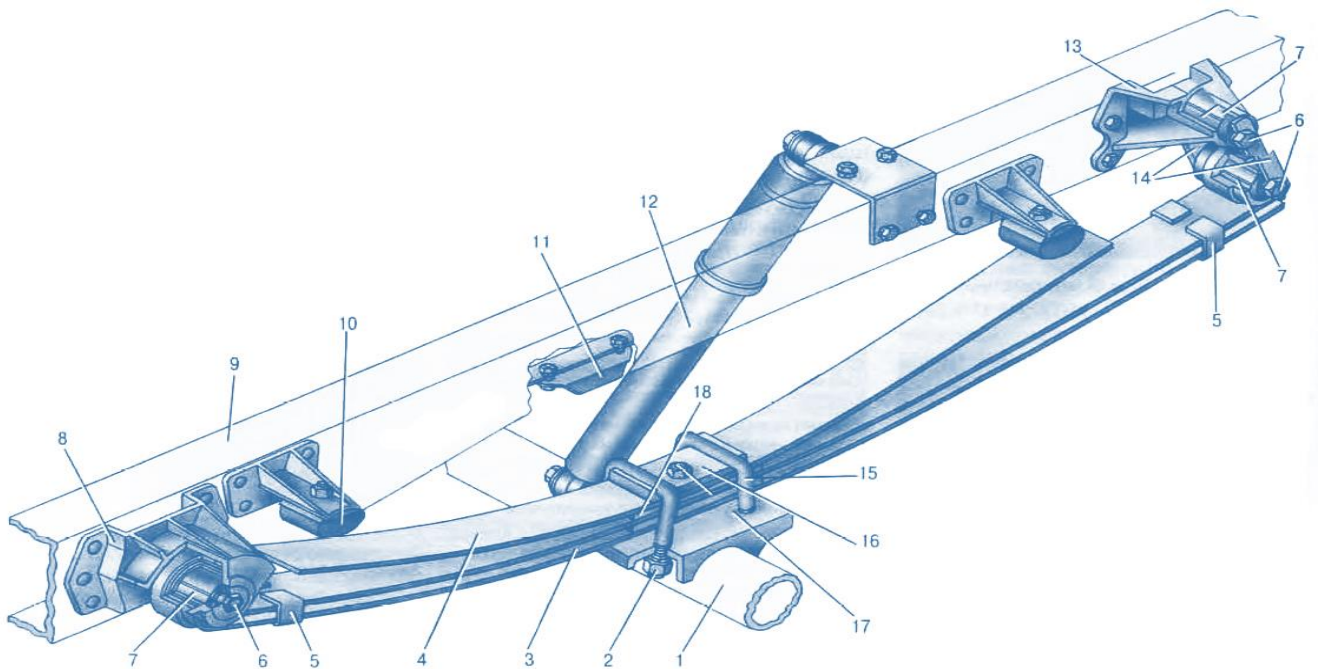


Рисунок 2 – Схема типов подвесок



Основные различия заключаются в способе крепления колес и типе компонентов подвески. К составным подвескам относятся листовые рессоры и осевые подвески без жестких пружинных зазоров. К полунезависимым типам относятся Н-образные торсионы и дидионные подвески. К независимым подвескам относятся: маятниковые подвески, подвески Макферсона, многорычажные подвески и торсионные подвески. Ниже подробно описаны наиболее часто используемые и отмеченные варианты подвесок. Листовая рессорная подвеска, рисунок 3.



«1 – Задний мост; 2 – гайка стремянки; 3 – рессора; 4 – дополнительная рессора; 5 – хомут рессоры; 6 – палец; 7 – резинометаллический шарнир; 8, 13 – кронштейны; 9 – рама; 10 – подушка; 11 – буфер; 12 – амортизатор; 14 – серьга; 15 – стремянка; 16 – накладка стремянок; 17 – центральный болт; 18 – прокладка;

Рисунок 3 – Подвеска с рессорой»[2]

Первым и, безусловно, самым важным преимуществом является простая конструкция рессоры, которая воспринимает не только вертикальные нагрузки системы подвески, но и поворотные, боковые и продольные нагрузки при торможении и старте.

Использование рессорной подвески устраняет необходимость в каких-либо управляющих тягах и рычагах. «Вторым важным преимуществом рессорной подвески является ее небольшой размер - она не уменьшает объем багажа так, как это делает пружинная подвеска - и это преимущество используется для создания пассажирских и грузовых транспортных средств на базе легковых автомобилей, примером могут служить пикапы.»[13]-[16]

Недостатками такой подвески являются плохое качество крена и низкое поглощение энергии, на которое могут влиять неровности дорожного покрытия, вызывая так называемый эффект отскока. Стоимость подвески подобного типа до 1,5 раз ниже, чем у рессор с реактивными тягами и рычагами. Обслуживание данного типа подвески простое и зачастую не требует специального оборудования, приборов и инструментов. Как уже упоминалось выше, данный тип подвески применяется в основном на легких коммерческих автомобилях, таких как Volkswagen, Ford T50 и Газели. Теперь давайте подробнее рассмотрим тип подвески, в котором используются рессоры и торсионы. Подвеска с рессорами на оси показана на рисунке 4. [17]-[20]

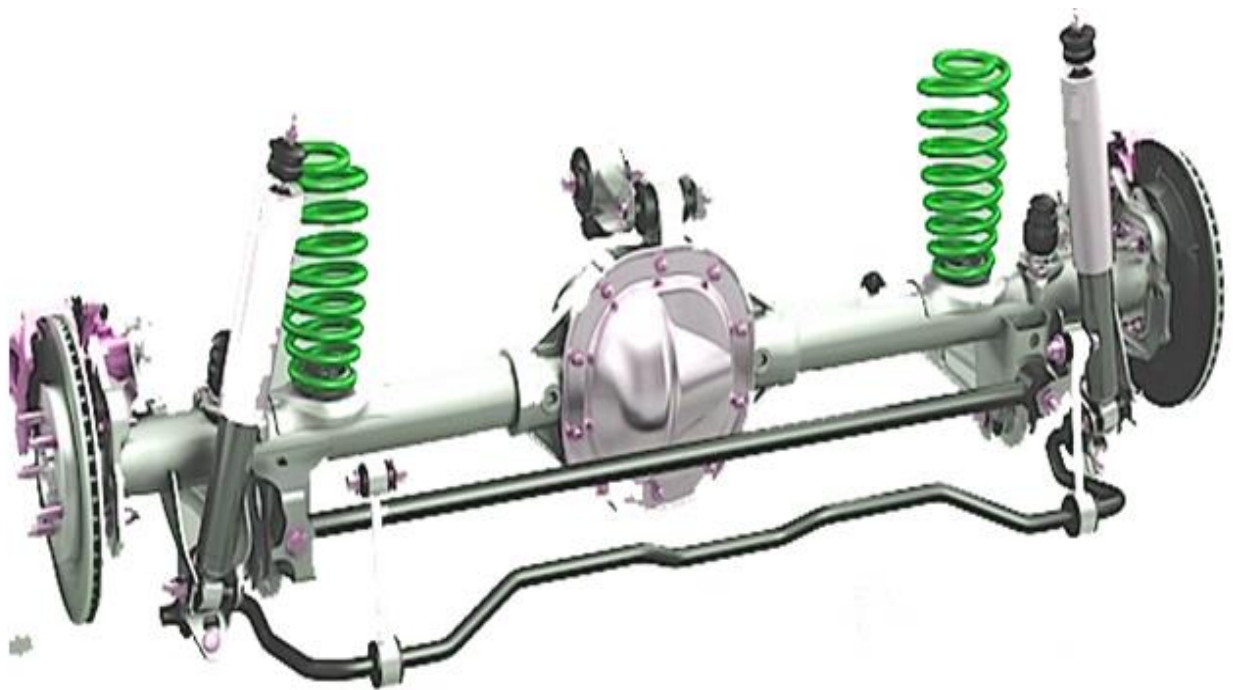


Рисунок 4 – Подвеска с пружинами на мосту

По сравнению с рессорной подвеской имеется ряд недостатков, главным из которых является использование дополнительных элементов рулевого управления, как уже упоминалось. Это также предотвращает возникновение дополнительных изгибающих моментов. Из-за большого количества компонентов этой подвески обслуживание и ремонт более сложны, во-первых, потому что требуется больше компонентов, а во-вторых, из-за использования специализированных инструментов. [20]-[25]

Следующей рассматриваемой подвеской является торсионная балка из рисунка Н. Полузависимая подвеска показана на рисунке 5.



Рисунок 5 – Полузависимая подвеска

Полузависимая подвеска, установленная на задней оси. Преимуществами этой подвески, как и пружинной, являются отсутствие компонентов рулевого управления, простота установки, компактность и легкость конструкции, в результате чего уменьшается вес без пружины и, прежде всего, улучшается кинематика колес. К сожалению, эту подвеску можно использовать только на задней оси, поскольку, как и в случае с осями с пружинными элементами, она усугубляет интерьер автомобиля. Техническое обслуживание очень простое, так как требуется только замена амортизаторов и, в некоторых случаях, резиновых элементов. С точки

зрения стоимости, он явно выгоднее других типов подвески, если сравнивать общую стоимость подвески, но у него есть существенный недостаток, заключающийся в том, что при повреждении любой части стойки необходимо заменить всю стойку. Этот тип подвески в настоящее время используется в большинстве переднеприводных автомобилей и конструктивно состоит из двух поворотных рычагов, поперечной балки между ними, демпфирующего элемента, резинового элемента и торсионной балки, соединенной с балкой. Посередине между осевой и независимой подвеской находится классическая, но редко используемая сегодня подвеска де Диона, которая показана на рисунке 6. [26]-[29]



Рисунок 6 – Подвеска Де Дион

Подвеска состоит из дифференциала и поперечной трубы между двумя ведущими колесами, подвешенной на раме полуоси, а также резиновых элементов и амортизаторов.

Отсоединив дифференциал от оси и установив его непосредственно на несущую систему, т.е. на раму или шасси, можно уменьшить вес без пружины. Такая ориентация подвески может быть достигнута за счет использования различных элементов, таких как пружины, тяги и рычаги.

Преимущество этого типа подвески заключается в том, что она имеет более высокий кинематический индекс, который даже лучше, чем у независимой подвески, и поэтому можно сказать, что она является более совершенной. Эта разработка также благоприятна для интерьера, поскольку нет необходимости в зазоре между дифференциалом и кузовом. De Dionne не является исключением в этом отношении, и все полунезависимые подвески, как правило, имеют один существенный недостаток - автомобиль начинает терять равновесие при старте и торможении. Он сутулится при разгоне и клюет при торможении. Одним из главных недостатков подвески является необходимость использования так называемой контактной трубы или полуоси с зубчатым штоком, которая неизбежно добавляет трение в систему. Стоимость такой подвески очень высока, поэтому она используется крайне редко, за единственным исключением спортивных автомобилей. [29]-[30]

Следующий тип подвески, который мы рассмотрим, - это подвеска на тяговых рычагах, показанная на рисунке 7. В этой подвеске каждое колесо на оси соединено с рычагом управления, который жестко прикреплен к шасси или кузову автомобиля. Преимущество заключается в том, что объем кабины или багажного отделения конструктивно увеличивается, так как пол становится более плоским. Использование торсиона в качестве резинового элемента дает особый эффект.

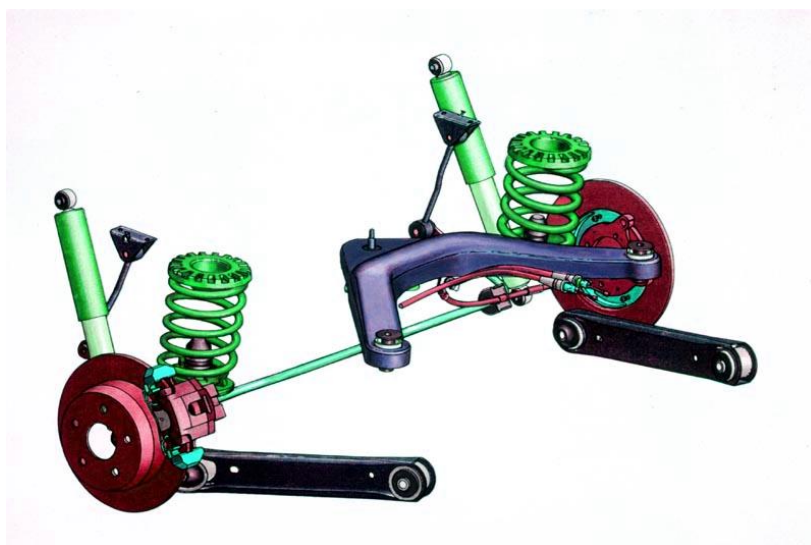


Рисунок 7 – Подвеска на продольных рычагах

Эта подвеска имеет тот существенный недостаток, что при ее включении значительно изменяется база кузова автомобиля. При прохождении поворотов колеса касаются кузова больше, чем в других конструкциях. Преимущество данной подвески в том, что все компоненты просты и цена значительно ниже. «Обслуживание также сложнее, чем у предыдущего типа конструкции, так как требует специализированных инструментов, достаточно высокой квалификации исполнителя и дополнительных регулировочных работ, в частности, по углу установки.

Во-вторых, независимый тип подвески на поворотных рычагах, также известный как подвеска на двойных поворотных рычагах.

"Эта подвеска состоит из верхнего короткого рычага и нижнего длинного рычага, с интегрированными амортизаторами и пружинными элементами. Двойная маятниковая подвеска минимизирует боковое движение колес, которое снижает поперечную устойчивость автомобиля и вызывает относительно быстрый износ шин, а также минимизирует угловое движение при вертикальном перемещении.»[2] Конфигурация поперечных рычагов позволяет каждому колесу оставаться перпендикулярным к поверхности дороги и в то же время независимо воспринимать вибрации - смотри на рисунке 8. Это самая эффективная подвеска с точки зрения поведения на дороге.



## «Рисунок 8 – Независимая двурычажная подвеска

Такая конструкция подвески сводит к минимуму потери, связанные с изменением базы, но изменения колеи незначительны. Из-за сложной конструкции с большим количеством дорогостоящих компонентов это один из самых сложных типов подвески для обслуживания и ремонта. Требуются дополнительные инструменты, оборудование и регулировки.»[31]

Тип подвески MacPherson, показанный на рисунке 9. Этот тип является наиболее распространенным и чаще всего используется из-за своей экономичности для автомобилей массового класса. «Подробнее рассмотрим конструкцию этого типа. Подвеска MacPherson часто используется в переднеприводных автомобилях, поскольку ее компактная конструкция позволяет поперечное расположение двигателя и трансмиссии, а другими преимуществами являются простота конструкции и большой ход подвески, что снижает риск поломки.»[3]

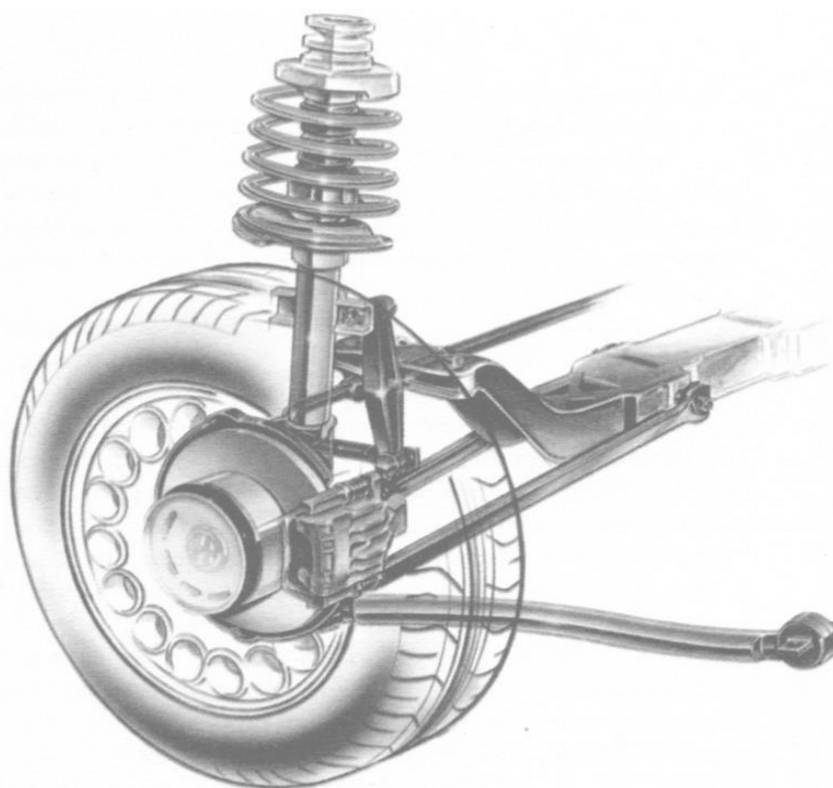


Рисунок 9 – Подвеска Макферсон

Эта подвеска не используется в спортивных автомобилях и автомобилях премиум-класса, поскольку ее конструктивные особенности, такие как шарнирные амортизаторы и большие ходы, приводят к большим изменениям развала колес (угол наклона колеса относительно вертикальной плоскости). Как правило, система MacPherson состоит из подрамника, который является несущим элементом всей системы, амортизационной балки, которая представляет собой интегрированный узел, состоящий из демпфирующих и отбойных элементов, шарниров, нижнего маятника и противооткатной балки. [32]

Этот тип подвески обеспечивает хорошую управляемость, но оказался неэффективным при попытке внедрения массовых марок, таких как Volkswagen и Skoda, поскольку эксплуатационные расходы высоки, а многие потребители не используют свои автомобили достаточно, чтобы оценить различия.

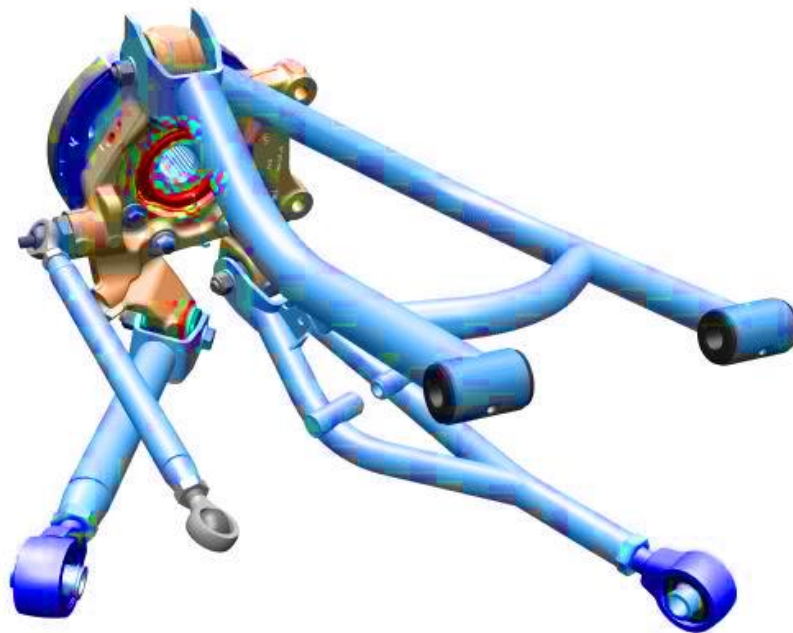


Рисунок 10 – Независимая многорычажная подвеска

«Основными преимуществами маятниковой многорычажной подвески являются ее конструкция, высокая плавность хода, низкий уровень шума и



хорошая управляемость, рисунок 10, а недостатками - высокая стоимость и сложность в строительстве и установке, а также обслуживании и ремонте. Такие подвески очень сложны и требуют специального инструмента, специального оборудования, специальных приспособлений и достаточно высокой квалификации. Эта подвеска используется такими производителями, как Audi, Infiniti, Skoda, Nissan и т.д.»[32]-[33]

«Торсионная подвеска, показанная на рисунке 11, представляет собой тип подвески, в которой в качестве резинового компонента используется торсион. Торсионная подвеска представляет собой приводимый в движение кручением металлический стержень с пазами на обоих концах. Торсионная балка состоит из набора пластин, стержней и балок с определенными поперечными сечениями. Преимуществами такой подвески являются долговечность, простота регулировки высоты и компактность конструкции, »[9] позволяющая подогнать ее под ширину автомобиля. По сравнению с рессорной подвеской, она экономит больше места. Недостатками являются низкий уровень комфорта, особенно для пассажиров задних сидений, плохая звукоизоляция, что влияет на комфорт вождения на дальние расстояния, и высокая стоимость по сравнению с подвесками Макферсон или на продольных рычагах.

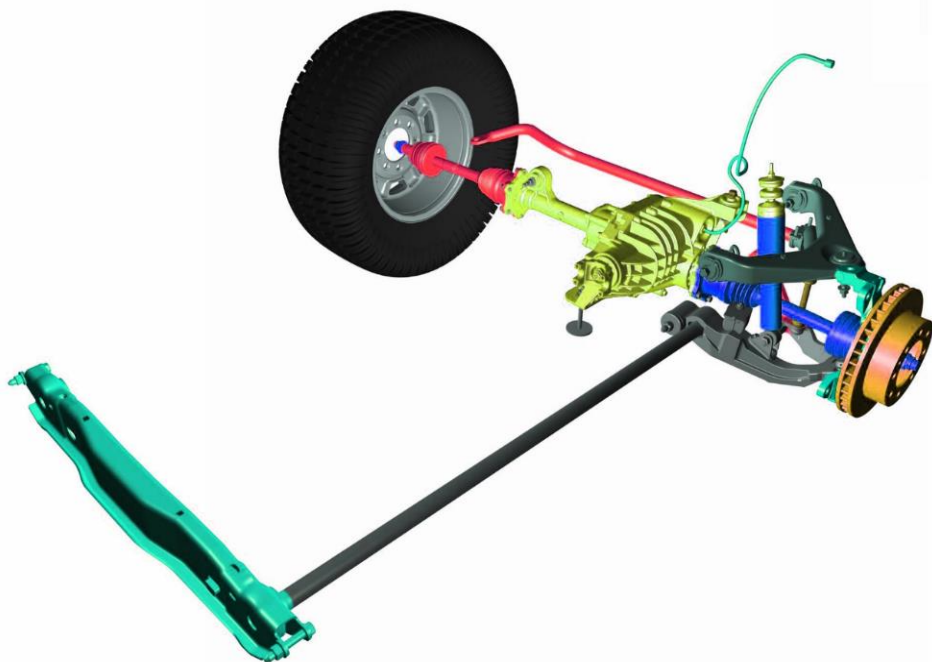


Рисунок 11 – Торсионная подвеска

Техническое обслуживание и ремонт недороги и очень просты, часто требуют только обычных инструментов, а не специализированных. Сегодня этот тип подвески используется такими производителями, как Peugeot, Renault, Mitsubishi и Toyota.

В результате можно выделить основные детали, присутствующие практически во всех типах и конструкциях подвесок всех мировых производителей автомобилей. Основные детали подвески - это амортизирующий элемент шины и водителя, телескопическая амортизационная балка, служащая для замедления раскачивания, верхняя балка, несущая нагрузку на кузов, сам резиновый элемент представляет собой винтовую пружину, "абразивные частицы, когда резиновый элемент полностью прижат к кузову стираются, что предохраняет шток амортизатора от отскока, что снижает динамические нагрузки. Элементы жесткости прикреплены болтами к шарнирной оси, шарнирная ось шарнирно соединена с поперечным рычагом, поперечный рычаг опирается на подрамник с помощью специального гидродинамического подшипника, шарнирная ось содержит ступичный узел, состоящий из подшипника и корпуса ступицы колеса, тормозная система и тормозной диск установлены на ступице колеса. Во многих вариантах реализации передняя подвеска оснащена стабилизатором крена для предотвращения избыточной поворачиваемости автомобиля, например, при прохождении поворотов. Балка стабилизатора крена также соединена с подрамником через стойку и с концом стойки амортизатора через вал стойки. В этом разделе кратко описаны самые современные типы подвесок для понимания механической системы автомобиля.

### **1.3 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции задней подвески**

Для разработанного агрегата принята конструкция задней подвески автомобиля LADA GRANTA, подвеска с связанным стопором торсионно-рычажной подвески. При разработке использована конструкция подвески типа "подвеска с связанным стопором торсионно-рычажной" от задней подвески автомобиля Lada Granta - подвеска с торсионной балкой. Удлиненный металлический рычаг соединен с U-образным шарниром через рычаг жесткости, который вместе с рычагом образует единую балку и шарнирно соединен с кузовом автомобиля.

Основным недостатком этого базового узла спортивного автомобиля является то, что жесткость подвески, влияющая на устойчивость и управляемость автомобиля, не может быть изменена в процессе эксплуатации. Подвеска не может быть использована для создания полноприводного или заднеприводного автомобиля". "Подвеска является полунезависимой, поэтому изменения в положении одного колеса будут отражаться на положении другого колеса, что приведет к дестабилизации автомобиля. Не помещается в маленький объем. Большой вес.

Описание проекта.

Вышеперечисленных недостатков можно избежать, используя новую конструкцию задней подвески - маятниковую подвеску. Основные компоненты подвески независимы друг от друга. Рычаги задней подвески приварены к фланцам рычагов подвески, при этом рычаги шарнирно и поворотом крепятся к кузову.

Ключевой особенностью данной конструкции подвески является то, что стабилизаторы можно легко менять на более или менее разные по толщине. Материал, из которого изготовлены стабилизаторы - титановый сплав - менее жесткий, чем материал, из которого изготовлены

стабилизаторы передней подвески LADA GRANTA, 70C2G. Это позволяет осуществлять поворот на больший угол. Угловую жесткость подвески можно изменить, переключая стойку стабилизатора подвески между жесткой и мягкой. Эта особенность заставляет оптимизировать систему рулевого управления в соответствии с вашими предпочтениями. Уменьшая жесткость стабилизаторов задней подвески, можно изменить колебания в неприемлемом направлении. И соответственно, уменьшая жесткость стабилизаторов передних колес, можно уменьшить среднее положение отклонения передних колес, что будет свидетельствовать о чрезмерной поворачиваемости.

Для обеспечения адекватной езды при любых условиях нагрузки при прохождении поворотов стабилизаторы обычно используются только на передней подвеске автомобиля.

И в заключении данного раздела хочу добавить, что в спортивных автомобилях имеет смысл заимствовать более жесткие стабилизаторы и стабилизаторы задней подвески. При выборе компоновки подвески важно учитывать, что она предназначена для спортивных автомобилей. Поэтому приходится идти на компромиссы, чтобы обеспечить комфорт, плавность хода и высокую устойчивость и гибкость, которые желательны в обтекаемом автомобиле. В перестроенной конструкции подвески используются пластиковые компоненты, обладающие реактивной подвижностью. Недостатком композитных подвесок является то, что взаимосвязи между подвеской и автомобилем не всегда настолько прочны, насколько могли бы быть.

## 2 Конструкторская часть

### 2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

#### 2.1.1 Исходные данные

«Число ведущих колес .....	$n_k = 2$
Собственная масса, кг .....	$m_o = 1088$
Количество мест .....	5
Максимальная скорость, м/с .....	$V_{max} = 51,67$
Максимальная частота вращения колен. вала, рад/с .....	$\omega_{max} = 680,7$
Минимальная частота вращения колен. вала, рад/с .....	$\omega_{min} = 88$
Коэффициент аэродинамического сопротивления .....	$C_x = 0,32$
Величина максимально преодолеваемого подъема .....	$\alpha_{max} = 0,30$
Коэффициент полезного действия трансмиссии .....	$\eta_{TP} = 0,91$
Площадь поперечного сечения, м <sup>2</sup> .....	$H = 2,00$
Коэффициент сопротивления качению.....	$f_{ko} = 0,012$
Число передач в коробке передач.....	5
Распределение массы автомобиля по осям, % :	
передняя ось.....	51
задняя ось .....	49
Плотность воздуха, кг/м <sup>3</sup> .....	$\rho = 1,293$
Плотность топлива, кг/л .....	$\rho_t = 0,72$ »[2]

#### 2.1.2 Подготовка исходных данных для тягового расчёта

«а) Определение полного веса и его распределение по осям»[2]

$$G_A = G_o + G_n + G_b, \quad (1)$$

«где  $G_o$  - собственный вес автомобиля;

$G_n$  - вес пассажиров;

$G_b$  - вес багажа;»[2]

$$G_0 = m_0 \cdot g = 1088 \cdot 9,807 = 10670 \text{ Н} \quad (2)$$

$$G_{II} = G_{II1} \cdot 5 = m_{II1} \cdot g \cdot 5 = 75 \cdot 9,807 \cdot 5 = 3678 \text{ Н} \quad (3)$$

$$G_B = G_{B1} \cdot 5 = m_{B1} \cdot g \cdot 5 = 10 \cdot 9,807 \cdot 5 = 490 \text{ Н} \quad (4)$$

$$G_A = 10670 + 3678 + 490 = 14838 \text{ Н} \quad (5)$$

$$G_1 = G_A \cdot 51 = 14838 \cdot 51 = 7567 \text{ Н} \quad (6)$$

$$G_2 = G_A \cdot 49 = 14838 \cdot 49 = 7270 \text{ Н} \quad (7)$$

#### «б) Подбор шин

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

На автомобиле установлены радиальные шины 185/65 R14.»[2]

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot d + \kappa \cdot \lambda \cdot B) \cdot 10^{-3}, \quad (8)$$

«где  $r_k$  – радиус качения колеса;

$r_{CT}$  – статический радиус колеса;

$B = 185$  – ширина профиля, мм;

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

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

$\lambda = 0,85$  – коэффициент типа шины.»[2]

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot 355,6 + 0,65 \cdot 0,85 \cdot 185) \cdot 10^{-3} = 0,294 \text{ м} \quad (9)$$

### 2.1.3 Определение передаточного числа главной передачи

$$U_0 = \frac{r_k}{U_K} \cdot \frac{\omega_{MAX}}{V_{MAX}}, \quad (10)$$

«где  $U_K$  - передаточное число высшей передачи в коробке передач, на которой обеспечивается максимальная скорость.

Примем значение передаточное число высшей передачи КП равным 0,784.»[2]

$$U_0 = (0,294 \cdot 680,7) / (0,784 \cdot 51,67) = 3,938 \quad (11)$$

### 2.1.4 Внешняя скоростная характеристика двигателя

«Определяем мощность двигателя, обеспечивающую движение с заданной максимальной скоростью при заданном дорожном сопротивлении.»[2]

$$N_v = \frac{1}{\eta_{TP}} \cdot \left( G_A \cdot \psi_v \cdot V_{MAX} + \frac{C_x \cdot \rho}{2} \cdot H \cdot V_{MAX}^3 \right), \quad (12)$$

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

Для легковых автомобилей принимается, что максимальная скорость достигается на прямолинейном участке, из чего следует, что:»[2]

$$\psi_v = f_0 \cdot \left( 1 + \frac{V_{MAX}^2}{2000} \right) \quad (13)$$

$$\psi_v = 0,010 \cdot (1 + 51,67^2 / 2000) = 0,023$$

$$N_v = (14838 \cdot 0,323 \cdot 51,67 + 0,32 \cdot 1,293 \cdot 2,00 \cdot 51,67^3 / 2) / 0,91 = 95983 \text{ Вт}$$

$$N_{MAX} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3}, \quad (14)$$

«где  $a, b, c$  - эмпирические коэффициенты (для легковых автомобилей с карбюраторным двигателем  $a, b, c = 1$ ),  $\lambda = \omega_{MAX} / \omega_N$  (примем  $\lambda = 1,05$ ).»[2]

$$N_{MAX} = 95983 / (1 \cdot 1,05 + 1 \cdot 1,05^2 - 1 \cdot 1,05^3) = 96478 \text{ Вт} \quad (15)$$

«Внешнюю характеристику двигателя с достаточной точностью можно определить по формуле Лейдермана.»[2]

$$N_e = N_{MAX} \cdot \left[ C_1 \frac{\omega_e}{\omega_N} + C_2 \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (16)$$

«где  $C_1 = C_2 = 1$  - коэффициенты характеризующие тип двигателя.

Определение значений крутящего момента производится по формуле:

$$Me = \frac{Ne}{\omega_e} \quad (17)$$

Расчетные данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Внешняя скоростная характеристика

Обороты дв-ля, об/мин	Угловая корость, рад/с	Мощность дв-ля, кВт	Момент дв-ля, Н*м
840	88	14,6	166,3
1290	135	23,4	173,4
1740	182	32,6	178,9
2190	229	41,9	182,8
2640	276	51,2	185,2
3090	324	60,2	186,0
3540	371	68,7	185,3
3990	418	76,4	182,9
4440	465	83,2	179,0
4890	512	88,9	173,5
5340	559	93,1	166,5
5790	606	95,7	157,8
6240	653	96,5	147,6
6690	701	95,2	135,8
6500	681	96,0	141,0

$n_e$  - обороты двигателя, об/мин;»[2]

$$n_e = \frac{30 \cdot \omega_e}{\pi} \quad (18)$$

### 2.1.5 Определение передаточных чисел коробки передач



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

В соответствии с этим должны выполняться следующие условия:»[2]

$$1) U_1 \geq \frac{G_A \cdot \psi_{MAX} \cdot r_K}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0}; \quad (19)$$

«где  $\psi_{MAX}$  - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля с учётом вычтены преодолеваемого подъёма ( $\psi_{MAX} = f_{V_{max}} + \alpha_{MAX} = \psi_V + \alpha_{MAX}$ ).»[2]

$$\psi_{MAX} = 0,023 + 0,30 = 0,323 \quad (20)$$

$$U_1 \geq 14838 \cdot 0,323 \cdot 0,294 / (186,0 \cdot 0,91 \cdot 3,938) = 1,601$$

$$2) U_1 \leq \frac{G_{сц} \cdot \varphi \cdot r_K}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0}, \quad (21)$$

«где  $G_{сц}$  - сцепной вес автомобиля ( $G_{сц} = G_1 \cdot m_1 = 7567 \cdot 0,9 = 7450$  Н,  $m_1$  - коэффициент перераспределения нагрузки на передние колёса),  $\varphi$  - коэффициент сцепления ( $\varphi = 0,8$ ).»[2]

$$U_{1 \leq} 7450 \cdot 0,8 \cdot 0,294 / (186,0 \cdot 0,91 \cdot 3,938) = 3,636$$

«Примем значение первой передачи равным:  $U_1 = 3,600$ .

Значения промежуточных ступеней КП рассчитываются на основании закона геометрической прогрессии:

Знаменатель геометрической прогрессии равен:»[2]

$$q = (U_1 / U_5)^{1/4} = (3,600 / 0,784)^{1/4} = 1,464 \quad (22)$$

$$U_2 = U_1 / q = 3,600 / 1,464 = 2,459; \quad (23)$$

$$U_3 = U_2 / q = 2,459 / 1,464 = 1,680; \quad (24)$$

$$U_4 = U_3 / q = 1,680 / 1,464 = 1,148; \quad (25)$$

$$U_5 = 0,784. \quad (26)$$

### 2.1.6 Скорость движения автомобиля на различных передачах

«Определяем возможные значения скорости на каждой передаче в зависимости от оборотов колен вала:

$$V_A = 0,377 \cdot \frac{n_e \cdot r_K}{U_{КП} \cdot U_0} \quad (27)$$

Расчетные данные сведены в таблицу 2.

Таблица 2 - Скорость автомобиля на различных передачах

Обороты двигателя, об/мин	Скорость на 1ой передаче, м/с	Скорость на 2ой передаче, м/с	Скорость на 3ей передаче, м/с	Скорость на 4ой передаче, м/с	Скорость на 5ой передаче, м/с
840	1,8	2,7	3,9	5,7	8,4
1290	2,8	4,1	6,0	8,8	12,9
1740	3,8	5,5	8,1	11,9	17,4
2190	4,8	7,0	10,2	14,9	21,9
2640	5,7	8,4	12,3	18,0	26,4
3090	6,7	9,8	14,4	21,1	30,9
3540	7,7	11,3	16,5	24,1	35,3
3990	8,7	12,7	18,6	27,2	39,8
4440	9,7	14,1	20,7	30,3	44,3
4890	10,6	15,6	22,8	33,4	48,8
5340	11,6	17,0	24,9	36,4	53,3
5790	12,6	18,4	27,0	39,5	57,8
6240	13,6	19,9	29,1	42,6	62,3
6690	14,5	21,3	31,2	45,6	66,8
6500	14,1	20,7	30,3	44,3	64,9

### 2.1.7 Сила тяги на ведущих колёсах

$$F_T = \frac{M_E \cdot U_{К.П.} \cdot U_0 \cdot \eta_{TP}}{r_K} \quad (28)$$

Расчетные данные сведены в таблицу 3.

Таблица 3 - Тяговый баланс

Обороты дв- об/мин	Сила тяги на 1 передаче, км/	Сила тяги на 2 передаче, км/	Сила тяги на 3 передаче, км/	Сила тяги на 4 передаче, км/	Сила тяги на 5 передаче, км/
840	7287	4978	3401	2323	1587
1290	7598	5191	3546	2422	1655
1740	7840	5356	3659	2499	1707
2190	8013	5474	3740	2555	1745
2640	8118	5545	3788	2588	1768
3090	8153	5569	3805	2599	1776
3540	8119	5546	3789	2588	1768
3990	8017	5476	3741	2556	1746
4440	7845	5359	3661	2501	1708
4890	7605	5195	3549	2424	1656
5340	7295	4984	3404	2326	1589
5790	6917	4725	3228	2205	1506
6240	6470	4420	3019	2063	1409
6690	5954	4067	2778	1898	1297
6500	6180	4222	2884	1970	1346

### 2.1.8 Силы сопротивления движению

Сила сопротивления воздуху:»[2]

$$F_B = H \cdot \rho_B \cdot C_x \cdot \frac{V_A^2}{2}. \quad (29)$$

«Сила сопротивления качению:»[2]

$$F_f = G_A \cdot f_K; \quad (30)$$

$$f_K = f_0 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V_A^2). \quad (31)$$

«Полученные данные заносим в таблицу 4 и строим графики зависимости сил сопротивления от скорости.»[2]

Таблица 4 - Силы сопротивления движению

Скорость, м/с	Сила сопр. воздуху, Н	Сила сопр. качению, Н	Суммарная сила сопр. движению, Н
0	0	162	162
5	12	164	177
10	49	170	220
15	111	181	291
20	197	195	391
25	307	213	520
30	442	235	678
35	602	262	864
40	786	292	1078
45	995	327	1322
50	1228	365	1594
55	1486	408	1894
60	1769	454	2223
65	2076	505	2581

### 2.1.9 Динамический фактор

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_A}, \quad (32)$$

$$D_\varphi = \frac{G_{сц} \cdot \varphi}{G_A}, \quad (33)$$

«По этим формулам и данным силового баланса рассчитывают и строят динамическую характеристику автомобиля, которая является графическим изображением зависимости динамического фактора  $D$  от скорости движения при различных передачах в коробке передач и при полной загрузке автомобиля. Данные расчёта заносят в таблицу 5 и представляют графически.»[2]

Таблица 5 - Динамический фактор на передачах

Обороты дв-ля, об/мин	Динамический фактор на 1ой передаче	Динамический фактор на 2ой передаче	Динамический фактор на 3ей передаче	Динамический фактор на 4ой передаче	Динамический фактор на 5ой передаче
840	0,449	0,307	0,209	0,142	0,096
1290	0,468	0,319	0,217	0,147	0,097
1740	0,483	0,329	0,223	0,150	0,096
2190	0,493	0,336	0,227	0,151	0,093
2640	0,499	0,340	0,229	0,150	0,088
3090	0,501	0,340	0,228	0,147	0,081
3540	0,498	0,338	0,225	0,142	0,071
3990	0,492	0,333	0,220	0,135	0,060
4440	0,481	0,324	0,213	0,126	0,046
4890	0,465	0,313	0,203	0,116	0,030
5340	0,445	0,298	0,191	0,103	0,012
5790	0,421	0,281	0,177	0,089	-0,008
6240	0,393	0,260	0,160	0,072	-0,031
6690	0,360	0,237	0,142	0,054	-0,055
6500	0,375	0,247	0,150	0,062	-0,045

### 2.1.10 Ускорения автомобиля

$$j = \frac{(D - \Psi) \cdot g}{\delta_{BP}}, \quad (34)$$

«где  $\delta_{BP}$  - коэффициент учета вращающихся масс,

$\Psi$  - коэффициент суммарного сопротивления дороги.»[2]

$$\Psi = f + i$$

« $i$  – величина преодолеваемого подъёма ( $i = 0$ ).»[2]

$$\delta_{BP} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_{KIP}^2), \quad (35)$$

«где  $\delta_1$  - коэффициент учёта вращающихся масс колёс;  $\delta_2$  - коэффициент учёта вращающихся масс двигателя:

$$\delta_1 = \delta_2 = 0,03.»[2]$$

Расчетные данные сведены в таблицу 6, таблицу 7 и таблицу 8.

Таблица 6 - Коэффициент учета вращающихся масс

	$U1$	$U2$	$U3$	$U4$	$U5$
$\delta_{\mathcal{N}} \angle$	1,419	1,211	1,115	1,070	1,048

Таблица 7 - Ускорение автомобиля на передачах

Обороты дв-ля, об/мин	Ускорение на 1ой передаче, м/с <sup>2</sup>	Ускорение на 2ой передаче, м/с <sup>2</sup>	Ускорение на 3ей передаче, м/с <sup>2</sup>	Ускорение на 4ой передаче, м/с <sup>2</sup>	Ускорение на 5ой передаче, м/с <sup>2</sup>
840	3,03	2,40	1,75	1,21	0,80
1290	3,17	2,50	1,82	1,25	0,81
1740	3,27	2,58	1,88	1,28	0,79
2190	3,34	2,64	1,91	1,28	0,75
2640	3,38	2,67	1,92	1,27	0,70
3090	3,39	2,67	1,91	1,23	0,62
3540	3,37	2,65	1,88	1,18	0,51
3990	3,33	2,60	1,83	1,11	0,39
4440	3,25	2,54	1,76	1,02	0,24
4890	3,14	2,44	1,67	0,92	0,07
5340	3,01	2,32	1,57	0,79	-0,12
5790	2,84	2,18	1,44	0,65	-0,33
6240	2,64	2,01	1,29	0,49	-0,56
6690	2,42	1,82	1,12	0,31	-0,82
6500	2,51	1,90	1,19	0,39	-0,71

### 2.1.11 Величины обратные ускорениям автомобиля

«Таблица 8 - Величины обратные ускорениям автомобиля

Обороты дв-ля, об/мин	1/j на 1ой передаче, с2/м	1/j на 2ой передаче, с2/м	1/j на 3ей передаче, с2/м	1/j на 4ой передаче, с2/м	1/j на 5ой передаче, с2/м
840	0,33	0,42	0,57	0,83	1,25
1290	0,32	0,40	0,55	0,80	1,24
1740	0,31	0,39	0,53	0,78	1,26
2190	0,30	0,38	0,52	0,78	1,33
2640	0,30	0,38	0,52	0,79	1,44
3090	0,29	0,37	0,52	0,81	1,62
3540	0,30	0,38	0,53	0,85	1,95
3990	0,30	0,38	0,55	0,90	2,57
4440	0,31	0,39	0,57	0,98	4,12
4890	0,32	0,41	0,60	1,09	13,44
5340	0,33	0,43	0,64	1,26	-8,63
5790	0,35	0,46	0,70	1,54	-3,05
6240	0,38	0,50	0,78	2,05	-1,78
6690	0,41	0,55	0,90	3,26	-1,22
6500	0,40	0,53	0,84	2,59	-1,41

### 2.1.12 Время и путь разгона

Время и путь разгона автомобиля определяем графоаналитическим способом. Смысл этого способа в замене интегрирования суммой конечных величин:»[2]

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \left( \frac{1}{j_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i). \quad (36)$$

«С этой целью кривую обратных ускорений разбивают на интервалы и считают, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным ускорением  $j = const$ , которому соответствуют значения  $(1/j) = const$ . Эти величины можно определить следующим образом:»[2]

$$\left( \frac{1}{j_{CP}} \right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2}, \quad (37)$$

«где  $k$  – порядковый номер интервала.

Заменяя точное значение площади под кривой  $(1/j)$  в интервале  $\Delta V_k$  на значение площади прямоугольника со сторонами  $\Delta V_k$  и  $(1/j_{CP})_k$ , переходим к приближённому интегрированию:»[2]

$$\Delta t = \left( \frac{1}{j_{CP}} \right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}) \quad (38)$$

$$t_1 = \Delta t_1, \quad t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, \quad t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k.$$

«где  $t_1$  – время разгона от скорости  $V_o$  до скорости  $V_1$ , [6]

$t_2$  – время разгона до скорости  $V_2$ .

Результаты расчёта, в соответствии с выбранным масштабом графика приведены в таблице 9:»[2]

Таблица 9 - Время разгона автомобиля

Диапазон скорости, м/с	Площадь, мм <sup>2</sup>	Время, с
0-5	152	0,8
0-10	457	2,3
0-15	824	4,1
0-20	1279	6,4
0-25	1861	9,3
0-30	2603	13,0
0-35	3527	17,6
0-40	4685	23,4
0-45	6130	30,6

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

В данном случае кривая  $t = f(V)$  разбивается на интервалы по времени, для каждого из которых находятся соответствующие значения  $V_{CPk}$ . Площадь элементарного прямоугольника в интервале  $\Delta t_k$  есть путь, который проходит автомобиль от отметки  $t_{k-1}$  до отметки  $t_k$ , двигаясь с постоянной скоростью  $V_{CPk}$ .

Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом :»[2]

$$\Delta S = V_{CPk} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{CPk} \cdot \Delta t_k, \quad (39)$$

«где  $k = 1 \dots m$  – порядковый номер интервала,  $m$  выбирается произвольно ( $m = n$ ).

Путь разгона от скорости  $V_0$

до скорости  $V_1$ :  $S_1 = \Delta S_1$ ,

до скорости  $V_2$ :  $S_2 = \Delta S_1 + \Delta S_2$ ,



до скорости  $V_n$ :  $S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k$  [6]

Результаты расчёта заносятся в таблицу 10:»[2]

Таблица 10 - Путь разгона автомобиля

Диапазон скорости, м/с	Площадь, мм <sup>2</sup>	Путь, м
0-5	38	2
0-10	266	13
0-15	725	36
0-20	1522	76
0-25	2832	142
0-30	4873	244
0-35	7875	394
0-40	12217	611
0-45	18358	918

### 2.1.13 Мощностной баланс

«Для решения ряда вопросов, как, например, выбор передаточного числа главной передачи, исследование топливной экономичности автомобиля, удобным является анализ мощностного баланса автомобиля, который выражается уравнением:»[2]

$$N_K = N_e \cdot \eta_{TP} = N_f + N_{II} + N_B + N_j, \quad (40)$$

« $N_f$  - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению;

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

$N_{II}$  - мощность, затрачиваемая на преодоление подъема ( $N_{II} = 0$ );

$N_j$  - мощность, затрачиваемая на ускорение автомобиля ( $N_j = 0$ ).

Расчетные данные сведены в таблицу 11 и таблицу 12.

Это уравнение показывает, как распределяется мощность, развиваемая на ведущих колесах автомобиля, по различным сопротивлениям движению.»[2]

Таблица 11 - Мощностной баланс

Обороты дв-ля, об/мин	Мощность на колесе, кВт
840	13,3
1290	21,3
1740	29,7
2190	38,2
2640	46,6
3090	54,8
3540	62,5
3990	69,5
4440	75,7
4890	80,9
5340	84,7
5790	87,1
6240	87,8
6690	86,6
6500	87,3

Таблица 12 - Мощность сопротивления движению

Скорость, м/с	Мощность сопротивления воздуха	Мощность сопротивления качения	Суммарная мощность сопротивления
0	0,0	0,0	0,0
5	0,1	0,8	0,9
10	0,5	1,7	2,2
15	1,7	2,7	4,4
20	3,9	3,9	7,8
25	7,7	5,3	13,0
30	13,3	7,1	20,3
35	21,1	9,2	30,2
40	31,4	11,7	43,1
45	44,8	14,7	59,5
50	61,4	18,3	79,7
55	81,7	22,4	104,2
60	106,1	27,3	133,4
65	134,9	32,8	167,8

### 2.1.14 Топливо-экономическая характеристика

«Для получения топливо-экономической характеристики следует рассчитать расход топлива при движении автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге с заданными постоянными скоростями от минимально устойчивой до максимальной.»[2]

$$Q_s = \frac{1.1 \cdot g_{e \min} K_H \cdot K_E (N_f + N_B)}{36000 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}} \quad (41)$$

«где  $g_{E \min} = 290$  г/(кВт·ч) – минимальный удельный расход топлива.»[2]

$$K_H = 1,152 \cdot H^2 - 1,728 \cdot H + 1,523 \quad (42)$$

$$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227 \quad (43)$$

$$H = \frac{N_f + N_B}{N_T}; \quad E = \frac{w_e}{w_{eN}} \quad (44)$$

«Результаты расчётов сводят в таблицу 13.»[2]

Таблица 13 - Путевой расход топлива на высшей передаче

Обороты дв-ля, об/мин	Скорость, м/с	$H$	$E$	$K_H$	$K_E$	$Q_s$
840	8,4	0,128	0,136	1,321	1,185	4,3
1290	12,9	0,155	0,208	1,282	1,143	5,1
1740	17,4	0,196	0,281	1,228	1,107	6,2
2190	21,9	0,250	0,354	1,163	1,077	7,4
2640	26,4	0,317	0,426	1,091	1,052	8,7
3090	30,9	0,398	0,499	1,017	1,033	10,1
3540	35,3	0,496	0,572	0,949	1,020	11,5
3990	39,8	0,613	0,645	0,896	1,012	13,1
4440	44,3	0,754	0,717	0,875	1,010	15,4
4890	48,8	0,922	0,790	0,909	1,013	19,0
5340	53,3	1,127	0,863	1,038	1,022	25,7
5790	57,8	1,378	0,935	1,329	1,036	38,7
6240	62,3	1,692	1,008	1,898	1,056	64,7

Все графики, построенные на основе данных таблиц этого подраздела, можно найти в Приложении А и на листе А1 данной работы.

## **2.2 Расчет основных параметров задней подвески автомобиля**

### **2.2.1 Расчёт кинематических характеристик подвески**

Ход задних колес автомобиля изменяется за счет изменения конфигурации подвески. Кроме того, по отношению к LADA GRANTA изменится конструкция элементов шин, тормозной путь и сцепление колес с дорогой. Это требует расчета кинематики водителей нового механизма подвески и, при необходимости, изменения координат рычажных соединений, которые являются характерными точками подвески. Для достижения желаемой управляемости автомобиля, в частности, стабильного движения по прямой и снижения износа шин, все производители автомобилей определяют определенный набор параметров задней подвески с допусками. Производители автомобилей сами определяют оптимальные параметры крена оси и эти характеристики подвески при настройке качества качения новых автомобилей. Накопленный опыт находит отражение в разработке новых автомобилей. Всего 30 лет назад не существовало программного обеспечения для быстрого и точного расчета кинематических характеристик новых индукционных автомобилей. Их приходилось рассчитывать вручную и графически, используя специальные эскизы и шаблоны. Сегодня большинство производителей автомобилей имеют программы для проектирования подвески автомобиля, которые позволяют очень точно анализировать кинематические характеристики и силы подвески. Полученные в результате расчета характеристики могут быть использованы для расчета характеристик управляемости автомобиля и скорости движения. Однако, поскольку различные типы подвесок имеют разные характеристики, а объем расчетов может отличаться, разработка общей программы, которая могла бы анализировать все типы кинематических схем, является желанной задачей. Поэтому стало обычной практикой создавать уникальную программу для каждого типа подвески. Этот метод не лишен недостатков.

Например, если необходимо изменить конструкцию столба, можно использовать только то, что есть в наличии. Однако программы расчета кинематики для традиционного метода очень сложны, и для анализа результатов полного расчета может потребоваться более недели. Программное обеспечение для кинематического и нагрузочного анализа подвесок с коническими рычагами используется в отделах общего машиностроения и проектирования шасси. Характеристики анализируются с точки зрения продольного движения, «продольного или поперечного движения кузова автомобиля и продольной или поперечной раскачки. Для расчета характеристик движения необходимо определить координаты главных точек подвески по отношению к системе координат, соответствующей схеме автомобиля. Для измерения силовых характеристик, помимо координат точек, необходимо определить жесткость пружины и нормальную нагрузку на колесо в состоянии покоя. Также могут быть учтены характеристики шин. На рисунке 12 показана схема подвески рессорного рычага с диагональными плечами с левым и правым колесами автомобиля в состоянии покоя.»[11]

$M_{si}$ ,  $i = 1, 2$  - центр колеса

$E_{si}$  - центр пятна контакта колеса с дорогой

$[M_{si}E_{si}] = R_i$  - радиус колеса

$G_{o_i}G_{s_i}; G_{v_{o_i}}G_{v_{s_i}}$  – оси амортизатора и пружины соответственно

« $W_i$  - центр шарнира крепления наружного рычага к поперечине кузова

$D_i$  - центр шарнира крепления внутреннего рычага к поперечине кузова

Исходные данные, содержащие координаты базовых точек, а также значения допускаемых перемещений, координаты центра масс и т.д. заносятся в файлы исходных данных расчетной программы.

Результаты расчётов могут быть получены в виде графиков,

либо в виде таблиц - помещаются в файл данных программы расчета. Распечатка результатов кинематического и силового расчета проектируемой подвески приведена ниже.

Информация, которая выводится при расчёте может быть условно поделена на несколько групп:

- информация для построения сечений рабочей зоны колеса;
- координаты базовых точек относительно систем  $OAXAYAZA$  и  $OX_oY_oZ_o$ ;
- границы перемещения кузова;
- координаты точек и углы, связанные с шарнирами механизмов;
- соответствия между перемещениями кузова, углами поворота рычагов и ходами колёс;
- кинематическая характеристика подвески;
- углы в шарнирах крепления амортизаторов;
- силовые характеристики подвески.»[5]

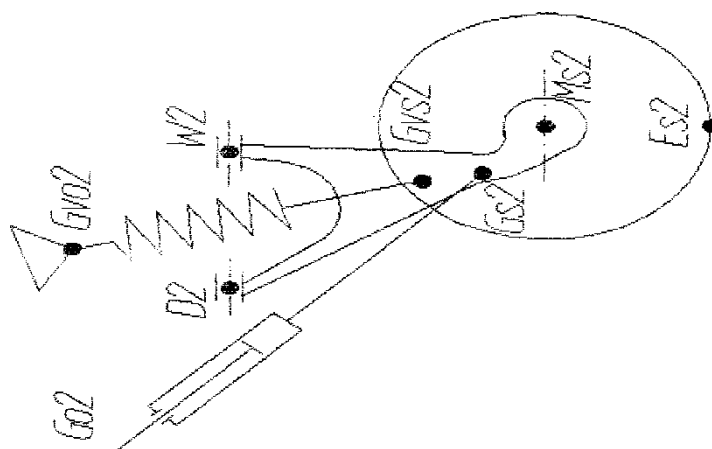


Рисунок 12 – Схема подвески

### 2.2.2 Расчёт пружины и подпружинника

«В результате расчетов определяются параметры пружин и пружинных узлов в непрерывном режиме, обеспечивающие требуемую жесткость, статическую нагрузку и оптимизированные с учетом компоновки.»[11]

### 2.2.2.1 Исходные данные

«В качестве исходных данных используются:

- статическая нагрузка на пружину и подпружинник,  $R_{ст}$ , мм;
- длина пружины с подпружинником под статической нагрузкой,  $L_{ст}$ , мм;
- динамический ход сжатия пружины с подпружинником,  $f_{дин}$ , мм;
- жёсткость пружины,  $S_{пр}$ , кГ/см;
- жёсткость подпружинника,  $S_{под}$ , кГ/см;
- модуль упругости второго рода для материала, из которого изготовлены пружина и подпружинник,  $E$ , кГ/см<sup>2</sup>
- средний диаметр пружины,  $D_{ср}^{пр}$ , мм;
- средний диаметр подпружинника,  $D_{ср}^{под}$ , мм.»[5]

В ходе расчета определяется диаметр пружинного стержня и трубки пружины путем определения количества рабочих витков, а полученные пружина и трубка пружины проверяются на наличие контакта витков во время динамического движения и допустимость натяжения пружины. Также проверяется нагрузка на пружину и пружинный узел во время полного движения отдачи. Если пружина и пружинный узел не могут быть оптимально подобраны по размерам при заданных исходных данных, то может быть изготовлена длина статически нагруженной пружины и пружинного узла, «средний диаметр пружины или пружинного узла (если позволяет компоновка), жесткость пружины или пружинного узла. Полученные диаметры стержней округляют до 0,5 мм и проводят проверочные расчеты.

Для определения статической нагрузки, действующей на пружину и пружинный блок, необходимо определить массу пружины на одно колесо транспортного средства:»[11]

$$M_{п1} = \frac{M_{п} \cdot B}{2 \cdot L} \quad (48)$$

«где  $M_{п}$  - подрессоренная масса автомобиля, кг;

$B$  - расстояние от центра масс до задней оси автомобиля, м;

$L$  - база автомобиля.»[5]

«Статические нагрузки, действующие на пружину и пружинодержатель, и масса пружины на колесо связаны через коэффициент передачи  $i_{ху}$  между контактной поверхностью колеса и посадочным местом пружины и колеса. Если кинематика направляющей системы подвески определена (известны координаты всех шарниров, положения осей пружин и т.д.), то  $P_{ст}$  можно определить с помощью программы.»[11]

$P_{ст} = 240,69$  кГ.

«Длина пружины вместе с подпружинником под статической нагрузкой из компоновочных соображений:»[5]

$L_{ст} = 277,08$  мм.

«Динамический ход сжатия пружины с подпружинником также связан с ходом сжатия колеса через передаточное отношение.»[5]

$f_{дин} = 95,18$  мм, округляем в меньшую сторону, учитывая

податливость верхней опоры:  $f_{дин} = 95$  мм.

«Средний диаметр пружины (из компоновочных соображений):»[5]

$D_{ср}^{пр} = 72$  мм.»[5]

«Средний диаметр подпружинника:»[5]

$D_{ср}^{под} = 74,1$  мм.



«Задаёмся вначале меньшей жёсткостью пружины и подпружинника:»[5]

$C_{\text{пр}} = 39,0 \text{ кГ/см}$ ,  $C_{\text{под}} = 90,42 \text{ кГ/см}$ .

«Модуль упругости второго рода (модуль сдвига):»[5]

$G = 781000 \text{ кГ/см}^2$  для стали Ст60С2А (пружина) и Ст50ХФА (подпружинник) ГОСТ14959-79.

«Задаёмся числом рабочих витков пружины и подпружинника:»[5]

$i_{\text{пр}}^{\text{пр}} = 9,5$ ;  $i_{\text{пр}}^{\text{под}} = 2,0$

«Исходные данные для расчёта пружины и подпружинника сведены в таблицу 14»[5]

Таблица 14 - Исходные данные для расчёта пружины и подпружинника

Параметр	Значение
Статическая нагрузка на пружину с подпружинником	240,69 кГ
Динамический ход сжатия пружины с подпружинником	9,52 см
Ход отбоя пружины с подпружинником	9,884 см
Жёсткость пружины	39 кГ/см
Жёсткость подпружинника	90,42 кГ/см
Модуль сдвига	781000
Средний диаметр пружины	7,2 см
Средний диаметр подпружинника	7,41 см
Число рабочих витков пружины	9,5

Число рабочих витков подпружинника	2,0
------------------------------------	-----

«

Расчет геометрических параметров и сил упругого компонента задней подвески

Упругий элемент задней подвески должен состоять из пружин и рессор, действующих последовательно и соединенных чашками. Жесткость пружин и рессор должна быть выбрана таким образом, чтобы при приложении статической нагрузки пружины уже были сжаты и действовали только при отбое.

Расчет упругого элемента состоит из кинематики пружины и пружинного блока при статической нагрузке, динамического хода сжатия и хода возврата.

При расчете упругости используются следующие параметры:

$C_{эkv}$  - эквивалентная жёсткость (суммарная жёсткость при совместной работе пружины и подпружинника);

$I_{np}$  - изменение длины пружины при приложении нагрузки;

$I_{подпр}$  - изменение длины подпружинника при приложении нагрузки.

Эквивалентная жёсткость упругого элемента:»[5]

$$C_{эkv} = \frac{C_{np} \cdot C_{подпр}}{C_{np} + C_{подпр}} \cdot i^2 = \frac{39 \cdot 90,42}{39 + 90,42} \cdot 1,15^2 = 30,5 \text{ кГ/см} \quad (49)$$

$$I_{np} + I_{подпр} = \frac{P_i}{C_{эkv}} \quad \frac{I_{np}}{I_{подпр}} = \frac{C_{подпр}}{C_{np}} \quad (50)$$

«Точка перехода может быть найдена путем решения двух последних систем уравнений и определения максимального  $I_{подпр}$  (изменение длины

пружины под нагрузкой). Точка перехода - это точка, в которой пружина сжимается до соприкосновения витков, что приводит к изменению параметров упругого элемента.»[2] После точки перехода дальнейшее сжатие уменьшает работу упругого элемента до работы одной пружины.

Найдите нагрузку на пружину, когда пружина сжата до касания витков  $l_{пр} = 29,5$  мм (для целей компоновки).

Пройденный путь пружины от свободного состояния до сжатия пружины:

$$I_{np} = \frac{2,95 \cdot 90,42}{39} = 6,84 \text{ см} \quad (51)$$

«Нагрузка в момент полностью сжатого подпружинника:»[5]

$$P_{пер} = (2,95 + 6,84) \times 30,5 = 298,59 \text{ кГ}$$

«Статическая нагрузка на пружину с подпружинником»[5]  $P_{ст} = 240,69$  кГ. «Нагрузка воспринимается не только пружиной, но и подпружинником, т.к. при статике он ещё не сжат.

Определим изменение длин пружины и подпружинника при статической нагрузке:

Суммарный ход»[5]

$$l_{ст}^{\Sigma} = P_{ст} / C_{экв} = 7,89 \text{ см} = l_{ст}^{пр} + l_{ст}^{под}$$

$$L_{ст}^{\Sigma} = L_0^{\Sigma} - l_{ст}^{\Sigma} = 35,6 - 7,89 = 27,708 \text{ см} \quad (52)$$

$$l_{ст}^{пр} / l_{ст}^{под} = C_{под} / C_{пр} = 2,318$$

$$l_{ст}^{под} = l_{ст}^{пр} / 2,318$$

$$l_{ст}^{пр} + l_{ст}^{пр} / 2,318 = 7,89 \text{ см}$$

Отсюда

$$l_{ст}^{пр} = 5,513 \text{ см}; \quad l_{ст}^{под} = 7,89 - 5,513 = 2,378 \text{ см}$$

«Длина пружины при статической нагрузке:»[5]

$$L_{ст}^{пр} = 303 - 55,13 = 248,7 \text{ мм}$$

«Длина подпружинника при статической нагрузке:»[5]

$$L_{ст}^{под} = 56 - 23,78 = 32,22 \text{ мм}$$

«Длина подпружинника в состоянии, когда он сжат:»[5]

$$L_{в}^{под} = 56 - 29,5 = 26,5 \text{ мм}$$

«Определим изменение длин пружины и подпружинника при ходе отбоя.

Суммарный ход отбоя»[5]

$$l_{отб}^{\Sigma} = 78 \text{ мм} = l_{отб}^{пр} + l_{отб}^{под}$$

$$l_{отб}^{пр} / l_{отб}^{под} = C_{под} / C_{пр} = 2,318$$

$$l_{отб}^{под} = l_{отб}^{пр} / 2,318$$

$$l_{отб}^{пр} + l_{отб}^{пр} / 2,318 = 78 \text{ мм}$$

Отсюда

$$l_{отб}^{пр} = 54,49 \text{ мм}; \quad l_{отб}^{под} = 23,5 \text{ мм}$$

«Определим изменение длин пружины и подпружинника при динамическом ходе сжатия.

Суммарный ход сжатия»[5]

$$l_{дин}^{\Sigma} = 95,18 \text{ мм} = l_{дин}^{пр} + l_{дин}^{под}$$

$$l_{дин}^{под} = 29,5 - 23,78 = 5,72 \text{ мм}$$

$$l_{дин}^{пр} = 89,46 \text{ мм}$$

$$L_{дин}^{пр} = 248,7 - 89,46 = 159,24 \text{ мм}$$

### 2.2.2.3 Расчёт геометрических, весовых и силовых параметров пружины и подпружинника

«Диаметр прутка пружины:»[5]

$$d_{нр} = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot C_{нр} \cdot i_{п} \cdot D_{ср}^3}{G}} = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 39 \cdot 9,5 \cdot 7,2^3}{781000}} = 1,098 \text{ см} = 10,98 \text{ мм} \quad (53)$$

«Округляем в большую сторону и получаем:»[5]  $d_{нр} = 11 \text{ мм}$ .

«Стороны прутка подпружинника:»[5]

$$a = \frac{C_{\text{подпр}} \cdot \pi \cdot D_o^3 \cdot i_p}{4 \cdot G \cdot \beta \cdot b^3} = \frac{90,42 \cdot \pi \cdot 7,41^3 \cdot 2}{4 \cdot 781000 \cdot 0,229 \cdot 0,64^3} = 1,232 \text{ см} \cong 1,23 \text{ см} \quad (54)$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{C_{\text{подпр}} \cdot \pi \cdot D_o^3 \cdot i_p}{4 \cdot G \cdot \beta \cdot a}} = \sqrt[3]{\frac{90,42 \cdot \pi \cdot 7,41^3 \cdot 2}{4 \cdot 781000 \cdot 0,229 \cdot 1,31}} = 0,627 \text{ см} \cong 0,63 \text{ см} \quad (55)$$

«Жёсткость пружины:»[5]

$$C_{\text{пр}} = \frac{G \cdot d_{\text{пр}}^4}{8 \cdot i_p \cdot D_{\text{сп}}^3} = \frac{781000 \cdot 1,1^4}{8 \cdot 9,5 \cdot 7,2^3} = 40,5 \text{ кГ/см} \quad (56)$$

«Жёсткость подпружинника:»[5]

$$C_{\text{подпр}} = \frac{4 \cdot G \cdot \beta \cdot a \cdot b^3}{\pi \cdot D_o^3 \cdot i_p} = \frac{4 \cdot 781000 \cdot 0,229 \cdot 1,23 \cdot 0,63^3}{\pi \cdot 7,41^3 \cdot 2} = 96,06 \text{ кГ/см} \quad (57)$$

«Длина пружины в свободном состоянии:»[5]

$$L_0 = L_{\text{ст}} + 1_{\text{ст}} = 248,7 + 55,13 = 303,83 \text{ мм.}$$

«Длина пружины, сжатой до соприкосновения витков:»[5]

$$L_{\text{в}} = i_{\text{п}} \cdot d_{\text{пр}} + i_{\text{п}} \cdot 0,25 + 0,05 \cdot d_{\text{п}} = 11 \cdot 11 + 11 \cdot 0,25 + 0,05 \cdot 11 = 124,3 \text{ мм}$$

«где  $i_{\text{п}}$  - полное число витков пружины;

0,25 - коэффициент, учитывающий толщину покрытия и допуск на

диаметр витка, мм.

0,05 - коэффициент, учитывающий допуск на длину концевых витков.

Межвитковый зазор в пружине при динамическом ходе сжатия:»[5]

$$\delta = \frac{L_{дин} - L_в}{i_p} = \frac{159,24 - 124,3}{9,5} = 3,7 \text{ мм} \quad (58)$$

«Нагрузка пружины при статической длине:»[5]

$$P_{ст} = 240,695 \text{ кГ}$$

«Нагрузка пружины при полном динамическом ходе сжатия»[5]

$$P_{дин} = (L_0 - L_{дин}) \cdot C_{пр} = (30,38 - 15,924) \cdot 39 = 585,59 \text{ кГ} \quad (59)$$

«Нагрузка пружины, сжатой до соприкосновения витков»[5]

$$P_в = (L_0 - L_в) \cdot C_{пр} = (30,38 - 12,43) \cdot 39 = 727,1 \text{ кГ} \quad (60)$$

«Нагрузка пружины при полном ходе отбоя:»[5]

$$P_{отб} = l_{отб} \cdot C_{пр} = 5,449 \cdot 39 = 220,68 \text{ кГ} \quad (61)$$

«Длина навиваемого прутка пружины:»[5]

$$l_{пр} = \sqrt{(i_p \cdot \pi \cdot d_{сп})^2 + (L_{ст} - d_{нп})^2} + (i_n - i_p) \cdot \pi \cdot d_{сп} = 2501,57 \text{ мм} \quad (62)$$

«Масса пружины:»[5]

$$m = \frac{\pi \cdot d_{нп}^2}{4} \cdot l_{пр} \cdot \rho = 237732,15 \cdot 7800 \cdot 10^{-9} = 1,85 \text{ кГ} \quad (63)$$

«Нагрузка подпружинника, сжатого до соприкосновения витков:»[5]

$$P_B = (L_0 - L_B) \cdot C_{\text{под}} = (5,6 - 2,95) \cdot 96,06 = 283,38 \text{ кГ} \quad (64)$$

«Нагрузка подпружинника при полном ходе отбоя:»[5]

$$P_{\text{отб}} = l_{\text{отб}} \cdot C_{\text{под}} = 2,35 \cdot 96,06 = 225,74 \text{ кГ} \quad (65)$$

«Длина навиваемого прутка подпружинника:»[5]

$$L_{\text{пр}} = \sqrt{(i_p \cdot \pi \cdot d_{cp})^2 + (L_{cm} - d_{np})^2} + (i_n - i_p) \cdot \pi \cdot d_{cp} = 815,7 \text{ мм} \quad (66)$$

«Масса подпружинника:»[5]

$$m = a \cdot b \cdot l_{np} \cdot \rho = 6,3 \cdot 12,3 \cdot 815,7 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 0,49 \text{ кГ} \quad (67)$$

#### 2.2.2.4 Расчёт пружины на прочность

«Расчет напряжения в цилиндрической пружине, свитой из прутка круглого сечения, для любой  $i$ -ой нагрузки ведётся по формуле:»[5]

$$\tau_i = \frac{8 \cdot K \cdot D_{cp}}{\pi \cdot d_{np}^3} \cdot P_i, \quad (68)$$

«где  $\tau$  - текущее значение напряжения;

$P_i$  - текущее значение нагрузки пружины, кГ»[5]

« $K$ - коэффициент формы пружины, учит-й концентрацию напряжений на внутренней поверхности витка от кривизны прутка и действия поперечной силы.

Для определения коэффициента  $K$  различными авторами предложен ряд



формул, основанных на использовании соотношения  $W = D_{cp}/d_{пр} : \gg [5]$

$$1. K = \frac{W + 0.5}{W - 0.75} \quad \text{или}$$

$$2. K = \frac{4 \cdot W + 1}{4 \cdot W - 4} + 0.615 \cdot \frac{1}{W} \quad \text{или}$$

$$3. K = 1 + \frac{5}{4 \cdot W} + \frac{7}{8 \cdot W^2} + \frac{1}{W^3}$$

«Результаты расчетов по этим формулам сведены в таблицу 15»[5]

Таблица 15 - Определение коэффициентов К

Формула №	1	2	3
Коэффициент К	1,261	1,276	1,260

«Напряжение сдвига при статической нагрузке:»[5]

$$\tau_{ст} = \frac{8 \cdot 1,266 \cdot 72}{\pi \cdot 13,1} \cdot 240,69 = 39,53 \text{ кГ / мм}^2 \quad (69)$$

«Напряжение сдвига при нагрузке динамического хода сжатия:»[5]

$$\tau_{дин} = \frac{8 \cdot 1,266 \cdot 72}{\pi \cdot 13,1^3} \cdot 585,59 = 71,77 \text{ кГ / мм}^2 \quad (70)$$

«Напряжение сдвига пружины, сжатой до соприкосновения витков:»[5]

$$\tau_{\epsilon} = \frac{8 \cdot 1,266 \cdot 72}{\pi \cdot 13,1^3} \cdot 727,1 = 94 \text{ кГ / мм}^2 \quad (71)$$

«Допускаемое напряжение для пружин из стали С2А для задней подвески обычно берется равным 90...97 кГ/мм<sup>2</sup>. Таким образом, рассчитанная пружина удовлетворяет условиям прочности. Кроме того, на пружинах подвесок спортивных автомобилей допустимо превышение расчётных напряжений допускаемые.»[5]

### 2.2.2.5 Расчёт подпружинника на прочность

«Для пружин прямоугольного поперечного сечения напряжения сдвига определяются по формуле:»[5]

$$\tau_i = \frac{\kappa \cdot D_o}{2 \cdot W_k} \cdot P_i, \quad (72)$$

«где  $W_k$  - момент сопротивления сечения вала кручению»[5]

$$W_k = \alpha \cdot b \cdot a^2 \quad (73)$$

$\alpha = 0,246$  для отношения сторон  $b/a = 2$

$\kappa = 2,9$

$$W_k = 0,246 \cdot 6,4 \cdot 13,1^2 = 270,183 \text{ мм}^3$$

«При статической нагрузке:»[5]

$$\tau_{cm} = \frac{2,9 \cdot 74,1}{2 \cdot 270,183} \cdot 240,69 = 95,66 \text{ кГ / мм}^2 \quad (74)$$

«При нагрузке на подпружинник, сжатый до соприкосновения витков:»[5]

$$\tau_{\epsilon} = \frac{2,9 \cdot 74,1}{2 \cdot 270,183} \cdot 283,38 = 227,47 \text{ кГ} / \text{мм}^2 \quad (75)$$

### 2.2.2.6 Предельные значения параметров пружины и подпружинника

«Податливость пружины:»[5]

$$\frac{1}{C_{пр}} = \frac{1}{4,05} = 0,247 \text{ мм} / \text{кГ} \quad (76)$$

«Податливость подпружинника:»[5]

$$\frac{1}{C_{под}} = \frac{1}{9,606} = 0,111 \text{ мм} / \text{кГ} \quad (77)$$

«Допуск на податливость берется  $\pm 3\%$  от  $1/C$

Для пружины:»[5]

$$\Delta \frac{1}{C} = \pm 0,03 \cdot \frac{1}{C_{пр}} = \pm 0,0074 \text{ мм} / \text{кГ} \quad (78)$$

«Для подпружинника:»[5]

$$\Delta \frac{1}{C} = \pm 0,0332 \text{ мм} / \text{кГ}$$

«Допуск на статическую нагрузку:»[5]

$$\Delta P_{ст} = \pm (0,04...0,06) \times P_{ст} = \pm (9,62...14,43) \text{ кГ}$$

«Допуск на диаметр прутка :»[5]

Для  $d_{пр} < 25 \text{ мм}$      $\Delta d_{пр} = \pm 0,05 \text{ мм}$

«Допуск на внутренний диаметр пружины:»[5]

$$\Delta d_{вн} = \pm 1 \% = \pm 1 \text{ мм}$$

### 2.2.3 Расчёт дополнительной жёсткости подвески

#### 2.2.3.1 Жесткость рычагов стабилизатора

«Изгибную жесткость рычага стабилизатора можно рассчитать по формуле:»[5]

$$C_L = \frac{3EJ_x}{L^3}, \text{ Н/м} \quad (79)$$

«где  $J_x$  - осевой момент инерции сечения рычага,  $\text{м}^4$ ;  
для двутавра :»[5]

$$J_x = \frac{a \cdot h^3}{12} + \frac{e}{12} (H^3 - h^3) \quad (80)$$

«E – модуль продольной упругости материала.

Для стали принимаем  $E = 2,11 \cdot 10^{11}$  Па.

L – длина рычага, м.»[5]

$$J_x = \frac{2 \cdot 24^3}{12} + \frac{20}{12} (30^3 - 24^3) = 24,3 \text{ м}^4$$

«Тогда жесткость рычага, приведенную к закрутке торсиона, можно рассчитать как»[5]

$$C_\phi = C_L \cdot L^2 = \frac{3EJ}{L}, \text{ Нм/рад} \quad (81)$$

$$C_{\phi 1} = \frac{3 \cdot 2.11 \cdot 10^{11} \cdot 24.3}{0.229} = 6.71 \cdot 10^{13} \text{ Нм/рад}$$

«Левый и правый рычаг стабилизатора представляет собой двутавр. Двутавр обладает высокой прочностью и жесткостью. Так как рычаги стабилизатора абсолютно одинаковые производим расчет на жесткость для одного рычага. Отсюда следует что»[5]  $C_{\phi 3} = 6.71 \cdot 10^{13} \text{ Нм/рад}$

### 2.2.3.2 Жёсткость торсиона на кручение

«Жесткость торсиона на кручение рассчитывается по формуле»[5]

$$C_{\phi 2} = \frac{GJ_p}{a}, \text{ Нм/рад,} \quad (82)$$

«где G — модуль сдвига (модуль упругости второго рода). Для титана принимаем  $G = 4,41 \cdot 10^{10} \text{ Па}$

$J_p$  — центробежный момент инерции сечения торсиона. для круга»[5]

$$J_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32} \text{ м}^4 \quad (83)$$

«a — длина торсиона, м.

Жесткость титанового торсиона диаметром 17 мм на кручение составляет»[5]

$$C_{\phi 2} = \frac{4,41 \cdot 10^{10} \cdot \pi \cdot 0,017^4}{32 \cdot 1,08} = 335 \text{ Нм/рад} \quad (84)$$

### 2.2.3.3 Жесткость стабилизатора на кручение

«Жесткость стабилизатора на кручение рассчитывается по формуле:»[5]

$$C_{\varphi} = \frac{C_{\varphi 1} \cdot C_{\varphi 2} \cdot C_{\varphi 3}}{C_{\varphi 1} \cdot C_{\varphi 2} + C_{\varphi 1} \cdot C_{\varphi 3} + C_{\varphi 2} \cdot C_{\varphi 3}}, \text{ Нм/рад} \quad (85)$$

«Стабилизатор имеет жесткость»[5] 334 Нм/рад,

«Для сравнения стабилизатор передней подвески автомобиля ВАЗ-2190 с диаметром торсиона 16 мм имеет расчетную жесткость 273 Нм/рад.»[5]

#### **2.2.3.4 Силы на стойках привода стабилизатора и дополнительная угловая жесткость подвески**

«Расчеты сил, действующих на стойки стабилизатора, проводились для двух вариантов нагрузки: полный ход подвески ака ход подвески (для оценки нагрузки на стабилизатор) и ход подвески  $\pm 30$  мм (для оценки дополнительной угловой жесткости подвески). Поскольку рычаги стабилизатора симметричны, расчеты проводились для одной стороны, так как силы и дополнительная жесткость одинаковы при крене кузова автомобиля из стороны в сторону.

Момент закрутки стабилизатора»[5]

$$M_{\varphi} = C_{\varphi} \cdot \varphi_{cm}, \quad (86)$$

«где  $\varphi_{cm}$  — угол закрутки стабилизатора по рычагам.

Сила на стойке привода стабилизатора»[5]

$$P_{\varphi} = M_{\varphi} / l_{\varphi}, \quad (87)$$

«где  $l_{\varphi}$  — длина плеча стабилизатора.

Сила на колесе»[5]

$$P_{\varphi k} = P_{\varphi} / i_{cm}, \quad (88)$$

«где  $i_{cm}$  — передаточное число стойки привода стабилизатора.

Дополнительная жесткость подвески ( на колесо )»[5]

$$C_k = \frac{P_{\text{фклев}} + P_{\text{фкправ}}}{2 \cdot h \cdot 9,81}, \text{ кГс/см,} \quad (89)$$

«где  $h = 3$  см — ход подвески.

Результаты расчетов сведены в таблицу 16»[5]

Таблица 16 - Исходные данные и результаты расчётов

Расчетные параметры	Крен вправо	
	Полн.	ход $\pm 30$
Угол закрутки стабилизатора, град	63,6	16,6
Момент закрутки Стабилизатора	368	93
Длина левого плеча стабилизатора, мм	100,0	174,0
Длина правого плеча стабилизатора, мм	154,6	173,5
Сила на левой стойке привода стабилиз., Н	3680	534,5
Сила на правой стойке привода стабилиз., Н	2380	536
Передаточное число левой стойки привода стабилиз.	1,27	1,18
Передаточное число правой стойки привода стабилиз.	1,18	1,17
Сила на левом колесе, Н	2898	453
Сила на правом колесе, Н	2017	458,1
Дополнительная жесткость подвески, кГ/см		15,5

### 2.2.3.5 Показатели нагруженности стабилизатора

«Максимальные касательные напряжения торсиона при разноименных ходах подвески. Расчет проводится по формуле:»[5]

$$\tau = \frac{M_{\max}}{W} \text{ Па} \quad (90)$$

«где -  $M_{\max}$  — максимальный момент закрутки торсиона, Нм ;  
 $W$  — полярный момент сопротивления сечению, м<sup>3</sup> ;»[5]

для круга  $W = \frac{\pi d^3}{16}$

$$\tau = \frac{368}{9,64 \cdot 10^{-7}} = 382 \text{ МПа} = 38,9 \text{ кГ/см}^2 < [\tau] = 54,7 \text{ кГ/см}^2$$

«Расчетная дополнительная жесткость подвески от стабилизатора диаметром»[5] 17мм составляет 15,5 кГ/см (15,2 Н/мм).

«Нагруженность стабилизатора поперечной устойчивости»[5] 38,9 кГ/см. Не превышает нагруженность стабилизатора ВА3-2190 (39,7 кГ/см<sup>2</sup>).»[5]

#### 2.2.4. Расчёт угловой жёсткости подвески

Схема автомобиля на рисунке 13.

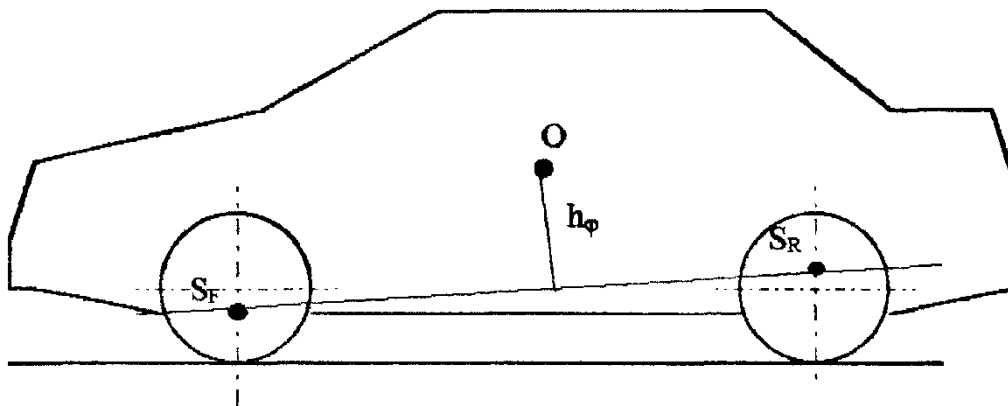


Рисунок 13 - Расположение оси крена автомобиля

«Здесь точка O - центр поддрессоренной массы.

Крен кузова автомобиля происходит относительно воображаемой линии, называемой осью крена, и соединяющей центры крена передней и задней подвесок. Центробежная сила (сила инерции) приложенная в точке O создаёт момент:»[5]



$$M = j_y \cdot m_n \cdot h_\varphi \quad (91)$$

«где -  $m_n$  – подрессоренная масса автомобиля, кг ;

$j_y$  – боковое ускорение автомобиля,  $\text{м/с}^2$  ;

$h_\varphi$  – плечо крена (расстояние от точки О до оси крена).

Кроме того при смещении точки S и (или) точки О в сторону, возникает момент от силы тяжести подрессоренной массы. Этот момент может быть вычислен по формуле:»[5]

$$M_2 = m_n \cdot g \cdot (h_\varphi \cdot \varphi + dy_s) \quad (92)$$

«Следует отметить, что величина  $h_\varphi$  также не является величиной постоянной, и зависит от угла крена  $\varphi$ .

Сумма моментов  $M_1 + M_2$  (наружного и внутреннего) вызывает крен подрессоренной массы, в результате которого подвески наружных колёс совершают ход сжатия, а подвески внутренних – ход отбоя. При этом усилия в упругих элементах создают реактивный момент, уравновешивающий сумму моментов  $M_1 + M_2$ . Уравнение установившегося крена можно записать как»[5]

$$j_y \cdot m_n \cdot h_\varphi + m_n \cdot g \cdot (h_\varphi \cdot \varphi + dy_s) = \varphi \cdot (C_{y12} + C_{y34}), \quad (93)$$

«где  $C_{y12}$  – угловая жесткость передней подвески, Нм/рад ;

$C_{y34}$  – угловая жесткость задней подвески, Нм/рад.

Условие наименьшего кручения кузова обеспечивает такое распределение угловых жесткостей, что»[5]

$$(M_1 + M_2) / C_{y12} = (M_1 + M_2) / C_{y34} \quad (94)$$

«Угловая жёсткость задней подвески без стабилизатора, без учёта

включения буферов сжатия, жёсткости верхней опоры может быть рассчитана как:»[5]

$$C_{y_{34}} = 0,25 \cdot B^2 \cdot C_{n_{34}} \quad (95)$$

«где -  $B$  – колея задних колес автомобиля, м;  
 $C_{n_{34}}$  – нормальная жёсткость задней подвески, Н/м;»[5]

$$C_{n_{34}} = (C_{n_{лев}} + C_{n_{прав}}) / I^2, \quad (96)$$

«где -  $C_{n_{сжат.}}$  – нормальная жёсткость правой (левой) задней подвески при ходе сжатия Н/м;

$C_{n_{отб.}}$  – нормальная жёсткость левой (правой) задней подвески при ходе отбоя Н/м;

$I$  – передаточное отношение подвески.

На ходе сжатия жёсткость упругого элемента (с прогрессивной характеристикой) примерно равняется жёсткости пружины, т.к. в процессе сжатия подпружинник сжимается до соприкосновения витков, а дальше действует пружина. На ходе отбоя жёсткость упругого элемента равняется эквивалентной жёсткости пружины и подпружинника.»[5]

$$C_{отб.} = 29920,5 \text{ Н/м};$$

$$C_{сжатия} = 38259 \text{ Н/м}.$$

«Нормальная жёсткость подвески:»[5]

$$C_{n_{34}} = (29920,5 + 38259) / 1,1194 = 60907 \text{ Н/м};$$

«Угловая жесткость подвески:»[5]

$$C_{y_{34}} = 0,25 \cdot 1,48^2 \cdot 60907 = 33352,7 \text{ Нм/рад};$$

«Угол крена подвески:»[5]

$$\varphi = m_{\text{п}} \cdot j_y / (C_{y_{34}} - m_{\text{п}} \cdot g \cdot h_{\varphi}) \quad (97)$$

$$\varphi = 1050 \cdot 4 / (33352,7 - 1050 \cdot 9,81 \cdot 0,422) = 0,145 \text{ рад} = 8^{\circ}15'$$

$$\Delta C_{y_{34}} = m_{\text{п}} \cdot j_y / \varphi + m_{\text{п}} \cdot g \cdot h_{\varphi} - C_{y_{34}} \quad (98)$$

$$\Delta C_{y_{34}} = 1050 \cdot 4 / 0,063 + 1050 \cdot 9,81 \cdot 0,422 - 33352,7 = 37660,8 \text{ Нм/рад}$$

«Согласно расчету расчётная максимальная дополнительная жёсткость подвески от стабилизатора диаметром 17мм составляет 15,5 кГ/см = 15200 Н/м; дополнительная угловая жёсткость при этом достигает 8323,52 Нм/рад. Таким образом для обеспечения условия:  $\varphi = 3^{\circ}6'$  при  $j_y = 4$  м/с необходимо добавить ещё  $37660,8 - 8323,52 = 29337,28$  Нм/рад.

Вывод

В процессе проектировочных расчетов задней подвески были достигнуты основные цели данного дипломного проекта, т.е. улучшенная управляемость и устойчивость автомобиля благодаря повышенной угловой жёсткости спроектированной подвески, низкое расположение центра её крена, применение упругих элементов с прогрессивной характеристикой, применение стабилизатора поперечной устойчивости.»[5]



### **3 Технологическая часть**

Технология производства - это наука, которая изучает процесс изготовления продукции с учетом свойств сырья, материалов и полуфабрикатов. В узком понимании это совокупность правил рационального выполнения операций и последовательности их выполнения при изготовлении продукции. Для ее изучения применяются различные методы: экспериментальный, аналитический, графический, математический.

Экспериментальный метод предусматривает проведение опытов, наблюдений в лаборатории или на производстве. Да, технология в широком смысле это инструмент для повышения эффективности и оптимизации процессов производства. Это может включать в себя способы использования определенного оборудования или материалов, разработку и улучшение процессов производства, а также управление людскими ресурсами и организацию рабочего процесса.

Технология играет важную роль в развитии экономики и производства, поскольку позволяет улучшать качество продукции, увеличивать производительность и эффективность, а также снижать расходы на производство.

Существует различные типы технологий, включая информационные технологии, биотехнологии, нанотехнологии, и т.д. Каждый тип технологии специфичен для своей области.

Одним из важных аспектов технологии является ее влияние на общество и экономику. Развитие технологии может принести значительные преимущества, такие как улучшение качества жизни, снижение уровня бедности и расширение возможностей для бизнеса. Однако это может также означать и более высокие затраты, связанные с использованием таких технологий. Однако, вместе с этим, технология также может принести и негативные последствия, такие как утрата рабочих мест, появление новых

форм неравенства и проблемы с безопасностью информации.

Поэтому, важно осуществлять уместный контроль и управление развитием технологий, чтобы сохранять их положительные эффекты и минимизировать негативные последствия, в особенности очень важную роль технология играет в машиностроении, без нее было бы невозможно получить тот автопром, который мы можем наблюдать в настоящее время.

Машиностроение также играет решающую роль на различных производственных площадках, особенно в автомобильной промышленности. Она охватывает широкий спектр дисциплин и технологий, необходимых для проектирования, производства, тестирования и технического обслуживания автомобилей. Некоторые из ключевых областей, в которых машиностроение применяется в автомобильном производстве, включают:

**Проектирование:** Инженеры-механики используют программное обеспечение автоматизированного проектирования (САПР) для проектирования и моделирования различных деталей и систем автомобиля, таких как двигатели, коробки передач и системы подвески.

**Производство:** Процесс изготовления автомобиля включает в себя множество технологий машиностроения, включая металлообработку, литье и формовку. Достижения в таких областях, как аддитивное производство и робототехника, значительно повысили скорость и эффективность производственного процесса.

**Тестирование:** Инженеры-механики используют различные методы тестирования для оценки производительности и долговечности автомобильных компонентов и систем. Это включает в себя моделирование, виртуальное тестирование и физическое тестирование с использованием специализированного оборудования.

**Техническое обслуживание:** Инженеры-механики также участвуют в техническом обслуживании автомобилей, включая диагностику неполадок и ремонт или замену неисправных деталей.

Некоторые из современных инноваций в области машиностроения в автомобильной промышленности включают:

**Электрические и гибридные транспортные средства:** Растущий спрос на более экологически чистые транспортные средства привел к разработке электрических и гибридных транспортных средств, которые приводятся в действие электродвигателями и батареями. Инженеры-механики работают над повышением эффективности и эксплуатационных характеристик этих транспортных средств.

**Автономные транспортные средства:** Разработка автономных транспортных средств является одной из самых захватывающих инноваций в автомобильной промышленности. Инженеры-механики работают над проектированием и тестированием различных систем, которые позволяют автомобилям самостоятельно управлять автомобилем, таких как датчики, камеры и системы управления.

**Передовые материалы:** Использование передовых материалов, таких как композиты из углеродного волокна, становится все более распространенным в автомобильной промышленности. Эти материалы обеспечивают улучшенные эксплуатационные характеристики и топливную экономичность, и инженеры-механики изучают новые способы их использования при проектировании и производстве транспортных средств.

**Прогнозное техническое обслуживание:** Прогнозное техническое обслуживание - растущая тенденция в автомобильной промышленности, где инженеры-механики используют данные и аналитику для прогнозирования того, когда автомобиль, вероятно, нуждается в техническом обслуживании, что позволяет проводить упреждающий ремонт и сокращать время простоя.

Это лишь несколько примеров технологий и инноваций в области машиностроения в автомобильной промышленности. Область продолжает развиваться и продвигаться вперед, и всегда происходит что-то новое и захватывающее.

### **3.1 Анализ технологичности конструкции задней подвески**

#### **3.1.1 Изменения конструкции, приводящие к изменению техпроцесса**

«По составу и общему количеству деталей проектируемая подвеска, существенно отличается от базовой. Проектируемая подвеска, в отличие от базовой, является независимой и крепится к поперечине задней подвески, который в свою очередь монтируется на кузов автомобиля.

В связи с этим, технология сборки проектируемой подвески для легкового переднеприводного автомобиля LADA GRANTA, усложняется и увеличивается время на сборку в сравнении с базовым вариантом исполнения задней подвески.»[5]

#### **3.1.2 Общие требования к технологичности конструкции подвески**

«а) Возможность узловой сборки.

Сборка задней независимой подвески может осуществляться независимо от сборки всего автомобиля.

б) Возможность одновременного и независимого присоединения узлов к базовому элементу изделия.

Ходовая часть соединяется с трансмиссией и после этого монтируется на кузов автомобиля вместе с ней.

в) Возможность механизации сборочных работ.

Сборочные работы полностью механизированы.

г) Инструментальная доступность.

Инструмент располагается недалеко от рабочего (не более 1,5м) и на приемлемой высоте (около 1м), что обеспечивает хороший доступ к нему.

д) Контролепригодность.

Моменты затяжки болтов контролируются самим пневмоинструментом.



е) Высокая степень унификации деталей и сборочных единиц.

Большинство деталей проектируемой задней независимой подвески унифицировано с серийно выпускаемой подвеской автомобиля LADA GRANTA.

ж) Применение несложных сборочных приспособлений.

Используются такие приспособления как рабочий стол и устройство для поддержки привода колеса.

з) Использование методов обеспечения точности.

Использование метода полной взаимозаменяемости.»[5]

### **3.2 Разработка технологической схемы сборки задней независимой подвески**

«Технологический процесс изготовления – процесс, включающий действия установки и формирования соединений составной части изделия по ГОСТ 2387-79. Сборная операция является технологической операцией по установке и образованию соединений в составных частях заготовок или изделий. Технологический переход – окончательная часть технологического процесса, выполняемого одним и тем же технологическим оборудованием при постоянном технологическом режиме и монтаже.

Технологический процесс сборки включает в себя следующие виды работ: подготовительные работы, мойки, сортировки и т.д.; слесарные и пригоночные; собственно сборка деталей к сборочным единицам и изделиям свинчивания, запрессовки, клепки, сварки, пайки и др.; регулируемые; контрольные и демонтажные с частичной разборкой изделий с целью подготовки их к упаковке и транспортировке. Процессы сборки зависят от конструкции изготовленного изделия, степени его дифференциации. Наиболее полные и достоверные представления о свойствах сборки изделий, о технологических свойствах и возможности организации сборочного

процесса дают схема сборки изделий и установка в процессе сборки. В этом случае изделие делится на группы, подгруппу и деталь. Сборная единица, которая непосредственно включена в изделие, называется группой. Сборная единица, входящая в изделие, входящее в группу, называется под группой. Если сборная единица прямо входит в группу, то ее называют подгруппой первой категории. Сборная единица, входящая в первую группу, называется группой второй группы и так далее. На схеме составные части изделий обозначаются прямоугольниками, разделенными на 3 части: 1 верхняя часть вписывает название составной части, 2 нижняя левая часть - название составной части. 3 в нижнем правом углу - число составных части.»[5]

«Графический вид в виде условного обозначения последовательности изготовления изделия или составной части его называется схемой изготовления изделий.»[5]

«При проектировании операций сборки определяются последовательность, возможность совмещения времени технологического перехода, выбираются оборудования, приспособлений и инструментов, составляются схемы монтажа оборудования, устанавливаются режимы работы и определяются нормы времени для технологических операций и соответствующих разрядов сборщика.»[5]

Сборочные операции основаны на принципах дифференциального и сосредоточенного дифференциала. Дифференциальный режим позволяет параллельно выполнять подсборку и общую сборку, что дает возможность использовать высокопроизводительные сборочные машины. Это сокращает время сборки и тем самым повышает производительность. Дифференциация процессов используется при поточной сборке, а сборка - в других случаях. При концентрации процесса технологические операции выполняются параллельно, последовательно и последовательно-параллельно. Последовательность сборочных операций определяется на основе плана сборки и компоновки собираемого изделия с соблюдением следующих требований: чтобы предыдущие операции не затрудняли выполнение

последующих; дифференциация процесса на операции с учетом необходимости дискреционной сборки; после операций, связанных с регулировкой или установкой, и после операций, связанных с дефектами. После выполнения операций должны быть предусмотрены контрольные операции.

### **3.2.1 Составление перечня сборочных работ**

«Перечень составляется в виде таблички, содержащей названия сборочных работ по последовательности, определяемой технологическими схемами общего и узлового сбора, а также данные о нормировании всех требуемых видов сборки. Эти работы очень разнообразны, и они могут быть определены только при расчете и анализа конкретных условиях сборки: полностью и точностью механических обработок деталей, поставленных на сборку, принятых методов достижения точки замыкания, принятых технологических способов выполнения соединений и т.д.»[5] В зависимости от цели процесс можно разделить на обработку, упаковку, разборку, изготовление отдельных компонентов, изготовление соединений между компонентами и узлами и операции, связанные с методами подъема и регулировки, которые выполняются в сборочном цехе,

Процесс производства описан ниже. В этом процессе заранее определенное производственное изделие характеризуется заранее и становится ясно, что оно относится к массовому производству. В массовом производстве широкое использование специального оборудования, механизация и автоматизация производственных процессов, строгое соблюдение принципа совместимости, возложение задач на конкретное оборудование путем расположения его в порядке технического потока позволяют резко сократить время сборки. «Высшая форма массового производства – это производство в непрерывном потоке, которое характеризуется тем, что каждая операция технологической линии равна времени по всем потокам, что обеспечивает производство обработки и сборки

без задержек в строго установленные сроки. Для осуществления операций, которые не укладываются в установленную такту, используются дополнительные орудия. При потоке перемещение с позиции в позицию происходит непрерывно принудительно, что позволяет параллельно, одновременно выполнять все операции на технологическом участке. Перечень сборочных работ представлен в таблице 17.»[5]

Таблица 17 – Перечень сборочных работ

№	Основное и дополнительное содержание перехода	Операционное вр., топ, мин
1	2	3
1. Сборка ступицы левого заднего колеса		
1	Вынуть из ящика ступицу заднего колеса и осмотреть со всех сторон	0,15
2	Зафиксировать ступицу в приспособление	0,27
3	Вынуть и осмотреть рычаг задней подвески с растяжками в сборе	0,19
4	Зафиксировать на рычаг задней подвески технологическое приспособление	0,28
5	Наживить верхний конец приспособления в отверстие в ступице заднего колеса	0,56
6	Закрепить рычаг	0,49
7	Закрепить гайку крепления рычага задней подвески к ступице, придерживая головки болтов от проворота	0,55
8	Вынуть и осмотреть рычаг стабилизатора в сборе	0,55
9	Зафиксировать на рычаг стабилизатора технологическое приспособление	0,58
10	Закрепить рычаг	0,56
11	Закрепить гайку крепления рычага стабилизатора задней подвески к рычагу задней подвески, придерживая головки болтов от проворота	0,31
12	Перенести ступицу с рычагами в сборе на основную сборку	
	Итого:	4,49
2. Монтаж задней подвески на поперечине		
1	Вынуть и Зафиксировать поперечину задней подвески на приспособление закрепив его	0,19
2	Вынуть ступицу с рычагами в сборе и осмотреть	0,16
3	Наживить задние концы рычага задней подвески в кронштейны на подрамнике, отцентрировать и наживить их болтами, шайбами пружинными и гайками	0,32
4	Зафиксировать на рычаг стабилизатора технологическое приспособление	0,28
5	Вынуть стабилизатор в сборе	
6	Закрепить стабилизатор в сборе на рычаге стабилизатора	0,25

Продолжение таблицы 17

1	2	3
7	Закрепить гайку крепления стабилизатора	0,22
8	Вынуть и осмотреть стойку телескопическую с чашками и пружинами в сборе	0,35
9	Закрепить стойку телескопическую с помощью болтов	0,42
10	Зафиксировать правую ступицу колеса с рычагами в сборе на подрамник проделать аналогичные операции как и с левой ступицей	0,28 1,69
11	Разфиксировать заднюю подвеску в сборе с приспособления для сборки	0,2
12	Перенести на конвейер для установки на автомобиль	0,15
	Итого:	4,51
	Всего $\Sigma t_{оп}$	9,00

### 3.2.2 Определение трудоемкости сборки задней подвески

«Общее оперативное время на все виды работ по сборке задней независимой подвески определяем как сумму отдельных оперативных времен:»[5]

$$t^{ОБЩ}_{оп} = \Sigma t_{оп} = 4.49 + 4.51 = 9.00 \text{ мин} \quad (99)$$

«Суммарная трудоемкость сборки задней независимой подвески:»[5]

$$t^{ОБЩ}_{шт} = t^{ОБЩ}_{оп} + t^{ОБЩ}_{оп} \cdot (\alpha + \beta) / 100 = 9.00 + 9.00 \cdot (2 + 4) / 100 = 9.54 \text{ мин}, \quad (100)$$

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

$\beta$  – часть оперативного времени на перерывы для отдыха в процентах. Принимаем  $\beta = 4\%$ .»[5]

### 3.3 Определение типа производства

«Тип производства при сборке определяем по таблице в зависимости от годового выпуска автомобилей и ориентировочной определенной суммарной трудоемкости сборки подвески. Принимаем крупносерийное производство.

Определяем такт выпуска автомобилей:»[5]

$$T_B = \frac{F_d \cdot 60m}{N} = \frac{4015 \cdot 60}{45000} = 5,35 \text{ мин}, \quad (101)$$

«где  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену;

$m$  – количество рабочих смен в сутки;

$N$  – годовой объем выпуска автомобилей.»[5]

### 3.4 Выбор организационной формы сборки

«Учитывая конструкцию подвески, ее размеры и массу, объем выпуска, сроки (длительность) выпуска и тип производства принимаем как организационную форму сборки подвижную поточную сборку с расчленением процесса на операции и передачей собираемого объекта от одной позиции к другой посредством механических транспортирующих устройств.»[5] Маршрутная технология представлена в таблице 18.

### 3.5 Составление маршрутной технологии

Таблица 18 – Технологическая карта

№ операции	Операция	Содержание переходов	Приспособлени е	Врем я
1	2	3	4	5
1. Сборка ступицы левого заднего колеса				
005	Сборка ступицы левого заднего колеса	<p>Вынуть из ящика ступицу заднего колеса и осмотреть со всех сторон</p> <p>Зафиксировать ступицу в приспособление</p> <p>Вынуть и осмотреть рычаг задней подвески с растяжками в сборе</p> <p>Зафиксировать на рычаг задней подвески технологическое приспособление</p> <p>Наживить верхний конец приспособления в отверстие в ступице заднего колеса</p> <p>Закрепить рычаг</p> <p>Закрепить гайку крепления рычага задней подвески к ступице, придерживая головки болтов от проворота</p> <p>Вынуть и осмотреть рычаг стабилизатора в сборе</p> <p>Зафиксировать на рычаг стабилизатора технологическое приспособление</p> <p>Закрепить рычаг</p> <p>Закрепить гайку крепления рычага стабилизатора задней подвески к рычагу задней подвески , придерживая головки болтов от проворота</p> <p>Перенести ступицу с рычагами в сборе на основную сборку</p>	<p>Приспособлени е для сборки ступицы</p> <p>Пневмогайковерт</p> <p>Ключи</p> <p>Устройство для настройки гайковерта</p>	4,8

1	2	3	4	5
2. Монтаж задней подвески на подрамнике				
010	Монтаж задней подвески на подрамнике	<p>Вынуть и Зафиксировать поперечину задней подвески на приспособление закрепив его</p> <p>Вынуть ступицу с рычагами в сборе и осмотреть</p> <p>Наживить задние концы рычага задней подвески в кронштейны на подрамнике, отцентрировать и наживить их болтами, шайбами пружинными и гайками</p> <p>Зафиксировать на рычаг стабилизатора технологическое приспособление</p> <p>Вынуть стабилизатор в сборе</p> <p>Закрепить стабилизатор в сборе на рычаге стабилизатора</p> <p>Закрепить гайку крепления стабилизатора</p> <p>Вынуть и осмотреть стойку телескопическую с чашками и пружинами в сборе</p> <p>Закрепить стойку телескопическую с помощью болтов</p> <p>Зафиксировать правую ступицу колеса с рычагами в сборе на подрамник</p> <p>проделать аналогичные операции как и с левой ступицей</p> <p>Разфиксировать заднюю подвеску в сборе с приспособления для сборки</p> <p>Перенести на конвейер для установки на автомобиль</p>	<p>Грузонесущий подвесной конвейер.</p> <p>Приспособление для сборки задней подвески на подрамнике</p> <p>Стол рабочий</p> <p>Пневмогайковёрт</p> <p>Ключи</p> <p>Устройство для настройки гайковерта</p>	4,83

Продолжение таблицы 18

### Вывод

В ходе технической разработки данной дипломной работы была составлена блок-схема и разработана маршрутная технология, которая представлена в формате А1.



#### **4 Безопасность и экологичность объекта**

Человек – это часть природы, но он не может существовать без нее, поэтому ему приходится приспосабливаться к ней.

В связи с этим, человек должен знать основные принципы функционирования этих систем и уметь ими пользоваться, а также знать, как правильно действовать в случае возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного, природного или биолого-социального характера. Чрезвычайные ситуации техногенного характера, к таким относятся: аварии на производстве, пожары, взрывы, выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду и другие опасные процессы и явления. Человек может жить в природных условиях, а может и в городе.

От этого зависит, каким будет здоровье человека, его характер и поведение. И в том и в другом случае его организм подвергается воздействию множества факторов антропогенного воздействия.

К ним относятся: загрязнение атмосферы, воды и почвы; шум, вибрация, электромагнитные и ионизирующие излучения; электромагнитные поля радиочастот; химические вещества - пестициды, удобрения, промышленные выбросы; радиация, в том числе и изотопы.

Все эти факторы вызывают неблагоприятные изменения в организме человека. Именно здесь человек реализует свои способности и возможности.

В этих системах человек преобразует среду и сам преобразуется под влиянием этой среды. Человек не может существовать вне этих систем, но и в них он не является только физическим телом. Он не только существует, но и творит, преобразует, обладает разумом и волей.

Антропогенные системы — это системы, в которых человек

активно преобразует окружающую его среду. От этого зависит, каким будет здоровье человека, его характер и поведение.

Нужны четкие инженерные решения задач, направленных на обеспечение безопасности людей при производстве, на транспорте, в быту, при эксплуатации зданий и сооружений, а также при использовании различных видов техники. В настоящее время существует несколько направлений развития систем безопасности.

К числу приоритетных относится создание систем охранного телевидения, которые позволяют получать информацию о состоянии окружающей обстановки и своевременно реагировать на чрезвычайные ситуации. Телевизионные системы охраны являются наиболее перспективным средством обнаружения, оповещения и управления.

Это обусловлено рядом их преимуществ по сравнению с другими системами безопасности. К сожалению, в нашей стране в области безопасности труда и охраны окружающей среды ничего подобного нет.

В результате - огромное количество несчастных случаев на производстве, гибель людей. Это происходит в первую очередь из-за отсутствия у большинства руководителей и специалистов навыков и знаний по охране труда, а также отсутствия необходимой нормативно-технической документации.

Для решения этих проблем необходимы научно обоснованные методики оценки рисков и их контроль. В этих условиях особое значение приобретает разработка и внедрение в практику системы защиты от опасностей.

Термин “законодательство” в данном случае употребляется в широком смысле, он означает совокупность нормативных актов, регулирующих отношения в области безопасности. Законодательство по вопросам безопасности включает все эти вопросы.

В этой связи, при разработке новых конструкций и внедрении их в

производство, необходимо уделять особое внимание вопросам безопасности при эксплуатации, хранении, транспортировании и утилизации.

Применение современных материалов и конструкций, разработка, изготовление и испытание новых приборов, устройств и оборудования, используемых в качестве средств защиты от поражения электрическим током, позволяют снизить уровень травматизма.

#### 4.1 Описание рабочего места, оборудования, выполняемых операций

Схема рабочей зоны для инженерно-технических работников представлена на рисунке 14.

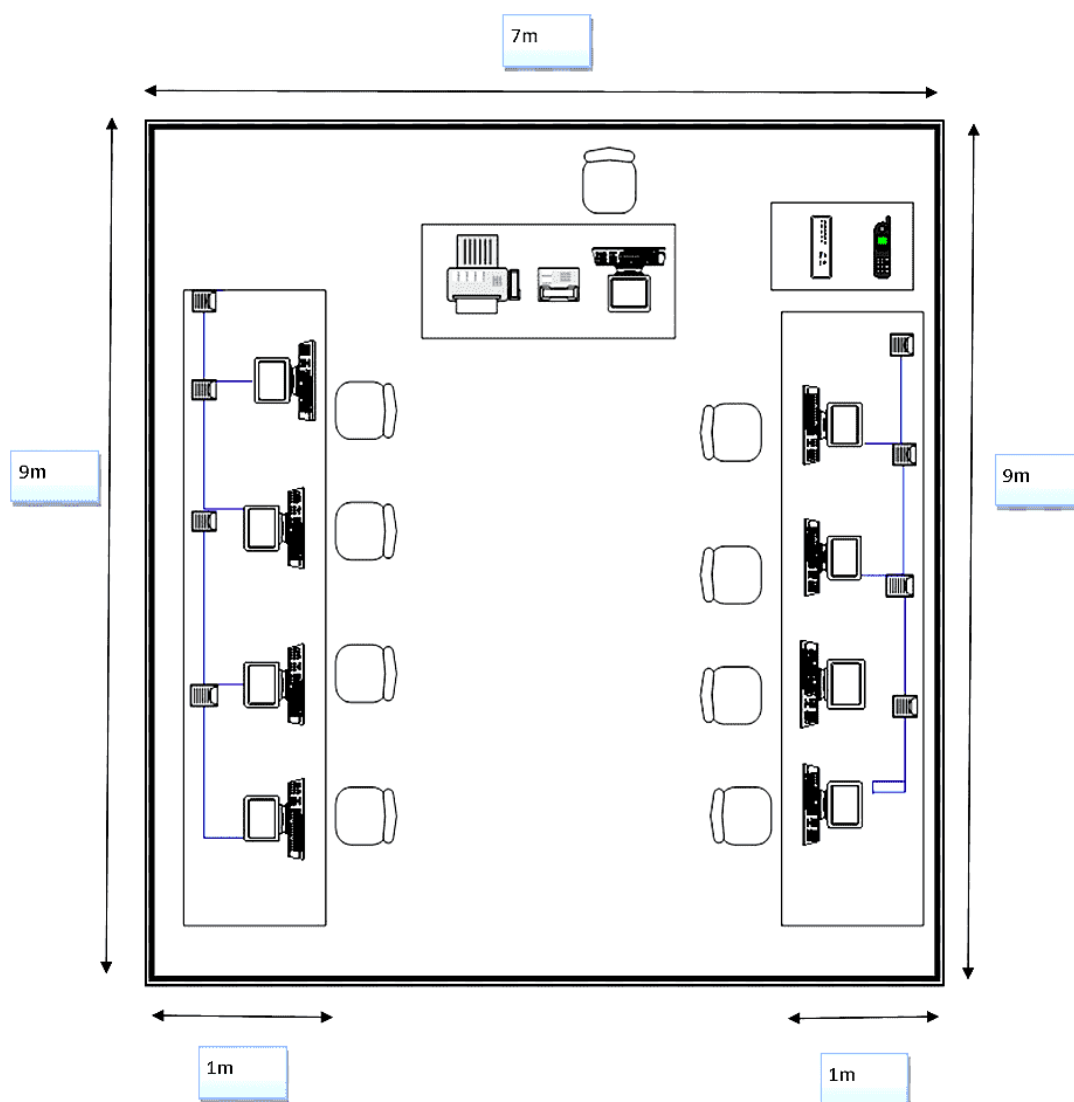


Рисунок 14 – Схема рабочей зоны ИТР  
«Основные операции дипломного проекта включают:

выполнение чертежей, расчёты и составление пояснительной записки. Эти операции осуществляются на компьютерах или Pentium. Кроме техники они требуют различного программного обеспечения, соответствующих знаний, а также дополнительного (по сравнению с выполнением дипломного проекта вручную) времени на ввод информации и вывод результатов на печать. Для вывода на печать существуют специальные устройства, с которыми очень часто приходится иметь дело (принтеры, плоттеры). Большая же часть работы выполнена на компьютерах машинного зала НТЦ.

Рабочее место находится в машинном зале НТЦ. Это помещение площадью 6x10 м<sup>2</sup> и высотой 4м, в котором расположены терминалы и персональные вычислительные машины (далее - ВДТ и ПЭВМ) в количестве 8 комплектов. Помимо этого в помещении расположены устройства для вывода на печать и серверы.»[7]

#### **4.2 Опасные и вредные производственные факторы**

«Основными опасными и вредными производственными факторами при работе с ВДТ и ПЭВМ являются: повышенный уровень статического электричества; повышенное напряжение в электроцепи; электромагнитные излучения; ионизация окружающего воздуха. Источниками шума и вибраций являются: устройства, выводящие на печать (принтер, плоттер), системные блоки, клавиатура. Источниками повышенного уровня статического электричества, электромагнитных излучений, ионизации окружающего воздуха являются, в основном, дисплеи, а также системные блоки, серверы.»[7]

«Опасные и вредные производственные факторы указаны в таблице 19, с указанием видов работ или оборудования, при работе на котором он встречается.

Напряжение питания ВДТ и ПЭВМ (220 В) при несоблюдении мер безопасности представляет собой серьёзную опасность для здоровья и жизни людей.

Машинный зал по пожарной опасности относится к категории Д – это производства, в которых обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии (цеха холодной обработки материалов и т.д.)»[7]

Таблица 19 – Опасные и вредные производственные факторы

Название профессионального риска	Рабочие ситуации и техническое оборудование для работы с опасными производственными элементами.
Статическое электричество	Производится функциями компьютера, От работы плоттеров, принтеров, системного оборудования и серверов.
Высокое напряжение вэлектрических цепях.	Подключение электрооборудования.
Излучениеэлектромагнитных волн.	Генерируется в результате работы. Компьютера, VDT, блока операционной системы и сервера
Ионизация окружающего воздуха.	Производится в результате работы. ПК и VDT, а также блока питания и сервера.
Монотонная работа.	Вырабатывается в результате работы
Перегрузка (оптических) анализаторов.	Возникает в результате эксплуатации персонального компьютера
Статическая нагрузка	Появились в результате работы Возникли в результате длительного сидения

### **4.3 Воздействие производственного фактора на организм работающих**

«Высокое напряжение в электроцепи приводит к тому, что в случае контакта человека с электрическим током сильно поражается человек.

Ионизация окружающего воздуха приводит к чувству усталости, может наблюдаться тошнота.

Монотонность труда приводит к быстрой утомляемости человека, способствует снижению внимания и увеличению числа ошибок при выполнении работы, снижается производительность труда и ухудшается качество работы.

Перенапряжение анализаторов в нашем случае зрения. Высокая долговременная нагрузка на зрительные анализаторы приводит к постепенному снижению зрения, появлению близорукости и дальнозоркости, астигматизму глаза.

Статическая нагрузка приводит к ухудшению кровообращения, а также появляется раздражительность и утомляемость.»[7]

### **4.4 Организационные, технические мероприятия по созданию безопасных условий труда**

«Для снижения и предотвращения воздействия ОВПФ необходимо строго соблюдать правила техники безопасности и выполнять санитарно-гигиенические нормы. Для снижения утомляемости, повышения производительности и качества работ выполняются следующие требования и проводятся мероприятия при работе с ВДТ и ПЭВМ

Требования к ВДТ и ПЭВМ

Все ВДТ имеют гигиенический сертификат, включающий в том числе оценку визуальных параметров.»[7]

«Звукоизоляция ограждающих конструкций помещения с ВДТ и ПЭВМ отвечает гигиеническим требованиям и обеспечивает нормируемые параметры шума согласно требованиям раздела 6 Санитарных правил.»[7]

«Помещение с ВДТ и ПЭВМ оборудовано системами отопления, кондиционирования воздуха и эффективной приточно-вытяжной вентиляцией.

Для внутренней отделки интерьера помещения с ВДТ и ПЭВМ используются диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка - 0,7-0,8; для стен - 0,5-0,6; для пола - 0,3-0,5.

Полимерные материалы, используемые для внутренней отделки интерьера помещения с ВДТ и ПЭВМ, разрешены для применения органами и учреждениями Государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Поверхность пола в помещении эксплуатации ВДТ и ПЭВМ является ровной, без выбоин, нескользкой, удобной для очистки и влажной уборки, обладает антистатическими свойствами.

Мероприятия по обеспечению параметров микроклимата, содержанию аэроионов и вредных химических веществ в воздухе помещений эксплуатации ВДТ и ПЭВМ

В помещении машинного зала работа на ВДТ и ПЭВМ является основной, поэтому обеспечиваются оптимальные параметры микроклимата

Для повышения влажности воздуха в помещениях с ВДТ и ПЭВМ 2 раза в смену проводится влажная уборка полов.

Помещение с ВДТ и ПЭВМ перед началом и каждые 2 часа работы, проветривается, что обеспечивает улучшение качественного состава воздуха, в том числе и аэроионный режим.»[7]

Требования и меры по шуму и вибрации

При выполнении основных работ с ВДТ и ПК в компьютерном классе уровень шума в рабочей зоне не должен превышать 50 дБА.

Шумовое оборудование (АЦП, принтер), превышающее уровень шума, должно располагаться вне зоны, где находятся ВДТ и ПК.

Оборудование, являющееся источником вибрации, должно быть изолировано резиновыми ковриками.

Требования и меры по освещению в помещениях и на рабочих местах с ВДТ и ПК

Отраженные блики на рабочих поверхностях (мониторы, столы, клавиатуры и т.д.) ограничиваются выбором соответствующих ламп и расположением рабочего места по отношению к источникам естественного и искусственного света, при этом яркость бликов на мониторах ВДТ и ПК не должна превышать 40 кд/м<sup>2</sup>, а яркость потолка при использовании систем непрямого освещения не должна превышать 200 кд/кв. м.

Лампы типа ЛБ в основном используются в качестве источников света для искусственного освещения. Металлогалогенные лампы мощностью до 250 Вт используются для непрямого освещения производственных помещений.

Общее освещение выполняется в виде прерывистых линий светильников, установленных параллельно линии взгляда пользователя со стороны рабочего места.

Для обеспечения требуемой освещенности зон ВДТ и ПК оконные рамы и светильники очищаются не реже двух раз в год, а перегоревшие лампы своевременно заменяются.

«Мероприятия по организации и оборудованию рабочих мест с ВДТ и ПЭВМ

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) выполнена полумягкой, с нескользящим, не электризующимся и



воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим лёгкую очистку от загрязнений.»[7]

«Экран видеомонитора находится от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 600-700 мм, но не менее 500 мм с учётом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Высота рабочей поверхности стола составляет 750мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

- стационарные или съёмные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50...70 мм;

- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 +- 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350-500 мм.

Мероприятия по организации режима работы с ВДТ и ПЭВМ

Для предупреждения развития переутомления обязательными мероприятиями являются:

- проведение упражнений для глаз через каждые 20-25 минут работы за ВДТ и ПЭВМ ;

- устройство перерывов после каждого академического часа занятий, независимо от учебного процесса, длительностью не менее 15 минут;

- проведение во время перерывов сквозного проветривания помещений с ВДТ и ПЭВМ с обязательным выходом студентов из него;»[7]

«- проведение упражнений физкультминутки в течение 1-2 минут для снятия локального утомления, которые должны выполняться индивидуально при появлении начальных признаков усталости; замена комплексов упражнений один раз в 2-3 недели.

Требования к организации медицинского обслуживания  
пользователей ВДТ и ПЭВМ

К непосредственной работе с ВДТ и ПЭВМ допускаются лица не имеющие медицинских противопоказаний.

Женщины со времени установления беременности и в период кормления ребенка грудью к выполнению всех видов работ, связанных с ВДТ и ПЭВМ, не допускаются.»[7]

#### **4.5 Экологическая экспертиза машинного зала**

Машинное отделение - это помещение с высокой концентрацией оргтехники, электромагнитного излучения, ионизации воздуха, статического электричества, шума и оборудования, создающего вибрацию. Такое воздействие вызывает у работников физическое недомогание, снижает производительность труда и ухудшает память.

Существуют различные меры, которые можно предпринять для борьбы с этими вредными и разрушительными производственными факторами. Эти меры следующие,

- использование защитных экранов и фильтров
- строгая организация рабочего времени с использованием ВДТ и ПК
- установка кондиционеров на рабочих местах

Необходимо принимать меры по защите людей и соблюдать предельно допустимые уровни выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

Для защиты атмосферы в помещениях должны использоваться специальные системы очистки воздуха в зонах, где установлено оборудование. Для этих целей используются следующие:

1. удаление пыли из механического оборудования, где пыль оседает

под действием силы тяжести, центробежной силы или чистой инерции

2. добавки к топливу для минимизации вредных выбросов, сажи, углеводородов и т.д.

На рабочем месте имеются стоки для дождевой воды, производственной воды, бытовой воды и воды от мойки автомобилей. Для бытовых сточных вод сточные воды сбрасываются в центральную канализацию и очищаются в специально отведенном месте. Другие сточные воды очищаются с помощью специального оборудования. Первый этап - механическая очистка, т.е. отстаивание, при котором удаляются взвешенные частицы и дисперсные коллоидные частицы. Наконец, все продукты с поверхности воды собираются и утилизируются.

Для очистки дождевых вод и автомоек используется специальное бетонное оборудование, такое как

1. песколовки.
2. оборудование для сбора сточных вод.
3. характерные фильтры.
4. автоматическая арматура для удаления углеводородов.
5. скорость усадки.

Эффективность использования вышеуказанных конструкций должна быть проверена путем отбора проб выбрасываемого из них воздуха и анализа их в лаборатории. Затем полученные данные сравниваются с нормами выбросов, разрешенными компетентными органами. Если нормы превышены, необходимо провести регулировку или модернизацию системы очистки.

#### **4.6 Безопасность в чрезвычайных и аварийных ситуациях**

При несчастном случае немедленно сообщите руководителю, ближайшему технику и обратитесь в пункт первой помощи.

Если вы видите, что другие работники нарушают инструкции или подвергают опасности окружающих, не оставляйте их без присмотра, а предупредите их и сообщите руководителю участка о необходимости соблюдения требований безопасности на рабочем месте.

В аварийной ситуации первое, что необходимо сделать, это выключить все оборудование, например, с помощью аварийного выключателя, напр.

1. если посторонние предметы попали в позицию загрузки и разгрузки и в линию автоматизации передачи

2. если человек находится в опасной зоне.

3. если электрооборудование загорится.

4. если происходит короткое замыкание.

5. если транспортируемые предметы неправильно расположены на рабочем месте.

6. если активируется какой-либо агрегат, что, в свою очередь, может привести к серьезным повреждениям.

Если работник получил травму, необходимо немедленно оказать первую помощь и сообщить об этом руководителю. Разумеется, сам пострадавший должен быть доставлен в медицинское учреждение.

В случае пожара или стихийного бедствия рабочие должны иметь возможность быстрой эвакуации Согласно СНиП П-2 - 80, должно быть не менее двух аварийных выходов.

1. К аварийному выходу должна вести только одна дверь, независимо от этажа

2. если производство относится к категориям А, Б или Е, то в помещении площадью не более 110 квадратных метров может размещаться не более пяти человек

3. на производстве категории В может размещаться не более 25 человек, если площадь помещения составляет 300 квадратных метров

4. и 50 человек на площади более 600 квадратных метров в случае производства категории Г и Д.

#### **4.7 Мероприятия по пожарной безопасности**

Машинное отделение относится к помещению Д и является пожаробезопасным производственным помещением.

В случае пожара применяются следующие меры: углекислотные огнетушители ОУ-2. В производственных помещениях на каждые 100 м<sup>2</sup> площади требуется два огнетушителя.

Под пожарной безопасностью в настоящее время понимаются все организационные и технические мероприятия, направленные на предотвращение пожарных рисков для работников и минимизацию материального ущерба.

Пожарная безопасность в производственных помещениях обеспечивается главным образом за счет группировки негорючих колонн на рабочих местах по пределам огнестойкости и высококвалифицированного подбора информации по огнестойкости. В случае возникновения пожара важно ограничить распространение огня. Взрывоопасные зоны должны быть локализованы и закрыты бункерами. Следует использовать дымозащитные устройства, иметь планы эвакуации людей из зоны, а также установить системы автоматической сигнализации и пожаротушения.

Оценка безопасности труда играет важную роль в реализации мер по обеспечению пожарной и взрывобезопасности.

Обеспечение пожарной безопасности Помещение оборудовано системой общеобменной вентиляции. Оборудование, являющееся источником выделения вредных и токсичных веществ, оборудуется местными отсосами для подачи и удаления воздуха в верхнюю часть помещения или рабочей зоны со скоростью не более 0,2 м.с. СН и П21-

07-97. «Средства индивидуальной защиты. Для защиты глаз от излучения использовать металлическую ленту 0,8 мм х 0,8 мм, на которую на уровне лица помещается сложенный кусок органического стекла толщиной 80 мм х 80 мм. Для защиты органов дыхания использовать респиратор РМП-62 по ТТУ1-301-0521-81.»[7]

#### Вывод

В результате реализации мероприятий, предусмотренных настоящим подразделом, были выявлены следующие аспекты:

1. Выявлены небезопасные и опасные производственные аспекты, возникающие в процессе адаптации.

2. Выявлены меры по снижению воздействия небезопасных и опасных производственных аспектов. 3.

Описаны действия, которые необходимо предпринять в случае возникновения аварийной или аномальной ситуации на промышленном объекте.

4. Когда меры предосторожности приняты, объект должен считаться приемлемым для сограждан и окружающей адаптации.

## 5 Экономическая эффективность проекта

Экономическая эффективность проекта - это показатель ценности, получаемой от данной инвестиции. В автомобильной промышленности оценка экономической эффективности проекта имеет решающее значение для определения прибыльности и осуществимости разработки нового продукта, производственных процессов и других инвестиций.

Существует несколько ключевых критериев оценки, которые используются для оценки экономической эффективности автомобильных проектов, в том числе:

**Рентабельность инвестиций:** это наиболее распространенный показатель экономической эффективности, рассчитываемый как отношение чистой прибыли к инвестициям. Более высокая рентабельность инвестиций указывает на более эффективный проект.

**Чистая приведенная стоимость:** учитывает временную стоимость денег, принимая во внимание как первоначальные инвестиции, так и ожидаемые будущие денежные потоки. Положительный показатель указывает на то, что ожидается, что проект принесет большую отдачу, чем сделанные инвестиции.

**Внутренняя норма доходности:** - это ставка дисконтирования, которая делает чистую приведенную стоимость проекта равным нулю. Это показатель среднегодовой нормы прибыли, которую можно ожидать от проекта.

**Период окупаемости:** - это время, необходимое для возврата первоначальных инвестиций в проект. Как правило, предпочтителен более короткий срок окупаемости, поскольку это указывает на то, что инвестиции являются более экономически эффективными.

Что касается методов расчета, то эти показатели могут быть рассчитаны с использованием различных финансовых формул и электронных таблиц. При выполнении этих расчетов важно учитывать все соответствующие затраты и выгоды, включая капитальные затраты, эксплуатационные расходы и прогнозы доходов. Оценка экономической эффективности автомобильных проектов имеет важное значение для обеспечения того, чтобы инвестиции

были прибыльными и осуществимыми. Это включает в себя рассмотрение различных показателей, таких как рентабельность инвестиций, внутренняя норма доходности, чистая приведенная стоимость и период окупаемости, а также выполнение финансовых расчетов для определения стоимости, полученной от данной инвестиции. В дополнение к вышеуказанным показателям, есть некоторые другие важные факторы, которые следует учитывать при оценке экономической эффективности автомобильных проектов:

**Рыночный спрос:** Оценка потенциального спроса на разрабатываемый продукт или услугу является ключевым фактором в определении экономической эффективности проекта. Высокий спрос на продукт может привести к увеличению выручки и повышению экономической эффективности.

**Конкуренция:** Понимание конкурентной среды важно для определения экономической эффективности проекта. Следует учитывать такие факторы, как насыщенность рынка, ценовая стратегия и дифференциация продукта. Структура затрат проекта может оказать значительное влияние на его экономическую эффективность. При оценке эффективности проекта следует тщательно учитывать такие факторы, как материальные затраты, затраты на рабочую силу и накладные расходы. Технологические достижения могут повлиять на экономическую эффективность проекта несколькими способами. Например, новые технологии могут позволить использовать более эффективные методы производства, что приведет к снижению затрат и повышению экономической эффективности. Масштабируемость является важным фактором, который следует учитывать при оценке экономической эффективности проекта. Проект, который можно масштабировать по мере необходимости, может обеспечить большую гибкость и повысить эффективность с течением времени.

Исходные данные для расчета представлены в таблице 20.

Расчетные данные представлены в таблицах 21, 22, 23.



## 5.1 Расчет себестоимости проектной конструкции подвески.

Таблица 20 – Исходные данные для расчет себестоимости изделия

Наименование	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Выпуск изделий в год	Уг.	Шт.	45000
Страховой взнос в структуры ФОМС, ПФР, ФСС	Есц.	%	30
Расходы общие заводские	Ео.зав.	%	215
Коммерческие расходы	Ек.	%	5
Содержательные и эксплуатационные расходы на оборудование	Еоб.	%	194
Транспортные заготовительные расходы	Кт.зр.	%	1,45
Цеховые расходы	Ецх	%	183
Расходы на оснащение и инструменты	Еинс.	%	3
Рентабельность плана накопительного	Крнт.	%	30
Доплаты и выплаты не связанные с производством	Квп.	%	12
Премии и доплаты связанные с производством	Кпрм.	%	23
Возвратные отходы производства	Квт	%	1
Часовой тариф – 4 разряд	Ср4	руб.	72,24
Часовой тариф – 6 разряд	Ср6	руб.	93,81
Образующие капитал инвестиции	Ки	%	8,30

Расходы "Сырье и материалы" производится

$$M = C_{M_i} \cdot Q_{M_i} \cdot \left( 1 + \frac{K_{m.zp}}{100} - \frac{K_{вм}}{100} \right) \quad (102)$$

«где Ц<sub>м</sub> – оптовая цена материала i-го вида,руб.;

Q<sub>м</sub> – норма расхода материала i-го вида,кг.,м.;

К<sub>т.зр</sub> – коэффициент транспортно-заготовительных расходов,%;

К<sub>вт</sub> – коэффициент возвратных отходов,%;

Таблица 21 - Расчет затрат на сырье и материалы

Наименование	Ед.изм	Цена за	Норма	Сумма
Металлопрокат	тонн	36355	0,002	72,71
Дробь ДСЛ-8	тонн	8941,18	0,0082	73,32
Эмаль П-ЭП-45	тонн	131000	0,0002	26,2
Итого материалов:				172,23
Электроэнергия	Квт.ч	2,582	1,78	4,60
Газ	м3	1,177	0,238	0,28
Итого:				177,10
К <sub>т.зр</sub>		1,45		2,57
К <sub>вт</sub>		1		1,77
Всего				181,44

$$M = 181.44$$

Расходы "Покупные изделия и полуфабрикаты"

$$P_u = C_i \cdot n_i \cdot \left( 1 + \frac{K_{m.zp}}{100} \right) \quad (103)$$

где Ц<sub>и</sub> - оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов i-го вида,руб.; n<sub>и</sub> - количество покупных изделий и полуфабрикатов i-го вида,шт.;»[8]

«Таблица 22 - Расчет затрат на покупные изделия

Наименование изделия	Цена,руб.	Кол-во,шт.	Сумма, руб.
Пружина бочкообразная	1118	2	2236,00
Нижняя изолирующая прокладка пружины подвески	11,86	2	23,72
Верхняя изолирующая прокладка пружины	27	2	54,00
Буфер хода сжатия	243	2	
Болт крепления верхней продольной штанги	15	4	60,00
Итого			2373,72
Ктз		1,45	34,42
Всего			2408,14

Пи = 2408.14

Расходы "Основная заработная плата

производственных рабочих" производится по формуле:

$$Z_o = Z_T \cdot \left( 1 + \frac{K_{нрм.}}{100} \right) \quad (104)$$

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

$$Z_T = C_{р.і} \cdot T_i \quad (105)$$

где  $C_{р.і}$  - часовая тарифная ставка,руб.;

$T_i$  - трудоёмкость выполнения операции,час.;

$K_{прем}$  - коэффициент премий и доплат,

связанных с работой на производстве,%.

Таблица 23 - Расчет затрат на выполнение операций

Виды операций	Разряд	Трудоемк.	Тариф	Зар.Пл. осн.
Сборка стойки телескопической	4	0,11	72,24	7,95
Сборка продольной тяги	4	0,11	72,24	7,95
Контрольно-испытательная	6	0,08	93,81	7,50
Итого				23,40
Премиальные доплаты			23	5,38
Основная з/п				28,78

$Z_o = 28.78 \gg [8]$

«Расходы "Дополнительная заработная плата производственных рабочих" выполняется по формуле:»[8]

$$K_{ВП} = 0.12 \quad (106)$$

$$Здп = Зо \cdot K_{ВП}$$

$$Здп = 28.78 \cdot 0.12 = 3.45$$

«где  $K_{ВП}$  – коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве,%.

Расходы "Страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС" выполняется по формуле:»[8]

$$E_{с.н} = 0.30 \quad (107)$$

$$C_{с.н} = (Зо + Здп) \cdot E_{сц.н}$$

$$C_{с.н} = (28.78 + 3.45) \cdot 0.30 = 9.67$$

«где  $E_{сц.н}$  - коэффициент отчислений в страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС,%;

Расходы "Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования" выполняется по формуле:»[8]

$$E_{об} = 1.94 \quad (108)$$

$$C_{с.об} = Зо \cdot E_{обор}$$

$$C_{с.об} = 28.78 \cdot 1.94 = 55.83$$

«где  $E_{об}$  - коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования,%;

Расходы "Цеховые расходы" выполняется по формуле:»[8]

$$E_{цх} = 1.83 \quad (109)$$

$$C_{цх} = Зо \cdot E_{цх}$$

$$C_{цх} = 28.78 \cdot 1.83 = 52.67$$

где  $E_{цх}$  - коэффициент цеховых расходов,%;

«Расходы "Расходы на инструмент и оснастку" выполняется по формуле:»[8]

$$E_{\text{инс}} = 0.03$$

$$C_{\text{инс}} = Z_0 \cdot E_{\text{инстр}} \quad (110)$$

$$C_{\text{инс}} = 28.78 \cdot 0.03 = 0.86$$

«где  $E_{\text{инс}}$  - коэффициент расходов на инструмент и оснастку,%;

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле:»[8]

$$C_{\text{цх.с.с.}} = M + \Pi + Z_0 + C_{\text{сц.н}} + Z_{\text{дп}} + C_{\text{с.об}} + C_{\text{цх}} + C_{\text{инс}} \quad (111)$$

$$C_{\text{цх.с.с.}} = 181.44 + 2408.14 + 28.78 + 9.67 + 3.45 + 55.83 + 52.67 + 0.86 = 2740.85$$

«Расходы "Общезаводские расходы" выполняется по формуле:»[8]

$$E_{\text{о.зав}} = 2.15$$

$$C_{\text{о.зав}} = Z_0 \cdot E_{\text{о.зав}} \quad (112)$$

$$C_{\text{о.зав}} = 28.78 \cdot 2.15 = 61.88$$

«где  $E_{\text{о.зав}}$  - коэффициент общезаводских расходов,%;

Расчет общезаводской себестоимости выполняется по формуле:»[8]

$$C_{\text{о.зав.с.с.}} = C_{\text{о.зав}} + C_{\text{цх.с.с.}} \quad (113)$$

$$C_{\text{о.зав.с.с.}} = 61.88 + 2740.85 = 2802.72$$

«Расходы "Коммерческие расходы" выполняется по формуле:»[8]

$$E_{\text{к}} = 0.05$$

$$C_{\text{к}} = C_{\text{о.зав.с.с.}} \cdot E_{\text{к}} \quad (114)$$

$$C_{\text{к}} = 2802.72 \cdot 0.05 = 140.14$$

«где  $E_k$  - коэффициент коммерческих расходов,%;

Расчет полной себестоимости выполняется по формуле:»[8]

$$C_{п.пр.} = C_{о.зав.с.с.} + C_k \quad (115)$$

$$C_{п.пр.} = 2802.72 + 140.14 = 2942.86$$

«Расчет отпускной цены для проектируемого узла выполняется по формуле:

$$K_{рнт} = 0.3 \quad C_{п.б.} = 2420.38 \quad (116)$$

$$C_{от.пр.} = C_{п.б.} \cdot (1 + K_{рнт}) \quad C_{о.пр.} = 3146.49$$

где Крент - коэффициент рентабельности и плановых накоплений равный 30%;

Сравнительная калькуляция представлена в таблице 24.

Таблица 24 - Сравнительная калькуляция себестоимости базовой и проектируемой конструкции.

Наименование показателей	Обознач.	Затр.на	Затр.на
Основные материалы	М	171,40	181,44
Комплекующие изделия	Пи	1950,20	2408,14
Заработная плата	Зо	24,78	28,78
Дополнительная зар.плата	Зд	2,97	3,45
Страховой взнос в ПФР,	Сс.н.	8,33	9,67
Содержательные и экспл.	Сс.обор	48,07	55,83
Цеховые расходы	Сцх	45,35	52,67
Расходы на оснащение и инстр.	Синс	0,74	0,86
Себестоимость по цеху	Сц.с.с.	2251,84	2740,85
Общие заводские расходы	Со.зав	53,28	61,88
Себестоимость по заводу	Со.зав.с.с.	2305,12	2802,72
Коммерч. расходы	Ск	115,26	140,14
Себестоимость	Спол	2420,38	2942,86
Цена	Цот	3146,49	3825,72

## 5.2 Расчет точки безубыточности

Определение переменных затрат на единицу изделия:

$$Зперуд = М + Пи + Зо + Здп + C_{сц.н} \quad (117)$$

$$Зперуд = 181.44 + 2408.14 + 28.78 + 3.45 + 9.67 = 2631.48$$

на годовую программу выпуска изделия:»[8]

$$Зпер = Зперуд \cdot V_{г} \quad V_{г} = 45000 \quad (118)$$

$$Зпер = 2631.48 \cdot 45000 = 118416765.6$$

«Определение постоянных затрат на единицу

изделия: Амортизационные отчисления, руб. :»[8]

$$НА = 13$$

$$Ам.у = \frac{(Сс.об + Синс) \cdot НА}{100} \quad (119)$$

$$Ам.уд. = ((55.83 + 0.86) \cdot 13) / 100 = 7.37$$

«здесь НА - доля амортизационных отчислений, %;»[8]

$$Зпосуд = \frac{(Сс.об + Синс) \cdot (100 - НА)}{100} + C_{ЦХ} + C_{О.зав} + C_{К} + Ам.у \quad (120)$$

$$Зпосуд = ((55.83 + 0.86) \cdot (100 - 13)) / 100 + 52.67 + 61.88 + 140.14 + 7.37 = 311.38$$

$$Зпос = Зпосуд \cdot V_{Г}$$

$$Зпос = 311.38 \cdot 45000 = 14011975.53 \quad (121)$$

«Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия:»[8]

$$C_{пол.г.} = C_{пол.пр.} \cdot V_{Г}$$

$$Спол.г. = 2942.86 \cdot 45000 = 132428741.13 \quad (122)$$

«Расчет выручки от реализации изделия:»[8]

$$Выр = Цот.пр. \cdot V_{Г}$$

$$Выр = 3146.49 \cdot 45000 = 141592230 \quad (123)$$

«Расчет маржинального дохода:»[8]

$$Дмрж = Выр - Зпер \quad (124)$$

$$\text{Дмрж} = 141592230 - 118416765.6 = 23175464.4$$

«Расчет критического объема продаж:»[8]

$$A_{\text{крт}} = \frac{Z_{\text{пос}}}{\text{Цот}_{\text{.пр.}} - Z_{\text{перуд}}} \quad (125)$$

$$A_{\text{крт}} = 14011975.53 / (3146.49 - 2631.48) = 27207.17 \sim 27210$$

График точки безубыточности представлена на рисунке 15.

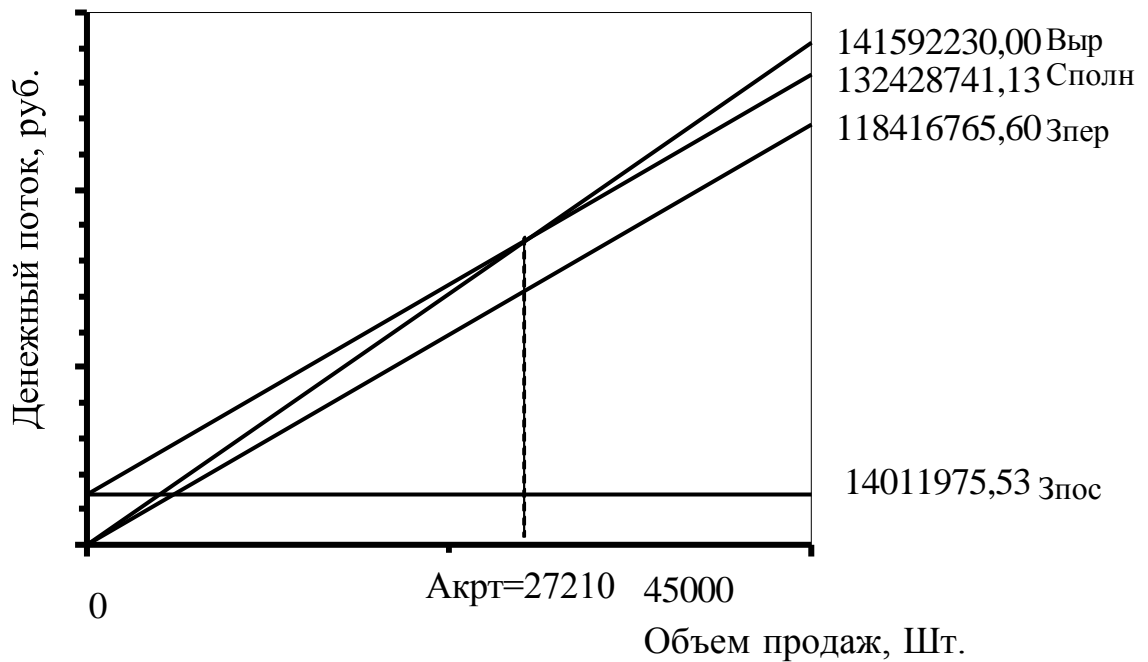


Рисунок 15 – График точки безубыточности



### 5.3 Расчет коммерческой эффективности

«Срок эксплуатации нового изделия определяем в 5 лет.»[8]

$$V_{\Gamma} = 45000$$

$$A_{крГ} = 27210$$

$$V_{МК} = V_{\Gamma}$$

$$n = 6$$

$$\Delta = \frac{V_{МК} - A_{крГ}}{n - 1} \quad (126)$$

$$\Delta = 3558$$

«Объем продаж по годам.»[8]

$$Ц_{от} = Ц_{от.пр.}$$

$$Ц_{от} = 3146.49$$

$$V_{пр1} = A_{крГ} + \Delta$$

(127)

$$V_{пр1} = 27210 + 3558 = 30768$$

Выр по годам:

(128)

$$\text{Выр}_1 = \text{Цот} \cdot \text{Vпр}_1$$

$$\text{Выр}_1 = 3146.49 \cdot 30768 = 96811327.39$$

«Переменные затраты по годам

для базового варианта:»[8]

$$\text{M} = 171.40 \quad \text{Пи} = 1950.20 \quad \text{Зо} = 24.78$$

$$\text{Здп} = 2.97 \quad \text{C}_{\text{сц}} = 8.33$$

(129)

$$\begin{aligned} \text{Зперудб} &= \text{M} + \text{Пи} + \text{Зо} + \text{Здп} + \text{C}_{\text{сц}} \\ \text{Зперудб} &= 2157.68 \end{aligned}$$

$$\text{Зперб1} = \text{Зперудб} \cdot \text{Vпр}_1$$

(130)

$$\text{Зперб1} = 2157.68 \cdot 30768 = 66387498.24$$

«для проектного варианта:»[8]

$$Зперудпр = Зперуд$$

$$Зперудпр = 2631.48$$

(131)

$$Зперпр1 = Зперудпр \cdot V_{пр1}$$

$$Зперпр1 = 2631.48 \cdot 30768 = 80965489.87$$

«Постоянные затраты для базового варианта.»[8]

$$C_{с.об.} = 48.07 \quad C_{цх.} = 45.35 \quad C_{инс.} = 0.74$$

$$C_{об.зав.} = 53.28 \quad C_{к.} = 115.26$$

$$Зпосудб = C_{с.обор.} + C_{инс.} + C_{цх.} + C_{об.зав.} + C_{к.} \quad (132)$$

$$Зпосудб = 262.7$$

$$Зпосб = Зпосудб \cdot V_{г}$$

(133)

$$Зпосб = 262.7 \cdot 45000 = 11821500$$

$$Зпоспр = Зпос$$

$$Зпоспр = 14011975.53$$

«Амортизация»[8]

$$A_{м.у} = 7.37$$

$$A_{м.} = A_{м.у} \cdot V_{Г} \quad (134)$$

$$A_{м.} = 7.37 \cdot 45000 = 331675.11$$

«Полная себестоимость по годам.

для проектного варианта:»[8]

(135)

$$З_{полпр1} = З_{поспр} + З_{перпр1}$$

$$З_{полпр1} = 14011975.53 + 80965489.87 = 94977465.4$$

«для базового варианта:»[8]

$$З_{полб1} = З_{посб} + З_{перб1}$$

$$З_{полб1} = 11821500 + 66387498.24 = 78208998.24$$

«Налогооблагаемая прибыль по годам

для проектного варианта:»[8]

$$\text{Проб}_{.пр.1} = \text{Выр}_1 - \text{Зполпр}_1$$

(136)

$$\text{Проб}_{.пр.1} = 96811327.39 - 94977465.4 = 1833862$$

«для базового варианта:»[8]

$$\text{Проб}_{.б.1} = \text{Выр}_1 - \text{Зполб}_1$$

(137)

$$\text{Проб}_{.б.1} = 96811327.39 - 78208998.24 = 18602329.15$$

«Налог на прибыль - 20% от налогооблагаемой прибыли по годам.  
для проектного варианта:»[8]

$$\text{Нп}_1 = \text{Проб}_{.пр.1} \cdot 0.20$$

(138)

$$\text{Нп}_1 = 1833862 \cdot 0.20$$

$$= 366772.4$$

«для базового варианта:»[8]

$$\text{Н}_1 = \text{Проб}_{.б.1} \cdot 0.20$$

(139)

$$\text{Н}_1 = 18602329.15 \cdot 0.20 = 3720465.83$$

«Прибыль чистая по годам.  
для проектного варианта:»[8]

$$\text{Прч}_{\text{пр.1}} = \text{Проб}_{\text{пр.1}} - \text{Нп1} \quad (140)$$

«для базового варианта:»[8]

$$\text{Прч}_{\text{б.1}} = \text{Проб}_{\text{б.1}} - \text{Н1}$$

$$\text{Прч}_{\text{б.1}} = 18602329.15 - 3720465.83 = 14881863.32 \quad (141)$$

«Расчет общественного эффекта.

Экономии от повышения долговечности проектируемого узла.»[8]

$$\text{Цот}_{\text{б}} = 3146.49 \quad \text{Д1} = 220000 \quad \text{Д2} = 300000$$

$$\text{Про.д.} = \text{Цот}_{\text{б}} \cdot \frac{\text{Д2}}{\text{Д1}} - \text{Цот}_{\text{пр.}} \quad (142)$$

$$\text{Про.д.} = 3146.49 \cdot \frac{300000}{220000} - 3146.49 = 1144.18$$

«где Д1 - долговечность базовой  
конструкции,(циклы) Д2 - долговечность  
новой конструкции,(циклы)

Следовательно текущий чистый доход (накопление  
сальдо) по годам составит:»[8]

$$\text{Ч1} = \text{Прч}_{\text{пр.1}} - \text{Прч}_{\text{б.1}} + \text{А}_{\text{м.}} + (\text{Про.д.} \cdot \text{V}_{\text{пр1}})$$

$$\text{Ч1} = 1467089.6 - 14881863.32 + 331675.11 + (1144.18 \cdot 30768) = 22121020.44 \quad (143)$$

«Дисконтирование денежного потока.»[8]

$$E_{CT} = 10$$

$$\alpha_{ti} = \frac{1}{(1 + E_{CTi})^t} \quad (144)$$

«где  $E_{CTi}$  - процентная ставка на капитал;

$t$  - год приведения затрат и результатов;»[8]

$$\alpha_1 = 0.909 \quad \alpha_2 = 0.826 \quad \alpha_3 = 0.753 \quad \alpha_4 = 0.683 \quad \alpha_5 = 0.621$$

$$ДСП1 = Ч1 \cdot \alpha_1$$

(145)

$$ДСП1 = 22121020.44 \cdot 0.909 = 20108007.58$$

«Суммарный ДСП за расчетный период рассчитывается по формуле:»[8]

(146)

$$\Sigma ДСП = ДСП1 + ДСП2 + ДСП3 + ДСП4 + ДСП5$$

$$\Sigma ДСП = 102571885.85$$

«Суммарный ДСП за расчетный период рассчитывается по формуле:»[8]

$$\Sigma C_{\text{пол.пр.}} = З_{\text{полпр1}} + З_{\text{полпр2}} + З_{\text{полпр3}} + З_{\text{полпр4}} + З_{\text{полпр5}}$$

$$K_{\text{и.}} = 0.083$$

$$I = K_{и.} \cdot \Sigma C_{пол.пр.} \quad I = 47186787.85 \quad (147)$$

«Чистый дисконтированный доход.»[8]

$$ЧД = \Sigma ДСП - I \quad (148)$$

$$ЧД = 55385097.99$$

«Индекс доходности.»[8]

$$ID = \frac{ЧД}{I} \quad (149)$$

$$ID = 1.17$$

«Срок окупаемости проекта.»[8]

$$Ток = \frac{I}{ЧД} \quad (150)$$

$$Ток = 0.85$$

График прибыли представлена на рисунке 16.

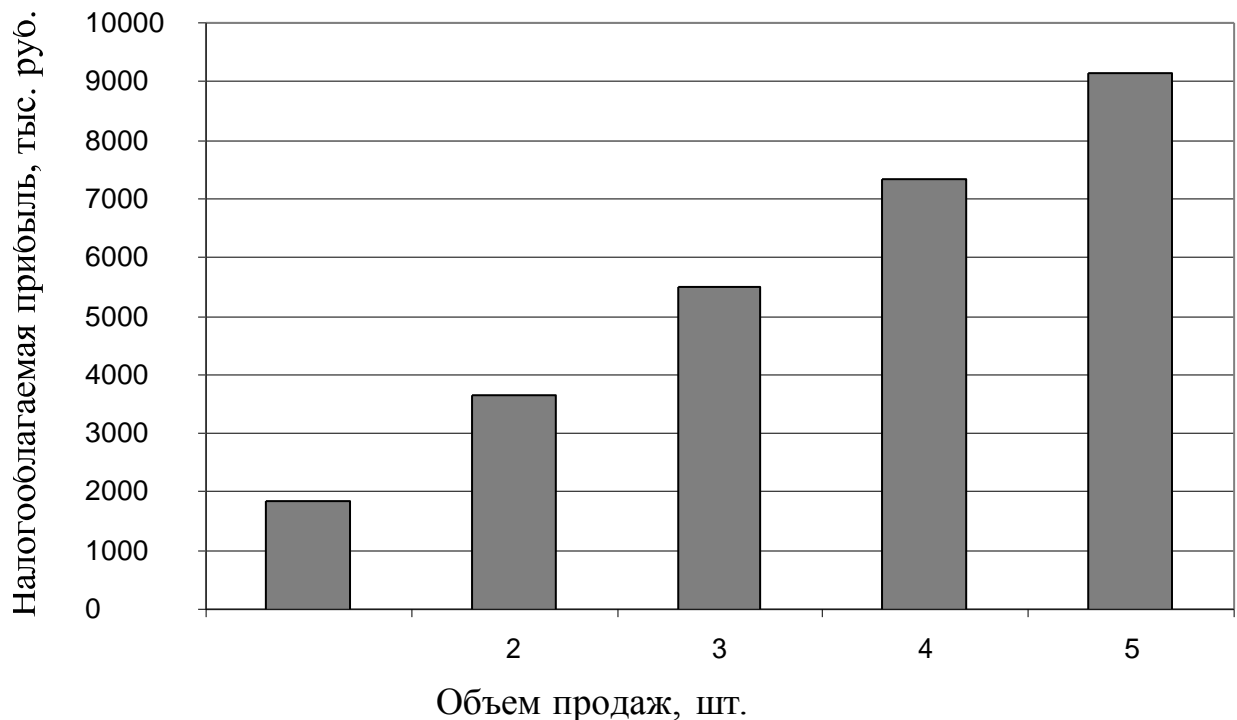


Рисунок 16 – График зависимости налогооблагаемой прибыли от объема продаж.



## 5.4 Выводы и рекомендации

Что касается экономического аспекта дипломного проекта, то расчет показателей новой задней подвески показывает, что, хотя стоимость ее выше, чем у подвески с базовой конструкцией, лучшие характеристики новой задней подвески повышают долговечность конструкции задней подвески и, соответственно, автомобиля в целом. Таким образом, при расчете социальной выгоды речь идет об экономии за счет повышения долговечности, что может привести к выводу о целесообразности применения конструкции задней подвески, поскольку данный проект имеет положительный экономический эффект.

В результате ряда конструкторских и технических мероприятий срок службы задней подвески был увеличен примерно в 1,35 раза, с положительным экономическим эффектом  $ID = 1,17$ .

Точка безубыточности составляет 27 210 единиц, при таком объеме продаж компания покрывает свои затраты, а при планируемом объеме производства 45 000 единиц компания получает дисконтированную чистую прибыль (с учетом капитальных вложений) в размере 55385097,99 рублей.

Срок окупаемости проекта составляет менее одного года, что означает, что риски данного проекта минимальны. Согласно полученным данным, можно говорить о применении для проектирования новых автомобилей.

## Заключение

В механизме проекта основная цель - улучшение гибкости и защиты автомобиля - была достигнута за счет увеличения угловой жесткости разработанного узла подвески, низкого расположения центра наклона, внедрения высокоэффективных материалов шин и использования стабилизаторов бокового удара. Повышенная прочность автомобиля в экстремальных условиях эксплуатации подтверждает бесперебойную работу во время гонки. Этого можно достичь за счет использования титановых сплавов для изготовления стабилизаторов крутящего момента. Повышенная прочность также может быть выражена через механизм подвески. Снижение нагрузки на водителя связано с изменением положения поворота во время движения. Для улучшения плавности хода автомобиля и возможности регулировки упругих свойств подвески, задачей данной дипломной работы было усовершенствование конструкции задней подвески автомобилей данного проекта. Результатом данной работы стало обновление конструкции подвески автомобиля Lada Granta.

Расчеты подтвердили предельные нагрузки выбранной конструкции. Данное исследование соответствует текущим и потенциальным технологическим и научным разработкам в автомобильной промышленности.

В представленном экономическом разделе дипломного проекта, анализируя результаты расчетов показателей эффективности внедрения разработанной конструкции и можно сделать вывод о целесообразности внедрения ее в производство.

В технологической части данного дипломного проекта разработан технологический процесс сборки спроектированной конструкции.

В целом, по всем рассмотренным аспектам модернизированной подвески можно сделать вывод, что подвеска полностью соответствует требованиям проекта.

## Список используемых источников

1. Автомобили / А. В. Богатырев, Ю. К. Есеновский-Лашков, М. Л. Насоновский, В. А. Чернышев. Под ред. А. В. Богатырева. - М.: Колос, 2004. - 496 с.
2. Автомобили: Техническое обслуживание ремонт расчеты / В.Н.Барун, Р. А. Азаматов, В. А. Трынов и др. - М.: Транспорт, 1984. 251 с.
3. Автомобиль: Основы конструкции: Учеб, для ВУЗов специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство»/ Н. Вишняков, В. К. Вахламов, А. Н. Нарбут и др. - 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986, -304 с.
4. Анохин В. И. Отечественные автомобили. М.: Машиностроение, 1977. 592с.
5. Анурьев В.И. Справочник технолога машиностроителя / В.И. Анурьев;. – М. : Машиностроение, 1980. – 688 с.
6. Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, № 39,2003; Информационный фонд НТЦ "Система".
7. Горина Л.Н. Обеспечение безопасности труда на производстве / Л.Н. Горина;. - Тольятти 2002. – 34 с.
8. Капрова В.Г. Методические указания по технико-экономическому обоснованию дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений для студентов специальности 150100 – “Авто-мобиле- и тракторостроение”. / В.Г.Капрова;. Тольятти: ТГУ. 2003. – 50 с.
9. Кисуленко Б.В. Краткий автомобильный справочник. Легковые автомобили. / Б.В. Кисуленко, – М. : Автополис-плюс, 2005. - 482 с.
10. Кузнецов Б.А Краткий автомобильный справочник / Б.А. Кузнецов. - М. : Транспорт, 1984. – 250 с.
11. Куклин Н.Г. Детали машин / Н.Г. Куклин;. – М. : Высшая школа,

1973. - 384с.

12. Лукин П.П. Конструирование и расчёт автомобиля / П.П. Лукин; - М. : Машиностроение, 1984. -376 с.

13. Лысов М.И. Машиностроение / М.И. Лысов;. - М.: Машиностроение,1972.-233 с.

14. Малкин В.С. Конструкция и расчет автомобиля / В.С. Малкин; - КуАИ, 1978. – 195 с.

15. Осепчугов В.В.; Автомобиль: анализ конструкций, элементы расчета / В.В. Осепчугов; А.К. Фрумкин; - М. : Машиностроение, 1989.- 304с.

16. Пехальский А. И. Устройство автомобилей: учебник для студ. Учреждений сред. проф. образования / А. И. Пехальский, И. А. Пехальский. - 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 528 с.

17. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко; - Киев: Наукова думка, 1988.-736с.

18. Раскин А.М., Основы расчета и указания к дипломному проектированию агрегатов шасси автомобиля / А.М. Раскин; А.Ф. Яшин; - Саратов: Ротапринт, 1975.-68с.

19. Родичев В. А. Устройство и ТО грузовых автомобилей: Учебник водителя автотранспортных средств категории «С» / В. А. Родичев. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 256 с.

20. Унгер Э. В., Машатин В. Н., Этманов С. А. Устройство и техническое обслуживание автомобилей КамАЗ. - М.: Транспорт, 1976. – 392 с.

21. Устройство автомобиля: Учебник для учащихся автотранспортных техникумов / Е. В. Михайловский, К. Б. Серебряков, Е. Я. Тур.—6-е изд., стереотип.— М.: Машиностроение, 1987.—352 с.

22. Черепанов Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. Пособие / Л. А. Черепанов; ТолПИ. - Тольятти: ТолПИ, 2001.-40 с: ил. - Библиогр. : с. 39.

23. Шестопапов С. К. Устройство, ТО и ремонт легковых автомобилей: учебник для НПО / С. К. Шестопапов. - 7-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 544 с.
24. Calculation the torque moment of the clutch elastic and safety roller. Part 2012. Volume XI (XXI). P. 36 - 38.
25. Concepcion, M. Includes operating parameters, advantages and electronic components for all CVTs - 2nd edition / M. Concepcion. - Create Space Independent Publishing Platform, 2013. - 76 p.
26. Dainius L., Research on Probability for Failures in VW Cars During Warranty and Post-Warranty Periods / Mokslas: Lietuvos Ateitis, 2014. - 2 p.
27. König R. Schmiertechnik / R. König. - Springer, 1972. - p.164.
28. Maten J. Continuously Variable Transmission (CVT) / J. Maten, B Anderson. - SAE Internatioal, 2006. - 400 p.
29. Mikell P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.
30. Niemann G. Maschinenelemente: Band 1: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen / G. Niemann, H. Winter. - 2005.Springer, - p.
31. Sergio M. Savaresi, Charles Poussot-Vassal, Cristiano Spelta, Olivier Sename, Luc Dugard. Gear box Control Design for Vehicles / 2010.
32. Werner E. Schmierungstechnik / E. Werner. - 1982. - p. 134.
33. Wittel H. Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung - Lehrbuch und Tabellenbuch / H. Wittel, D. Muhs, D. Jannasch. - Vieweg+Teubner Verlag, 2011. - p. 810.

## Приложение А

### Графики тягового расчета

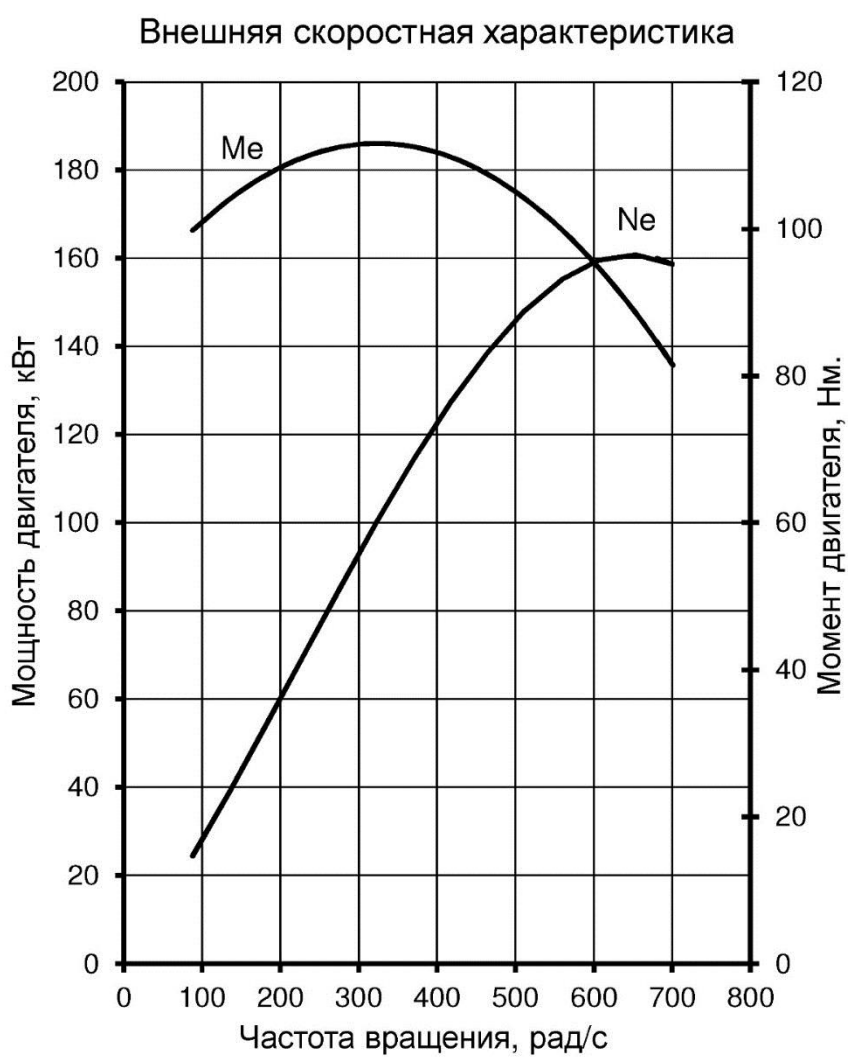


Рисунок А.1 – Внешняя скоростная характеристика

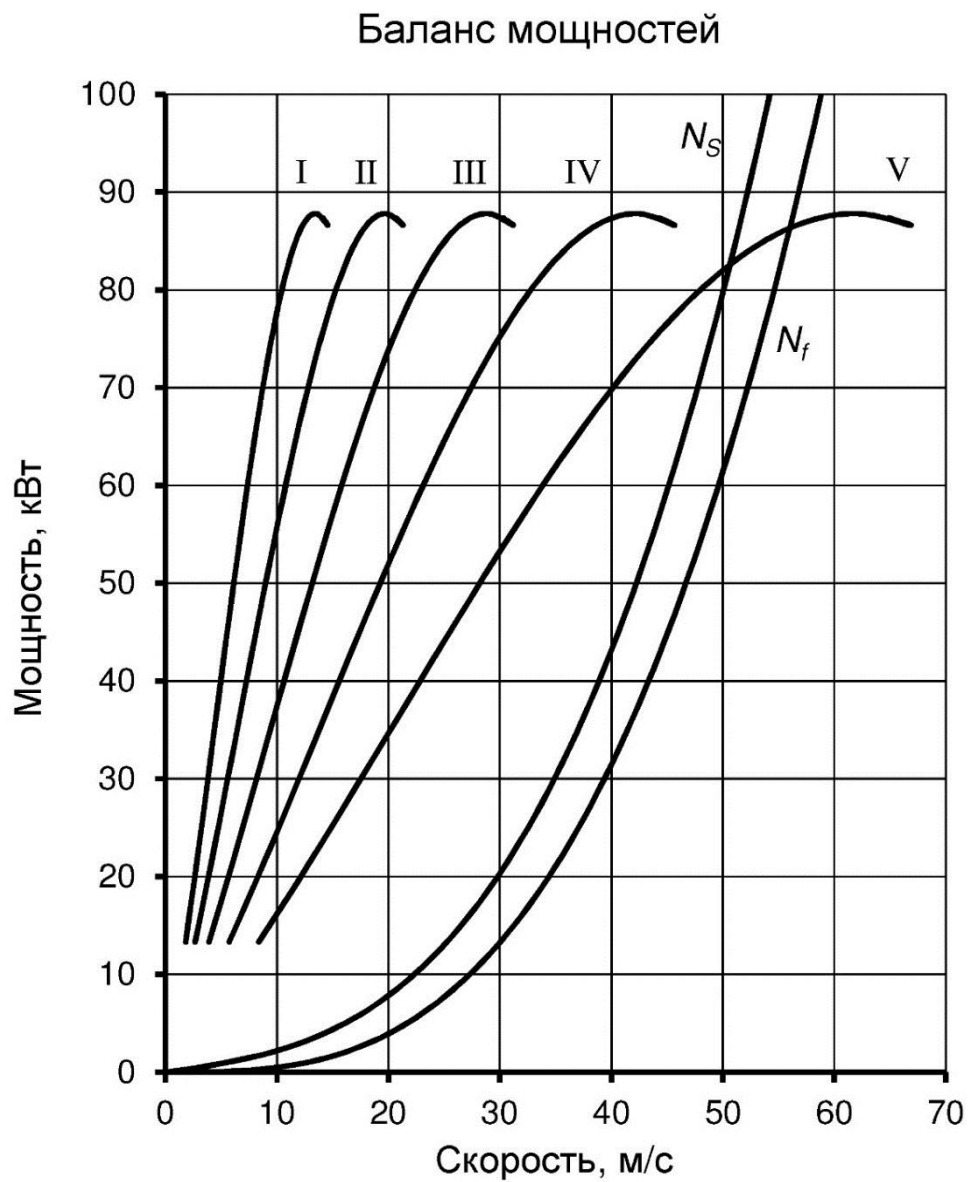


Рисунок А.2 – Баланс мощностей

### Тяговый баланс

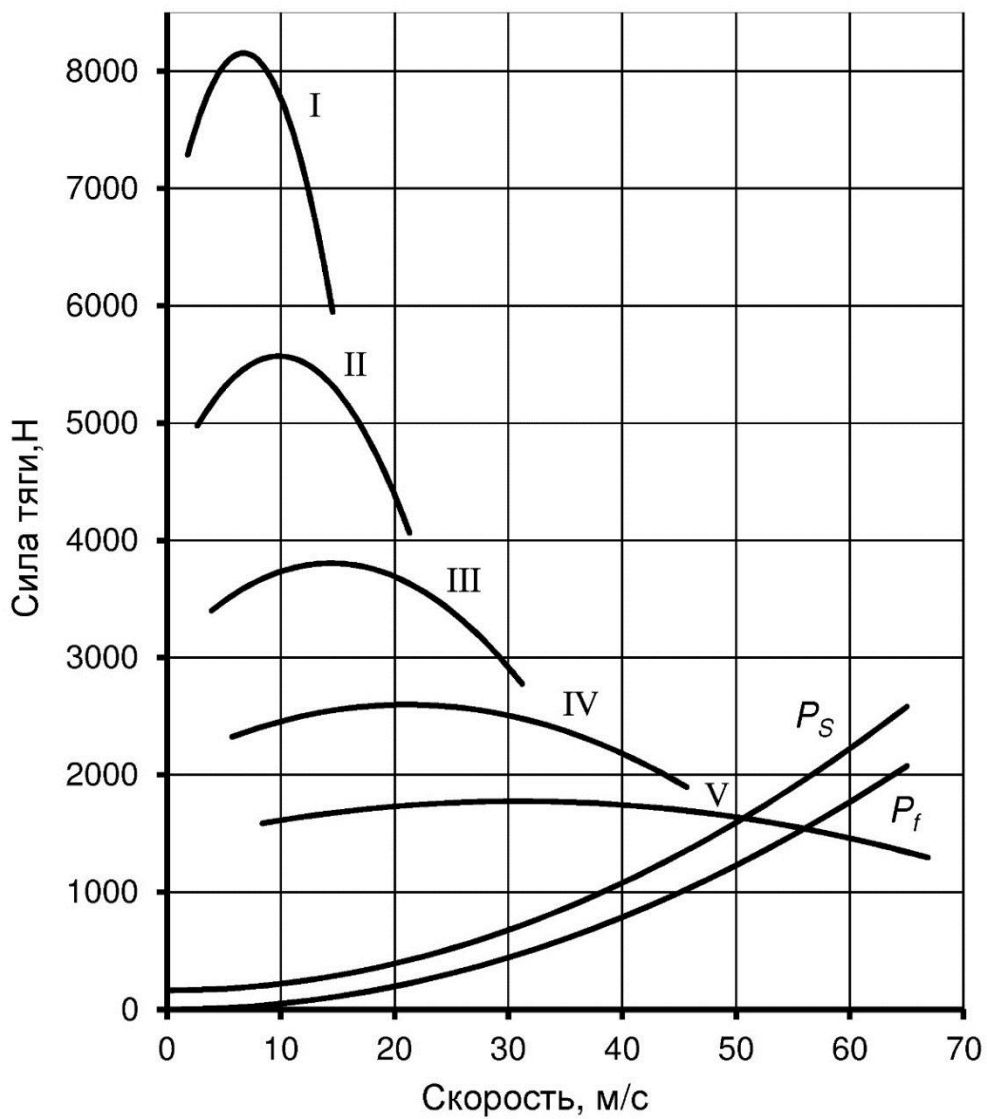


Рисунок А.3 – Тяговый баланс



Динамический баланс

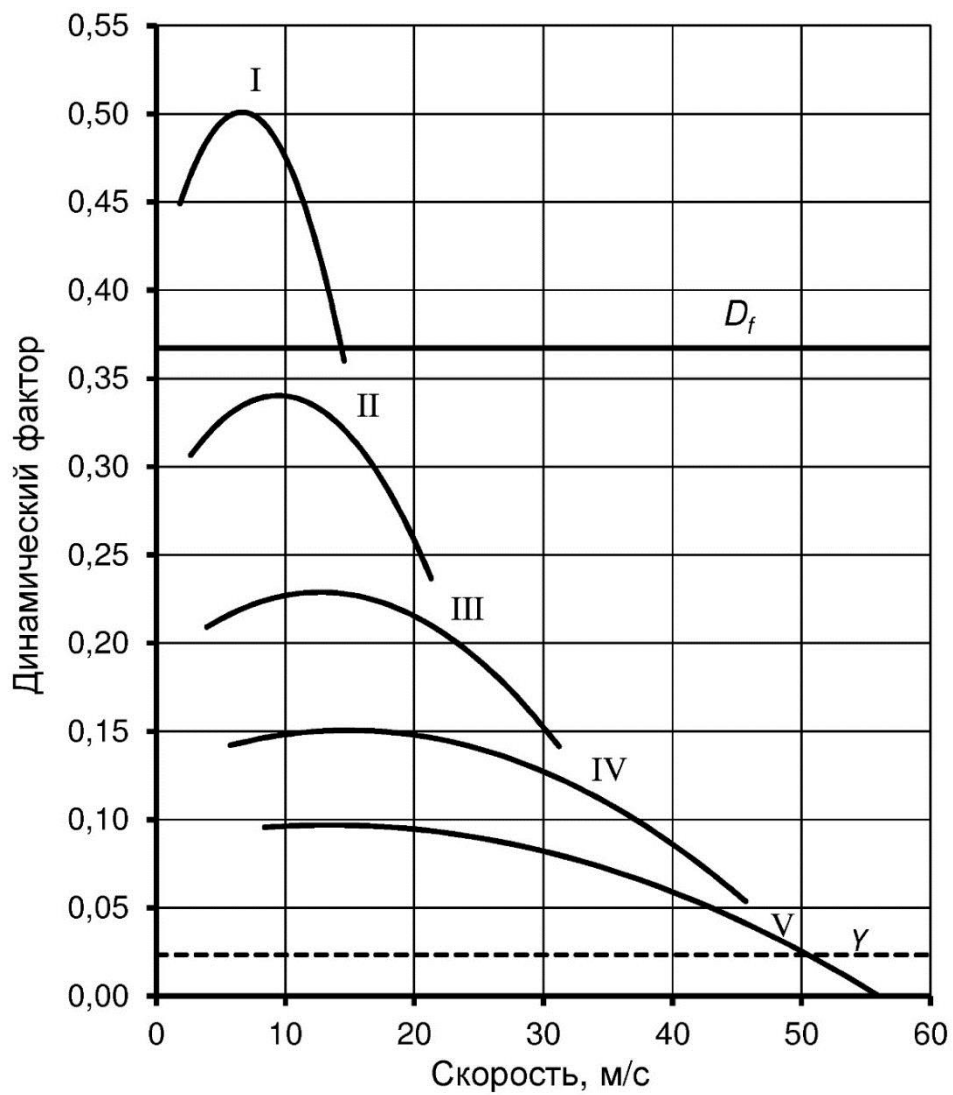


Рисунок А.4 – Динамический баланс

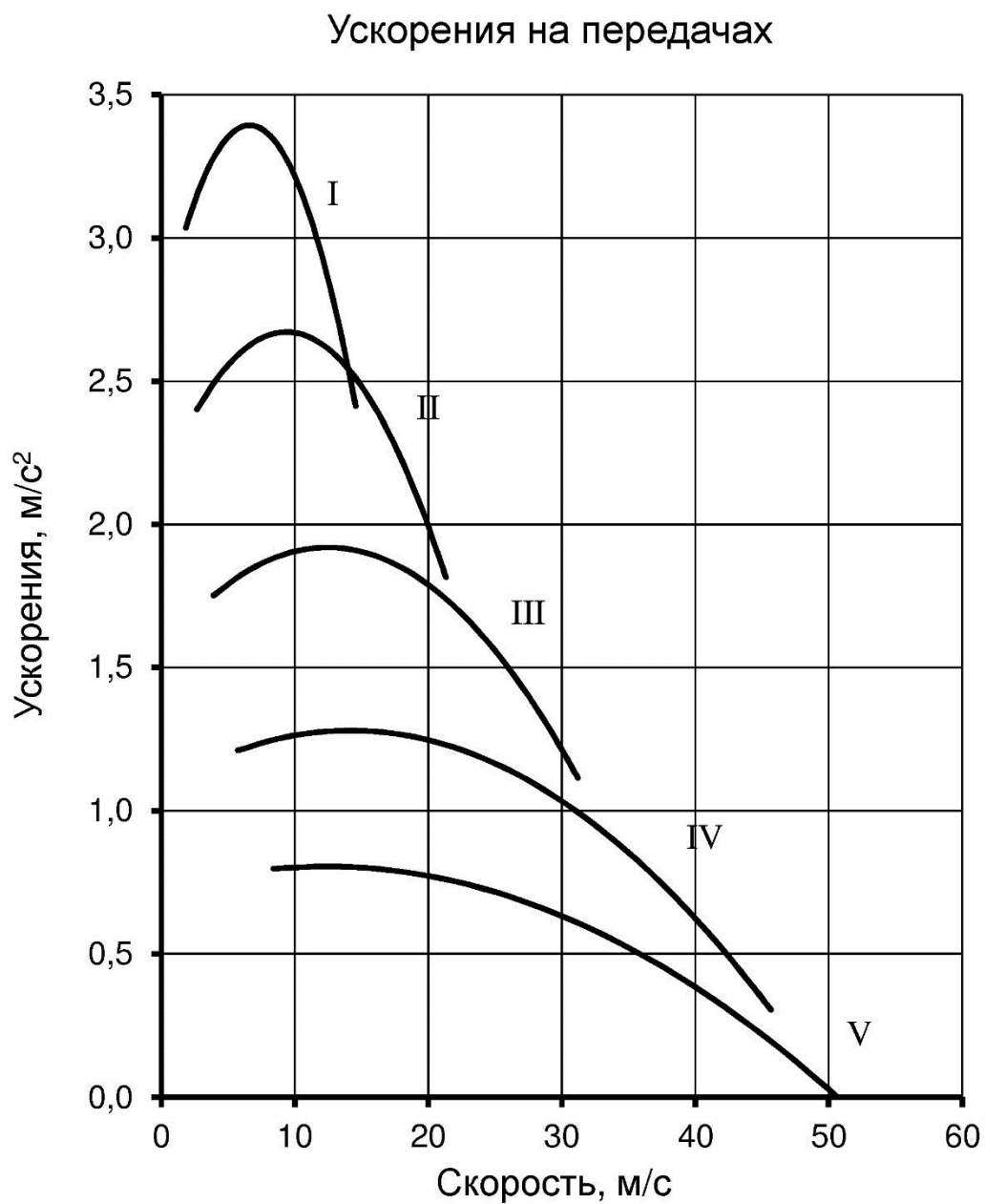


Рисунок А.5 – Ускорения на передачах

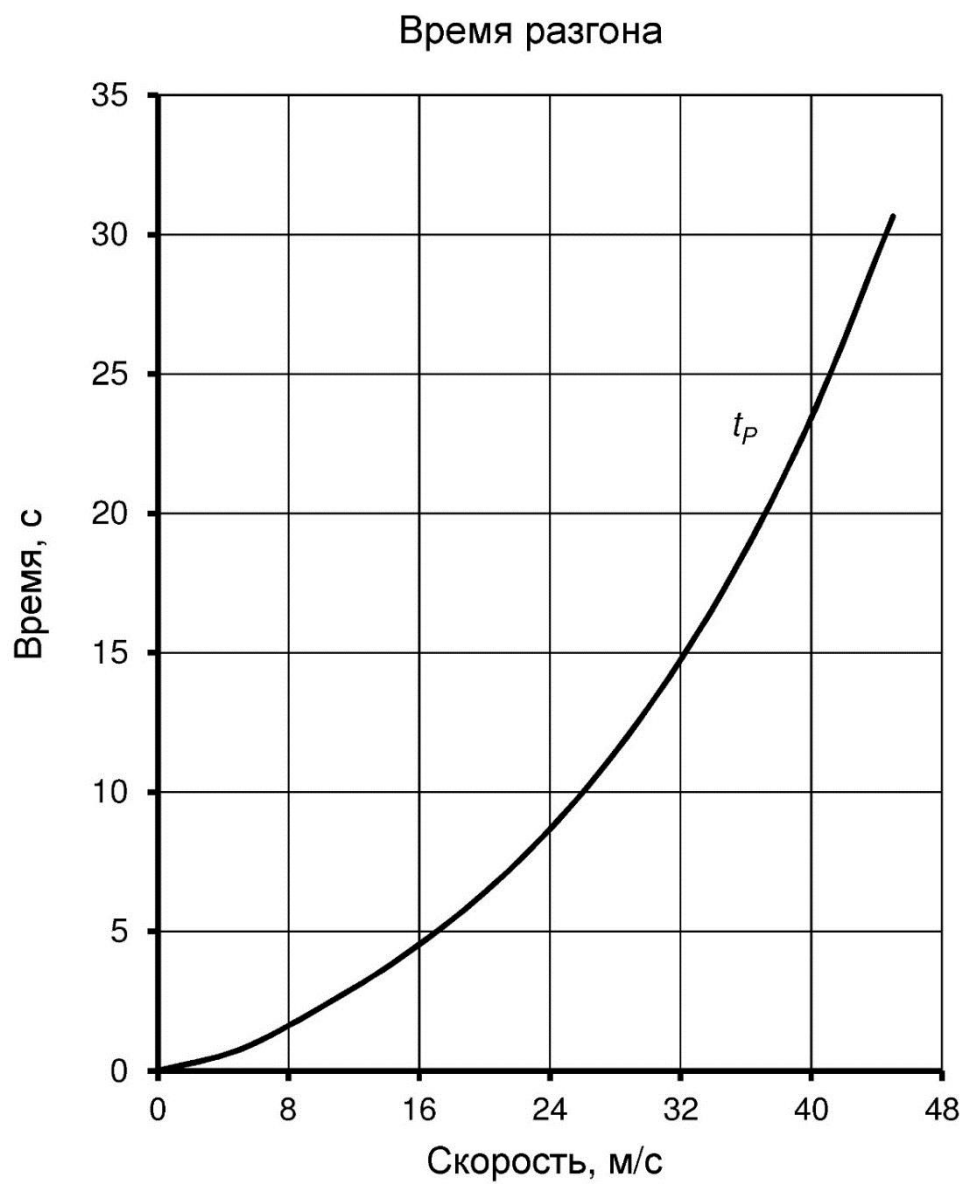


Рисунок А.6 – Время разгона

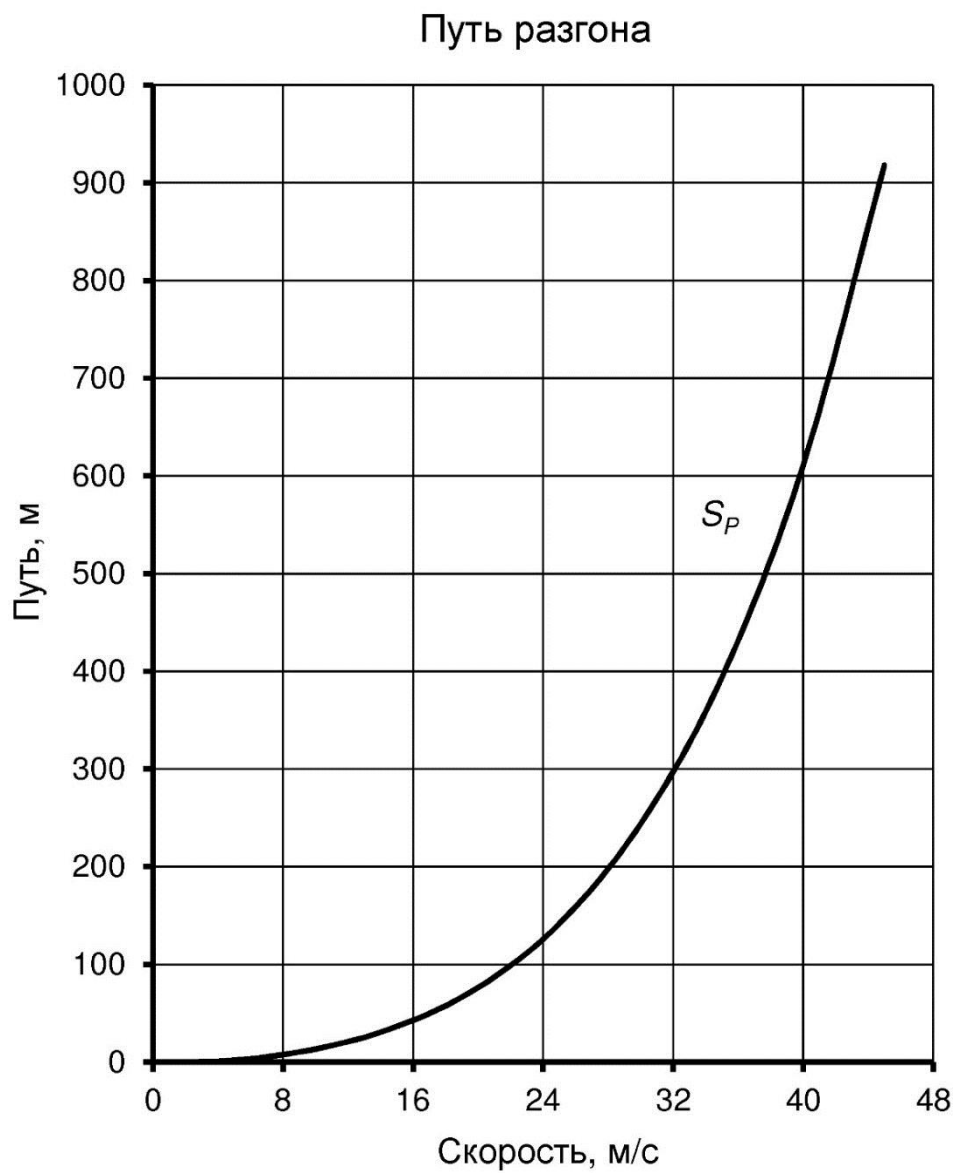


Рисунок А.7 – Путь разгона

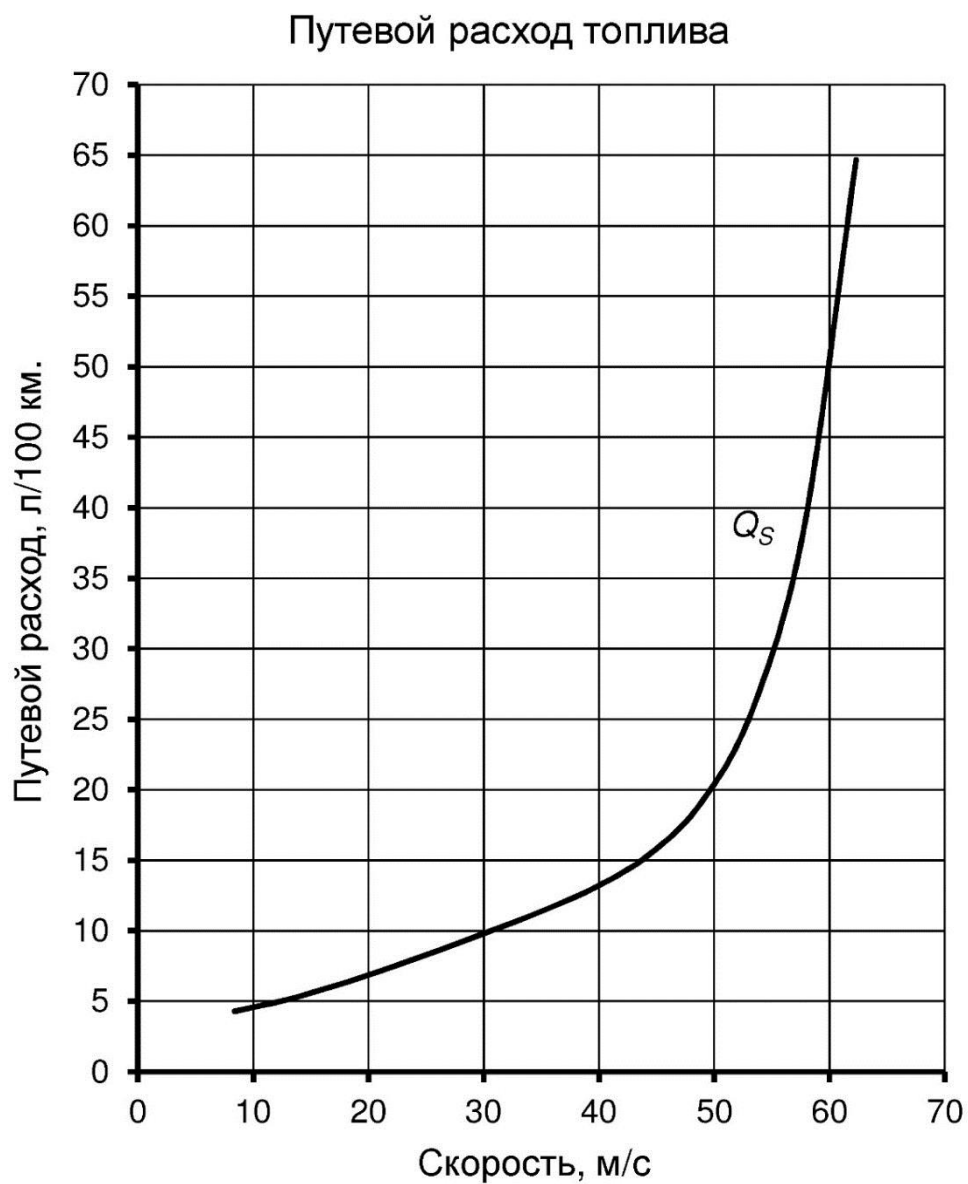


Рисунок А.8 – Путевой расход топлива