

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 Совершенствование конструкции задней подвески пассажирского
автомобиля LADA GRANTA (BA3-2190)

Студент

Д.А. Богданов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

И.Р. Галиев

(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 достижения указанной цели разработан вариант модернизации демпфирующего элемента задней подвески. В рамках данной квалификационной работы производятся конструкторский расчет характеристик демпфирования колебаний, а также проектировочный расчет амортизатора подтверждающие соответствие выбранного варианта модернизации ранее обозначенным целям. Помимо прочего, собран и систематизирован значительный объем теоретической информации, касающейся подвесок автомобилей, описаны основные аспекты производственной безопасности при установке подвески, выполнен расчет коммерческой эффективности разработанного проекта.

ANNOTATION

The title of the diploma is “Modernization of rear suspension of vehicle of second class”.

The main target of the diploma work is improvement of driving comfort of the vehicle.

The author of diploma is precisely describing design of the vehicle suspensions, dwells on suspension classification, and performing the overview of the main tendencies of suspension design improvements.

The diploma work contains the explanatory note on 74 pages, including figures, tables, 2 appendices, and the graphic part on 10 A1 sheets.

The key point of the diploma is operating and characteristics of vehicle rear suspension spring.

The diploma contains five main paragraphs. The first part contains the review of the vehicle suspension main function purposes, classification with review of current developments, and also contain review of main directions in suspension design nowadays.

The second part is focused on engineering calculations of car dynamic performance, calculation of elastic characteristics of the suspension and rear suspension spring calculation.

Third part is dedicated to health and safety review on assembly line.

In the forth part there is economical calculations including internal cost of the product, critical sales volume, and economical effectiveness of the project.

It can be concluded that proposed suspension modernization could be implemented in the mass production.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 5 |
| 1 Состояние вопроса..... | 7 |
| 1.1 Техничко-экономический анализ конструкций подвесок транспортных средств | 7 |
| 1.2 Обоснование и описание проектируемой конструкции подвески..... | 20 |
| 2 Конструкторская часть..... | 23 |
| 2.1 Расчет тягово-динамических характеристик транспортного средства..... | 23 |
| 2.2 Обоснование компоновочной схемы подвески..... | 32 |
| 2.3 Определение характеристик демпфирования колебаний и неподрессоренных масс автомобиля | 33 |
| 3 Обеспечение безопасности в технологическом процессе сборки задней подвески переднеприводного автомобиля | 38 |
| 4 Техничко-экономическая оценка модернизируемой подвески..... | 42 |
| 4.1 Себестоимость модернизированной подвески..... | 42 |
| 4.2 Точка безубыточности производства подвески..... | 47 |
| 4.3 Коммерческая эффективность модернизации подвески..... | 51 |
| 4.4. Экономический эффект от повышения надежности и долговечности деталей проектируемой подвески..... | 55 |
| 4.5 Вывод..... | 59 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 61 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ..... | 62 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А | 65 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б..... | 73 |

ВВЕДЕНИЕ

Мировая экономика в настоящее время достаточно динамична, периоды роста и рецессии становятся все короче и чаще сменяют друг друга. Такое положение дел негативно сказывается на наукоемких и капиталоемких отраслях промышленности. Особенно, на те, которые ориентированы на выпуск дорогостоящей продукции с длительными сроками разработки и подготовки производства. В перечень таких отраслей попадает в том числе и автомобилестроение. В период экономического спада часть потенциальных покупателей может отказаться от приобретения автомобиля ввиду недостатков финансов. Хорошей альтернативой для них в данной ситуации является покупка более доступного автомобиля с достаточным набором потребительских свойств. Также во время рецессии часть потребителей способных приобрести автомобиль не сделает этого ввиду несоответствия предложений на рынке их ожиданиям. Потенциальный покупатель не находит смысла в том, чтобы обновить свой автомобиль, т.к. предлагаемые на рынке модели обладают примерно таким же уровнем характеристик и свойств, как у транспортного средства у него уже имеющегося. В таком случае разумным решением для автопроизводителя в условиях экономического спада является модернизация уже существующих моделей именно в части тех характеристик, которые будут заметны и важны конечному потребителю.

Производители, которые не смогут остановить снижение спроса на свою продукцию, вероятнее всего будут вынуждены существенно сократить свои разработки, уволить часть персонала, что в последствие приведет к потере значительной части рынка и техническому отставанию от конкурентов.

В то же время производители, сумевшие преодолеть экономический кризис, сохраняют в своем штате опытных работников, и, очевидно, обретут большие лояльность и доверие со стороны покупателей.

Решением двух выше указанных несоответствий будет являться экономически обоснованная модернизация уже существующего бюджетного автомобиля, которая и будет описана далее в тексте работы.

1 Состояние вопроса

1.1 Техничко-экономический анализ конструкций подвесок 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.

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.

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 (рисунок 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 легкового пассажирского автомобиля.

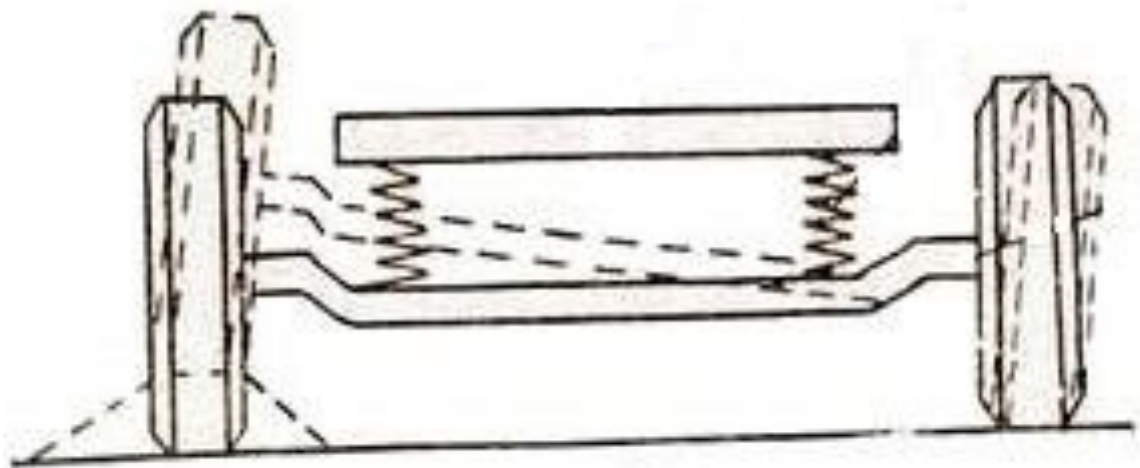


Рисунок 1 – Схема зависимой подвески

Гораздо более лучшие ездовые показатели способна обеспечить независимая подвеска (рисунок 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.

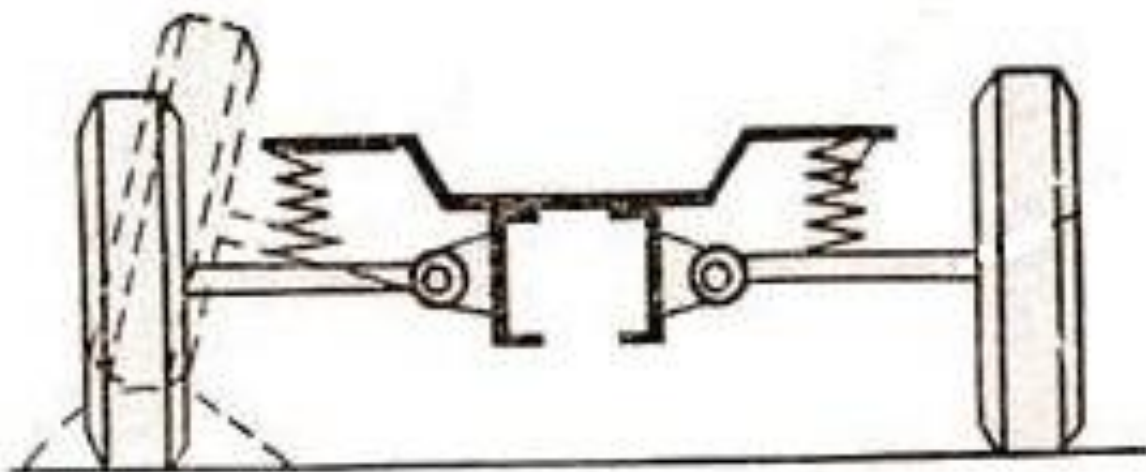


Рисунок 2 – Схема независимой подвески

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.

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.

В настоящее время функцию упругих элементов подвески чаще всего в легковых автомобилях выполняют винтовые пружины, в грузовых транспортных средствах листовые рессоры и пневмоэлементы. 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.

Самым популярным вариантом в современном автомобилестроении является цилиндрическая пружина с постоянным значением жесткости. Очевидно, что такая пружина обладает минимальной длиной. Данная величина соответствует состоянию пружины, когда ее витки полностью сомкнуты. В таком случае значительно ухудшается плавность хода и комфорт, а также данные условия эксплуатации благоприятствуют скорейшему выходу пружины из строя. Поломка пружины в движении чревата потерей контроля над автомобилем, которая в большинстве случаев приведет к серьезному дорожно-транспортному происшествию. Чтобы исключить данный риск сжатие пружин ограничивают специальными ограничителями и буферами.

Также производителями применяются пружины с непостоянным значением жесткости. В таких пружинах расстояние между витками (шаг пружины) может, например, уменьшаться от одного опорного витка к

другому. Тогда при сжатии такой пружины витки, включающиеся в работу первыми будут иметь меньшую жесткость, чем витки начинающие работать позже при увеличении нагрузки. Применение прутка с переменным сечением также способно обеспечить прогрессивную характеристику даже на цилиндрической пружине с постоянным шагом. Применение пружин форм отличных от цилиндрической, например, бочкообразных или конусных помимо обеспечения прогрессивной характеристики позволяет также существенно экономить компоновочное пространство.

В начале истории автомобилестроения специальные демпферы практически не использовались, а колебания автомобиля гасились за счет трения листов рессоры. Позже с увеличением скоростей движения для обеспечения безопасности потребовалось применение устройств, более эффективно гасящих колебания. Одним из таких вариантов был механический демпфер, в основе работы которого лежало трение фрикционных пластин. Однако, такая конструкция не обладала достаточной надежностью и не обеспечивала приемлемых характеристик вследствие чего она была полностью вытеснена гидравлическими амортизаторами. Конструктивное исполнение их может быть различным. Корпус может быть однотрубным или двухтрубным, с изменяющей свою вязкость жидкостью или нет, с изменяемым размером отверстий клапанами или без них.

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 определяются требованиями к надежности автомобиля и условиями эксплуатации, а также экономическими соображениями.

Для снижения массы подвески и колес автомобиля все чаще в конструкциях направляющих элементов используются более легкие материалы и сплавы, такие как алюминий, магний, титан, а также композитные материалы.

Алюминиевые узлы подвески спереди и сзади уменьшают неподрессоренный вес и позволяют добиться более мягкого и чувствительного поведения подвески, а также более надежного сцепления колес с неровностями дороги. Практически вся ходовая часть автомобилей как BMW 5 серии (рисунок 3), Volkswagen Golf и других, включая подрамники, рычаги и тяги подвесок, а также карданные валы выполнены из алюминия, что позволяет снизить неподрессоренную массу в среднем до 40%. Благодаря применению алюминия в узлах подвески в автомобиле BMW 5 удалось добиться оптимальной развесовки (50% - 50%) и значительно улучшить управляемость в сравнении с предыдущими поколениями.



Рисунок 3 – Подвеска BMW M5

Еще одним примером использования алюминия в элементах подвески является автомобиля Audi A4 (рисунок 4). Шасси автомобиля настроено на динамичную езду, причем характер управляемости является нейтральным благодаря применения независимых подвесок: спереди - 4-рычажная с пружинами, установленными непосредственно на стойках, сзади - на трапециевидных рычагах с разнесенными пружинами и амортизаторами. В результате использования алюминия масса передней 4-рычажной подвески по сравнению с обычной стальной подвеской снижена на 8,5 кг. В масштабах всего автомобиля эта цифра может показаться незначительной, но для подвески является ощутимой.

Теперь перейдем к обзору наиболее популярных конструкций задней подвески.

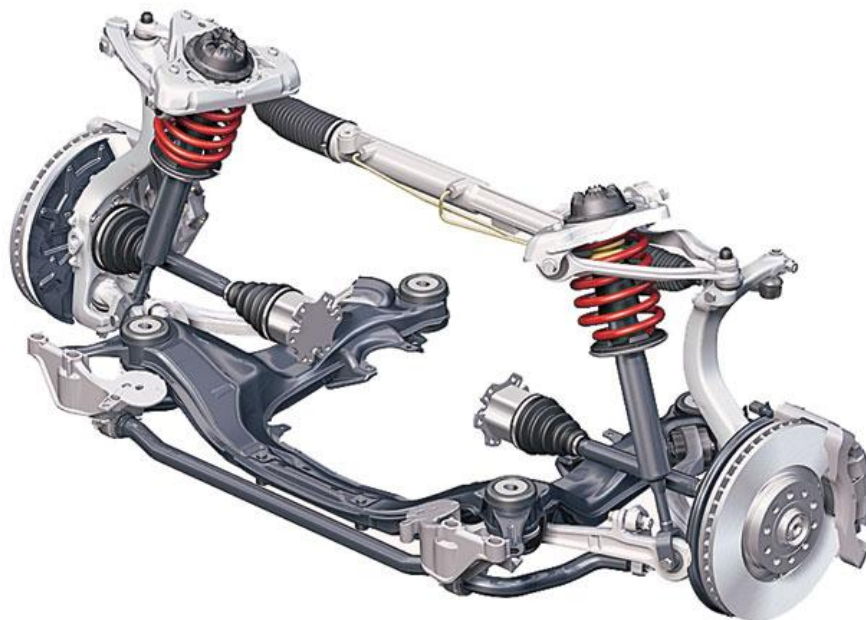


Рисунок 4 – Передняя подвеска Audi A4

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 (рисунок 5), 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 5 – 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 неподресоренных 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 (рисунок 6), 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 6 –Подвеска Чепмэна

Признанными эталонами задних независимых подвесок являются многорычажные подвески (рисунок 7). 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.

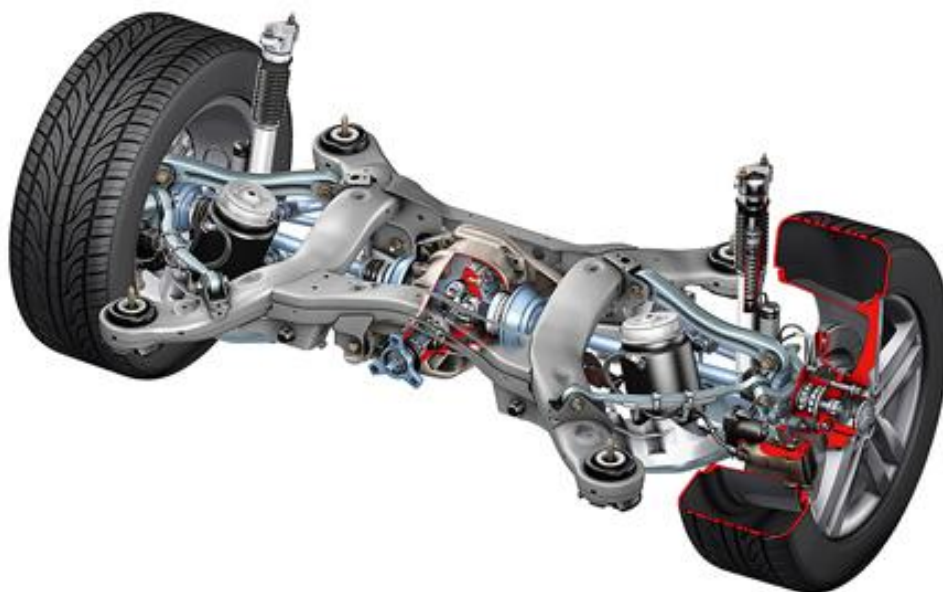


Рисунок 7 – Задняя многорычажная подвеска

В сегментах автомобилей до В+ включительно в приоритете не эталонная управляемость, а экономическая эффективность. Именно поэтому в этих классах можно сказать доминирует полузависимая подвеска (рисунок 6), 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 (рисунок 8) 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 8 – Полузависимая задняя подвеска

Также рассмотри популярные в настоящее время конструкции передних подвесок. Проведя анализ направлений развития исполнений передних подвесок автомобилей можно выделить следующие характерные тенденции. В настоящее время подавляющее количество автомобилей имеют переднюю подвеску типа «качающаяся свеча» MacPherson (рисунок 9).



Рисунок 9 – Подвеска МакФерсон

Конструкция подвески состоит из рычага и пружинной стойки с амортизатором. Пружина устанавливается на амортизатор концентрично, причем верхний опорный виток упирается в специальный элемент содержащий в себе подшипник (верхняя опора), который уже в свою очередь крепится на кузове. Нижним опорным витком пружина через специальную прокладку упирается в чашку, приваренную на амортизаторе. Нижний рычаг в большей степени играет роль направляющего элемента и нагружен в меньшей степени, чем стойка. Благодаря хорошему восприятию нагрузок, а также своей простоте и компактности она получила широкое распространение на легковых переднеприводных автомобилях. Среди слабых сторон подвески McPherson следует отметить худшие кинематические

свойства, в сравнении с конструкцией на двойных поперечных рычагах; сложности, вызванные необходимостью организации дополнительной шумо- и виброизоляции салона; большие значение клевка кузова при торможении; более быстрый выход из строя амортизатора, чем в других исполнениях подвесок.



Рисунок 10 – Подвеска на двойных поперечных рычагах

Несмотря на большую популярность подвески типа MacPherson в настоящее время многие фирмы продолжают использовать классическую двухрычажную подвеску (рисунок 10), известную еще с середины 30-х годов прошлого века. В основе данной конструкции два поперечных рычагов, крепятся на подрамнике или непосредственно на кузове с помощью резинометаллических шарниров, ориентированных горизонтально. С другой

стороны рычаги по средствам шаровых шарниров крепятся к цапфе или поворотному кулаку. Увеличение расстояние между поперечными рычагами в вертикальном направлении способствует уменьшению сил, возникающих в шарнирных соединениях. Обладая коротким верхним и достаточно длинным нижним рычагами такая подвеска способна обеспечить минимальные поперечные смещения колеса, серьезно ухудшающие боковую устойчивость транспортного средства и способствующему ускоренному износу шин. Однако повышенная стоимость и материалоемкость двухрычажной подвески, а также тяжело прогнозируемая деформации передней части кузова с требуемым поглощением энергии ограничивают ее применение в современных автомобилях. Поэтому такой тип подвески нашел распространение в основном у производителей спортивных автомобилей.

1.2 Обоснование и описание проектируемой конструкции подвески

В данной работе модернизируется задняя подвеска легкового автомобиля 2 класса LADA GRANTA (рисунок 11). 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». Сама конструкция достаточна известна и проверена временем. Ее можно встретить на множестве автомобиля АВТОВАЗа, таких как SAMARA / SPUTNIK, KALINA, PRIORA.

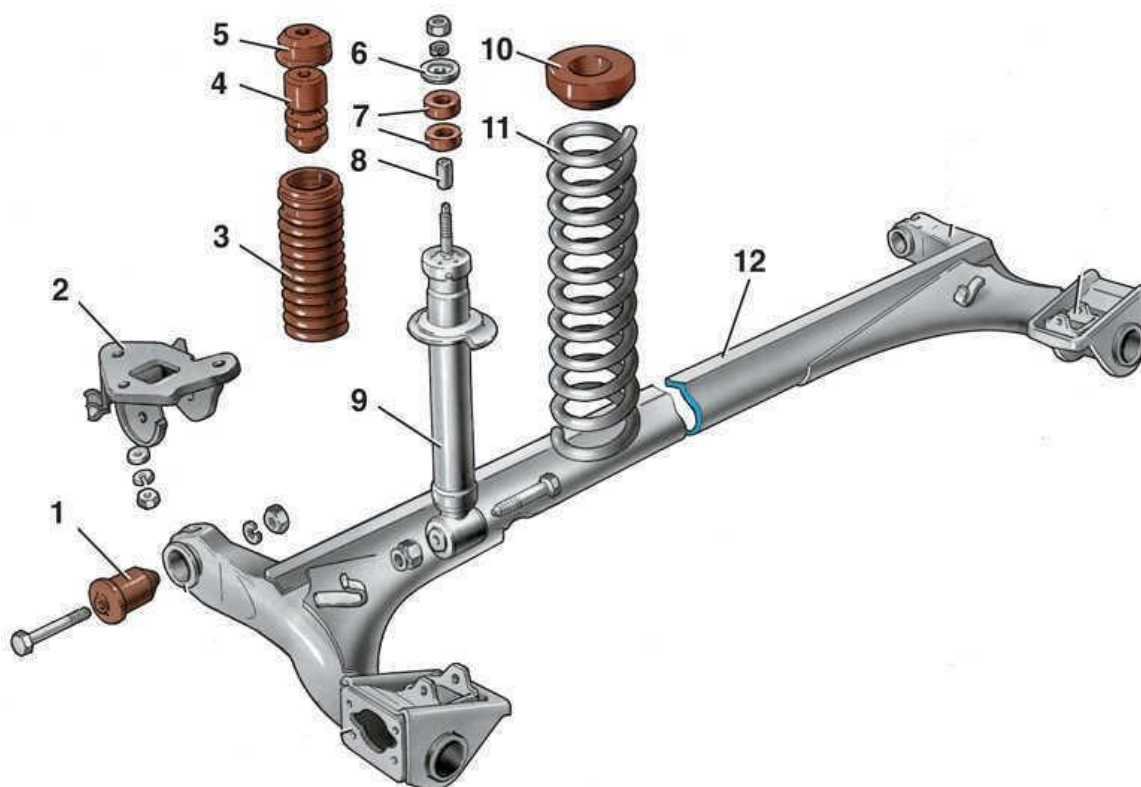


Рисунок 11 – Схема задней подвески автомобиля LADA GRANTA

Задняя подвеска автомобиля LADA GRANTA включает в себя рычаги задней подвески 12, которые крепятся через шарниры 1 с помощью кронштейнов 2 к кузову. Амортизатор задней подвески 9 нижним своим концом крепится к рычагам подвески, а верхним крепится на кузове с помощью подушек 7 расположенным по разные стороны горизонтальной поверхности стакана кузова и установленным соосно втулке 8. Нижняя подушка упирается в крышку кожуха амортизатора 5, а верхняя прижимается шайбой 6. Буфер хода сжатия 4 устанавливается на штоке амортизатора и верхней своей частью упирается крышку кожуха. Кожух 3 устанавливается на корпусе амортизатора и фиксируется на крышке. Пружина задней подвески 11 устанавливается на амортизатор, нижней своей частью опирается на чашку амортизатора, а верхней через прокладку 10 опирается на кузов.

Данная схема задней полузависимой подвески получила название TWIST BEAM. Конструкция, применяемая в автомобиле LADA GRANTA имеет некоторые отличия от наиболее популярного среди

автопроизводителей в настоящее время ее исполнения. В первую очередь это пружины, установленные непосредственно на демпферах. Обычно пружины и амортизаторы устанавливаются отдельно. Это позволяет разместить данные элементы ниже и получить больший объем багажника. Конструкторское решение, применяемое в автомобиле GRANTA, направлено на уменьшение количества деталей подвески и кузова и, как следствие, снижения конечной стоимости. Во вторую очередь - как вытекающее из первого, это простая конструкция усилителей рычагов, обусловленная отсутствием необходимости организации на них упора для пружины, что способствует снижению стоимости узла. 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 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 характеристики демпфера.

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: $i = 0,3$

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:

$$G_{сер} = m_{сер} \cdot g = 14553 \text{ Н} \quad (2)$$

«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]

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2} = \frac{0.37 \cdot 1.293}{2} = 0.24 \quad (3)$$

где ρ - 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]

$$F = 0,8 \cdot B_r \cdot H_r \quad (5)$$

где « B_r и H_r - соответственно габаритная ширина и высота автомобиля.» [11]

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

«Коэффициент дорожного сопротивления» [11]

$$\psi_v = f = f_{k0} \cdot \left(1 + \frac{v_{\max}^2}{2000} \right) = 0.026 \quad (6)$$

«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]

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

«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]

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

$$N_v = \frac{1}{0,9} \left(4553 \cdot 0,027 \cdot 48.6 + 0,24 \cdot 2.04 \cdot 48.6^3 \right) = 83.6 \text{ кВт}$$

«Максимальная мощность двигателя» [11]

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

где « λ - 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]

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

«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:

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

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

Принимаем для первой передачи $U_1 = 2,23$

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:

$$U_2 = 1,7;$$

$$U_3 = 1,3;$$

$$U_5 = 0.78.$$

«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]

« δ_{ep} - коэффициент учета вращающихся масс;» [11]

« ψ - 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 « δ_{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 « δ_1 - коэффициент учета вращающихся масс колес;» [11]

« δ_2 - коэффициент учета вращающихся масс двигателя.» [11]

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

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

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

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

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

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

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

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

«Расчет времени и пути разгона» [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 сопротивлению 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 « ρ_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 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 ω_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 дипломной 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 демпфирующего элемента не потребует крупных инвестиций в подготовку производства и модернизацию оборудования, однако результат ее будет ощутим для конечного потребителя.

2.3 Определение характеристик демпфирования колебаний и неподрессоренных масс автомобиля

Скоростная характеристика амортизатора подвески, является основной характеристикой демпфирующего элемента. Данная характеристика взята из оригинальной конструкторской документации завода-изготовителя, которую он в свою очередь получает от поставщика данного изделия (рисунок 12). На основании условий, изображенных на рисунке происходит проверка амортизатора на соответствие его условиям долговечности. Подтверждение осуществляется при скорости перемещения штока 0.105 м/с и 0.314 м/с.

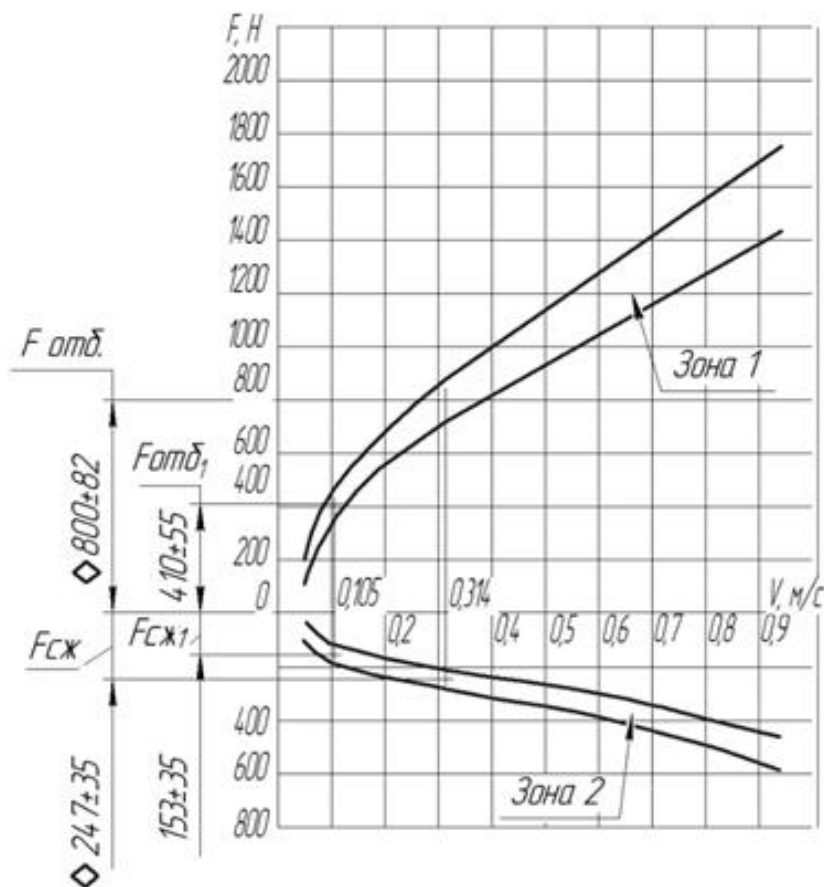


Рисунок 12 - Скоростная характеристика амортизатора задней подвески
автомобиля LADA GRANTA

«Средний коэффициент демпфирования» [9]

$$K_A = \frac{F_{сж} + F_{отб}}{2 \cdot v} \quad (37)$$

где « $F_{сж}$ - усилие амортизатора на ходе сжатия» [9]

« $F_{отб}$ - усилие амортизатора на ходе отбоя» [9]

« v - скорость движения штока амортизатора» [9]

«Средний коэффициента демпфирования» [9]

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

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

Так как передаточного отношение демпфирующего элемента в настоящем исполнении подвески $i_{AM} = 1$, уточнение коэффициентов демпфирования относительно колеса не требуется.

В результате значения коэффициента демпфирования:

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

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

«Коэффициент относительного демпфирования подрессоренной и неподрессоренной массы автомобиля с учетом среднего коэффициента демпфирования» [9]

$$\psi_{\Pi} = \frac{K}{2 \cdot \sqrt{m_{\Pi} \cdot C_Z}}, \quad (38)$$

где « K - коэффициент демпфирования в отношении колеса» [9]

« m_{Π} - подрессоренная масса, которая приходится на одно колесо» [9]

« C_z - вертикальная жесткость задней подвески» [9]

$$\psi_{\text{Д}} = \frac{K_D}{2 \cdot \sqrt{m_{\text{П}} \cdot C_z}} = \frac{2681}{2 \cdot \sqrt{348 \cdot 23536}} = 0,45 \text{ - для дроссельного режима}$$

$$\psi_{\text{К}} = \frac{K_K}{2 \cdot \sqrt{m_{\text{П}} \cdot C_z}} = \frac{1667}{2 \cdot \sqrt{348 \cdot 23536}} = 0,28 \text{ - для клапанного режима}$$

Оптимальным интервалом для коэффициента относительного демпфирования будут являться значения от 0,25 до 0,3. Плавность хода транспортного средства при этом будет находиться на хорошем уровне. ВКак видно из расчета значение коэффициента для дроссельного режима не укладывается в данные значения. В то же время клапанный режим укладывается. Для лучшего отработки демпфером крупных дорожных нервноностей примем коэффициент для клапанного режима равным 0,3 и определим требуемый средний коэффициент демпфирования.

$$\psi_{\text{ПК}} = \frac{K_K}{2 \cdot \sqrt{m_{\text{П}} \cdot C_z}} = 0,3 \quad (39)$$

«Средний коэффициент демпфирования» [9]

$$K_K = \psi_{\text{ПК}} \cdot \left(2 \cdot \sqrt{m_{\text{П}} \cdot C_z} \right) \quad (40)$$

$$K_K = 0,3 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{348 \cdot 23536} \right) = 1789 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м} \quad (41)$$

При работе демпфера на отбой усилие в нем может быть значительным, следовательно, лучшим вариантом увеличения значения среднего коэффициента демпфирования является увеличение усилия на сжатие.

«Целевое значение усилия на сжатии» [9]

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

Тогда, значение усилия на сжатие будет определяться по формуле:

$$F_{сж} = \left(K_{КА} \cdot 2 \cdot v \right) F_{отб} \quad (42)$$

$$F_{сж} = \left(667 \cdot 2 \cdot 0,314 \right) 800 = 247 \text{ Н}$$

Клапан сжатия демпфера содержит в своем составе три упругих диска. Дроссельный режим демпфера обеспечивается путем перетекания рабочей жидкости через специальные отверстия дроссельного диска. Клапанный режим требующий протекания большего объема жидкости происходит за счет деформации всех трех дисков.

«Жесткость дисков клапанов обладает кубической зависимостью от их толщины.» [9]

$$C_d = a^3 \cdot y, \quad (43)$$

где « a - толщина диска клапана сжатия» [9]

« y - коэффициент, зависящий от конструкции диска клапана сжатия» [9]

Определение вышеуказанного коэффициента потребует значительное количество специфической информации, которая обычно является коммерческой тайной производителя. Поэтому в данной работе расчет жесткости будет производиться только с учетом толщин дисков клапана сжатия.

«Жесткость базовой конструкции» [9]

$$C_{СЖ} = C_{d1} + C_{d2} + C_{d3} \quad (44)$$

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

Изменяя толщины дисков приводит к изменению пропускающей способности клапана, а следовательно, к увеличению или уменьшению жесткости демпфера на сжатие. Увеличим толщину одного диска клапана сжатия с 0.1 мм до 0.12мм:

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

«Увеличение жесткости амортизатора в сравнении с базовой конструкцией» [9]

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

«Усилия сжатия модернизируемого амортизатора и базового» [9]

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

«Средний коэффициент демпфирования и относительного демпфирования колебаний подрессоренной массы» [9] для модернизируемого узла с учетом полученного усилия сжатия:

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

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

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

3 Обеспечение безопасности в технологическом процессе сборки задней подвески переднеприводного автомобиля

Подвеска модернизируемого автомобиля содержит в себе следующие узлы и детали: рычаги подвески с тормозами в сборе, кронштейны крепления рычагов, амортизаторы, буферы хода сжатия в сборе, подушки крепления амортизаторов, пружины, прокладки изолирующие пружин.

Для сборки модернизированного автомобиля применяется поточная форма производства с применением конвейерной линии. Конвейером называют машину, осуществляющую перемещение объектов труда. Участок установки подвески конвейерной линии имеет специализированные инструменты и приспособления специфичные для данной работы. При этом геометрия конвейерной линии обеспечивает оптимальный уровень удобства выполнения работниками своих обязанностей.

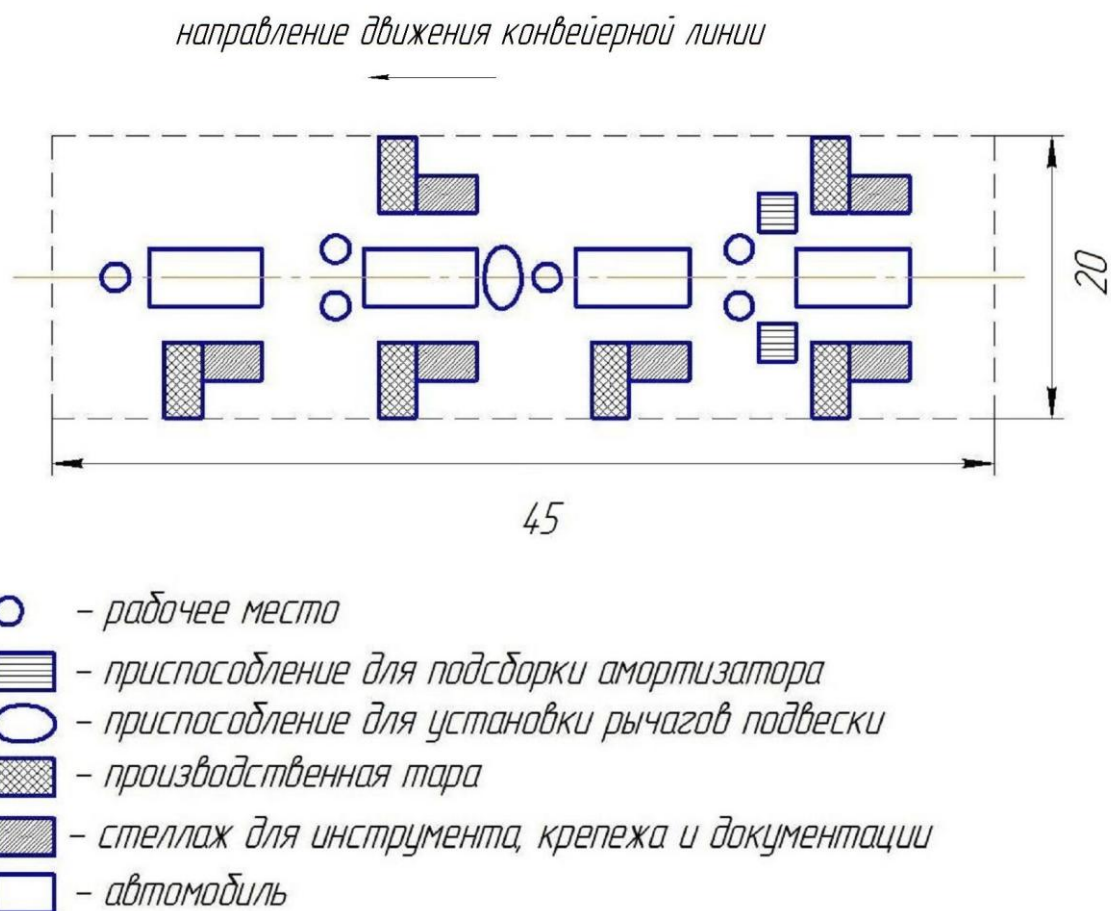


Рисунок 13 - Схема участка установки задней подвески

«Опасные производственные факторы — это частные случаи факторов окружающей среды и деятельности, вызванные или связанные с трудовой деятельностью человека. Опасные производственные факторы могут стать причиной возникновения травм у работников, а вредные могут быть причиной появления и развития у них профессиональных заболеваний.» [20]

«Вредные и опасные производственные факторы классифицируются на химические, физические; психофизиологические; биологические.» [20]

Таблица 1 – Идентификация возможных производственных рисков участка монтажа подвески

| Производственно-технологическая операция, вид выполняемых работ | «Опасный и /или вредный производственный фактор» [20] | Источник опасного и / или вредного производственного фактора |
|---|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| Монтаж задней подвески (все операции) | «Травмирование» [20] | «Движущийся транспорт, подвижные элементы конвейерной линии и специальных приспособлений» [20] |
| Монтаж задней подвески (все операции) | «Высокий уровень шума» [18] | Гайковерты, конвейерная линия |
| Монтаж задней подвески (все операции) | «Высокий уровень температуры воздуха» [20] | «Система вентиляции и кондиционирования (ее неисправность, недостаточная производительность)» [20] |

На участке монтажа подвески наибольший риск для работника представляют физические опасные производственные факторы. Для участка таковыми факторами будут являться цеховой транспорт, движущиеся детали

конвейерной линии и приспособлений. Наиболее выраженным для данного участка психофизиологическим вредным фактором будет являться шум, вызванный работой гайковертов и конвейерной линии. Также в подобных помещениях возможны отклонения от температурного режима.

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

| «Опасный и / или вредный производственный фактор» [20] | Средства снижения фактора | «Средства индивидуальной защиты работника» [20] |
|--|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| «Травмирование» [20] | «Специальные ограждения, кожухи дорожная разметка, инструктаж по охране труда.» [20] | - |
| «Высокий уровень шума» [20] | «Звукоизоляционное покрытие, акустические барьеры, глушители.» [20] | «Наушники, беруши» [20] |
| «Высокий уровень температуры воздуха» [20] | «Система вентиляции и кондиционирования» [20] | - |

Основным мероприятием, направленным на снижение травматизма в производстве являются своевременные инструктажи персонала по охране труда. Своевременное проведение инструктажей с применением мероприятий таких как установка препятствий, определяющих зоны движения погрузчиков и персонала, обозначение зон движения персонала и транспорта специальной дорожной разметкой, а также установка специальных кожухов и ограждений для изоляции персонала от движущихся

деталей станков и приспособлений позволят в значительной мере сохранить здоровье работников. Для снижения воздействия шума на персонал следует специальные звукоизоляционные покрытия, технические средства подавления шумов. Помимо прочего персонал должен обеспечиваться средствами индивидуальной защиты: спец одеждой и обувью, берушами, очками.

В целом можно сделать вывод о том, что выбранная организационная форма и конфигурация позволяют в полной мере выполнять поставленные производственные задачи, а мероприятия, предложенные по улучшения условий труда позволят получить большую производственную безопасность и сократят время вызванных несчастными случаями простоев.

4 Технико-экономическая оценка модернизируемой подвески

Технико-экономическая оценка проекта является одним из важнейших этапов при его разработке. Если на других этапах проекта оцениваются функциональные и технические решения, то на данном этапе производится анализ целесообразности с точки зрения экономики.

При разработке проекта выбирается несколько решений перспективных с точки зрения потребительских свойств. На основании технико-экономического анализа выбирается оптимальный сценарий для проекта. Решающими критериями могут являться срок окупаемости, индекс доходности, либо величина требуемых инвестиций. В зависимости от положения дел на рынке или в самом предприятии может быть принято то или иное решение.

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» [16]

$$Pu = Ci \cdot ni \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right), \quad (45)$$

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 1.

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

| Наименование полуфабрикатов | Количество | Средняя цена за 1шт, руб. | Сумма, руб. |
|--|------------|---------------------------|-------------|
| Амортизатор | 2 | 900 | 1800 |
| Прокладка пружины | 2 | 30 | 60 |
| Подушка амортизатора | 4 | 25 | 100 |
| Буфер сжатия | 2 | 110 | 220 |
| Крепеж | 24 | 2 | 48 |
| Рычаги в сборе | 1 | 12500 | 12500 |
| Пружина | 2 | 470 | 940 |
| ИТОГО: | | | 15668 |
| «Транспортно-заготовительные расходы» [13] | | 3% | 470.04 |
| Всего: | | | 16138.04 |

«Основная заработная плата:» [14]

$$Zo = Zm \cdot \left(1 + \frac{K_{ПРЕМ}}{100}\right), \quad (46)$$

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

$$Z_m = C_{p_i} \cdot T_i \quad (47)$$

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 2.

Таблица 4 – Расчет основной заработной платы производственного персонала

| Виды операций | Разряд работы | Трудоемкость | Часовая тарифная ставка, руб. | Тарифная зарплата, руб. |
|---------------------|---------------|--------------|-------------------------------|-------------------------|
| Сборочные | 4 | 0.23 | 90 | 20.70 |
| Контрольные | 5 | 0.03 | 110 | 3.30 |
| ИТОГО: | | | | 24 |
| Премияльные доплаты | 25% | | | 6 |
| Основная з/п | | | | 30 |

«Дополнительная заработная плата:» [14]

$$Z_{\text{доп.}} = Z_o \cdot K_{\text{вып}} ; \quad (48)$$

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

Принимаем $K_{\text{вып}} = 20\%$

$$Z_{\text{доп.}} = 30 \cdot 0.2 = 6$$

«Отчисления в страховые взносы:» [14]

$$C_{\text{СВ}} = (30 + 3_{\text{доп.}}) \cdot E_{\text{СВ}}; \quad (49)$$

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

Примем $E_{\text{СВ}} = 30\%$

$$C_{\text{СВ}} = (30 + 3) \cdot 0.3 = 10.8 \text{ руб}$$

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

$$C_{\text{СОДОБОР}} = 30 \cdot E_{\text{ОБОР}} \quad (50)$$

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

Примем $E_{\text{ОБОР}} = 165\%$

$$C_{\text{СОДОБОР}} = 30 \cdot 1.65 = 49.5 \text{ руб}$$

«Цеховые расходы:» [14]

$$C_{\text{ЦЕХ}} = 30 \cdot E_{\text{ЦЕХ}}, \quad (51)$$

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

Примем $E_{\text{ЦЕХ}} = 175\%$

$$C_{\text{ЦЕХ}} = 30 \cdot 1.75 = 52.5 \text{ руб}$$

«Расходы на инструмент и оснастку:» [14]

$$C_{\text{ИНСТР}} = 30 \cdot E_{\text{ИНСТР}}, \quad (52)$$

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

Примем $E_{\text{ЦЕХ}} = 3\%$

$$C_{\text{ИНСТР}} = 30 \cdot 0.03 = 0.9 \text{ руб}$$

«Цеховая себестоимость модернизированного изделия» [14]

$$C_{\text{ЦЕХ.С/С}} = \text{Пи} + \text{Зо} + \text{З}_{\text{ДОП}} + C_{\text{С.В}} + C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ИНСТР}} \quad (53)$$

$$C_{\text{ЦЕХ.С/С}} = 16138.04 + 30 + 6 + 10.8 + 49.5 + 52.5 + 0.9 = 16287.74 \text{ руб}$$

«Общезаводские расходы:» [14]

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = \text{Зо} \cdot E_{\text{ОБ.ЗАВОД}}; \quad (54)$$

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

Примем $E_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 125\%$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 30 \cdot 1.25 = 37.5 \text{ руб}$$

«Общезаводская себестоимость:» [14]

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{ЦЕХ.С/С}} \quad (55)$$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} = 16287.74 + 37.5 = 16325.24 \text{ руб}$$

«Коммерческие расходы:» [14]

$$C_{\text{КОМ}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} \cdot E_{\text{КОМ}}; \quad (56)$$

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

Примем $E_{\text{КОМ}} = 5\%$

$$C_{\text{КОМ}} = 16325.24 \cdot 0.05 = 816.26 \text{ руб}$$

«Полная себестоимость модернизируемого изделия» [14]

$$C_{\text{ПОЛ}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОДСС}} + C_{\text{КОМ}} \quad (57)$$

$$C_{\text{ПОЛ}} = 16325.24 + 816.26 = 17141.5 \text{ руб}$$

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

$$Ц_{\text{ОТП.}} = C_{\text{ПОЛ}} \cdot (1 + K_{\text{РЕНТ}}) \quad (58)$$

где « $K_{\text{РЕНТ}}$ – коэффициент рентабельности и плановых накоплений, %»
[14]

Примем $K_{\text{РЕНТ}} = 20\%$

$$Ц_{\text{ОТП.Б}} = 17141.5 \cdot (1 + 0.2) = 20408.47 \text{ руб}$$

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

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:

$$V_{\text{КР}} = \frac{З_{\text{ПОСТ.УД}} \cdot V_{\text{МАХ}}}{Ц_{\text{ОТП}} - З_{\text{ПЕР.УД}}}, \quad (59)$$

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]

$$\begin{aligned} Z_{ПЕРЕМ.УД.б.} &= \Pi_{и} + Z_{о} + Z_{ДОП.} + C_{С.В} = 16010 + 30 + 6 + 10.8 = 16056.8 \text{ руб} \\ Z_{ПЕРЕМ.УД.н.} &= \Pi_{и} + Z_{о} + Z_{ДОП.} + C_{С.В} = 16138.04 + 30 + 6 + 10.8 = 16184.84 \text{ руб} \end{aligned} \quad (60)$$

«Переменные издержки» [16]

$$Z_{ПЕРЕМ.н.} = Z_{ПЕРЕМ.УД} \cdot V_{ГОД} \quad (61)$$

$$Z_{ПЕРЕМ.н.б.} = 16056.8 \cdot 150000 = 2408520000 \text{ руб}$$

$$Z_{ПЕРЕМ.н.н.} = 16184.84 \cdot 150000 = 2427726000 \text{ руб}$$

«Амортизационные отчисления» [16]

$$A_{М.УД} = (C_{СОД.ОБОР} + C_{ИНСТР}) \cdot H_A / 100, \quad (62)$$

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

$$A_{М.УД} = (49.5 + 0.9) \cdot 15 / 100 = 7.56 \text{ руб}$$

«Постоянные издержки на производство» [16]

$$Z_{ПОСТ.УД.б.н.} = (C_{СОД.ОБОР} + C_{ИНСТР}) \cdot (100 - H_A) / 100 + C_{ЦЕХ} + C_{ОБ.ЗАВОД} + C_{КОМ} + A_{М.УД} \quad (63)$$

$$Z_{\text{пост.уд.б.}} = (49.5 + 0.85) \cdot (100 - 15) / 100 + 52.5 + 37.5 + 806.86 + 7.56 = 950.26 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{пост.уд.п.}} = (49.5 + 0.85) \cdot (100 - 15) / 100 + 52.5 + 37.5 + 816.26 + 7.56 = 956.66 \text{ руб}$$

«Постоянные издержки на годовую программу производства» [16]

$$Z_{\text{пост.б.}} = Z_{\text{пост.уд.б.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (64)$$

$$Z_{\text{пост.б.}} = 950.26 \cdot 150000 = 142539000 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{пост.п.}} = 956.66 \cdot 150000 = 143499300 \text{ руб}$$

«Полная себестоимость годовой программы выпуска» [16]

$$C_{\text{пол.г.}} = C_{\text{пол.н.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (65)$$

$$C_{\text{пол.г.}} = 17007.06 \cdot 150000 = 2551059000 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.г.}} = 17141.5 \cdot 150000 = 2571225300 \text{ руб}$$

«Выручку от реализации изделия» [16]

$$\text{Выручка.н.} = C_{\text{опт.н.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (66)$$

$$\text{Выручка.н.} = 20408.47 \cdot 150000 = 3061270800 \text{ руб}$$

«Маржинальный доход» [14]

$$D_{\text{марж}} = \text{Выручка} - Z_{\text{перем.н}} \quad (67)$$

$$D_{\text{марж}} = 3061270800 - 2408520000 = 652750800 \text{ руб}$$

$$D_{\text{марж}} = 3061270800 - 2427726000 = 633544800 \text{ руб}$$

«Критический объем продаж» [16]

$$A_{\text{крит}} = \frac{Z_{\text{пост.н.}}}{C_{\text{опт}} - Z_{\text{перем.н}}} = \frac{143499300}{20408.47} - 16184.84 = 33975.33 \text{ шт} \approx 33975 \text{ шт}$$

Также значение критического объема продаж можно определить графическим методом (рисунок 14).

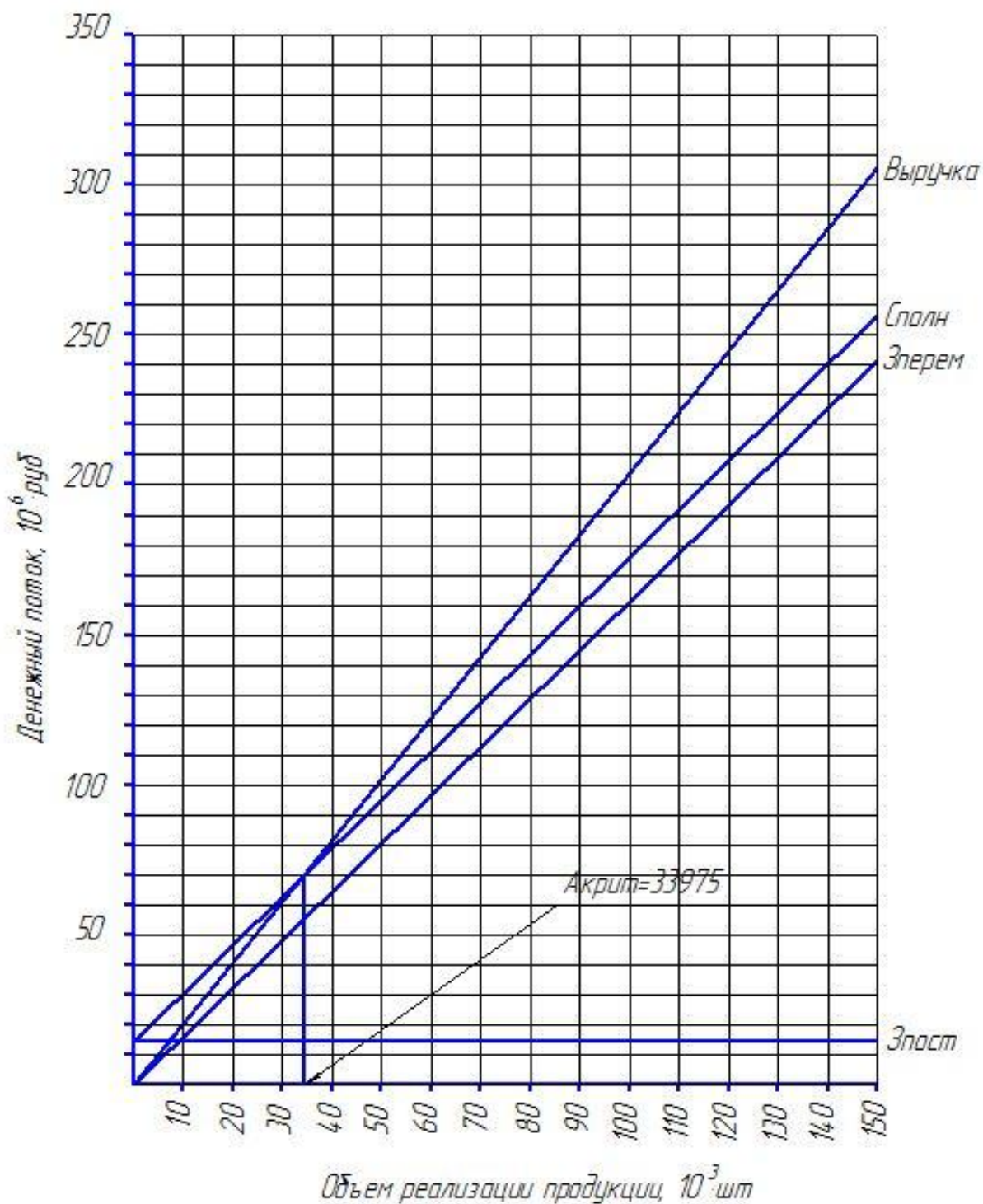


Рисунок 14 - Графический метод нахождения точки безубыточности

4.3 Коммерческая эффективность модернизации подвески

В данной части раздела будут определены такие показатели как чистый доход, чистый дисконтированный доход, внутреннюю норму доходности, индексы доходности и срок окупаемости.

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

$$\Delta = \frac{V_{MAX} - A_{КРИТ}}{n - 1}, \quad (68)$$

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]

$$\Delta = \frac{150000 - 33975}{6 - 1} = 23205шт$$

«Выручка от продаж:» [16]

$$B_i = Ц_{ОТП} \cdot V_{ПРОД_i}; \quad (69)$$

где « $V_{ПРОД_i}$ - объем продаж в i -году» [16]

В первый года производства объем продукции будет рассчитываться следующим образом:

$$V_{ПРОД_1} = V_{КР} + \Delta \quad (70)$$

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

$$V_{ПРОД1} = 33975 + 23205 = 57180 \text{ шт.}$$

$$V_{ПРОД2} = 57180 + 23205 = 80385 \text{ шт.}$$

$$V_{ПРОД3} = 80385 + 23205 = 103590 \text{ шт.}$$

$$V_{ПРОД4} = 103590 + 23205 = 126795 \text{ шт.}$$

$$V_{ПРОД5} = 126795 + 23205 = 150000 \text{ шт.}$$

«Выручка» [16]

$$B_1 = 20408.47 \cdot 57180 = 116695642896 \text{ руб}$$

$$B_2 = 20408.47 \cdot 80385 = 1640535021.72 \text{ руб}$$

$$B_3 = 20408.47 \cdot 103590 = 2114113614.48 \text{ руб}$$

$$B_4 = 20408.47 \cdot 126795 = 2587692207.24 \text{ руб}$$

$$B_5 = 20408.47 \cdot 150000 = 3061270800 \text{ руб}$$

«Переменные затраты по годам» [16]

$$Z_{ПЕРЕМ.i} = Z_{ПЕРЕМ.УД} \cdot V_{ПРОД.i} \quad (71)$$

$$Z_{ПЕРЕМ.Б1} = 16056.8 \cdot 57180 = 918127824 \text{ руб}$$

$$Z_{ПЕРЕМ.Б2} = 16056.8 \cdot 80385 = 1290725868 \text{ руб}$$

$$Z_{ПЕРЕМ.Б3} = 16056.8 \cdot 103590 = 1663323912 \text{ руб}$$

$$Z_{ПЕРЕМ.Б4} = 16056.8 \cdot 126795 = 2035921956 \text{ руб}$$

$$Z_{ПЕРЕМ.Б5} = 16056.8 \cdot 150000 = 2408520000 \text{ руб}$$

$$Z_{ПЕРЕМ.П1} = 16184.84 \cdot 57180 = 925449151.2 \text{ руб}$$

$$Z_{ПЕРЕМ.П2} = 16184.84 \cdot 80385 = 1301018363.4 \text{ руб}$$

$$Z_{ПЕРЕМ.П3} = 16184.84 \cdot 103590 = 1676587575.6 \text{ руб}$$

$$Z_{ПЕРЕМ.П4} = 16184.84 \cdot 126795 = 2052156787.8 \text{ руб}$$

$$Z_{ПЕРЕМ.П5} = 16184.84 \cdot 150000 = 2427726000 \text{ руб}$$

«Постоянные затраты по годам» [16]

$$Z_{ПОСТ} = Z_{ПОСТ.УД} \cdot V_{МАХ} \quad (72)$$

$$З_{\text{пост.б.}} = 950.26 \cdot 150000 = 142539000 \text{ руб}$$

$$З_{\text{пост.л.}} = 956.66 \cdot 150000 = 143499300 \text{ руб}$$

«Амортизация оборудования» [16]

$$A_M = A_{M.уд} \cdot V_{MAX} \quad (73)$$

$$A_M = 7.56 \cdot 150000 = 1134000 \text{ руб}$$

«Себестоимость по годам:» [16]

$$C_{\text{пол.}i} = З_{\text{перем.}i} + З_{\text{пост}} \quad (74)$$

$$C_{\text{пол.б1}} = 918127824 + 142539000 = 1060666824 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.б2}} = 1290725868 + 142539000 = 1433264868 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.б3}} = 1663323912 + 142539000 = 1805862912 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.б4}} = 2035921956 + 142539000 = 2178460956 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.б5}} = 2408520000 + 142539000 = 2551059000 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.л1}} = 925449151.2 + 143499300 = 1068948451.2 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.л2}} = 1301018363.4 + 143499300 = 1444517663.4 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.л3}} = 1676587575.6 + 143499300 = 1820086875.6 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.л4}} = 2052156787.8 + 143499300 = 2195656087.8 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.л5}} = 2427726000 + 143499300 = 2571225300 \text{ руб}$$

$$\begin{aligned} \sum C_{\text{пол.л}} &= 1068948451.2 + 1444517663.4 + 1820086875.6 + \\ &+ 2195656087.8 + 2571225300 = 9100434378 \text{ руб} \end{aligned}$$

«Налогооблагаемая прибыль по годам:» [16]

$$Пр_{\text{обл.}i} = B_i - C_{\text{пол.}i} \quad (75)$$

$$Pr_{ОБЛ.1} = 116695642896 - 1060666824 = 106289604.96 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОБЛ.2} = 1640535021.72 - 1433264868 = 207270153.72 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОБЛ.3} = 2114113614.48 - 1805862912 = 308250702.48 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОБЛ.4} = 2587692207.24 - 2178460956 = 409231251.24 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОБЛ.5} = 3061270800 - 2551059000 = 510211800 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОБЛ.1} = 116695642896 - 1068948451.2 = 98007977.76 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОБЛ.2} = 1640535021.72 - 1444517663.4 = 196017358.32 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОБЛ.3} = 2114113614.48 - 1820086875.6 = 294026738.88 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОБЛ.4} = 2587692207.24 - 2195656087.8 = 392036119.44 \text{ руб}$$

$$Pr_{ОБЛ.5} = 3061270800 - 2571225300 = 490045500 \text{ руб}$$

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

$$H_{ПР.i} = Pr_{ОБЛ.i} \cdot 0.2 \quad (76)$$

$$H_{ПР.1} = 106289604.96 \cdot 0.2 = 21257920.99 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.2} = 207270153.72 \cdot 0.2 = 41454030.74 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.3} = 308250702.48 \cdot 0.2 = 61650140.5 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.4} = 409231251.24 \cdot 0.2 = 81846250.25 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.5} = 510211800 \cdot 0.2 = 102042360 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.1} = 98007977.76 \cdot 0.2 = 19601595.55 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.2} = 196017358.32 \cdot 0.2 = 39203471.66 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.3} = 294026738.88 \cdot 0.2 = 58805347.78 \text{ руб.}$$

$$H_{ПР.4} = 392036119.44 \cdot 0.2 = 78407223.89 \text{ руб}$$

$$H_{ПР.5} = 490045500 \cdot 0.2 = 98009100 \text{ руб}$$

«Чистая прибыль по годам:» [16]

$$Pr_{ч.i} = Pr_{обл.i} - H_{пр.i} \quad (77)$$

$$\begin{aligned}
Pr_{ч.1Б} &= 106289604.96 - 21257920.99 = 85031683.97 \text{ руб} \\
Pr_{ч.2Б} &= 207270153.72 - 41454030.74 = 165816122.98 \text{ руб} \\
Pr_{ч.3Б} &= 308250702.48 - 61650140.5 = 246600561.98 \text{ руб} \\
Pr_{ч.4Б} &= 409231251.24 - 81846250.25 = 327385000.99 \text{ руб} \\
Pr_{ч.5Б} &= 510211800 - 102042360 = 408169440 \text{ руб} \\
Pr_{ч.1П} &= 98007977.76 - 19601595.55 = 78406382.21 \text{ руб} \\
Pr_{ч.2П} &= 196017358.32 - 39203471.66 = 156813886.66 \text{ руб} \\
Pr_{ч.3П} &= 294026738.88 - 58805347.78 = 235221391.1 \text{ руб} \\
Pr_{ч.4П} &= 392036119.44 - 78407223.89 = 313628895.55 \text{ руб} \\
Pr_{ч.5П} &= 490045500 - 98009100 = 392036400 \text{ руб}
\end{aligned}$$

4.4 Экономический эффект от повышения надежности и долговечности деталей проектируемой подвески

Увеличение жесткости амортизатора задней подвески обеспечивает уменьшение количества его пробоев, что в свою очередь положительно сказывается на его долговечности.

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

$$Pr_{ож.дi} = \left(C_{отп} \cdot \frac{D_2}{D_1} - C_{отп} \right) \cdot V_{Г} \quad (78)$$

где « D_1 и D_2 – долговечность (срок службы) базового и проектируемого изделия» [16]

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

Отпускная цена амортизатора задней подвески $C_{отп} = 1700 \text{ руб}$

$$\begin{aligned}
Pr_{ОЖ.Д1} &= \left(800 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1800 \right) \cdot 57180 = 22872000 \text{ руб} \\
Pr_{ОЖ.Д2} &= \left(800 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1800 \right) \cdot 80385 = 32154000 \text{ руб} \\
Pr_{ОЖ.Д3} &= \left(800 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1800 \right) \cdot 103590 = 41436000 \text{ руб} \\
Pr_{ОЖ.Д4} &= \left(800 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1800 \right) \cdot 126795 = 50718000 \text{ руб} \\
Pr_{ОЖ.Д5} &= \left(800 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1800 \right) \cdot 150000 = 60000000 \text{ руб}
\end{aligned}$$

«Ожидаемая прибыль от повышения надежности узла» [16]

$$Pr_{ОЖ.Н} = \left(N_{Рем.Баз} \cdot Z_{Рем.Баз} - N_{Рем.Пр} \cdot Z_{Рем.Пр} \right) + \left(T_{Прост.Баз} - T_{Прост.Пр} \right) \cdot Ц_{ОП} \quad (79)$$

где « $N_{рем.баз}$ и $N_{рем.пр}$ - количество ремонтов (отказов) базового и проектируемого изделий» [16]

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

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

$$Pr_{ОЖ.Н} = (60 \cdot 850 - 40 \cdot 850) + (20 - 80) \cdot 1800 = 89000 \text{ руб}$$

«Общественно значимая экономия» [6]

$$Э_{ОБЩ.i} = Pr_{ОЖ.Л.i} + Pr_{ОЖ.Н.i} \quad (80)$$

$$Э_{ОБЩ.1} = 22872000 + 89000 = 22961000 \text{ руб}$$

$$Э_{ОБЩ.2} = 32154000 + 89000 = 32243000 \text{ руб}$$

$$Э_{ОБЩ.3} = 41436000 + 89000 = 41525000 \text{ руб}$$

$$Э_{ОБЩ.4} = 50718000 + 89000 = 50807000 \text{ руб}$$

$$Э_{ОБЩ.5} = 60000000 + 89000 = 60089000 \text{ руб}$$

«Текущий чистый доход» [16]

$$ЧД_i = Пр.ч.и.п. - Пр.ч.и.б. + A_M + Эобщ. \quad (81)$$

$$\begin{aligned} ЧД_1 &= 78406382.21 - 85031683.97 + 1134000 + 22961000 = \\ &= 17469698.24 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_2 &= 156813886.66 - 165816122.98 + 1134000 + 32243000 = \\ &= 24374763.68 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_3 &= 235221391.1 - 246600561.98 + 1134000 + 41525000 = \\ &= 31279829.12 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_4 &= 313628895.55 - 327385000.99 + 1134000 + 50807000 = \\ &= 38184894.56 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_5 &= 392036400 - 408169440 + 1134000 + 60089000 = \\ &= 45089960 \text{ руб} \end{aligned}$$

«Коэффициент дисконтирования α_i » [16]

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

$$\alpha_i = 1 / (1 + E)^t, \quad (82)$$

$$\alpha_1 = 0,909$$

$$\alpha_2 = 0,826$$

$$\alpha_3 = 0,753$$

$$\alpha_4 = 0,683$$

$$\alpha_5 = 0,621$$

«Текущий чистый дисконтированный доход» [16]

$$ЧДД(i) = ЧД(i) \cdot \alpha_i \quad (83)$$

$$ЧДД \text{ (1)} = 17469698.24 \cdot 0,909 = 15879955.7 \text{ руб}$$

$$ЧДД \text{ (2)} = 24374763.68 \cdot 0,826 = 20133554.8 \text{ руб}$$

$$ЧДД \text{ (3)} = 31279829.12 \cdot 0,753 = 23553711.33 \text{ руб}$$

$$ЧДД \text{ (4)} = 38184894.56 \cdot 0,683 = 26080282.98 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД} = 45089960 \cdot 0,621 = 28000865,16 \text{ руб}$$

«Суммарный ЧДД:» [16]

$$\sum \text{ЧДД}(i) = 113648369,97 \text{ руб}$$

«Капиталообразующие инвестиции» [14]

$$J_o = K_{инв} \cdot \sum C_{пол,i} \quad (84)$$

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

Принимаем $K_{инв} = 0,5\%$.

$$J_o = 0,005 \cdot \sum C_{пол,i} = 45502171,89 \text{ руб}$$

«Чистый дисконтированный доход» [16]

$$\text{ЧДД} = \sum_{i=0}^T \text{ЧДД} - J_o \quad (85)$$

$$\text{ЧДД} = 113648369,97 - 45502171,89 = 68146198,08 \text{ руб}$$

«Индекс доходности инвестиций» [16]

$$JD = \frac{\text{ЧДД}}{J_o}; \quad (86)$$

$$JD = 68146198,08 / 45502171,89 = 1,5$$

«Срок окупаемости проекта» [16]

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{J_o}{\text{ЧДД}} \quad (87)$$

$$T_{\text{окуп.}} = 45502171 .89 / 68146198 .08 = 0,67 \text{ года}$$

На основании полученных данных построим график зависимости прибыли от объема продаж (рисунок 15).

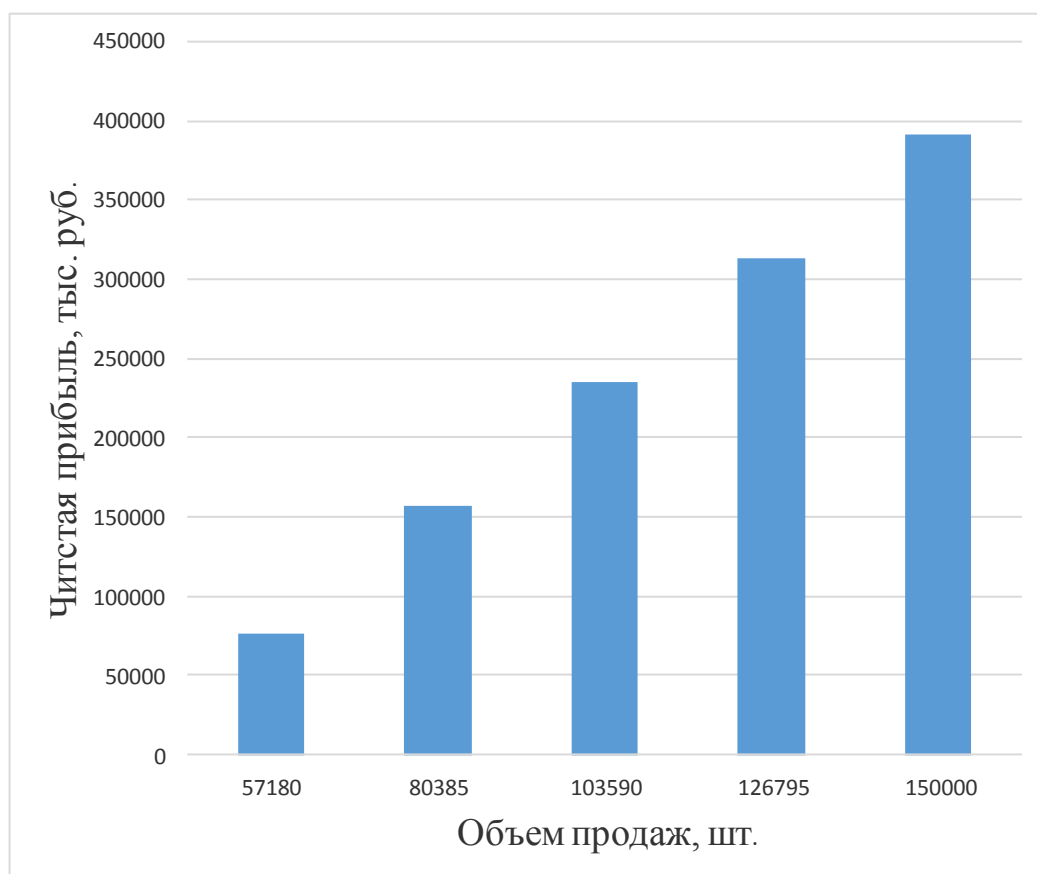


Рисунок 15 – График зависимости прибыли от объема продаж

4.5 Вывод

На основании проведенного технико-экономического анализа предлагаемого варианта модернизации можно с уверенностью утверждать о коммерческой эффективности разработанной конструкции подвески.

В новой конструкции подвески цена комплектующих изделий выше чем в базовом, но при этом данные узлы имеют лучшую надежность и долговечность.

Среди основных показателей, определяющих коммерческую эффективность проекта, стоит выделить объем капиталообразующих инвестиций в размере 45502171.89 руб., величину чистого дисконтированного дохода равную 68146198.08 руб., индекс доходности 1.5, а также срок окупаемости проекта продолжительностью 0.67 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 амортизатора задней подвески актуальный для массового производства и соответствующий современному уровню развития техники. Проведенные в конструкторской части квалификационной работы расчеты подтверждают эффективность применения измененной конструкции демпфирующего 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

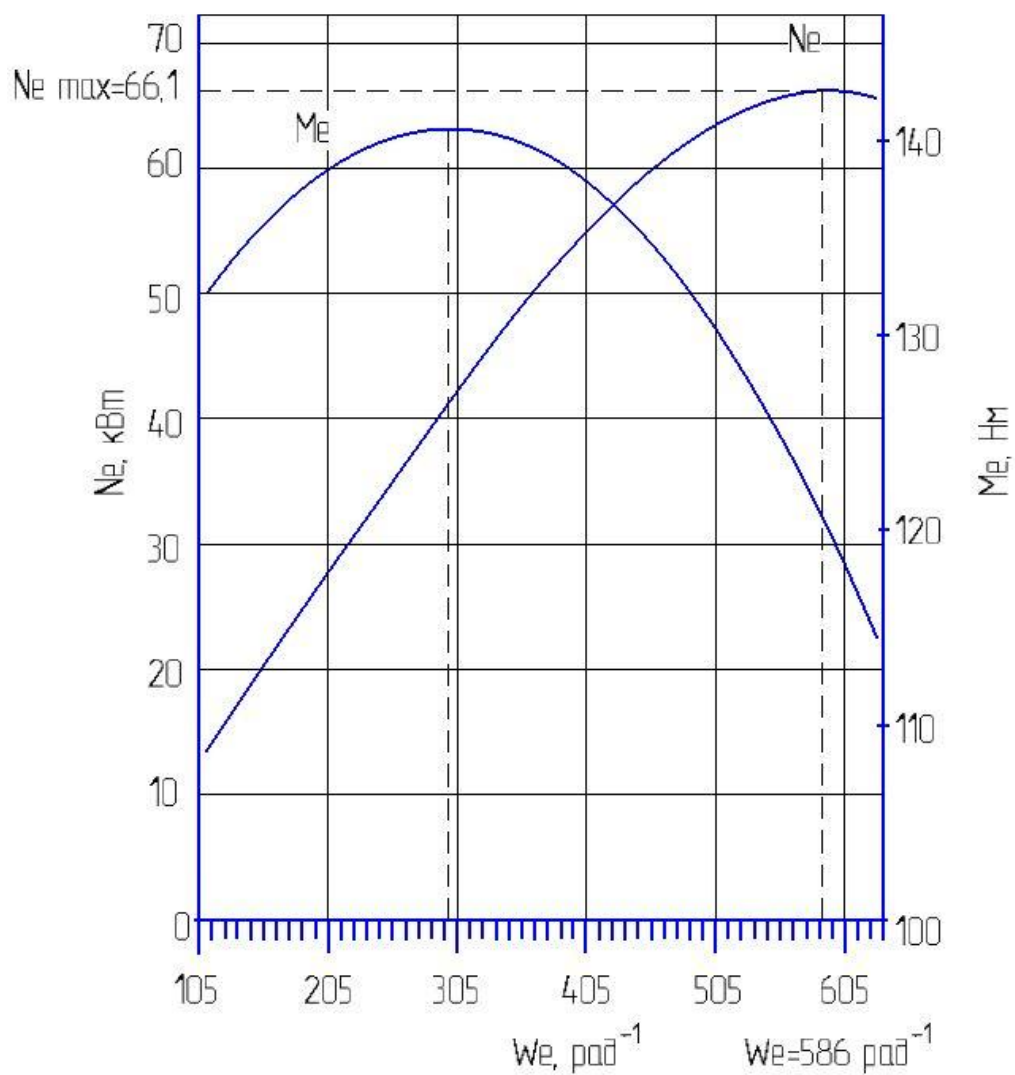


Рисунок А.1 - Внешнескоростная характеристика двигателя

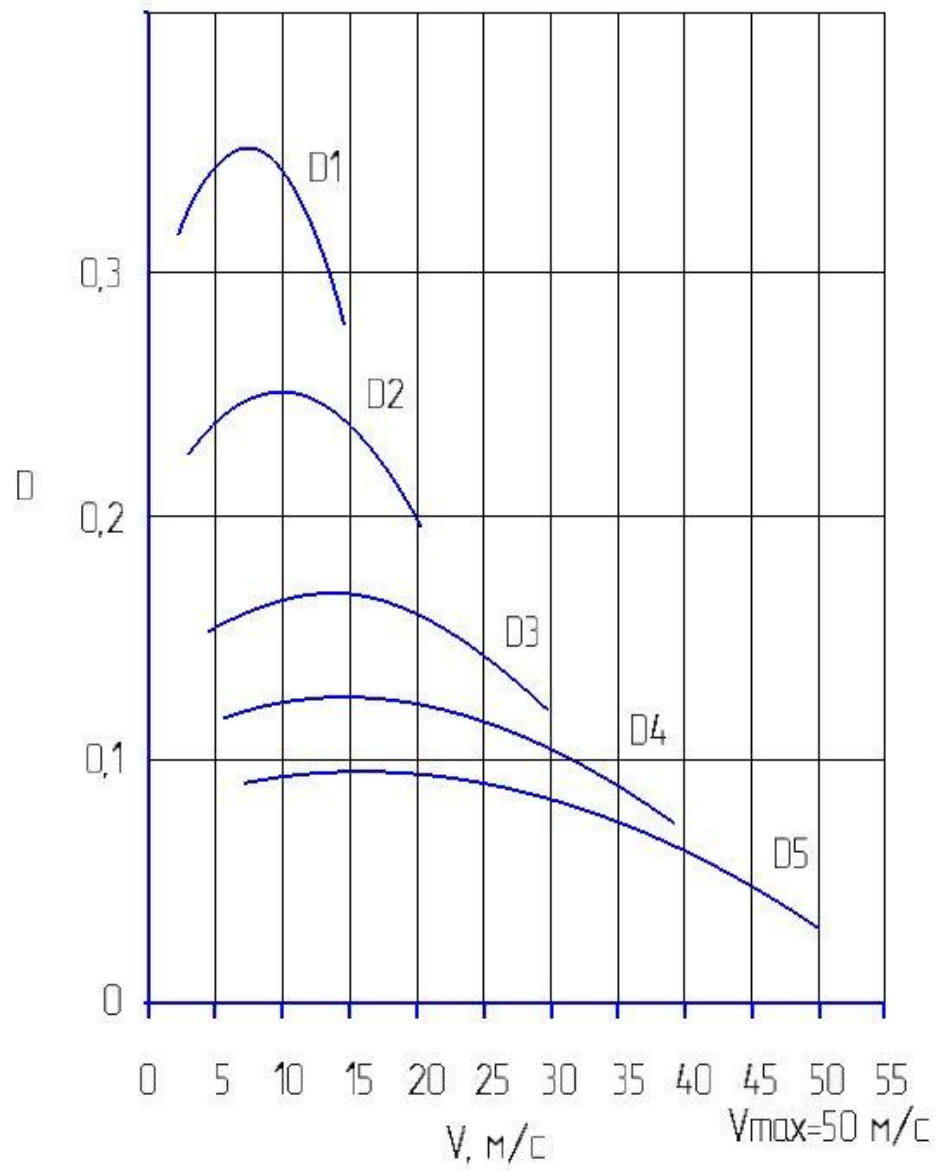


Рисунок А.2 – Динамический фактор автомобиля

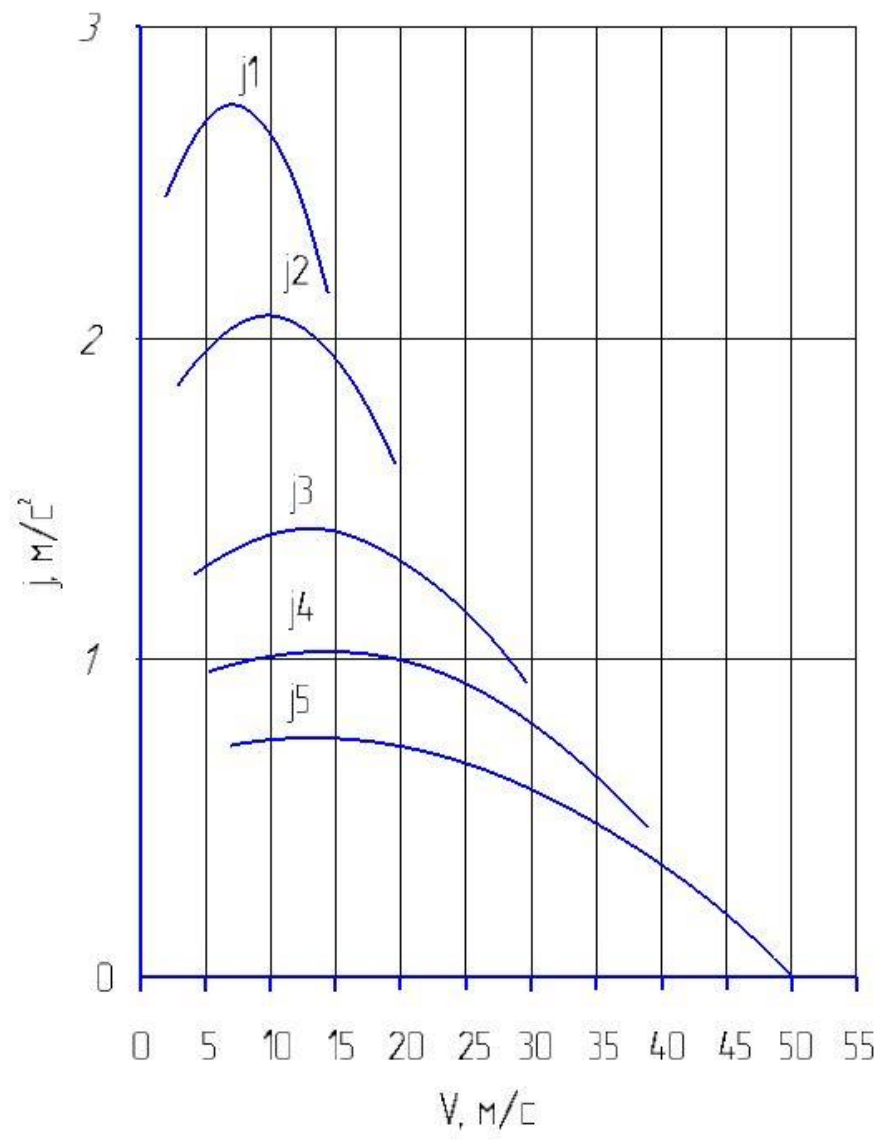


Рисунок А.3 – Ускорения автомобиля

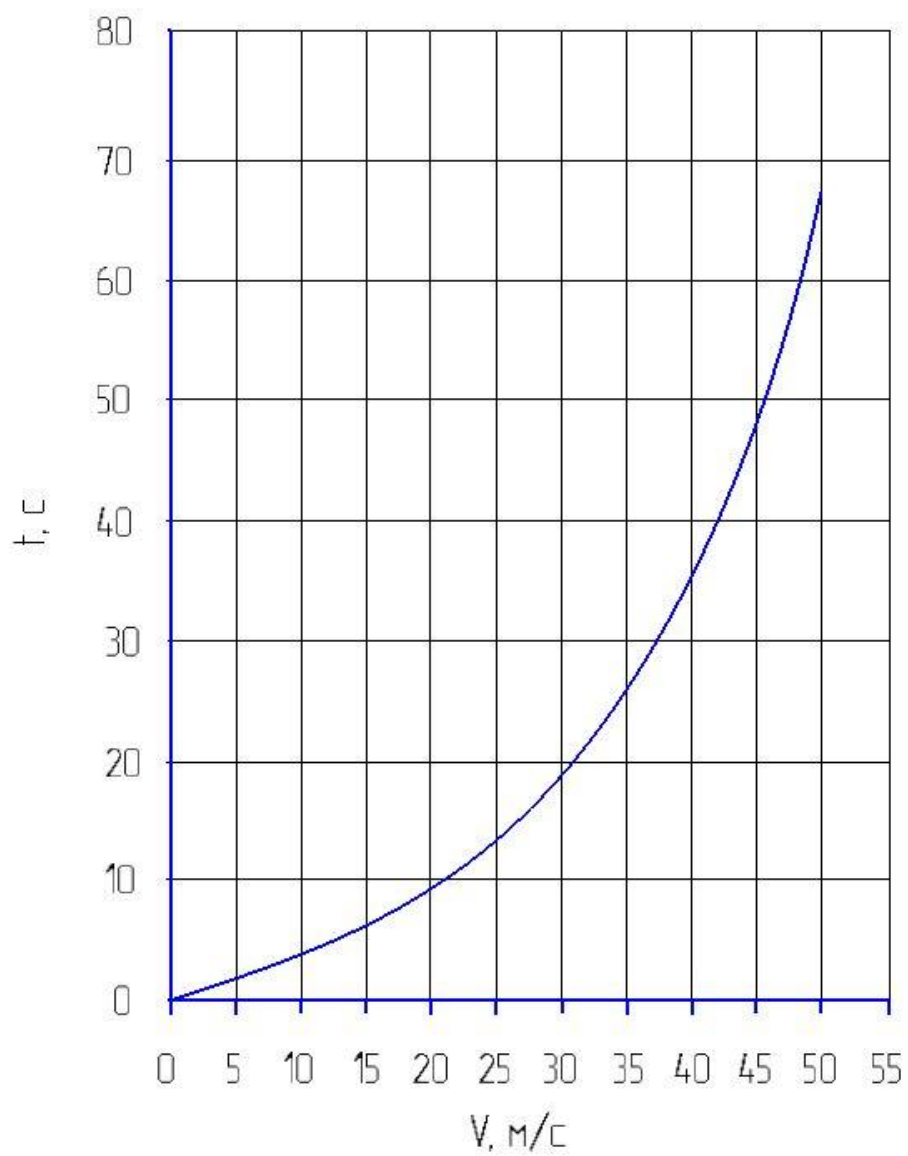


Рисунок А.4 – Время разгона

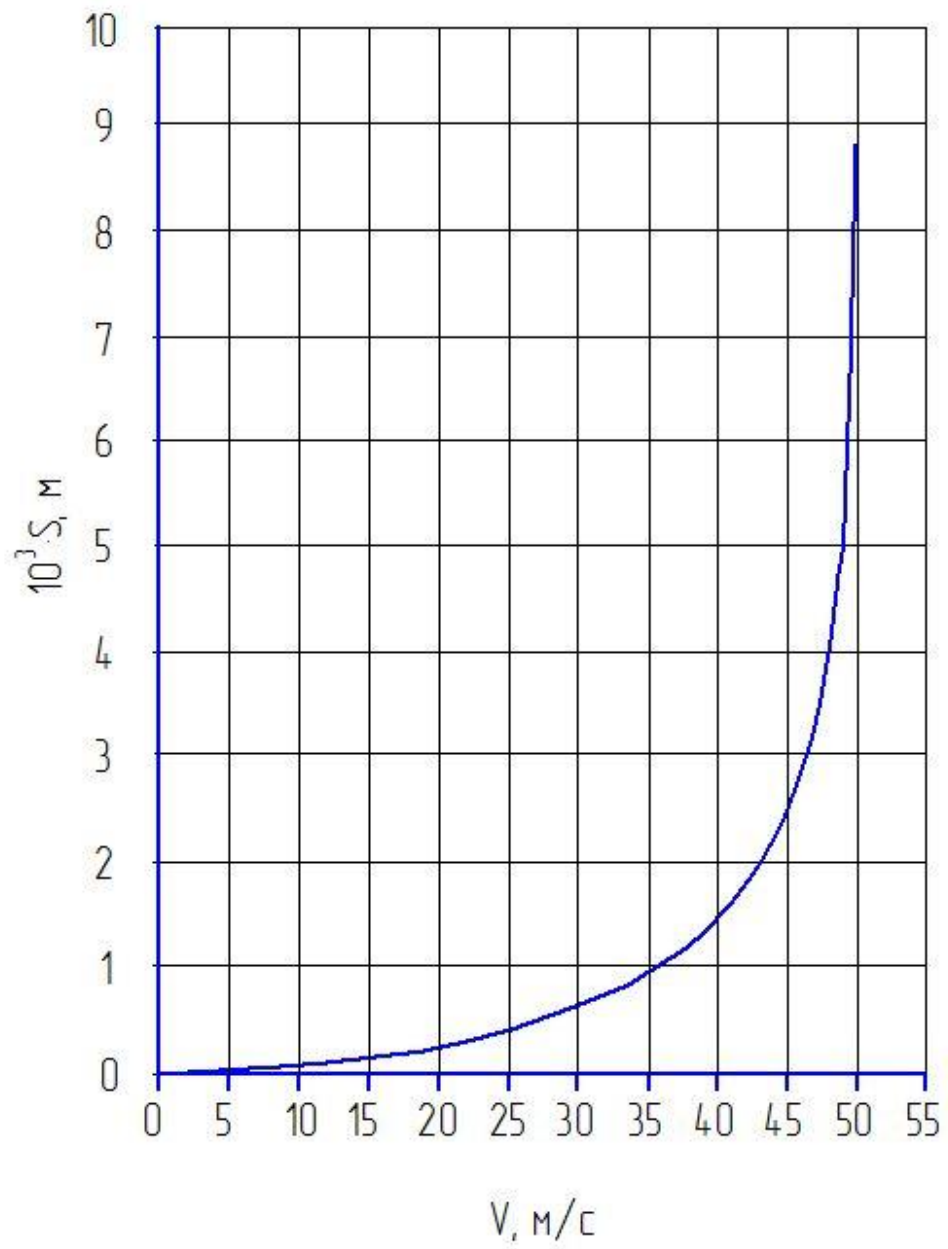


Рисунок А.5 – Путь разгона

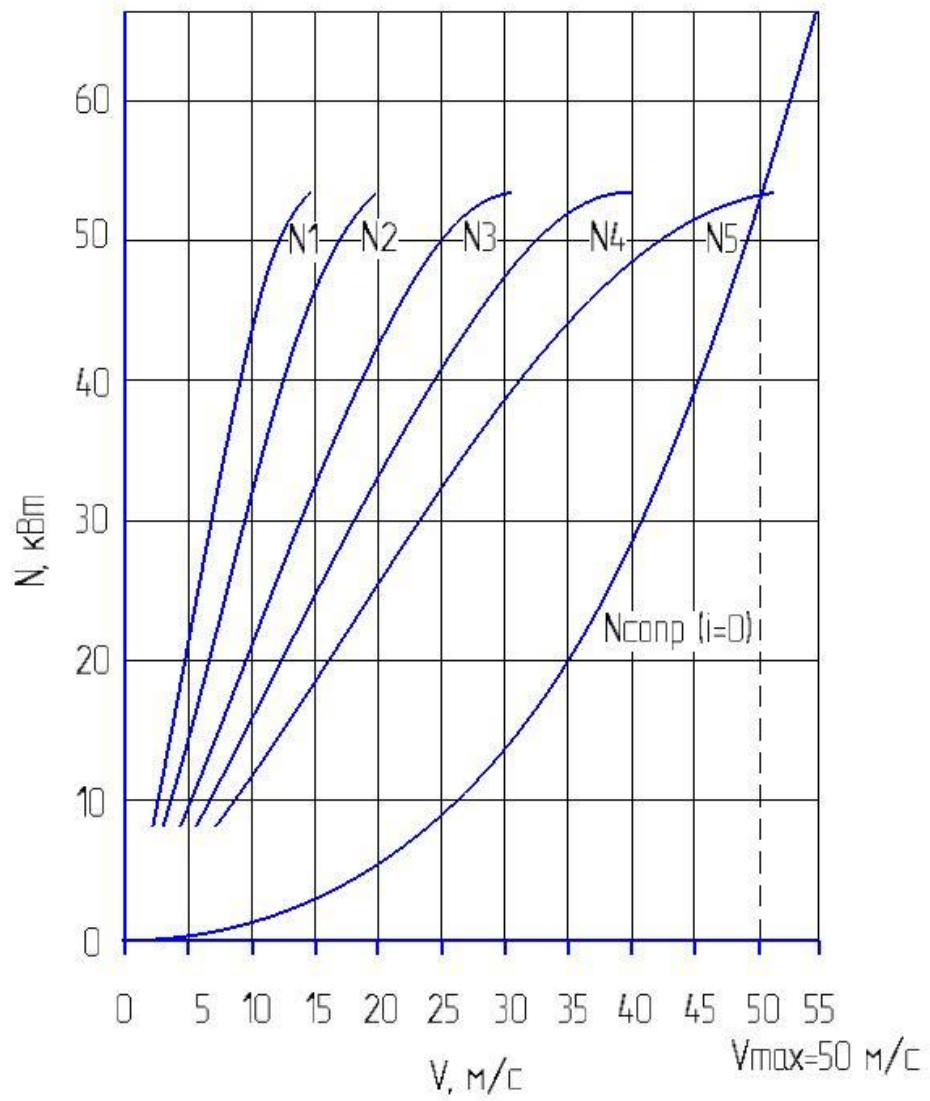


Рисунок А.6 – Мощностной баланс

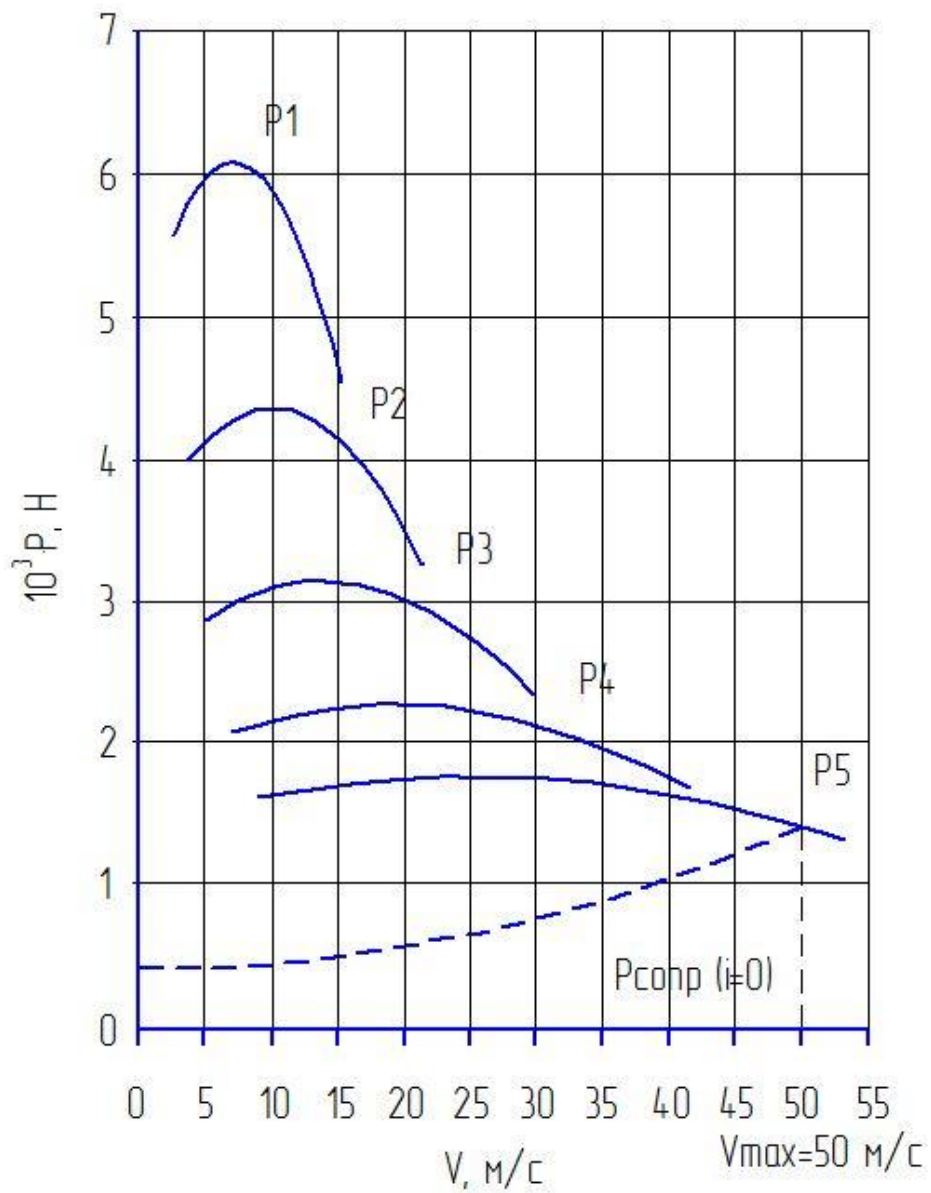


Рисунок А.7 – Тяговый баланс

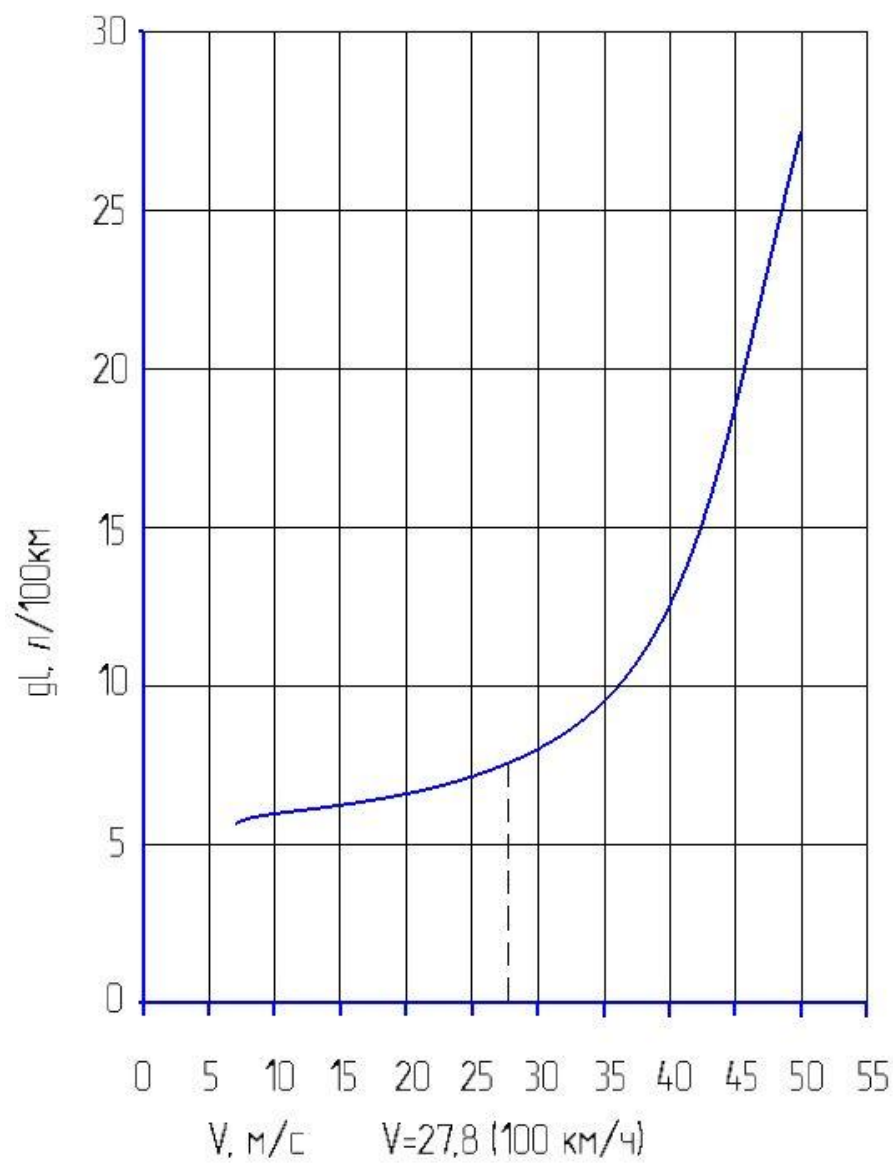


Рисунок А.8 – Топливная экономичность

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Спецификация