

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 кафедры)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

## ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему Модернизация задней подвески переднеприводного автомобиля  
2-го класса

Студент

А.А Казаев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

И.В Турбин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

А.Н Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

О.М Сярдова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

С.А. Гудкова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ »

20 \_\_\_\_\_ 19 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Целью данной квалификационной работы является улучшение динамических характеристик переднеприводного автомобиля 2 класса, а именно курсовой устойчивости и управляемости. Для решения поставленной задачи был разработан вариант модернизации пружины задней подвески. В рамках данной квалификационной работы производятся конструкторский расчет упругой характеристики подвески, а также проектировочный расчет упругого элемента подтверждающие соответствие выбранного варианта модернизации ранее обозначенным целям. Кроме того, собран и систематизирован значительный объем теоретической информации, касающейся подвесок автомобилей, описаны основные аспекты производственной безопасности при установке подвески, выполнен расчет коммерческой эффективности разработанного проекта.

## **ABSTRACT**

The title of the graduation work is Modernization of Rear Suspension of second class car.

This graduation project reveals the problem of drivability and stability of the car.

The aim of the work is to make an upgrading that will be acceptable for existing mass production.

The diploma paper consists of an explanatory note on 80 pages, introduction, including figures, tables, 2 appendices and the graphic part on 10 A1 sheets.

The modernization object of the diploma paper is the improvement of spring characteristics for rear suspension.

The graduation work is divided into five main parts. The first part of my thesis analyzes the design of the car suspension. Besides there is a consideration of the development trends of the suspension in the industry nowadays.

The second part of my thesis concentrates on engineering calculations, such as a trailer dynamic calculation of a car, calculation of the elastic characteristics of the rear suspension and the characteristics of the spring.

The third part of my thesis develops safety rules during a work at the assembly site. The project corresponds to the legal requirements in terms of safety and environmental protection.

In the fourth part the economical calculations for the cost of price of designed unit and for the breakeven point of the project are represented. The evidence of economic efficiency of modernization is revealed.

The suggested modernization can be implemented in the current car mass production.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Состояние вопроса.....	7
1.1 Назначение подвески транспортных средств.....	7
1.2 Требования, предъявляемые к подвеске.....	7
1.3 Варианты конструкций подвесок.....	7
1.4 Обзор направлений развития конструкций подвесок.....	10
1.5 Обоснование проектируемой конструкции подвески.....	25
2 Конструкторская часть.....	27
2.1 Расчет тягово-динамических характеристик транспортного средства.....	27
2.2 Обоснование компоновочной схемы подвески.....	36
2.3 Расчет упругой характеристики задней подвески.....	37
2.4 Расчет параметров упругого элемента подвески.....	39
3 Обеспечение безопасности в технологическом процессе сборки задней подвески переднеприводного автомобиля.....	43
4 Технико-экономическая оценка модернизируемой подвески.....	48
4.1 Себестоимость модернизированной подвески.....	48
4.2 Точка безубыточности производства подвески.....	53
4.3 Коммерческая эффективность модернизации подвески.....	56
4.4. Экономический эффект от повышения надежности и долговечности деталей проектируемой подвески.....	61
4.5 Вывод.....	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	68
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	71
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	79

## ВВЕДЕНИЕ

Первым периодом бурного роста и стремительного развития автомобилестроения в истории России можно считать послевоенные годы. На территории страны строится большое количество заводов, в которых разрабатываются и выпускаются легковые, грузовые, специализированные автомобили и автобусы. Осуществляется производство не только разработанных внутри страны автомобилей, но и производство автомобилей по лицензии заводов других государств. Одним из таких примеров является Волжский Автомобильный Завод выпускавший в начале своей производственной деятельности адаптированный для отечественных дорожных и климатических условий FIAT 124. Доработанная платформа быстро набрала популярность и впоследствии легла в основу всех заднеприводных автомобилей классической компоновки ВАЗа. Кроме того множество узлов и деталей легло в основу родоначальника класса кроссоверов автомобиль НИВА, во время разработки которого одним из требований была максимальная унификация с используемой платформой. Развитие платформы FIAT 124 является отличным примером важности модернизации в автомобилестроении.

Нестабильная экономическая обстановка в начале 90х годов XX столетия привела к снижению темпов производства автомобилей, а болезненный переход к рыночной экономике привел к сокращению расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. Эти, а также некоторые другие обстоятельства, стали причиной увеличения разрыва в техническом уровне относительно автомобильных промышленности других государств и, как следствие, закрытие нескольких крупных заводов и общий упадок данной отрасли.

В настоящее время автомобильная отрасль в России, можно сказать, находится на подъеме. В некоторых сегментах автомобили отечественной разработки вплотную приблизились к уровню зарубежных автомобилей-

аналогов. Постоянное улучшение качества и потребительских характеристик является основой конкурентоспособности продукции. Таким образом, разработка новых и улучшение уже существующих моделей является необходимым условием существования в автомобильной отрасли в условиях рыночной экономики.

## **1 Состояние вопроса**

### **1.1 Назначение подвески транспортных средств**

Подвеской автомобиля называется совокупность деталей и узлов, которая обеспечивает связь кузова и колес. Основной ее функцией является преобразованием воздействий со стороны дорожного полотна в приемлемые значения колебаний кузова.

### **1.2 Требования, предъявляемые к подвеске**

Геометрия деталей подвески должна обеспечивать правильную кинематику, т.е. изменения таких параметров как колесная база, колея, углы установки колес при ходах подвески должны иметь небольшие значения.

Геометрия и характеристики амортизаторов и пружин (или других упругих и демпфирующих деталей и механизмов) должны исключать возможные пробои в подвеске при движении и минимизировать крены кузова при прохождении поворотов и клевки способные возникать при разгоне и торможении.

Геометрия подвески, а также используемые для изготовления ее деталей материалы должны обеспечивать требуемую безопасность движения автомобиля во время всего срока службы транспортного средства.

Неподрессоренные детали и узлы подвески должна иметь по возможности наименьшую массу.

Узлы и детали подвески должны обладать высокой технологичностью, т.е. обеспечивать наиболее быстрое, простое и экономически эффективное их изготовление и обслуживание в условиях станций сервисного и гарантийного обслуживания.

### **1.3 Варианты конструкций подвесок**

Рассматривая классификацию конструкций подвесок с точки зрения кинематики, то можно определить две большие группы – независимые и зависимые. Также при этом следует выделить крайне популярную в

современном автомобилестроении разновидность зависимой подвески – полузависимую схему.

Характерной чертой зависимых подвесок (рис. 1) является наличие связи колес одной оси. «При этом изменение положения одного колеса приводит к изменению положения другого» [2], но расстояние между колесами, т. е. колея, и расположение колёс относительно друг друга будет одинаковым при ходах подвески. В зависимой схеме расстояние от земли до нижней точки подвески (обычно ей является нижняя точка моста) не зависит от ходов подвески, т. е. обеспечивается одно и то же значение дорожного просвета. Данная особенность зависимой подвески определила ее популярность среди автомобилей используемых на бездорожье. С другой стороны при движении на дорогах с хорошим покрытием, где в том числе скорость перемещения транспортных средств существенно больше, преимущества такой конструкции становятся не такими очевидными. Во многих случаях зависимая подвеска не обеспечит хороших показателей курсовой устойчивости, а также управляемости автомобиля.



Рисунок 1 – Схема зависимой подвески

Гораздо более лучшие ездовые показатели способна обеспечить независимая подвеска (рис. 2). Ввиду отсутствия жесткой связи между колесами независимая подвеска позволяет обеспечить минимальное изменение пятна контакта колес при ходах подвески. Данное преимущество обеспечило сверх популярность независимой подвески в современном



автомобилестроении и сделало применение зависимой подвески нецелесообразным в большинстве случаев. Среди слабых сторон такой конструкции стоит отметить невозможность обеспечения постоянного дорожного просвета при работе подвески. Помимо этого показатели грузоподъемности независимой подвески будут существенно ниже чем у зависимой, что ограничивает ее использование в сегменте коммерческих автомобилей.

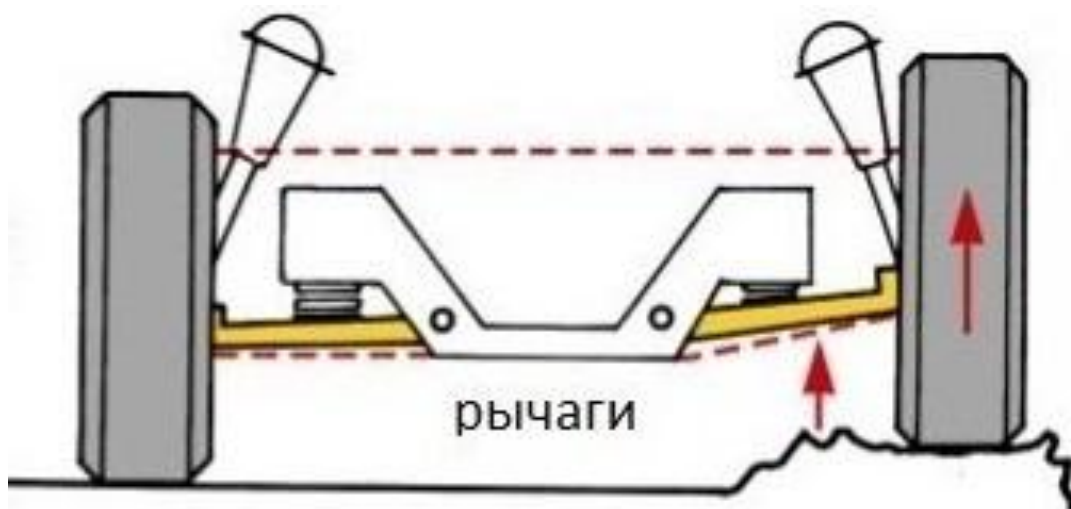


Рисунок 2 – Схема независимой подвески

Разновидностью зависимой подвески является полунезависимая схема, также имеющая в англоязычных источниках название *twist beam*. В полунезависимой подвеске присутствует связь между колесами, однако она не такая жесткая как в зависимой. Деталь, соединяющая рычаги здесь работает на кручение. Клиренс будет при этом будет иметь различные значения для разных положений подвески. «Перемещение одного из колес оси оказывает влияние на другое.» [3] Взаимное расположение колес друг относительно друга также будет различным, что характерно для независимой подвески. Надо иметь ввиду, что данная конструкция подвески применяется только для задней оси, так как конструктивная возможность организации поворота колес отсутствует.

Существуют разновидности конструкций подвесок способных изменять демпфирующие и упругие свойства ее элементов непосредственно

во время движения. Такие подвески получили название активных или адаптивных. Конструкции же не имеющие такой функции в свою очередь могут классифицироваться как неадаптивные или неактивные. В активных подвесках блок управления получает сигналов от датчиков положения кузова и направляет сигнал на исполнительные элементы, которыми могут являться, например, пневмоэлементы или стабилизатор поперечной устойчивости. Эти элементы уменьшают крены автомобиля в поворотах или подбирают высотное положение кузова наилучшим образом подходящее для текущих дорожных условий.

#### **1.4 Обзор направлений развития конструкций подвесок**

В зависимости от конструкции подвески ее детально-узловой состав может существенно отличаться, но всегда эти детали и узлы можно разделить на демпфирующие, упругие и направляющие элементы подвески. Конструктивно данные элементы могут значительно отличаться друг от друга, некоторые узлы могут совмещать в себе функции сразу несколько функций. С начала истории автомобилестроения элементы подвески сильно эволюционировали и изменились. Ниже будет приведено более подробное описание наиболее популярных и используемых в современном автомобилестроении базовых элементов подвески.

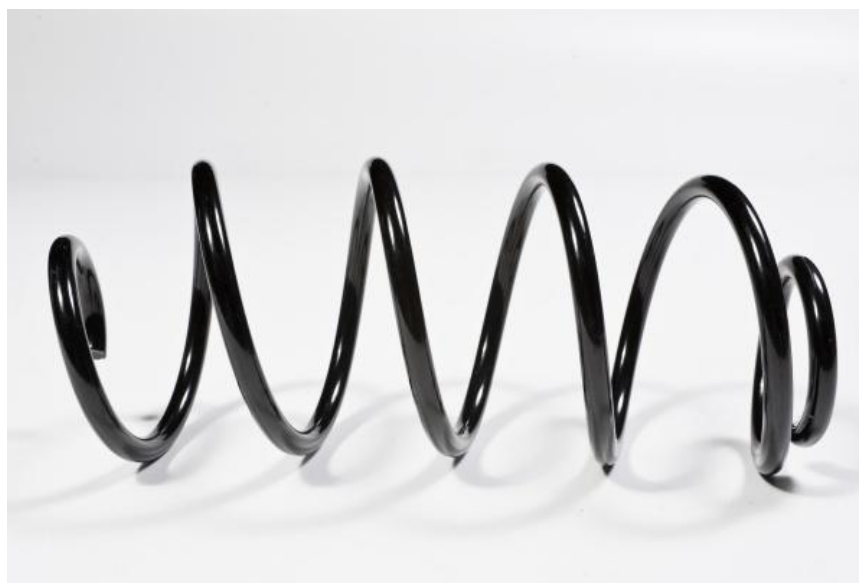


Рисунок 3 – Пружина подвески Mubea

В настоящее время функцию упругих элементов подвески чаще всего в легковых автомобилях выполняют винтовые пружины (рис. 3), в грузовых транспортных средствах листовые рессоры и пневмоэлементы. Первые могут иметь различную форму, например, цилиндрическую, коническую, бочкообразную, шаг витков может быть, как постоянным, так и различным. Рессоры могут иметь в своем составе несколько полос из пружинной стали, или всего одну полосу (можно встретить в легком коммерческом классе). Существуют конструкции, где однолистовая рессора изготавливается из композитного материала. Стоит отметить, что в последнее время применение пневмоэлементов становится популярным для легковых автомобилей и не только для грузового транспорта.

Работа пружин или других упругих элементов подвески способна вызвать колебания кузова и колес транспортного средства. Механизмы, которые гасят подобные колебания, классифицируют как демпфирующие или гасящие элементы подвески. Основными видами таких устройств являются амортизаторы и телескопические стойки.

В основе работы большинства амортизаторов современных транспортных средств лежит сила трения. Результатом работы таких устройств является преобразование механической энергии в тепловую. Таким образом происходит демпфирование и поглощение динамических воздействий со стороны дорожного полотна на кузов автомобиля. Классифицировать амортизаторы можно следующим образом:

- по принципу действия — на фрикционные или механические (сухого трения), гидравлические (вязкостного трения) и релаксационные;
- по характеру действия сил трения — на амортизаторы одностороннего и двустороннего действия (с сопротивлением на прямом и обратном ходах);
- конструктивно гидравлические амортизаторы на рычажно-лопастные, рычажно-поршневые и телескопические двух- и однотрубные;

-по характеру изменения силы сопротивления, в зависимости от перемещения колеса, скорости и ускорения этого перемещения амортизаторы подразделяются на:

-амортизаторы с примерно постоянной силой трения;

-амортизаторы с силой трения, зависящей от перемещения, при этом сила трения может быть как пропорциональна перемещению, так и иметь нелинейную зависимость;

-амортизатор, сопротивление которого меняется пропорционально ускорению.

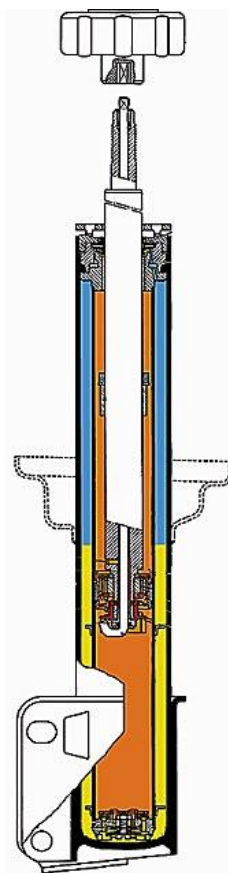


Рисунок 4 – Двухтрубный гидравлический амортизатор

Двухтрубные гидравлические амортизаторы (рис. 4) обладают несложной конструкцией и не требуют сверхвысокой точности при их изготовлении. Конструктивно данный тип демпфера представляет собой две концентрических трубы: основной являющейся по сути рабочим цилиндром поршня, и внешнего корпуса, являющегося резервуаром для хранения избытков масла. Движение поршня во внутренней трубе, вызывает

перетекание рабочей жидкости через клапаны поршня и выдавливания части ее через другой клапан во внешний резервуар. Некоторая часть рабочей жидкости попадает в пространство между колбой и внешним корпусом, где сжимает воздух, давление которого является атмосферным. На протяжении многих лет такое решение являлось самым популярным на рынке. Однако данной конструкции присущи и некоторые недостатки. Главным из них можно считать эффект аэрация, что особенно отчетливо проявляется при интенсивной работе. Некоторые производители амортизаторов заменяют в своих изделиях кислород на азот, что несколько улучшает ситуацию, но полностью не решает проблемы. Следующим недостатком можно признать менее эффективное охлаждение в сравнении с однотрубными конструкциями. Решением данной проблемы является увеличение диаметра корпуса, таким образом увеличивается поверхность охлаждения и снижается внутреннее давление в демпфере.

Разновидность двухтрубных амортизаторов являются конструкции с использованием газового подпора. В таких конструкциях вместо воздуха под атмосферным давлением закачивают инертный газ (чаще азот) давление которого может находиться в пределах от 4 до 20 атм. Конкретное значение давления азота подбирается с учетом предполагаемых условий эксплуатации транспортного средства, габаритных размеров демпфера, а также места установки – передней или задней оси автомобиля. В таких конструкциях отсутствует эффект аэрации. Газ находящийся под давлением почти не перемешивается с маслом обеспечивая более стабильные характеристики. Кроме снижения аэрации масла, газовый подпор также выполняет роль своеобразного ограничителя хода сжатия. В том случае, когда витки пружины подвески смыкаются, газовый подпор прекращает дальнейшее сжатие подвески, тем самым предотвращая потерю управления автомобилем. Таким образом наличие в демпфере газового подпора позволяет производить более тонкие настройки подвески автомобиля в целом и упрощает доводочные работы по шасси.



Рисунок 5 – Однотрубный гидравлический амортизатор ZF

В однотрубных амортизаторах (рис. 5), отсутствует внешняя труба и поэтому внутренняя труба здесь является и рабочим цилиндром, и в то же время корпусом. В такой конструкции также используется инертный газ, но располагается он в том же цилиндр, что и масло, но отделяется от него так называемым плавающим поршнем. Давление газа в таких амортизаторах значительно выше и обычно располагается в диапазоне от 20 до 30 атм. Отсутствие в данных амортизаторах отдельного клапана для хода сжатия делает условия работы поршня более тяжелыми, ввиду его постоянной работы в обоих направлениях. Поэтому требования к поршню в однотрубных амортизаторах значительно выше, чем в двухтрубных конструкциях, а следовательно, разница в их стоимости будет также ощутима. Однако рабочие характеристики однотрубных демпферов будут значительно выше и позволяют обеспечивать лучшую управляемость автомобиля в сравнении с двухтрубными. Охлаждение у таких демпферов более эффективное, т.к.

воздушный поток действует непосредственно на рабочий цилиндр. Очевидно, что габаритные размеры и масса таких амортизаторов будут меньше, что также является одним из весомых их преимуществ. Главным их недостатком является конечная стоимость, значительно превышающая цену двухтрубных конструкций. Помимо этого, такие демпферы более чувствительны к внешним физическим воздействиям. Нарушение геометрии цилиндра неизбежно приводит к выходу из строя узла и последующему дорогостоящему ремонту или полной замене. В то время как двухтрубные амортизаторы продолжают работать с деформированным внешним цилиндром. Стоит также отметить повышенную чувствительность однотрубных амортизаторов к температуре окружающей среды, которая способна повлиять на давление газа внутри, увеличить жесткость демпфера и как следствие всей подвески. Среди особенностей однотрубных конструкций следует также указать отсутствие ограничений по расположению, т.е. данные демпферы можно устанавливать под любым углом и в любом направлении ввиду того, что газ и рабочая жидкость разделены поршнем.

Также часто можно встретить вариант использования демпферов совместно с упругими элементами, в таких конструкциях пружины устанавливаются на амортизаторы с помощью опорных чашек. Такое исполнение применимо к обоим видам амортизаторов. Нередко в таких схемах обеспечивается возможность изменения дорожного просвета автомобиля. С помощью резьбы нижней опорной чашки пружины, можно перемещать пружину, тем самым изменяя положение автомобиля.

Эволюцией однотрубных амортизаторов являются конструкции с выносной компенсационной камерой. В них камера с газовым подпором вынесена за пределы самого амортизатора в отдельный резервуар. Такая конструкция позволяет, не увеличивая размеры самого амортизатора, увеличить объем и газа, и масла, что серьезно влияет на температурный баланс (они более эффективно охлаждаются) и стабильность характеристик. Плюс к этому имеют больший рабочий ход. Но еще больший эффект от

выносной камеры в том, что на пути масла, перетекающего из основного рабочего цилиндра в дополнительную камеру, можно установить систему клапанов, которые будут играть роль клапана сжатия, как в двухтрубной конструкции.

Направляющие элементы обеспечивают необходимую траекторию движения элементов подвески и колеса, в частности. К ним можно отнести различные рычаги, штанги, поворотные кулаки. Различная форма данных элементов обусловлена компоновочными задачами, а применяемые материалы могут начинаться с чугуна или стали и заканчиваться различными алюминий содержащими сплавами.

Теперь перейдем к обзору наиболее популярных конструкций задней подвески. До недавнего времени широко была распространена зависимая подвеска, которая применялась в транспортных средствах с приводом на заднюю ось или на все оси.

Можно выделить два существенно отличающихся друг от друга исполнения зависимой подвески. Для первого характерна установка элемента трансмиссии (редуктора) непосредственно на направляющей элемент подвески (мост). Связь с кузовом или рамой автомобиля осуществляется через реактивные штанги или в некоторых случаях рычаги. Наиболее устоявшимися схемами направляющего аппарата можно считать следующие: через четыре продольные и одну поперечную штангу; через четыре штанги, расположенных под углом к продольной оси автомобиля; через 2 продольных рычага и поперечную штангу (рис. 6), а также через две продольные рессоры. Для восприятия поперечных сил могут быть использованы тяга Панара (одна поперечная штанга), а также механизмы Уатта или Скотта-Рассела (несколько поперечных рычагов или штанг соединенных между собой).





Рисунок 6 – Зависимая подвеска с тягой Панара

Для второго исполнения характерно расположение узла трансмиссии непосредственно на кузове (раме), т.е. независимо от направляющего аппарата подвески. Данная схема носит имя ее создателя графа Альбера Де Диона. В зависимости от исполнения рычаги задней подвески могут крепиться к кузову с помощью одного или пары сайлентблоков. Получаемое в данном случае снижение неподрессоренных масс положительно сказывается на управляемости и курсовой устойчивости, а статическое положение редуктора значительно упрощает компоновку. В то же время в данной подвеске ее хода ограничиваются предельными значениями углов в шарнирах приводов трансмиссии, что делает ее использование во внедорожной технике неэффективным и ограничивает применение в основном легковыми автомобилями.

Значительное распространение также получила конструкция известная как подвеска Чепмэна (рис. 7), являющаяся по сути вариацией подвески McPherson. Конструктивно это все тот же рычаг и амортизационная стойка, включающая в себя демпфер и упругий элемент, но без возможности поворота колес. Экономическая эффективность такого решения обусловлено

относительно небольшой массой узлов и их количества. Подвеска Чепмэна может быть использована как для колес ведущей оси, так и ведомой. Ездовые показатели, такие как управляемость и устойчивость, при этом будут несомненно превышать таковые у зависимых и полузависимых подвесок.



Рисунок 7 –Подвеска Чепмэна

Признанными эталонами задних независимых подвесок являются многорычажные подвески (рис. 8). Связь колеса с кузовом в таких подвесках обеспечивается множеством рычагов или штанг, количество которых может достигать до 5 и более штук. Такое количество рычагов обычно требует применения сложного пространственного подрамника и в этом случае на небольшое значение массы, а значит и стоимости, рассчитывать не приходится. Однако, высокая стоимость, большая масса, сложность монтажа и сервисного обслуживания, оправдываются отличными ездовыми параметрами данного типа подвесок. Применение такой схемы в первую очередь ограничено бюджетом автомобиля. Многорычажные подвески

можно встретить как на спортивных автомобилях и дорогих представительских седанах, так и на внедорожниках высоких ценовых сегментов.

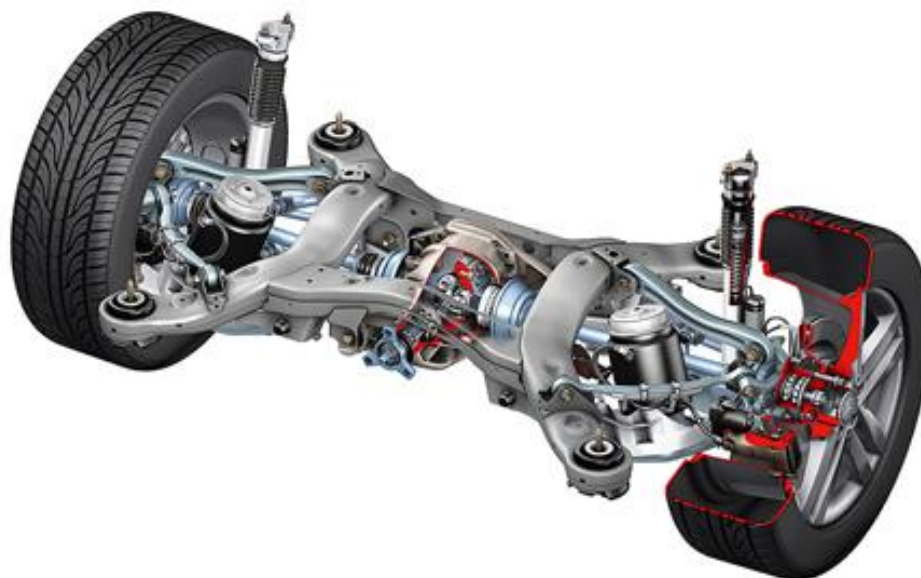


Рисунок 8 – Задняя многорычажная подвеска

В сегментах автомобилей до В+ включительно в приоритете не эталонная управляемость, а экономическая эффективность. Именно поэтому в этих классах можно сказать доминирует полузависимая подвеска (рис. 9), известная также как Twist Beam. Масса такой подвески чрезвычайно мала, впрочем, как и стоимость, монтаж также достаточно прост, в эксплуатации не требуются дополнительные регулировки. Эти преимущества и определили крайне высокую популярность данной схемы в бюджетных автомобилях. В виду минимального количества шарниров (для крепления рычагов требуется всего пара шарниров) данную конструкцию, в целом, можно признать достаточно надежной. Деталь, соединяющая рычаги подвески расположена достаточно близко к шарнирам и поэтому при ходах подвески, имеет относительно небольшое перемещение, что обеспечивает компоновочное преимущество полузависимой подвески относительно зависимой. Курсовая устойчивость и управляемость такой подвески, конечно, далеки от эталонных, но целом вполне приемлемы для бюджетных автомобилей. В то

же время можно наблюдать как производители начинают использовать данную схему для автомобилей более высоких классов, например Hyundai Elantra – типичный представитель С-класса. Однако, о какой-то серьезной экспансии подвески twist beam в С-класс пока говорить не приходится. Внедрение полного привода в автомобили с задней полузависимой подвески достаточно непростая задача. В серийных автомобилях таких как Opel Mokka и Suzuki SX4 место для карданного вала обеспечивается загибом соединителя рычагов. Такое решение уже требует дополнительных затрат и не может обеспечить длинных ходов подвески, поэтому и не завоевало популярности у других производителей. Принимая во внимание тенденцию к популяризации использования электропривода ведущих колес, можно предположить, что в ближайшем будущем проблема полного привода для автомобилей с полузависимой подвеской будет неактуальна.



Рисунок 9 – Полузависимая подвеска

Проведем также обзор популярных конструкций передней подвески. Первой из них будет являться подвеска с двумя поперечными рычагами (рис.

10). Она до недавнего времени широко использовалась на автомобилях различных классов: спортивных болидах, гражданских легковых и внедорожниках. В данной схеме треугольные (в случае управляемых колес) или иногда Н-образные (в случае задней оси) верхний и нижние рычаги соединяются с поворотным кулаком. Кинематика такой подвески обеспечивает незначительное изменение углов установки колес при ходах, а, следовательно, и высокий уровень ездовых характеристик. Однако, за высокий уровень данных свойств приходится расплачиваться более высокими значениями массы и конечной стоимости подвески. Ввиду необходимости организации крепления верхнего рычага конструкция подрамника существенно усложняется и приобретает увеличенные габариты и массу. При этом монтаж подвески на автомобиль вряд ли можно назвать простым. Альтернативным вариантом в данной ситуации является крепление верхнего рычага непосредственно на кузов. Монтаж упростится, но на выигрыш в компоновке и цене рассчитывать не придется, так как потребуется значительное усложнение силовой структуры кузова.

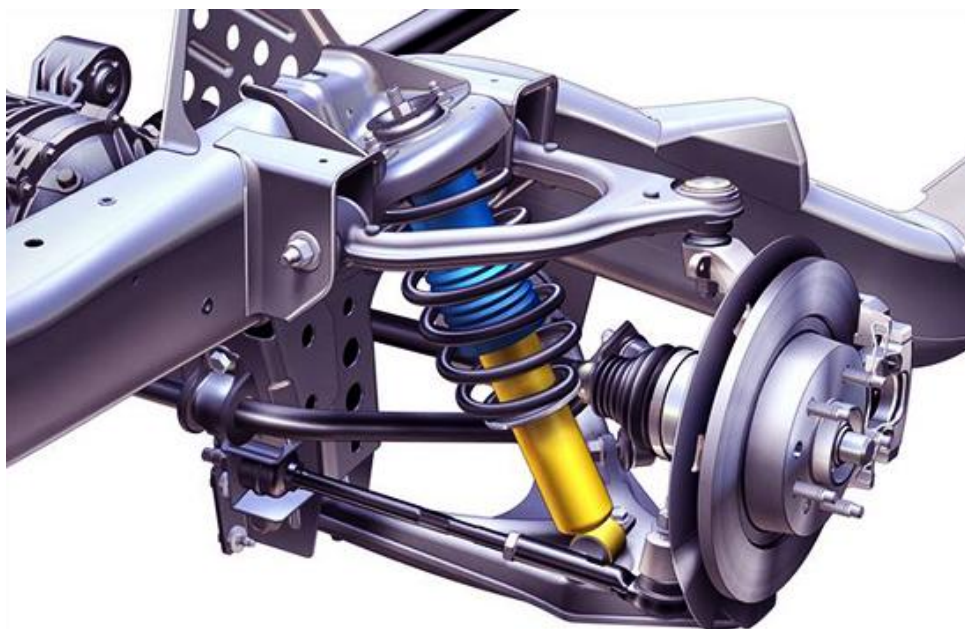


Рисунок 10 – Вариант исполнения подвески на двойных поперечных рычагах

Конструкция самой популярной передней подвески в настоящий момент в отрасли носит имя ее создателя – инженера-конструктора компании General Motors Эрла МакФерсона (1891-1960). Она является логическим развитием подвески на поперечных рычагах, в которой верхний рычаг заменен на узел совмещающий в себе пружину и демпфер и соединяющийся с кузовом через резино-металлическую опору, имеющую также в своем составе подшипник. Еще раз стоит отметить, что подвеской МакФерсона (рис. 11) зачастую называют подвеску передних управляемых колес, а аналогичную конструкцию для задних колес как было сказано ранее можно встретить под названием подвеска Чепмена. Более компактная конструкция используемого подрамника, а также меньшее количество входящих элементов относительно двухрычажной конструкции позволяет снизить общую массу подвески и существенно сократить ее стоимость. С точки зрения компоновки моторного отсека данная схема позволяет получить выигрыш пространства в поперечном направлении. Монтаж данной конструкции в условиях конвейера достаточно прост и быстр. Среди основных недостатков следует выделить более низкий уровень ездовых свойств в сравнении с двухрычажкой обусловленный значительным изменением угла развала колеса при ходах подвески.



Рисунок 11 – Вариант исполнения подвески МакФерсон

Зависимую переднюю подвеску практически невозможно увидеть в современных легковых автомобилях за исключением нескольких внедорожников. Типичным исполнением такой подвески является схема с двумя массивными продольными штангами и одной поперечной. Стабилизатор поперечной устойчивости обычно закрепляется на лонжеронах кузова, а концы его соединены с продольными штангами. Отсутствие подрамника существенно упрощает и удешевляет подвеску в данном случае. Применение длинных продольных штанг обеспечивает приемлемую работоспособность шарниров при значительных ходах подвески. Однако, такие хода требуют достаточно много свободного пространства и приводят к подъему вверх центра тяжести автомобиля, что в свою очередь нельзя назвать положительным качеством, но в целом приемлемо для автомобилей движущихся с относительно небольшими скоростями в условиях тяжелого бездорожья. Хороших ездовых характеристик при движении по дорогам с хорошим покрытием ожидается не получится достигнуть.

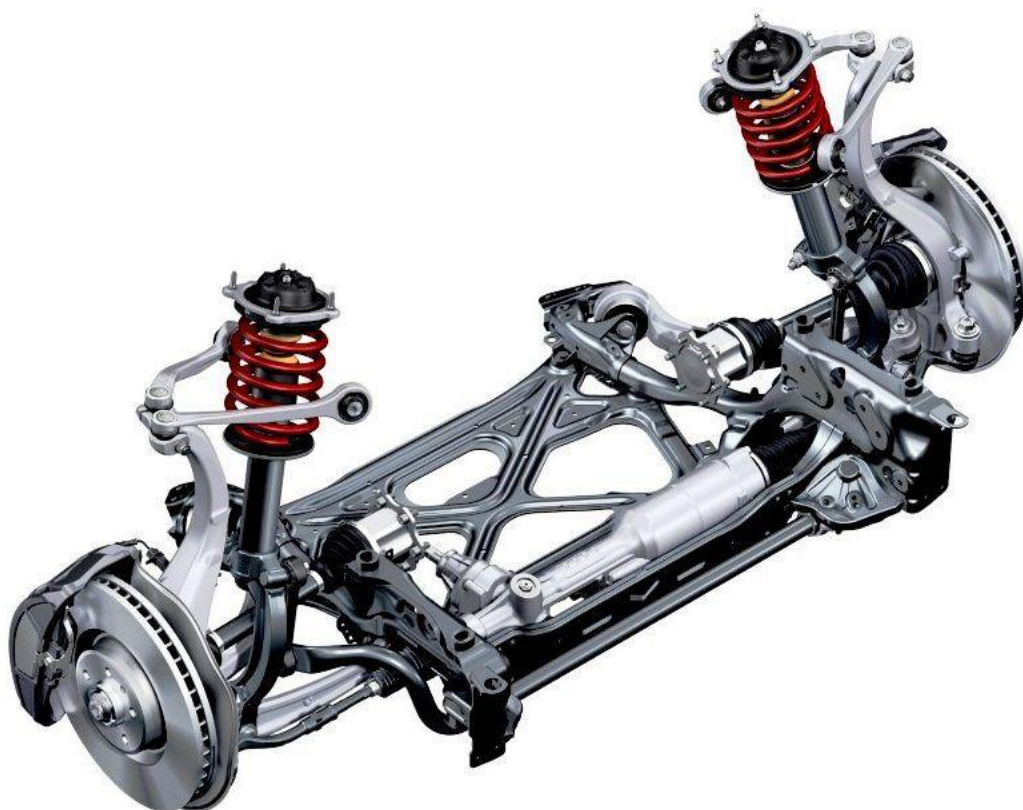


Рисунок 12 – Вариант исполнения передней многорычажной подвески

В более дорогих автомобилях можно также встретить многорычажную подвеску в передней оси (рис. 12). Применение большего количества рычагов позволяет получить хорошую кинематику подвески и обеспечить заметно лучшие ездовые характеристики. Часто для сохранения оптимальной массы детали такой подвески изготавливаются из алюминиевых сплавов, что очевидно приводит к значительному удорожанию. Монтаж и обслуживание такой подвески в условиях сервиса тоже значительно дороже ввиду ее сложности и специфичности компоновки.

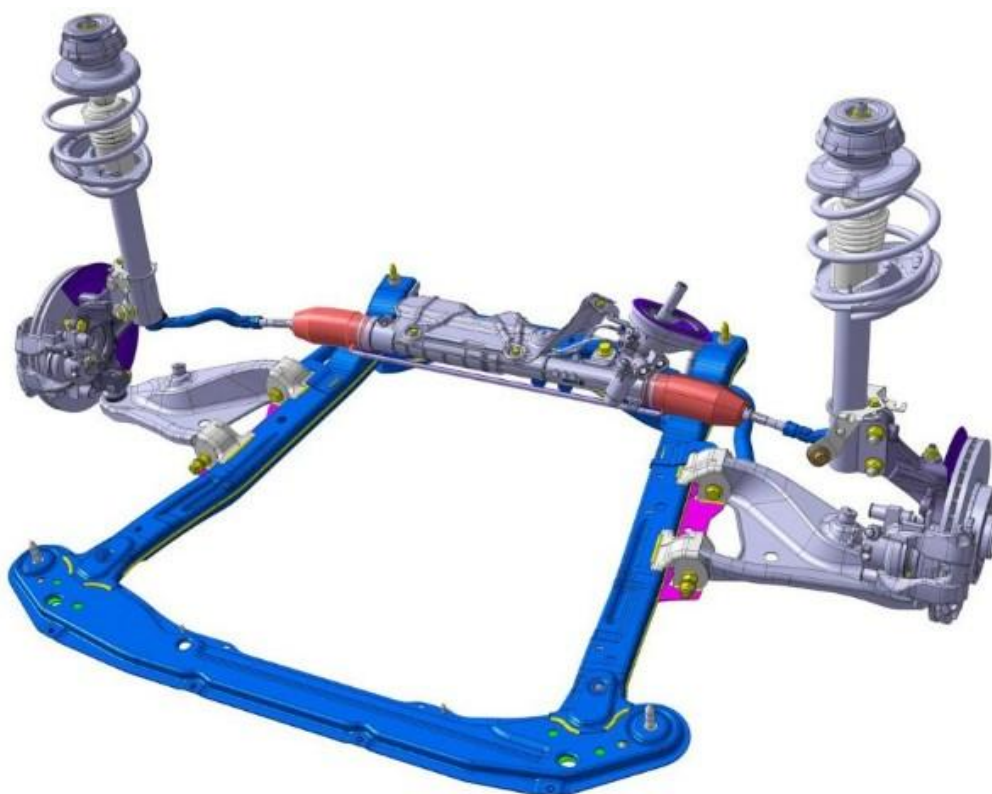


Рисунок 13 – Передняя подвеска LADA XRAY

Проанализировав конструкции подвесок современных автомобилей, можно выявить тенденцию к унификации как некоторых элементов подвески, так и конструкций подвесок целиком. Нередко автопроизводитель с целью снижения издержек использует одни и те же компоненты в различных своих моделях. Основным трендом в настоящее время является совместная разработка несколькими производителями единых платформ, которые в последствии используются ими для своих моделей определенных классов. Например, платформа Рено В0 используется не только в



автомобилях данной марки, но также в Nissan Almera, LADA XRAY (рис. 13) и LARGUS. Таким образом предлагаемое на рынке разнообразие автомобилей зачастую обеспечивается оригинальными дизайнерскими решениями, в то время как механики может быть общей для целой группы автомобилей.

Также выделить тенденции к внедрению в конструкцию автомобиля м шасси в частности различных электронных помощников. Существует множество различных ассистентов начиная с систем помощи при подъеме и спуске и заканчивая системами автопарковки и контроля полосы движения. Появляясь в автомобилях премиум сегмента данные решения, данные решения распространяются на автомобили более низких классов. Таким образом, развитие подобных систем необходимо конкретному автопроизводителю как минимум по двум причинам. Первой из которых является конкуренция. Автомобили со слабым оснащением будут менее востребованы на рынке. Второй причиной являются законодательства стран или целых регионов, согласно которым использование тех или иных систем в будущем станет обязательным.

### **1.5 Обоснование проектируемой конструкции подвески**

В данной работе модернизируется задняя подвеска легкового автомобиля 2 класса LADA GRANTA. В 2018 году эта модель снова показывает стабильный рост и, вполне возможно, как и несколько лет назад будет лидером продаж на ранке автомобилей в Российской Федерации по итогам года. Поддержание постоянного спроса невозможно без постоянного улучшения потребительских свойств автомобиля. Именно поэтому было принято решение модернизировать подвеску данной достаточно популярной модели ПАО «АВТОВАЗ».

В данном автомобиле используется задняя полузависимая подвеска TWIST BEAM с некоторыми отличиями от наиболее популярного в настоящее время ее исполнения. В первую очередь это пружины установленные непосредственно на демпферах. Во вторую очередь - как

следствие первого, это простая конструкция усилителей рычагов, обусловленная отсутствием необходимости организации на них упора для пружины. И, наконец, развитая конструкция кронштейна крепления амортизатора, который включает в свой состав фланец ступицы. Получаемое минимальное количество элементов входящих в состав рычагов делает заднюю подвеску автомобиля GRANTA чрезвычайно легкой и недорогой. Изменение принципиальной компоновочной схемы в данном приведет к значительному удорожанию данной подвески и может оказаться экономически необоснованным ввиду позиционирования автомобиля как бюджетного. Также принимая во внимание, что большинстве автомобилей в данном классе имеют полузависимую подвеску, предлагается оставить компоновочную схему автомобиля LADA GRANTA без изменений. Однако, вполне возможно улучшить ездовые характеристики автомобиля путем оптимизации настроек элементов подвески.

Таким образом в настоящем проекте предполагается улучшение управляемости и курсовой устойчивости за счет оптимизации жесткостной характеристики пружины.

## 2 Конструкторская часть

### 2.1 Расчет тягово-динамических характеристик автомобиля

Привод колес: *Переднеприводный*

Количество мест: 5

Количество передач трансмиссии: 5

КПД трансмиссии:  $\eta_{TP} = 0.9$

Шина: 185/65R14

Максимальная скорость:  $v_{\max} = 180 \text{ км/ч}$

Масса тр. средства:  $m_a = 1088 \text{ кг}$

Коэф. аэродин. сопр-ния:  $C_x = 0.32$

Коэф. сопротивл. качению:  $f_0 = 0,012$

Преодолеваемый уклон:  $i = 0,32$

Обороты ДВС  $\omega_e^{\min} = 1000 \text{ об/мин}$

$\omega_e^{\max} = 6000 \text{ об/мин}$

$\omega_N = 5600 \text{ об/мин}$

Расчет полной массы и веса автомобиля:

$$m = m_a + 75 \cdot n + 10 \cdot n = 1060 + 75 \cdot 5 + 10 \cdot 5 = 1485 \text{ кг} \quad (1)$$

где  $n$  – число посадочных мест автомобиля.

Рассчитаем также вес автомобиля:

$$G_{сер} = m_{сер} \cdot g = 14827,4 \text{ Н} \quad (2)$$

«Для переднеприводной компоновки с силовым агрегатом расположенным спереди распределение массы по осям будет происходить в отношении 60%/40% для передней и задней оси соответственно.» [11] Для автомобиля GRANTA в абсолютных величинах развесовка будет составлять 855кг/570кг.

«Коэффициент обтекаемости» [11]

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2} = \frac{0.32 \cdot 1.293}{2} = 0.21 \quad (3)$$

где  $\rho$  - плотность воздуха

Радиус качения колеса для шины 185/65 R14:

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H \quad (4)$$

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

«Лобовая площадь автомобиля» [11]

$$F = 0,8 \cdot B_{\Gamma} \cdot H_{\Gamma} \quad (5)$$

где « $B_{\Gamma}$  и  $H_{\Gamma}$  - соответственно габаритная ширина и высота автомобиля.» [11]

$$F = 0,8 \cdot B_{\Gamma} \cdot H_{\Gamma} = 0,8 \cdot 1,680 \cdot 1,420 = 1,908 \text{ м}^2$$

«Коэффициент дорожного сопротивления» [11]

$$\psi_v = f = f_{k0} \cdot \left( 1 + \frac{v_{\max}^2}{2000} \right) = 0.027 \quad (6)$$

«Передаточное отношение главной передачи» [11]

$$U_{\Gamma\Pi} = \frac{\omega_{\max} \cdot r_k}{v_{\max} \cdot U_{\text{кп}}} \quad (7)$$

где « $U_{\text{кп}} = 0.78$  - передаточное отношение высшей передачи» [11]

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

«Внешнескоростная характеристика силового агрегата» [11]

«Для легковых автомобилей коэффициент суммарного дорожного сопротивления назначают равным коэффициенту качения при максимальной скорости, т.е. максимальная скорость развивается только на горизонтальной дороге.» [11]

$$N_v = \frac{1}{\eta_{\text{мп}}} \left( G_a \cdot \psi_v \cdot v_{\text{max}} + k \cdot F \cdot v_{\text{max}}^3 \right) \quad (8)$$

$$N_v = \frac{1}{0,9} \left( 4827,4 \cdot 0,027 \cdot 50 + 0,21 \cdot 1,908 \cdot 50^3 \right) = 77,1 \text{ кВт}$$

«Максимальная мощность двигателя» [11]

$$N_e^{\text{max}} = \frac{N_v}{a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3} \quad (9)$$

где « $\lambda$  - отношение максимальных оборотов двигателя к оборотам двигателя при максимальной мощности» [11]

$$\lambda = \frac{\omega_{\text{max}}}{\omega_N} = \frac{6000}{5600} = 1,071 \quad (10)$$

«a, b, c = 1 – эмпирические коэффициенты» [11]

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

«Внешняя скоростная характеристика силового агрегата с учетом оборотов» [11]

$$N_e = N_{\text{max}} \left[ \frac{\omega_e}{\omega_N} + \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (11)$$

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (12)$$

Строим график (см. Приложение).

«Передаточные числа коробки передач» [11]

«Для обеспечения возможности движения автомобиля тяговая сила на ведущих колесах должна быть больше силы сопротивления дороги. Во избежание буксования ведущих колес тяговая сила на первой передаче должна быть меньше силы сцепления колес с дорогой.» [11]

$$G_{сц} \cdot \varphi \geq \frac{M_{e \max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП} \cdot U_1}{r_k} \geq G_a \cdot \psi_{\max} \quad (13)$$

Тогда для первой передачи  $U_1$  справедливо:

$$\frac{G_{сц} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{e \max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП}} \geq U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{e \max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП}} \quad (14)$$

$$2,9 \geq U_1 \geq 0,16$$

Принимаем для первой передачи  $U_1 = 2,71$

Зная  $U_1$  находим передаточные числа для остальных передач по формулам:

$$\begin{aligned} U_2 &= \sqrt[3]{U_1^2} \\ U_3 &= \sqrt[3]{U_1} \\ U_4 &= 1 \\ U_5 &= 0,6 \cdot 0,8 \end{aligned} \quad (15)$$

Чтобы обеспечить надежность и долговечность зубчатого соединения для четвертой передачи вместо 1 примем передаточное отношение равным 0,98.

$$U_4 = 0,98$$

Подставляя значения в остальные формулы получаем:

$$U_2 = 1,94 ;$$

$$U_3 = 1,31 ;$$

$$U_5 = 0.78 .$$

«Тяговый баланс автомобиля» [11]

«Уравнение тягового баланса автомобиля» [11]

$$P_T = P_D + P_B + P_{II} \quad (16)$$

где « $P_T$  - тяговая сила автомобиля;» [11]

« $P_D$  - сила дорожного сопротивления;» [11]

« $P_B$  - сила сопротивления воздуха;» [11]

« $P_{II}$  - сила сопротивления разгону автомобиля.» [11]

Эти силы рассчитываются по формулам:

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{r_k} \quad (17)$$

$$P_D = P_{II} + P_f \quad (18)$$

где  $P_{II} = G_a \cdot \sin \alpha$  (19)

$$P_f = G_a \cdot \cos \alpha \cdot f \quad (20)$$

$$P_B = k \cdot F \cdot v^2 \quad (21)$$

Связываем скорость и силу тяги автомобиля:

$$v_a = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_k \cdot U_0} \Rightarrow P_T = \frac{\omega_e \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{v_a} \quad (22)$$

«При помощи этой связи можно построить графики зависимости силы тяги от скорости автомобиля» [11] (см. Приложение).

«Динамическая характеристика автомобиля» [11]

«Динамическая фактором автомобиля называют отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля.» [11]

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (23)$$

Определяем связь динамической характеристики и сопротивления со стороны дороги:

$$D = \psi + \frac{j}{g} \cdot \delta_{ep} \quad (24)$$

где « $j$  - ускорение автомобиля;» [11]

« $\delta_{ep}$  - коэффициент учета вращающихся масс;» [11]

« $\psi$  - коэффициент сопротивления дороги.» [11]

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

«Ускорения автомобиля» [11]

«Ускорение во время разгона определяют для случая движения автомобиля по горизонтальной дороге с твердым покрытием хорошего качества при максимальном использовании мощности двигателя и при отсутствия буксования ведущих колес.» [11]



$$j = \frac{(D - \psi) \cdot g}{\delta_{ep}} \quad (25)$$

где « $\delta_{ep}$  - коэффициент учета вращающихся масс, зависит от вращающихся масс двигателя и колес.» [11]

Он рассчитывается по формуле:

$$\delta_{ep} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2 \quad (26)$$

где « $\delta_1$  - коэффициент учета вращающихся масс колес;» [11]

« $\delta_2$  - коэффициент учета вращающихся масс двигателя.» [11]

«Принимаем коэффициенты в соответствии со справочными значениями:» [11]

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

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

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

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

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

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

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

«Расчет времени и пути разгона» [11]

«Для нахождения времени разгона автомобиля необходимо задаться обратными ускорениями  $1/j$  автомобиля.» [11]

Строим их графики (см. Приложение).

«Проинтегрировав данные графики, мы можем рассчитать время разгона от скорости автомобиля. Точки переключения передач следует взять в местах пересечения графиков.» [11]

Расчет ведем по следующим формулам:

$$\Delta t = \frac{1}{j_a} \Delta v \quad (27)$$

$$t = \sum \Delta t_i \quad (28)$$

«Путь разгона считаем аналогичным способом» [11]

$$ds = v_a \cdot dt \quad (29)$$

$$\Delta s = v_a \cdot \Delta t \quad (30)$$

$$s = \sum s_i^t \quad (31)$$

Строим графики (см. Приложение)

«Мощностной баланс автомобиля» [11]

«По аналогии с уравнением тягового баланса автомобиля записывается уравнение мощностного баланса автомобиля.» [11]

$$N_T = N_e - N_{mp} = N_f + N_{II} + N_B + N_{II} \quad (32)$$

где « $N_T$  - тяговая мощность, мощность подводимая к ведущим колесам.» [11]

« $N_{mp}$  - мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии» [11]

« $N_f$  - мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качения колес» [11]

« $N_I$  - мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему» [11]

« $N_{\hat{A}}$  - мощность, затраченная на преодоление силы сопротивления воздуха» [11]

« $N_E$  - мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля» [11]

« $N_A$  - мощность, затраченная на преодоление силы сопротивления дороги» [11]

«С помощью мощностного баланса мы можем найти сопротивления, которые может преодолеть автомобиль на любой скорости.» [11]

Решение уравнения (3.32) производится графическим способом (см. Приложение)

«Топливо-экономическая характеристика автомобиля» [11]

«Путевой расход топлива на 100км пути выражается через удельный эффективный расход топлива.» [11]

$$g_{II} = \frac{g_e \cdot N_e}{36 \cdot \rho_T \cdot v} \quad (33)$$

где « $\rho_T$  - плотность топлива, для бензина принимаем 0,72 кг/л.» [11]

« $v$  - скорость автомобиля.» [11]

«Эффективность мощности  $N_e$  может быть выражена из мощностного баланса.» [11]

$$g_{II} = \frac{g_e}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}} \cdot (P_D + P_B + P_{II}) \quad (34)$$

«Точный расход топлива в определенных условиях может быть рассчитан благодаря исходя из нагрузочной характеристики двигателя, которая может быть определена только благодаря эксперименту.» [11]

«Экспериментальных данных нет, поэтому воспользуемся следующей формулой.» [11]

$$g_e = k_{CK} \cdot k_{II} \cdot g_{e\min} \cdot 1.1 \quad (35)$$

где « $k_{CK}$  и  $k_{II}$  - коэффициенты, учитывающие соответственно изменения величины  $g_e$  в зависимости от  $\omega_e$  и И двигателя.» [11]

« $g_{e\min}$  - минимальный удельный расход топлива.» [11]

Примем  $g_{e\min} = 290$  г/кВт\*ч

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

$$g_{II} = \frac{k_{CK} \cdot k_{II} \cdot g_{e\min} \cdot 1.1 \cdot (P_D + P_B)}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}} \quad (36)$$

«Так как показателем топливной экономичности автомобиля служит минимальный путевой расход топлива, соответствующий скорости при испытаниях автомобиля с полной нагрузкой на горизонтальной дороге, принимаем значение уклона дороги  $\alpha = 0$ .» [11]

## 2.2 Обоснование компоновочной схемы подвески

В данной курсовой работе совершенствуется задняя подвеска переднеприводного легкового автомобиля 2ого класса Lada Granta производства ПАО АВТОВАЗ. Конечная цель модернизации - улучшение управляемости и курсовой устойчивости транспортного средства. Изменение компоновочной схемы или другие значительные изменения в конструкции не всегда целесообразны в массовом производстве ввиду возникающей потребности в дополнительных инвестиционных капиталах. Также стоит принимать во внимание тот факт, что задняя подвеска автомобиля LADA GRANTA хорошо сбалансирована и, для своего класса, обеспечивает достаточный уровень ездовых характеристик, стоимостью изготовления ее уже невелика, поэтому изменение компоновочной схемы нерационально. Понимая, что Granta это типичный представитель класса бюджетных

автомобилей, следует подходить к модернизации не привлекая больших капитальных затрат. В данной работе предлагаемая модернизация упругого элемента не потребует крупных инвестиций в подготовку производства и модернизацию оборудования, однако результат ее будет ощутим для конечного потребителя.

### 2.3 Расчет упругой характеристики подвески

Входящие данные:

$m_a = 1088$  кг - снаряженная масса автомобиля

$m_{\text{ЗАД.СНАР}} = 435,2$  кг - масса, воздействующая на заднюю ось для автомобиля снаряженной загрузки;

$m_{\text{ЗАД.КОНСТ.}} = 540$  кг - масса, воздействующая на заднюю ось для автомобиля конструктивной загрузки;

$m_{\text{ЗАД.ПОЛН.}} = 756,5$  кг - масса, воздействующая на заднюю ось для автомобиля полной загрузки

$m_{\text{неподр}} = 74$  кг - неподрессоренная масса задней подвески;

$i_c \approx 1$  - передаточное отношение упругого элемента в задней подвеске.

Вертикальная жесткость задней подвески:

$$C_c = \frac{9,8 \cdot \pi \cdot f^2 \cdot m_{\text{П}}}{1000} \quad (37)$$

где  $m_{\text{П}}$  - поддрессоренная масса, воздействующая на одно колесо задней оси

$f$  - собственная частота колебаний в задней подвеске автомобиля.» [8]

Подрессоренная масса задней подвески при различной загрузке:

$$\begin{aligned}
m_{ПС} &= 435,2/2 - 74/2 = 180,6 \text{ кг} \\
m_{ПК} &= 540/2 - 74/2 = 233 \text{ кг} \\
m_{ШП} &= 756,5/2 - 74/2 = 341,25 \text{ кг}
\end{aligned}
\tag{38}$$

Согласно справочным данным, наилучшие показатели плавности хода автомобиля возможно обеспечить при собственной частоты колебаний подвески в интервале от 1,5 до 1,65 Гц для снаряженной и от 1,3 и до 1,6 Гц для конструктивной массы транспортного средства.

$$C_C = \frac{2 \cdot \pi \cdot f^2 \cdot m_{ПС}}{1000} = \frac{(2 \cdot \pi \cdot 1,5 \dots 1,65)^2 \cdot 180,6}{1000} = 16,04 \dots 19,4 \text{ кН/м}$$

$$C_K = \frac{2 \cdot \pi \cdot f^2 \cdot m_{ПК}}{1000} = \frac{(2 \cdot \pi \cdot 1,3 \dots 1,6)^2 \cdot 233}{1000} = 15,55 \dots 23,55 \text{ кН/м}$$

Жесткость упругого элемента с учетом жесткости шарниров подвески:

$$C_{ПП} = C - \Delta C_{Ш} \cdot i_C^2 \tag{39}$$

где  $C$  - вертикальная жесткость подвески;

$\Delta C_{Ш}$  - «жесткость шарниров подвески, приведенная к колесу.» [8]

Ее значение может располагаться в интервале от 1 до 3  $\text{кН/м}$ .

Принимаем  $\Delta C_{Ш} = 1,2 \text{ кН/м}$

$i_C^2$  - квадрат передаточного отношения упругого элемента

Условия эксплуатации легкового автомобиля могут сильно отличаться от случая к случаю. В салоне транспортного средства может находиться лишь один водитель или, наоборот, будут заняты все места в салоне и в багажнике будет расположен груз максимально допустимой массы. Очевидно, что одни и те же настройки подвески будут оптимальны только для одного из этих случаев, а в другом ездвые свойства окажутся значительно хуже. Загрузку автомобиля, приближенную к среднестатистическому сценарию использования транспортного средства,

называют конструктивной. Именно ее значение применяется при конструктивных расчетах подвески.

$$C_{\text{пр}} = (5,55 \cdot 23,55 - 1) \cdot 1 = 14,35 \cdot 22,35 \text{ кН/м} = 1,41 \cdot 2,2 \text{ кгс/мм}$$

Чем ближе будет значение жесткости пружины к максимальной величине рассчитанного диапазона, тем соответственно лучше будут показатели управляемости и курсовой устойчивости, и тем, наоборот, хуже при этом будет плавность хода. Исходя из этого условия значение жесткости пружины увеличим с 2 кгс/мм до 2,15 кгс/мм

## 2.4 Расчет параметров пружины

Находим диаметра прутка:

$$C_{\text{пр}} = \frac{G \cdot d_{\text{пр}}^4}{8n \cdot D_{\text{ср}}^3} \quad (40)$$

где  $d_{\text{пр}}$  - диаметр прутка пружины;

$D_{\text{ср}}$  - средний диаметр пружины.

Сохранение данного параметра таким же как для серийного упругого элемента позволит избежать модернизации оборудования и оснастки для навивки пружины и изготовления ответных деталей пружины, таких как чашки и прокладки.

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

$$d_{\text{пр}} = \sqrt[4]{\frac{8n \cdot D_{\text{ср}}^3 \cdot C_{\text{пр}}}{G}} \quad (41)$$

$$d_{\text{пр}} = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 8,5 \cdot (4,85 + 10,7) \cdot 2,15}{7,8 \cdot 10^3}} = 11,31 \text{ мм}$$

Статический прогиб:

$$f_{cm} = \frac{P_1}{C_{np}}; \quad (42)$$

где  $P_1$  - сила, воздействующая при статическом прогибе.

Значение этой величины находим на чертеже серийного упругого элемента:

$$P_1 = 250 \text{ кгс}$$

$$f_{cm} = \frac{250}{2,15} = 116,28 \approx 116 \text{ мм};$$

Используя величину длины при свободном прогибе  $H_1 = 225 \text{ мм}$ , определим свободную длину упругого элемента:

$$H_0 = H_1 + f_{cm} = 225 + 116 = 341 \text{ мм} \quad (43)$$

Длина при полном ходе сжатия подвески:

$$H_2 = H_1 - S_{сж} \quad (44)$$

Ход сжатия задней подвески LADA GRANTA согласно монтажному чертежу составляет 93мм.

$$H_2 = 225 - 93 = 132 \text{ мм}$$

Длина пружины при полном смыкании витков:

$$H_3 = (n_1 + 1)d_{np} + (n_1 + 1)0,25 + d_{np} \cdot 0,05 \quad (45)$$

где  $n_1$  - число витков пружины, включая также и опорные. Сохраняя значение числа витков серийной пружины получаем  $n_1 = 10$ .

$$H_3 = (10 + 1) \cdot 11,31 + (10 + 1) \cdot 0,25 + 11,31 \cdot 0,05 = 127,7 \text{ мм}$$



Найдем значения нагрузок соответствующим пружине в режимах полного сжатия подвески и полного смыкания витков:

$$P_i = (h_0 - h_i) \cdot C_{\text{ПР}} \quad (46)$$

$$P_2 = (344 - 132) \cdot 2,15 = 449,95 \text{ кгс};$$

$$P_3 = (344 - 127,7) \cdot 2,15 = 459,19 \text{ кгс}$$

Коэффициент формы пружины можно определить, используя следующее выражение:

$$\kappa = 1 + \frac{5}{4} \cdot \frac{1}{w} + \frac{7}{8} \cdot \frac{1}{w^2} + \frac{1}{w^3} \quad (47)$$

где  $w$  вычисляется с помощью формулы:

$$w = \frac{D_{cp}}{d_{np}} = 8,5 \quad (48)$$

В результате получаем:

$$\kappa = 1,16$$

Определим напряжения в пружине для обозначенных ранее режимов снаряженной, конструктивной и полной загрузок модернизируемого транспортного средства:

$$\tau = \frac{8 \cdot \kappa \cdot D_{cp}}{\pi \cdot d_{np}^3} \cdot P_i; \quad (49)$$

$$\tau_1 = 48,9 \text{ кгс}$$

$$\tau_2 = 88 \text{ кгс}$$

$$\tau_3 = 90 \text{ кгс}$$

Длина прутка:

$$l_{np} = \sqrt{(n \cdot \pi \cdot D_{cp})^2 + H_0^2} + (n_1 - n) \cdot \pi \cdot D_{cp} \quad (50)$$

$$l_{np} = 3025 \text{ мм}$$

Масса пружины:

$$m = \frac{\pi \cdot d_{np}^2}{4} \cdot l_{np} \cdot \rho \quad (51)$$

$$m = \frac{3.14 \cdot 0.01131^2}{4} \cdot 3025 \cdot 7.8 \cdot 10^3 = 2.37 \text{ кг}$$

### 3 Обеспечение безопасности в технологическом процессе сборки задней подвески переднеприводного автомобиля

Детально узловой состав модернизированной задней подвески включает в себя рычаги задней подвески с тормозами и приводом ручного тормоза в сборе, кронштейны крепления рычагов подвески, пружины, амортизаторы, буферы хода сжатия, установочные подушки и шайбы, а также крепежные элементы.

Характерной особенностью современных автосборочных заводов является поточная организационная формы сборки. В основе данной формы лежит ритмическая повторяемость согласованный по времени технологических операций, выполняемых на определенных рабочих местах. Среди основных особенностей поточной формы можно выделить высокую степень механизации труда, единообразие качества и форм материалов и инструментов, низкая квалификация персонала, немедленная передача объекта труда от одного рабочего места к другому.

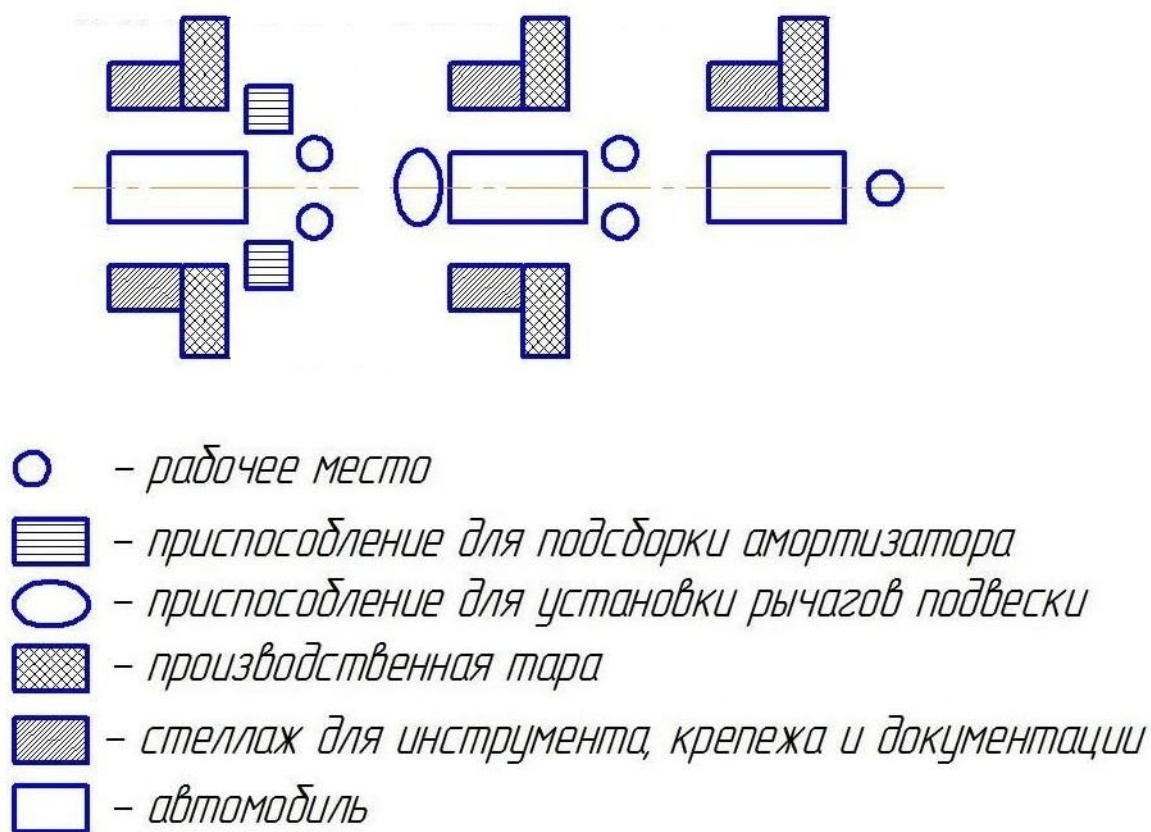


Рисунок 14 - Схема участка установки задней подвески

Геометрия конвейерной линии на участке сборки (рис. 14) имеет подъемы для удобства монтажа элементов в районе пола автомобиля.

Опасными и вредными производственными факторами обычно называют случаи, вызванные окружающей средой или профессиональной деятельностью способные повлечь за собой травмирование работников или развитие у них профессиональных заболеваний. Эти факторы классифицируют на химические; физические; психофизиологические; биологические.

Наиболее характерными для участка установки задней подвески будут являться физические опасные производственные факторы, среди которых опасность травмирования внутрицеховым производственным транспортом, подвижными частями конвейера и специализированных гидравлических приспособлений. Из вредных факторов стоит выделить шум, обусловленный работой пневмо и электрогайковертов, а также конвейерной линией.

«Химические факторы в свою очередь классифицируют по характеру воздействия (токсические, раздражающие, мутагенные, канцерогенные и др.) и способу проникновения в организм человека (через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки).» [18]

«К физическим опасным и вредным производственным факторам относят электрический ток, вибрации, критические значения температуры, а также шум и др.» [18]

«Под психофизиологическими факторами понимают физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение, монотонность труда и др.» [18]

«К биологическим опасным и вредным производственным факторам относятся патогенные микроорганизмы, а также продукты их жизнедеятельности.» [18]

Таблица 1 – Идентификация возможных производственных рисков участка монтажа подвески

Производственно-технологическая операция, вид выполняемых работ	«Опасный и /или вредный производственный фактор» [18]	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	2	3
Монтаж задней подвески (все операции)	«Травмирование» [18]	«Движущийся транспорт, подвижные элементы конвейерной линии и специальных приспособлений» [18]
Монтаж задней подвески (все операции)	«Высокий уровень шума» [18]	Гайковерты, конвейерная линия
Монтаж задней подвески (все операции)	«Высокий уровень температуры воздуха» [18]	«Система вентиляции и кондиционирования (ее неисправность, недостаточная производительность)» [18]

Для исключения или снижения влияния указанных выше факторов предлагается внедрить следующие организационные мероприятия:

- рациональная организация маршрутов движения внутрицехового транспорта и работников по участку, включающая в себя установку барьеров и нанесение специальной разметки;
- внедрение в конструкции конвейерной ленты и прочих механизмов защитных и шумоизоляционных кожухов;
- применение специальных глушителей и резонаторов;

- применение оптимальных конструкторских решений при проектировании оборудования (использование косозубых шестерня вместо прямозубых, или по возможности ременных передач вместо зубчатых).

- обеспечение работников средствами индивидуальной защиты (СИЗ) необходимыми для выполнения их профессиональных обязанностей (для данного участка таковыми являются спецобувь и спецодежда, а также беруши);

- обеспечение своевременного прохождения работниками инструктажей и обучений по охране труда.

Таблица 2 – Организационно-технические методы и технические средства устранения и снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и / или вредный производственный фактор» [18]	Средства снижения фактора	«Средства индивидуальной защиты работника» [18]
1	2	3
«Травмирование» [18]	«Специальные ограждения, кожухи дорожная разметка, инструктаж по охране труда.» [18]	-
«Высокий уровень шума» [18]	«Звукоизоляционное покрытие, акустические барьеры, глушители.» [18]	«Наушники, беруши» [18]
«Высокий уровень температуры воздуха» [18]	«Система вентиляции и кондиционирования» [18]	-

Таким образом внедрение вышеуказанных технических и организационных мероприятий позволит снизить уровень травматизма

персонала и обеспечить непрерывную работу конвейерной линии в ритме необходимом для выполнения производственной программы.

## **4 Технико-экономическая оценка модернизируемой подвески**

Целью данной квалификационной работы является совершенствование задней подвески автомобиля Lada Granta. В основе модернизации находится оптимизация характеристик пружины задней подвески и обеспечении более высоких показателей управляемости и курсовой устойчивости легкового переднеприводного автомобиля.

Предлагаемые в рамках данной работы конструктивные изменения не окажут влияния на принципиальную схему подвески и технологию сборки, поэтому инвестиции на освоение данной конструкции в производстве не будут слишком велики. Очевидно, что проект модернизации, имеющий меньшую потребность в капиталобразующих инвестициях проще внедрить в серийное массовое производство и риски при этом будут меньше.

В настоящем разделе квалификационной работы будет проведен анализ варианта модернизации задней подвески переднеприводного автомобиля на предмет возможности внедрения его в массовое производство.

### **4.1 Себестоимость модернизированной подвески**

Исходные данные для проведения анализа получены во время преддипломной практике на территории ПАО «АВТОВАЗ» и в Тольяттинском Государственном Университете от руководителя дипломного проекта и консультанта департамента бакалавриата (экономических и управленческих программ). Для данной работы годовую программу выпуска модернизированных изделий примем в количестве 150000 единиц в год.

Под себестоимостью понимают сумму всех затрат на производство и сбыт одной единицы продукции. Понятие себестоимости также может быть применимо и к сфере реализации услуг.

Результатом расчетов, представленных в этом пункте, будет являться отпускная цена модернизированного изделия, а также величины влияющих на нее затрат.



Затраты на покупные изделия:

$$Pi = Ci \cdot ni \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right), \quad (52)$$

где « $C_i$  – оптовая цена покупных комплектующих изделий  $i$ -го вида, руб.» [16]

« $n_i$  – количество покупных изделий  $i$ -го вида, шт.» [15]

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

Расчет затрат на покупные изделия представлен в таблице 5.2.

Таблица 3 – Расчет расход на покупные комплектующие изделия (проект)

Наименование полуфабрикатов	Количество	Средняя цена за 1шт, руб.	Сумма, руб.
Амортизатор	2	850	1700
Прокладка пружины	2	35	70
Подушка амортизатора	4	30	120
Буфер сжатия	2	120	240
Крепеж	24	2	48
Рычаги в сборе	1	12800	12800
Пружина	2	470	940
ИТОГО:			15918
«Транспортно-заготовительные расходы» [13]		3%	477.54
Всего:			16395.54

«Основная заработная плата:» [14]

$$Zo = Zm \cdot \left(1 + \frac{K_{ПРЕМ}}{100}\right), \quad (53)$$

где « $Z_m$  – тарифная заработная плата рабочего в рублях.» [16]

$$Z_m = C p_i \cdot T_i \quad (54)$$

где « $C p_i$  – часовая тарифная ставка, руб.» [16]

« $T_i$  – трудоемкость выполнения операции, час;» [16]

« $K_{ПРЕМ}$  – коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве, %» [16]

Расчет основной заработной платы производственного персонала представлен в таблице 5.3.

Таблица 4 – Расчет основной заработной платы производственного персонала

Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
Сборочные	4	0.23	100	23
Контрольные	5	0.03	115	3.45
ИТОГО:				26.45
Премияльные доплаты	25%			6.61
Основная з/п				33.06

«Дополнительная заработная плата:» [14]

$$Z_{доп.} = Z_o \cdot K_{вып.}; \quad (55)$$

где « $K_{вып.}$  – коэффициент доплат и выплат не связанных с выполнением основных производственных работ, %» [16]

Принимаем  $K_{вып.} = 20\%$

$$Z_{доп.} = 30.06 \cdot 0.2 = 6.61$$

«Отчисления в страховые взносы:» [14]

$$C_{\text{С.В}} = (30 + 3_{\text{доп.}}) \cdot E_{\text{С.В}}; \quad (56)$$

где « $E_{\text{С.В}}$  – коэффициент отчислений в страховые взносы, %» [14]

Примем  $E_{\text{С.В}} = 30\%$

$$C_{\text{С.В}} = (30.06 + 6.61) \cdot 0.3 = 11.9 \text{ руб}$$

«Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования:» [14]

$$C_{\text{СОДОБОР}} = 30 \cdot E_{\text{ОБОР}} \quad (57)$$

где « $E_{\text{ОБОР}}$  – коэффициент отчислений в единый социальный фонд, %» [16]

Примем  $E_{\text{ОБОР}} = 165\%$

$$C_{\text{СОДОБОР}} = 30.06 \cdot 1.65 = 54.55 \text{ руб}$$

«Цеховые расходы:» [14]

$$C_{\text{ЦЕХ}} = 30 \cdot E_{\text{ЦЕХ}}, \quad (58)$$

где « $E_{\text{ЦЕХ}}$  – коэффициент цеховых расходов, %» [16]

Примем  $E_{\text{ЦЕХ}} = 175\%$

$$C_{\text{ЦЕХ}} = 30.06 \cdot 1.75 = 57.86 \text{ руб}$$

«Расходы на инструмент и оснастку:» [14]

$$C_{\text{ИНСТР}} = 30 \cdot E_{\text{ИНСТР}}, \quad (59)$$

где « $E_{\text{ИНСТР}}$  – коэффициент затрат на инструмент и оснастку, %» [14]

Примем  $E_{\text{ЦЕХ}} = 3\%$

$$C_{\text{ИНСТР}} = 30.06 \cdot 0.03 = 0.99 \text{ руб}$$

«Цеховая себестоимость модернизированного узла» [14]

$$C_{\text{ЦЕХ.С/С}} = \text{Пи} + \text{Зо} + \text{З}_{\text{ДОП}} + C_{\text{С.В}} + C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ИНСТР}} \quad (60)$$

$$C_{\text{ЦЕХ.С/С}} = 16395.54 + 30.06 + 6.61 + 11.9 + 54.55 + 57.89 + 0.99 = 16560.52 \text{ руб}$$

«Общезаводские расходы:» [14]

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = \text{Зо} \cdot E_{\text{ОБ.ЗАВОД}}; \quad (61)$$

где « $E_{\text{ОБ.ЗАВОД}}$  – коэффициент общезаводских расходов, %» [14]

Примем  $E_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 125\%$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 30.06 \cdot 1.25 = 41.33 \text{ руб}$$

«Общезаводская себестоимость:» [14]

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{ЦЕХ.С/С}} \quad (62)$$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} = 41.33 + 16560.52 = 16601.85 \text{ руб}$$

«Коммерческие расходы:» [14]

$$C_{\text{КОМ}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} \cdot E_{\text{КОМ}}; \quad (63)$$

где « $E_{\text{КОМ}}$  – коэффициент коммерческих расходов, %» [14]

Примем  $E_{\text{КОМ}} = 5\%$

$$C_{\text{КОМ}} = 16601.85 \cdot 0.05 = 830.09 \text{ руб}$$

Полная себестоимость модернизируемой задней подвески:

$$C_{\text{ПОЛ}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОДСС}} + C_{\text{КОМ}} \quad (64)$$

$$C_{\text{ПОЛ}} = 16601.85 + 830.09 = 17431.94 \text{ руб}$$

«Отпускные цены для базового и проектируемого изделия» [14]

$$Ц_{\text{ОТП.}} = C_{\text{ПОЛ}} \cdot (1 + K_{\text{РЕНТ}}) \quad (65)$$

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

[14]

Примем  $K_{\text{РЕНТ}} = 20\%$

$$Ц_{\text{ОТП.Б}} = 17431.94 \cdot (1 + 0.2) = 20697.15 \text{ руб}$$

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

## 4.2 Точка безубыточности производства подвески

Точкой безубыточности называют объем выпуска и реализации изделия, который обеспечивает покрытие всех затрат, связанных с его производством, но при этом не обеспечивает прибыль.

Зная величину точки безубыточности и времени ее достижения, можно сделать определенные выводы о перспективности проекта. Данную величину можно найти аналитически, так и с помощью графического метода.

Необходимую величину продаж для обеспечения безубыточности проекта можно вычислить по формуле:

$$V_{\text{КР}} = \frac{З_{\text{ПОСТ.УД}} \cdot V_{\text{МАХ}}}{Ц_{\text{ОТП}} - З_{\text{ПЕР.УД}}}, \quad (66)$$

где « $V_{MAX}$  – максимальный объем выпуска изделия, шт» [16]

« $\Pi_{ОТП}$  – отпускная цена изделия, руб» [16]

« $Z_{ПЕР.УД}$  – удельные постоянные издержки на изготовление единицы изделия, руб» [16]

« $Z_{ПЕР.УД}$  – удельные переменные издержки на изготовление единицы изделия, руб» [16]

«Переменные затраты на изготовление единицы продукции» [16]

$$Z_{ПЕРЕМ.УД.б.} = \Pi_{и} + Z_{о} + Z_{ДОП.} + C_{С.В} = 16220 + 33.06 + 6.61 + 11.9 = 16271.58 \text{ руб}$$

$$Z_{ПЕРЕМ.УД.н.} = \Pi_{и} + Z_{о} + Z_{ДОП.} + C_{С.В} = 16395.54 + 33.06 + 6.61 + 11.9 = 16447.12 \text{ руб}$$

«Переменные издержки» [14]

$$Z_{ПЕРЕМ.н.} = Z_{ПЕРЕМ.УД} \cdot V_{ГОД} \quad (67)$$

$$Z_{ПЕРЕМ.н.б} = 16271.58 \cdot 150000 = 2440736625 \text{ руб}$$

$$Z_{ПЕРЕМ.н.н} = 16447.12 \cdot 150000 = 2467067625 \text{ руб}$$

«Амортизационные отчисления» [14]

$$A_{М.УД} = (C_{СОД.ОБОР} + C_{ИНСТР}) \cdot H_A / 100, \quad (68)$$

где « $H_A$  - доля амортизационных отчислений, 15%» [16]

$$A_{М.УД} = (54.55 + 0.99) \cdot 15 / 100 = 8.33 \text{ руб}$$

«Постоянные издержки на производство» [14]

$$Z_{ПОСТ.УД.б.н.} = (C_{СОД.ОБОР} + C_{ИНСТР}) \cdot (100 - H_A) / 100 + C_{ЦЕХ} + C_{ОБ.ЗАВОД} + C_{КОМ} + A_{М.УД} \quad (69)$$

$$Z_{\text{пост.уд.б.}} = (54.55 + 0.99) \cdot (100 - 15) / 100 + 57.86 + 41.33 + 821.32 + 8.33 = 976.05 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{пост.уд.п.}} = (54.55 + 0.99) \cdot (100 - 15) / 100 + 57.89 + 41.33 + 830.09 + 8.33 = 984.83 \text{ руб}$$

«Постоянные издержки на годовую программу производства» [14]

$$Z_{\text{пост.б.}} = Z_{\text{пост.уд.б.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (70)$$

$$Z_{\text{пост.б.}} = 976.05 \cdot 150000 = 146407200 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{пост.п.}} = 984.83 \cdot 150000 = 147723750 \text{ руб}$$

«Полная себестоимость годовой программы выпуска» [16]

$$C_{\text{пол.г.}} = C_{\text{пол.н.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (71)$$

$$C_{\text{пол.г.}} = 17247.63 \cdot 150000 = 2587143825 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.г.}} = 17431.94 \cdot 150000 = 2614791375 \text{ руб}$$

«Выручку от реализации изделия» [16]

$$\text{Выручка.н.} = C_{\text{опт.н.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (72)$$

$$\text{Выручка.н.} = 20697.15 \cdot 150000 = 3104572590 \text{ руб}$$

«Маржинальный доход:» [14]

$$D_{\text{марж}} = \text{Выручка} - Z_{\text{перем.н}} \quad (73)$$

$$D_{\text{марж}} = 3104572590 - 2440736625 = 663835965 \text{ руб}$$

$$D_{\text{марж}} = 3104572590 - 2467067625 = 637504965 \text{ руб}$$

«Критический объем продаж:» [16]

$$A_{\text{крит}} = \frac{Z_{\text{пост.н.}}}{C_{\text{опт}} - Z_{\text{перем.н}}} = \frac{147723750}{20697.15} - 16447.12 = 34758.26 \text{ шт} \approx 34758 \text{ шт}$$

Также определим значение критического объема продаж с помощью графического метода (рис. 15):

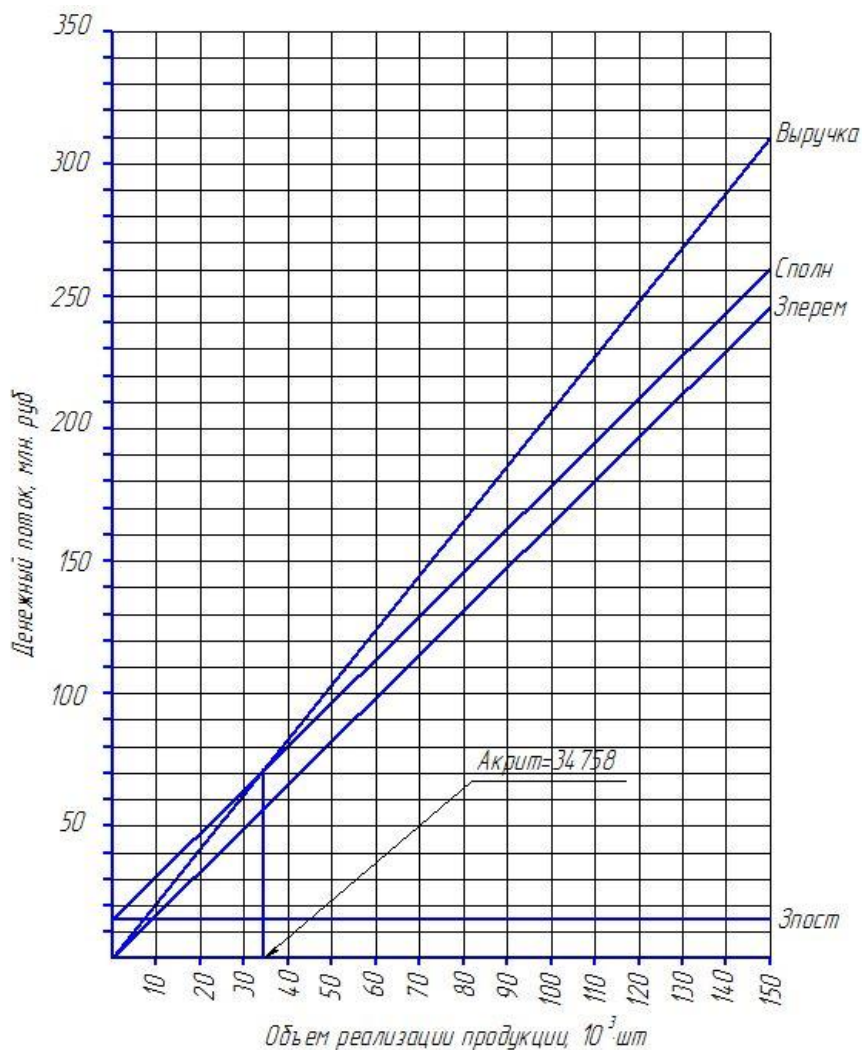


Рисунок 15 - Графический метод нахождения точки безубыточности

### 4.3 Коммерческая эффективность модернизации подвески

Чтобы оценить коммерческую эффективность освоения модернизированной конструкции следует учитывать полный период изготовления. Для задней подвески транспортного средства такой период будет составлять пять лет и один дополнительный год необходимо для подготовки производства. Таким образом, необходимо рассчитать коммерческую эффективность модернизированного изделия за 6 лет.

Наращивание производственной программы в рамках данной работы будем считать равномерным и для определения его величины воспользуемся следующей формулой:



$$\Delta = \frac{V_{MAX} - A_{КРИТ}}{n - 1}, \quad (74)$$

где « $V_{MAX}$  - максимальный объем производства изделия, шт» [16]

« $A_{КРИТ}$  - критический объем продаж проектируемой подвески, шт» [16]

« $n$  - количество лет производства, с учетом подготовки» [16]

$$\Delta = \frac{150000 - 34758}{6 - 1} = 23048 \text{шт}$$

«Выручка от продаж:» [16]

$$B_i = Ц_{ОТП} \cdot V_{ПРОД_i}; \quad (75)$$

где « $V_{ПРОД_i}$  - объем продаж в  $i$ -году» [14]

В первый года производства объем продукции будет рассчитываться следующим образом:

$$V_{ПРОД_i} = V_{КР} + \Delta \quad (76)$$

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

$$V_{ПРОД_1} = 33975 + 23048 = 57806 \text{шт.}$$

$$V_{ПРОД_2} = 57806 + 23048 = 80855 \text{шт.}$$

$$V_{ПРОД_3} = 80855 + 23048 = 103903 \text{шт.}$$

$$V_{ПРОД_4} = 103903 + 23048 = 126952 \text{шт.}$$

$$V_{ПРОД_5} = 126952 + 23048 = 150000 \text{шт.}$$

Зная объем производства проектируемого изделия, рассчитываем выручку:

$$\begin{aligned}
B_1 &= 20697.15 \cdot 57806 = 119642776644 \text{ руб} \\
B_2 &= 20697.15 \cdot 80855 = 167346397233 \text{ руб} \\
B_3 &= 20697.15 \cdot 103903 = 215050017822 \text{ руб} \\
B_4 &= 20697.15 \cdot 126952 = 262753638411 \text{ руб} \\
B_5 &= 20697.15 \cdot 150000 = 3104572590 \text{ руб}
\end{aligned}$$

«Переменные затраты по годам» [14]

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.i} = Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}} \cdot V_{\text{ПРОД}.i} \quad (77)$$

$$\begin{aligned}
Z_{\text{ПЕРЕМ.Б1}} &= 16271.58 \cdot 57806 = 940601317.6 \text{ руб} \\
Z_{\text{ПЕРЕМ.Б2}} &= 16271.58 \cdot 80855 = 1315635144.45 \text{ руб} \\
Z_{\text{ПЕРЕМ.Б3}} &= 16271.58 \cdot 103903 = 1690668971.3 \text{ руб} \\
Z_{\text{ПЕРЕМ.Б4}} &= 16271.58 \cdot 126952 = 2065702798.15 \text{ руб} \\
Z_{\text{ПЕРЕМ.Б5}} &= 16271.58 \cdot 150000 = 2440736625 \text{ руб} \\
Z_{\text{ПЕРЕМ.П1}} &= 16447.12 \cdot 57806 = 950748653.05 \text{ руб} \\
Z_{\text{ПЕРЕМ.П2}} &= 16447.12 \cdot 80855 = 1329828396.04 \text{ руб} \\
Z_{\text{ПЕРЕМ.П3}} &= 16447.12 \cdot 103903 = 1708908139.03 \text{ руб} \\
Z_{\text{ПЕРЕМ.П4}} &= 16447.12 \cdot 126952 = 2087987882.01 \text{ руб} \\
Z_{\text{ПЕРЕМ.П5}} &= 16447.12 \cdot 150000 = 2467067625 \text{ руб}
\end{aligned}$$

«Постоянные затраты по годам» [14]

$$Z_{\text{ПОСТ}} = Z_{\text{ПОСТ.УД}} \cdot V_{\text{МАХ}} \quad (78)$$

$$\begin{aligned}
Z_{\text{ПОСТ.б.}} &= 976.05 \cdot 150000 = 146407200 \text{ руб} \\
Z_{\text{ПОСТ.п.}} &= 984.83 \cdot 150000 = 147723750 \text{ руб}
\end{aligned}$$

«Амортизация оборудования» [14]

$$A_M = A_{M.УД} \cdot V_{\text{МАХ}} \quad (79)$$

$$A_M = 8.33 \cdot 150000 = 1249762.5 \text{ руб}$$

«Себестоимость по годам» [16]

$$C_{\text{ПОЛ.}i} = Z_{\text{ПЕРЕМ.}i} + Z_{\text{ПОСТ}} \quad (80)$$

$$C_{\text{ПОЛ.Б1}} = 940601317.6 + 146407200 = 1087008517.6 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.Б2}} = 1315635144.45 + 146407200 = 1462042344.45 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.Б3}} = 1690668971.3 + 146407200 = 1837076171.3 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.Б4}} = 2065702798.15 + 146407200 = 2212109998.15 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.Б5}} = 2440736625 + 146407200 = 2587143825 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.П1}} = 950748653.05 + 147723750 = 1098472403.05 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.П2}} = 1329828396.04 + 147723750 = 1477552146.04 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.П3}} = 1708908139.03 + 147723750 = 1856631889.03 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.П4}} = 2087987882.01 + 147723750 = 2235711632.01 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.П5}} = 2467067625 + 147723750 = 2614791375 \text{ руб}$$

$$\begin{aligned} \Sigma C_{\text{ПОЛ.П}} &= 1098472403.05 + 1477552146.04 + 1856631889.03 + \\ &+ 2235711632.01 + 2614791375 = 9283159445.13 \text{ руб} \end{aligned}$$

«Налогооблагаемая прибыль по годам» [16]

$$\text{Пр}_{\text{ОБЛ.}i} = B_i - C_{\text{ПОЛ.}i} \quad (81)$$

$$\text{Пр}_{\text{ОБЛ.1}} = 1196427766.44 - 1087008517.6 = 109419248.85 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ОБЛ.2}} = 1673463972.33 - 1462042344.45 = 211421627.89 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ОБЛ.3}} = 2150500178.22 - 1837076171.3 = 313424006.92 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ОБЛ.4}} = 2627536384.11 - 2212109998.15 = 415426385.96 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ОБЛ.5}} = 3104572590 - 2587143825 = 517428765 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ОБЛ.1}} = 1196427766.44 - 1098472403.05 = 97955363.39 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ОБЛ.2}} = 1673463972.33 - 1477552146.04 = 195911826.29 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ОБЛ.3}} = 2150500178.22 - 1856631889.03 = 293868289.2 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ОБЛ.4}} = 2627536384.11 - 2235711632.01 = 391824752.1 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ОБЛ.5}} = 3104572590 - 2614791375 = 489781215 \text{ руб}$$

«Величина налога на прибыль составляет 20%. Его абсолютное значение рассчитывается от налогооблагаемой прибыли по годам» [14]

$$H_{\text{ПР.}i} = \text{Пр}_{\text{ОБЛ.}i} \cdot 0.2 \quad (82)$$

$$H_{\text{ПР.1}} = 109419248.85 \cdot 0.2 = 21883849.77 \text{ руб}$$

$$H_{\text{ПР.2}} = 211421627.89 \cdot 0.2 = 42284325.58 \text{ руб}$$

$$H_{\text{ПР.3}} = 313424006.92 \cdot 0.2 = 62684801.38 \text{ руб}$$

$$H_{\text{ПР.4}} = 415426385.96 \cdot 0.2 = 83085277.19 \text{ руб}$$

$$H_{\text{ПР.5}} = 517428765 \cdot 0.2 = 103485753 \text{ руб}$$

$$H_{\text{ПР.1}} = 97955363.39 \cdot 0.2 = 19591072.68 \text{ руб}$$

$$H_{\text{ПР.2}} = 195911826.29 \cdot 0.2 = 39182365.26 \text{ руб}$$

$$H_{\text{ПР.3}} = 293868289.2 \cdot 0.2 = 58773657.84 \text{ руб.}$$

$$H_{\text{ПР.4}} = 391824752.1 \cdot 0.2 = 78364950.42 \text{ руб}$$

$$H_{\text{ПР.5}} = 489781215 \cdot 0.2 = 97956243 \text{ руб}$$

«Чистая прибыль по годам» [16]

$$\text{Пр}_{\text{ч.}i} = \text{Пр}_{\text{обл.}i} - H_{\text{ПР.}i} \quad (83)$$

$$\text{Пр}_{\text{ч.1Б}} = 109419248.85 - 21883849.77 = 87535399.08 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ч.2Б}} = 211421627.89 - 42284325.58 = 169137302.31 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ч.3Б}} = 313424006.92 - 62684801.38 = 250739205.54 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ч.4Б}} = 415426385.96 - 83085277.19 = 332341108.77 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ч.5Б}} = 517428765 - 103485753 = 413943012 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ч.1П}} = 97955363.39 - 19591072.68 = 78364290.71 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ч.2П}} = 195911826.29 - 39182365.26 = 156729461.04 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ч.3П}} = 293868289.2 - 58773657.84 = 235094631.36 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ч.4П}} = 391824752.1 - 78364950.42 = 313459801.68 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{ч.5П}} = 489781215 - 97956243 = 391824972 \text{ руб}$$

#### 4.4 Экономический эффект от повышения надежности и долговечности деталей проектируемой подвески

Увеличение жесткости пружины задней подвески обеспечивает уменьшение количества пробоев подвески, что в свою очередь положительно скажется на долговечности.

Таким образом повышенная долговечность изделия сокращает количество обращений клиентов в гарантийный период. Рассчитаем прибыль, получаемую в результате внедрения данного решения:

$$Pr_{ож.дi} = \left( C_{опп} \cdot \frac{D_2}{D_1} - C_{опп} \right) \cdot V_G \quad (84)$$

где «D1 и D2 – «долговечность (срок службы) базового и проектируемого изделия» [16]

$$D_1 = 900000 ; D_2 = 1100000 .$$

Отпускная цена пружин задней подвески  $C_{опп} = 940$  руб

$$Pr_{ож.д1} = \left( 40 \cdot \frac{1100000}{900000} - 940 \right) \cdot 57806 = 12075114.67 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д2} = \left( 40 \cdot \frac{1100000}{900000} - 940 \right) \cdot 80855 = 16889669.33 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д3} = \left( 40 \cdot \frac{1100000}{900000} - 940 \right) \cdot 103903 = 21704224 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д4} = \left( 40 \cdot \frac{1100000}{900000} - 940 \right) \cdot 126951 = 26518778.67 \text{ руб}$$

$$Pr_{ож.д5} = \left( 40 \cdot \frac{1100000}{900000} - 940 \right) \cdot 150000 = 31333333.33 \text{ руб}$$

Ожидаемая прибыль от повышения надежности узла:

$$Pr_{ож.н} = \left( N_{рем.баз} \cdot Z_{рем.баз} - N_{рем.пр} \cdot Z_{рем.пр} \right) + \left( T_{прост.баз} - T_{прост.пр} \right) \cdot C_{опп} \quad (85)$$

где «N<sub>рем.баз</sub> и N<sub>рем.пр</sub> – количество ремонтов (отказов) базового и проектируемого изделий» [16]

« $Z_{\text{рем.баз}}$  и  $Z_{\text{рем.пр.}}$ - затраты на ремонт базового и проектируемого изделий» [16]

« $T_{\text{прост.баз}}$  и  $T_{\text{прост.пр.}}$ - количество часов простоя техники в ремонте за год по базовому и проектируемому вариантам» [16]

$$Pr_{\text{ОЖ.Н}} = (60 \cdot 850 - 40 \cdot 850) \cdot (20 - 80) \cdot 940 = 54600 \text{ руб}$$

«Общественно значимая экономия» [6]

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ.}i} = Pr_{\text{ОЖ.Л.}i} + Pr_{\text{ОЖ.Н.}i} \quad (86)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ.}1} = 12075114.67 + 54600 = 12129714.67 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ.}2} = 16889669.33 + 54600 = 16944269.33 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ.}3} = 21704224 + 54600 = 21758824 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ.}4} = 26518778.67 + 54600 = 26573378.67 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ.}5} = 31333333.33 + 54600 = 31387933.33 \text{ руб}$$

«Текущий чистый доход» [16]

$$ЧД_i = Pr_{\text{ч.и.н.}} - Pr_{\text{ч.и.б.}} + A_M + \mathcal{E}_{\text{общ.}} \quad (87)$$

$$\begin{aligned} ЧД_1 &= 78364290.71 - 87535399.08 + 1249762.5 + 12129714.67 = \\ &= 4208369.8 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_2 &= 156729461.04 - 169137302.31 + 1249762.5 + 16944269.33 = \\ &= 5786190.56 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_3 &= 235094631.36 - 250739205.54 + 1249762.5 + 21758824 = \\ &= 7364012.32 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_4 &= 313459801.68 - 332341108.77 + 1249762.5 + 26573378.67 = \\ &= 8941834.08 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_5 &= 391824972 - 413943012 + 1249762.5 + 31387933.33 = \\ &= 10519655.83 \text{ руб} \end{aligned}$$

«Коэффициент дисконтирования  $\alpha_i$ » [14]

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

$$\alpha_i = 1 / (1 + E)^t, \quad (88)$$

$$\alpha_1 = 0,909$$

$$\alpha_2 = 0,826$$

$$\alpha_3 = 0,753$$

$$\alpha_4 = 0,683$$

$$\alpha_5 = 0,621$$

«Текущий чистый дисконтированный доход» [16]

$$ЧДД(i) = ЧД(i) \cdot \alpha_i \quad (89)$$

$$ЧДД(1) = 4208368.8 \cdot 0,909 = 3851041.04 \text{ руб}$$

$$ЧДД(2) = 5786190.56 \cdot 0,826 = 4802686.6 \text{ руб}$$

$$ЧДД(3) = 7364012.32 \cdot 0,753 = 5566335.88 \text{ руб}$$

$$ЧДД(4) = 8941834.08 \cdot 0,683 = 6126533.28 \text{ руб}$$

$$ЧДД(5) = 10519655.83 \cdot 0,621 = 6550218.47 \text{ руб}$$

«Суммарный ЧДД» [16]

$$\sum ЧДД(i) = 26896815.27 \text{ руб}$$

«Капиталообразующие инвестиции» [14]

$$J_0 = K_{инв} \cdot \sum C_{полі}; \quad (90)$$

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

Поскольку предлагаемый вариант конструкции подвески не требует модернизации оборудования и оснастки в производстве принимаем  $K_{инв} = 0.001\%$ .

$$J_o = 0.001 \cdot \sum C_{полi} = 9283159.45 \text{ руб}$$

«Чистый дисконтированный доход» [16]

$$ЧДД = \sum_{i=0}^T ЧДД - J_o \quad (91)$$

$$ЧДД = 26896815.27 - 9283159.45 = 17613655.82 \text{ руб}$$

«Индекса доходности инвестиций» [16]

$$JD = \frac{ЧДД}{J_o}; \quad (92)$$

$$JD = 26896815.27 / 9283159.45 = 1.9$$

«Срок окупаемости проекта» [16]

$$T_{окуп.} = \frac{J_o}{ЧДД} \quad (93)$$

$$T_{окуп.} = 9283159.45 / 26896815.27 = 0,53 \text{ года}$$

На основании полученных данных построим график зависимости прибыли от объема продаж (рис. 16):



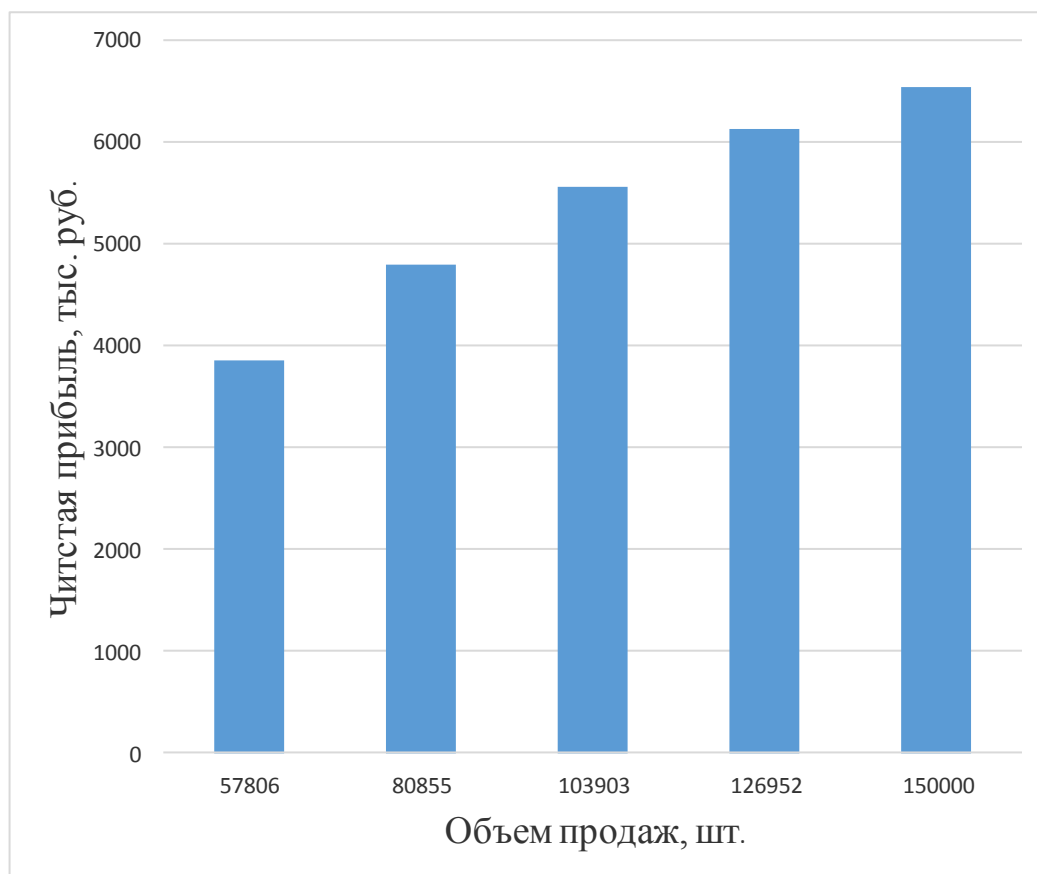


Рисунок 16 – График зависимости прибыли от объема продаж

#### 4.5 Вывод

В процессе расчетов в экономической части дипломного проекта была рассчитана калькуляция себестоимости проектного варианта задней подвески автомобиля и произведено ее сравнение с базовым вариантом. Была определена точка безубыточности производства модернизированного узла, которая составляет 34758 изделий в год. Принимая во внимание, что данная конструкция применяется на 6 различных автомобилях, а также учитывая существующий на них постоянный спрос, можно быть уверенным в достижении данного объема производства для подвески.

Среди основных показателей, определяющих коммерческую эффективность проекта, стоит выделить объем капиталообразующих инвестиций в размере 9283159.45 руб., величину чистого дисконтированного дохода равную 17613655.82 руб., индекс доходности 1.9, а также срок окупаемости проекта продолжительностью 0.53 года.

Все эти значения доказывают экономическую целесообразность данной модернизации.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Целью данной квалификационной работы являлось улучшение динамических характеристик переднеприводного автомобиля 2 класса, а именно курсовой устойчивости и управляемости. Для решения поставленных задач был предложен вариант модернизации пружины задней подвески актуальный для массового производства и соответствующий современному уровню развития техники. Проведенные в конструкторской части квалификационной работы расчеты подтверждают эффективность применения измененной конструкции упругого элемента и требуемое улучшение устойчивости и управляемости. Таким образом цели, поставленные в рамках данной работы, достигнуты.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Родионов, В.Ф. Легковые автомобили /В.Ф. Родионов, Б.А. Фиттерман. – М.: Машиностроение, 1973.-490 с.
2. Раймпель, Й. Шасси автомобиля / Й. Раймпель. – М.: Машиностроение, 1983.-356 с.
3. Валхламов, В.К. «Автомобили. Основы конструкции» / В.К. Валхламов, Академия, 2008.-529с.
4. Васильев, Б.С. Автомобильный справочник / Б.С. Васильев, М.С. Высоцкий, К.Л. Гаврилов– М.: Машиностроение, 2004.-704 с.
5. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.2. – М.: Машиностроение, 1978.-912 с.
6. Успенский, И.Н. Проектирование подвески автомобиля – М.: Машиностроение 1976-168с.
7. Лукин, П.П. Гаспарянц, Г.А. Родионов, В.Ф. Конструкция и расчет автомобиля: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы» П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Родионов, - М: Машиностроение, 1984. – 376 с.
8. Лата, В.Н. Конструирование и расчет автомобиля. Ходовая часть и системы управления. /В.Н. Лата ,Курс лекций.-125 с.
9. Лукин, П.П. Конструирование и расчёт автомобиля / П.П.Лукин , Машиностроение 1984-373с.
10. Кисуленко, Б.В. Краткий автомобильный справочник. Т3. / Б.В. Кисуленко, Ю.В. Дементьев, И.А. Венгеров – М.: Автополис-плюс, 2005.-560 с.
11. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие /Л.А. Черепанов. – Тольятти: ТГУ, 2001.-41 с.
12. Хрипач, В.Я. Экономика предприятия / В.Я.Хрипач, А.С.Головачев, И.В.Головачева и др.; Под ред. В.Я.Хрипача; Академия

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

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

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

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

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

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

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

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

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

21. Dearholt, J. D. Career Paths Mechanics / J. D. Dearholt, - Express Publishing, 2012. – 261 с.

22. Duffy, J. E. Modern Automotive Technology / J. E. Duffy, - Liberty Publishing House, 2014. – 307 c.
23. Schnubel, M. Automotive Suspension and Steering Systems / M. Schnubel, - Express Publishing, 2013. – 365 c.
24. Knowles, D. Automotive Technician Test Preparation / D. Knowles, - Liberty Publishing House, 2011. – 228 c.
25. Erjavec ,J. Automotive Technology / J. Erjavec, - Harper Collins, 2010. – 388 c.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Графики тягового расчета

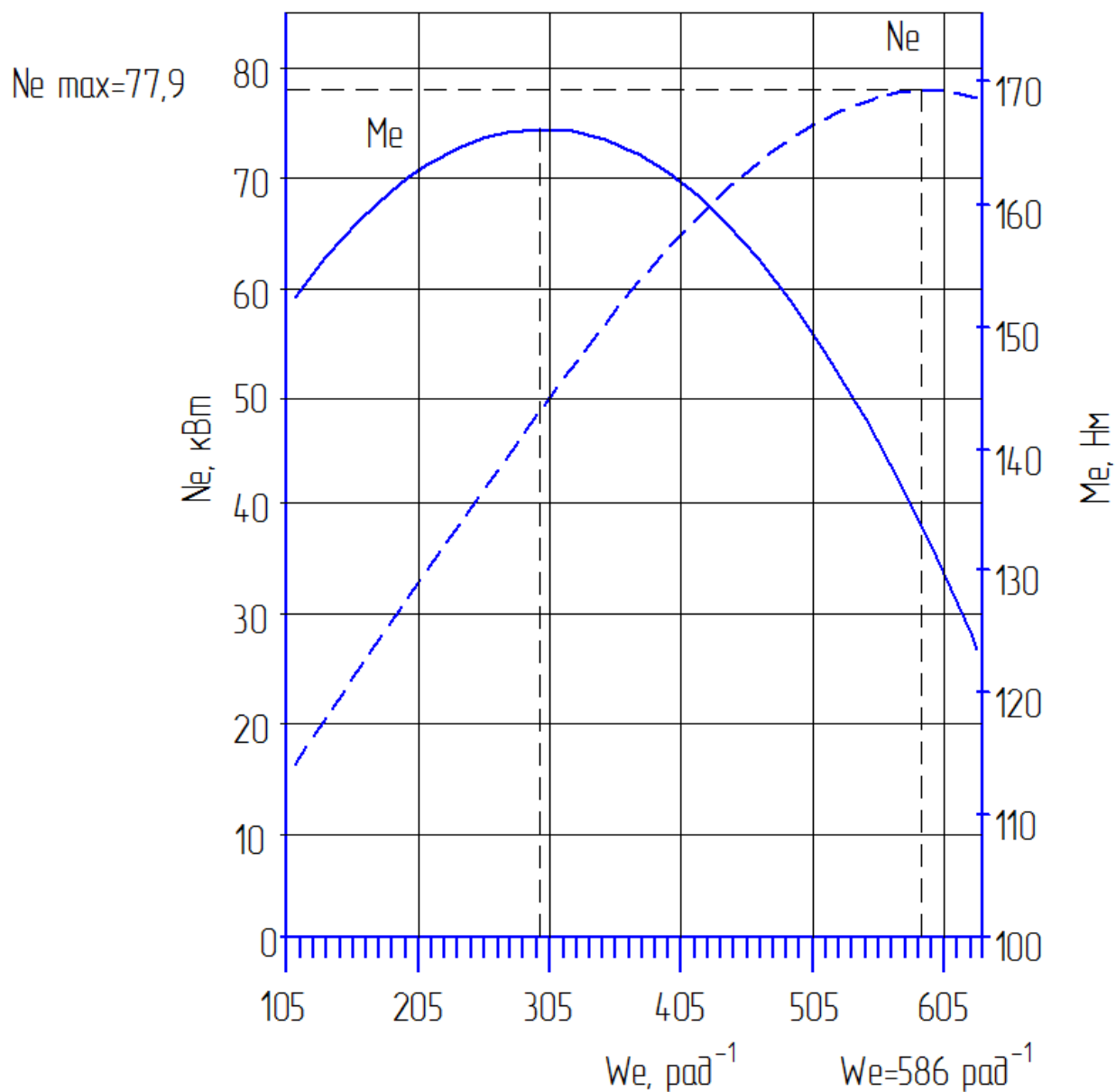


Рисунок А.1 - Внешнескоростная характеристика двигателя

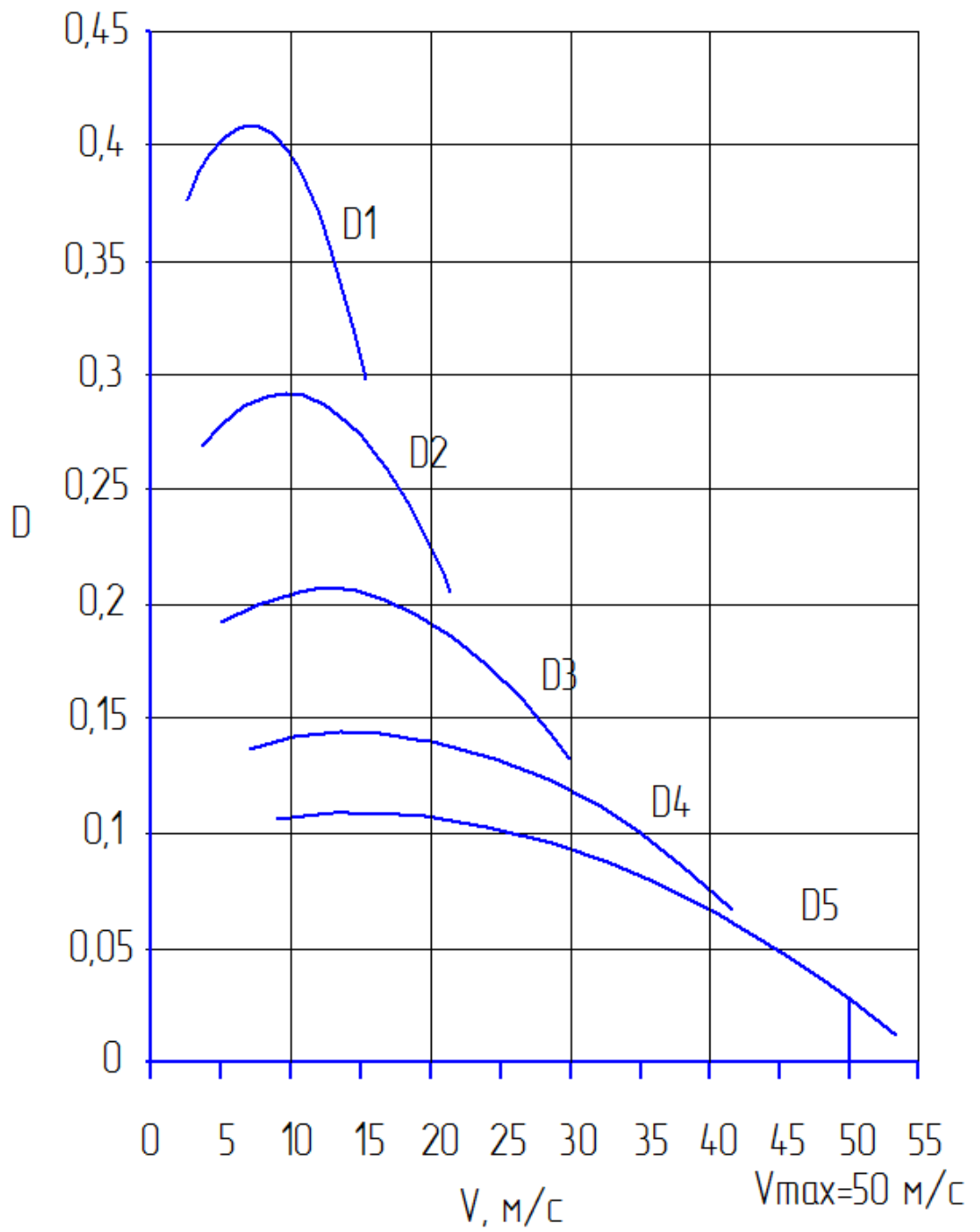


Рисунок А.2 – Динамический фактор автомобиля



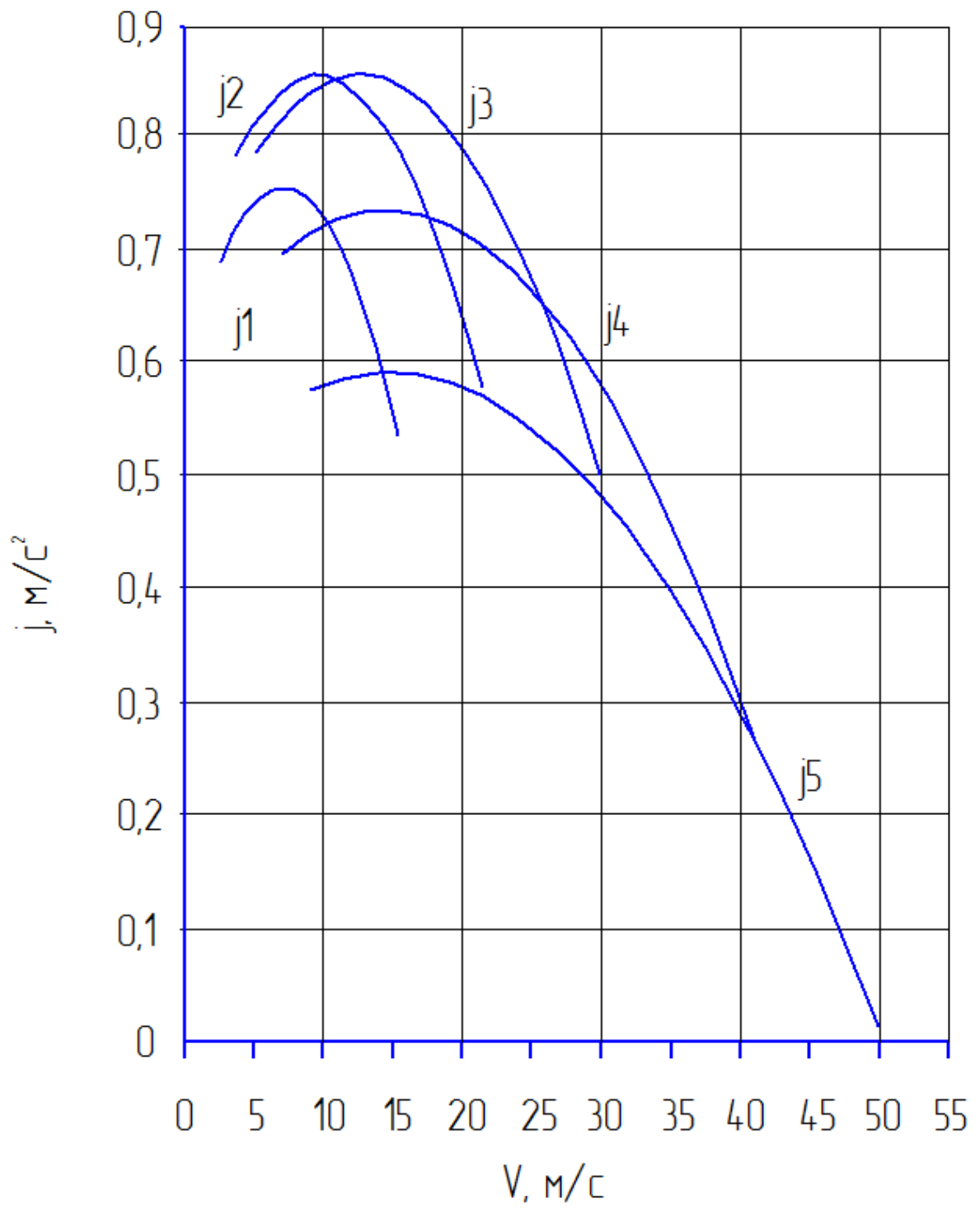


Рисунок А.3 – Ускорения автомобиля

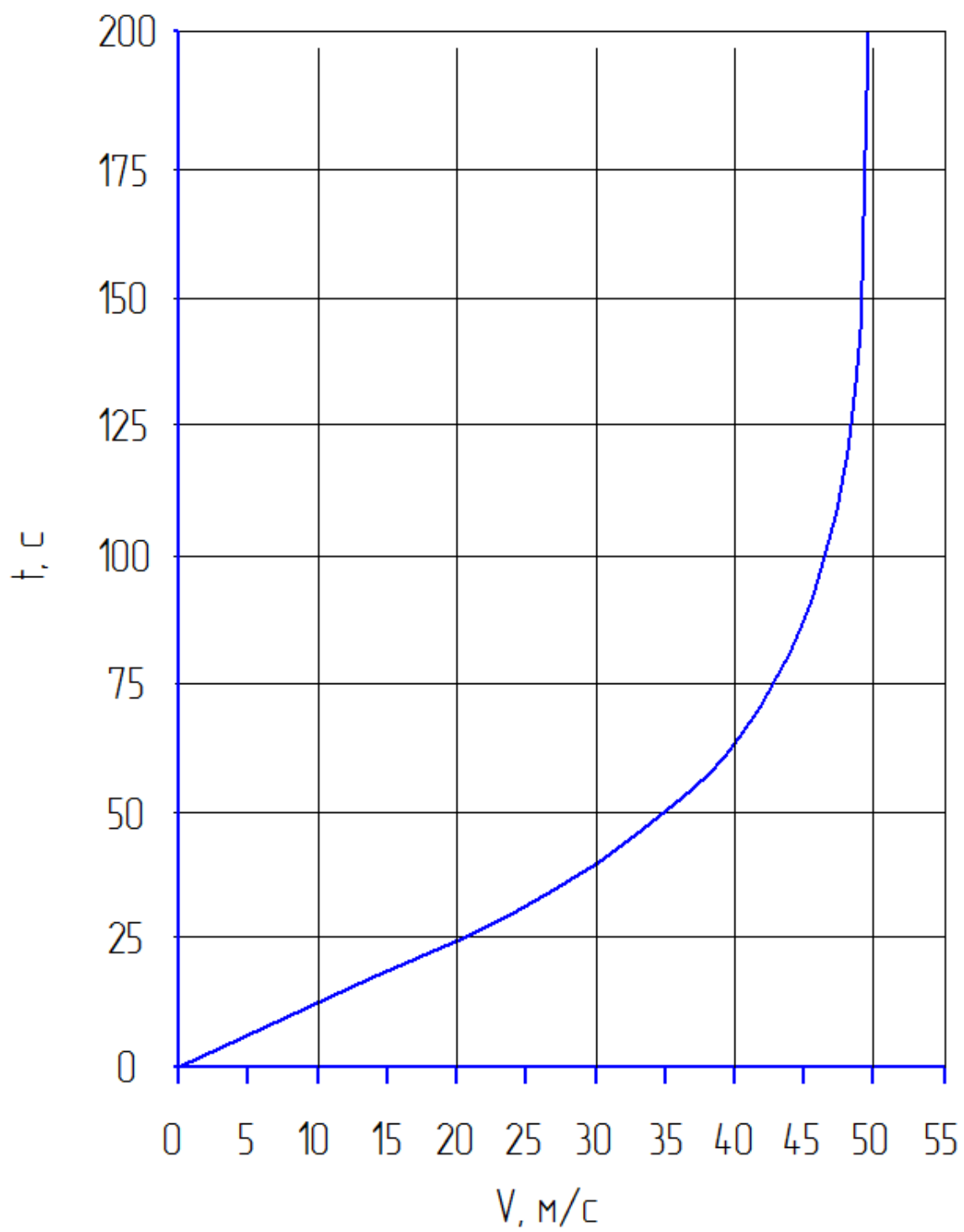


Рисунок А.4 – Время разгона

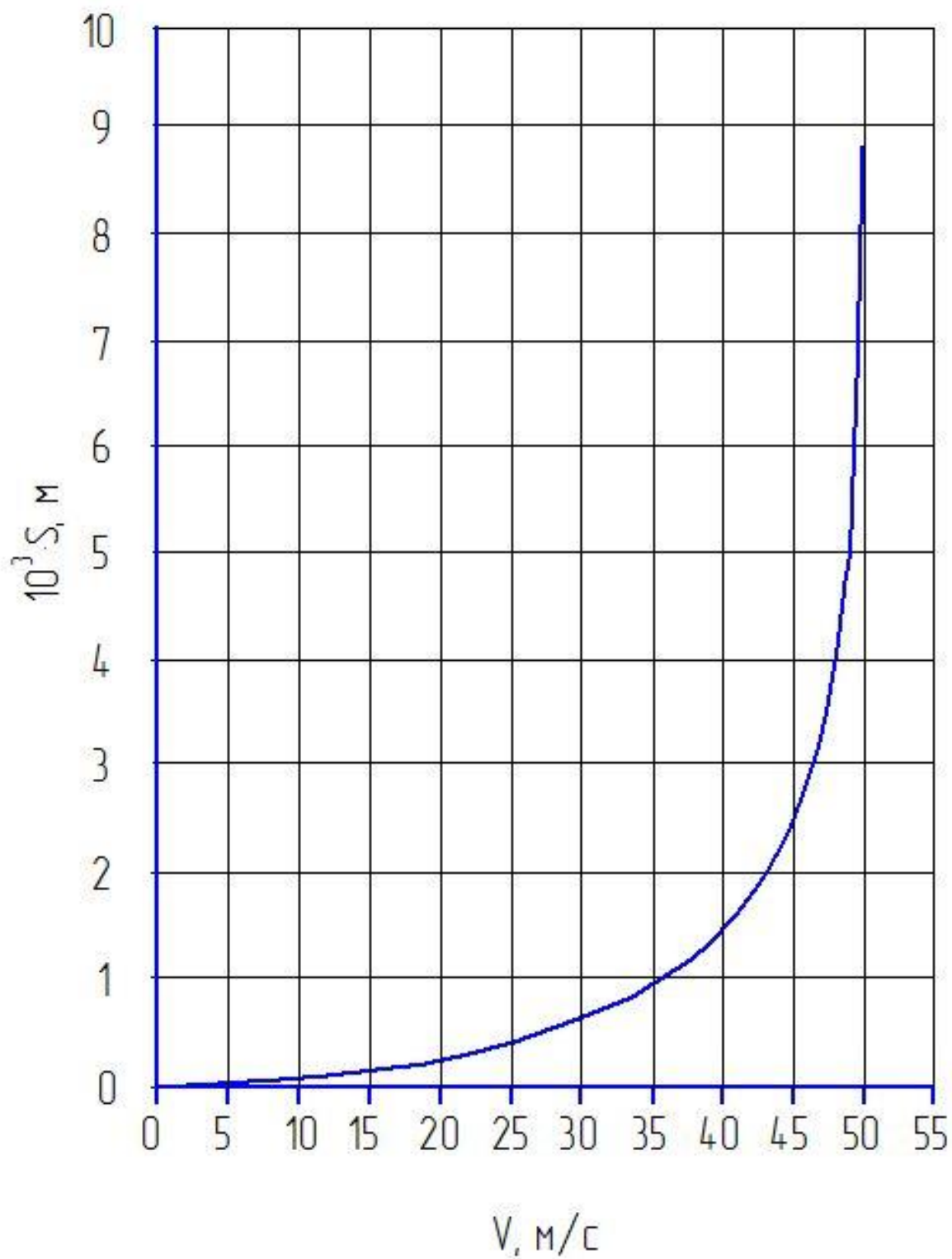


Рисунок А.5 – Путь разгона

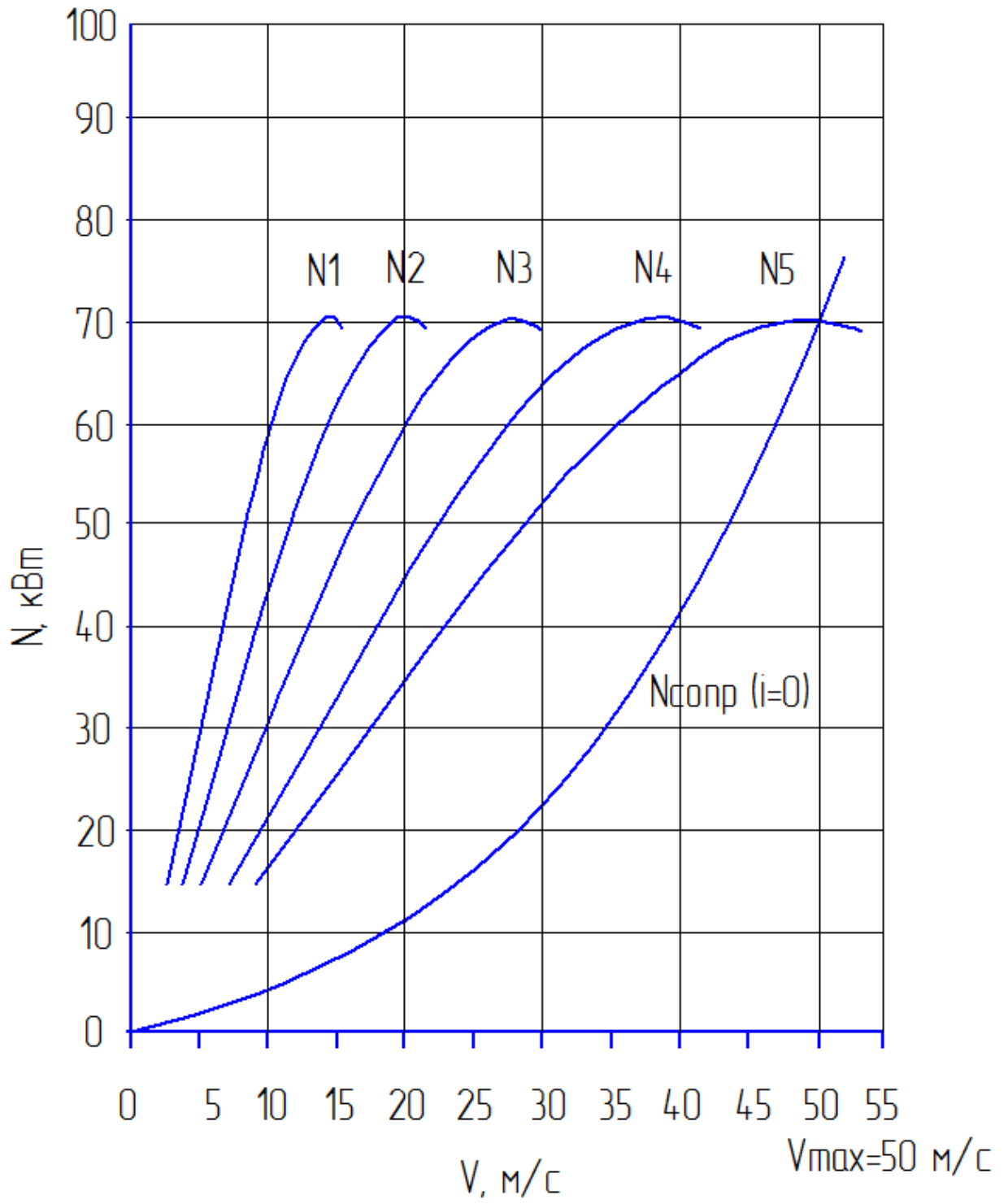


Рисунок А.6 – Мощностной баланс

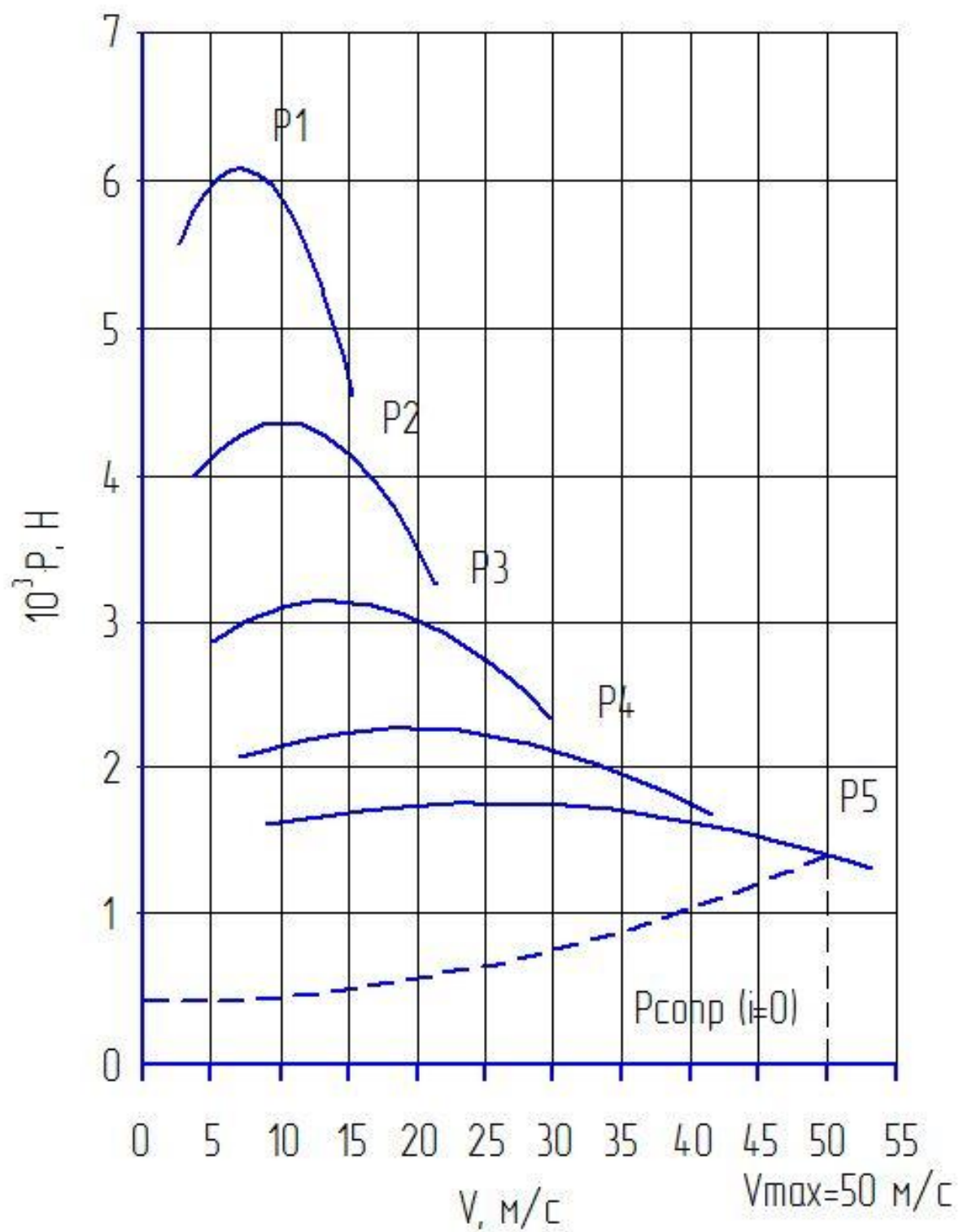


Рисунок А.7 – Тяговый баланс

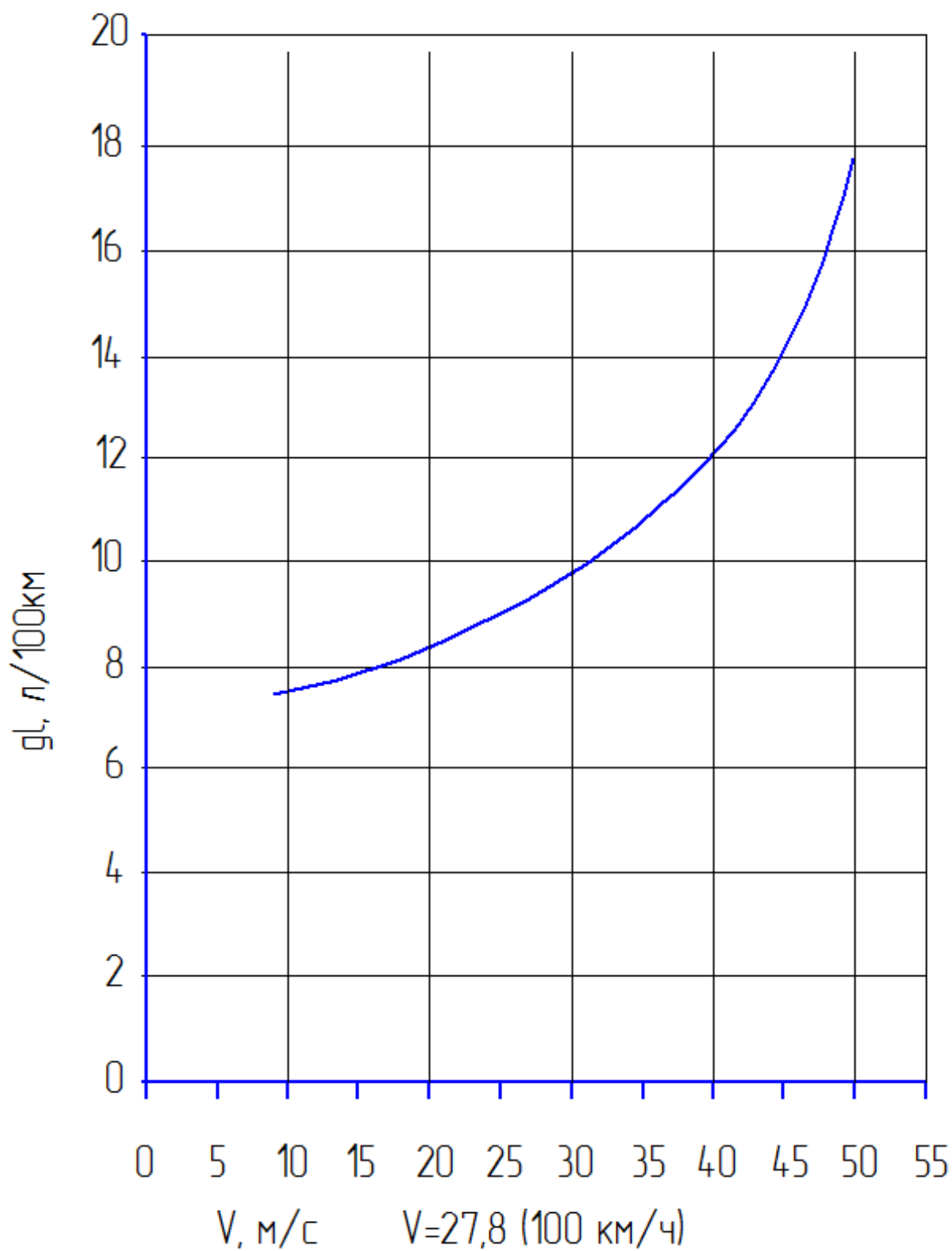


Рисунок А.8 – Топливная экономичность

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

## Спецификация

Перв. подмен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	A1			19.ДП.ПиЭА.233.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1		
					<u>Документация</u>			
Подп. и дата	B4	1		19.ДП.ПиЭА.233.01.000	Рычаги задней подвески в сборе	1		
	A1	2		19.ДП.ПиЭА.233.02.000	Амортизатор задней подвески в сборе	2		
Инв. № дудл.	B4	3		19.ДП.ПиЭА.233.02.003	Подушка крепления амортизатора	4		
	B4	4		19.ДП.ПиЭА.233.02.004	Шайба амортизатора	2		
Взам. инв. №	B4	5		19.ДП.ПиЭА.233.02.005	Прокладка изолирующая пружины верхняя	2		
	A1	6		19.ДП.ПиЭА.233.02.006	Пружина задней подвески	2		
Инв. № подл.	19.ДП.ПиЭА.233.00.000				Установка задней подвески	Лит.	Лист	Листов
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.		Дата	1	1
	Разраб.	Казаев А.А.				ТГУ ИМ гр. АТ-1401		
	Пров.	Турбин И.В.						
	Руков.	Турбин И.В.						
	Н.контр.	Егоров А.Г.						
	Утв.	Бобровский А.В.						

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Б4		7	19.ДП.ПчЭА.233.02.007	Буфер хода сжатия	2	
Б4		8	19.ДП.ПчЭА.233.01.008	Болт М12х1,25х91	2	
Б4		9	19.ДП.ПчЭА.233.02.009	Кронштейн крепления задней подвески правый	1	
Б4		10	19.ДП.ПчЭА.233.02.010	Кронштейн крепления задней подвески левый	1	
Б4		11	19.ДП.ПчЭА.233.02.011	Втулка амортизатора	2	
Б4		12	19.ДП.ПчЭА.233.02.012	Крышка кожуха амортизатора	2	
Б4		13	19.ДП.ПчЭА.233.01.013	Колпак ступицы колеса	2	
Б4		14	19.ДП.ПчЭА.233.01.014	Кольцо маслоотражающее ступицы	2	
				Стандартные изделия		
Б4		15		Шайба 10 ГОСТ 11371-78	6	
Б4		16		Шайба 12 ГОСТ 11371-78	2	
Б4		17		Гайка М10х1,25 ГОСТ 5915-70	6	
Б4		18		Гайка М10х1,25	2	
19.ДП.ПчЭА.233.00.000						Лист
						2
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Копировал

Формат А4



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Формат	Зачн.	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Информация о документе				Лист		
												Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.		Дата	
									ГОСТ 5915-70									
					Б4		19		Шайба 10 ГОСТ 11371-78	6								
					Б4		20		Гайка М12х1,25 ГОСТ 5915-70	2								
					Б4		21		Гайка М12х1,25 ГОСТ 5915-70	2								
					Б4		22		Болт М12х80х1,25 ГОСТ 7798-70	2								
												<b>19.ДП.ПуЭА.233.00.000</b>				Лист		
																3		

Копировал

Формат А4