

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)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Модернизация задней подвески легкового переднеприводного

автомобиля категории М1

Студент

А.А. Кондрашев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Л.А. Черепанов

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2021

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Модернизация задней подвески легкового переднеприводного автомобиля категории М1».

Пояснительная записка содержит четыре раздела, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 86 страниц с приложениями. Графическая часть содержит 8 листов формата А1, выполненных в универсальной системе автоматизированного проектирования Компас 3D. Проект полностью соответствует выданному заданию.

В качестве конструкторской разработки предложена модернизация задней подвески легкового переднеприводного автомобиля категории М1. В качестве автомобиля прототипа принят автомобиль LADA Granta. Был предложен вариант модернизации амортизатора задней подвески актуальный для массового производства и соответствующий современному уровню развития техники.

ВКР включает в себя четыре раздела.

В первом разделе проведен технико-экономический анализ конструкций подвесок транспортных средств, выполнено обоснование и описание проектируемой конструкции подвески.

Во втором разделе выполнен расчет тягово-динамических характеристик автомобиля, выполнено обоснование компоновочной схемы подвески, определены характеристики демпфирования колебаний и неподрессоренных масс автомобиля.

В третьем разделе рассмотрены вопросы, касающиеся безопасности и экологичности проекта.

В последнем разделе ВКР приведена технико-экономическая эффективность проекта.

Abstract

The topic of the graduation project is: «The modernization of the rear suspension of a passenger front-wheel drive car M1 category».

The explanatory note consists of 4 parts, introduction and conclusion, list of references, appendices, totally 86 pages with appendices. The graphic part is on 8 A1 sheets, which executed in the computer-aided modeling system KOMPAS-3D. The graduation project is fully consistent with the issued assignment.

As a design development we proposed the modernization of the rear suspension of a passenger front-wheel drive car M1 category. The LADA Granta car was adopted as a prototype vehicle. The variant of modernizing the rear suspension shock absorber was proposed. This proposal is relevant for mass production and corresponds to the current level of technology development.

The graduation project consists of four parts.

In the first part, a technical and economic analysis of vehicle suspension structures was carried out. The justification and description of the designed suspension structure was established.

In the second part, the traction and dynamic characteristics of the vehicle was calculated. The substantiation of the suspension layout was carried out, the characteristics of vibrations damping and unsprung masses of the vehicle were determined.

The third part dealt with issues related to the safety and environmental friendliness of the project.

In the last part of the graduation project the technical and economic efficiency of the project were explained.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	8
1.1 Техничко-экономический анализ конструкций подвесок транспортных средств.....	8
1.2 Виды и характеристики подвесок	20
1.3 Описание модернизируемой задней подвески переднеприводного автомобиля категории М1 и обоснование модернизации.....	25
2 Конструкторская часть	28
2.1 Расчет тягово-динамических характеристик автомобиля.....	28
2.2 Определение характеристик демпфирования колебаний и неподрессоренных масс автомобиля.....	37
3 Производственная и экологическая безопасность проекта	43
3.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса ТО-1 подвески автомобиля категории М1	43
3.2 Определение профессиональных рисков.....	45
3.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков.....	46
3.4 Пожарная безопасность	50
3.5 Экологическая безопасность технологического процесса ТО-1 подвески автомобиля категории М1	52
4 Экономическая эффективность проекта.....	54
4.1 Расчет себестоимости модернизированной задней подвески	54
4.2 Точка безубыточности производства подвески	59
4.3 Определение коммерческой эффективности модернизации подвески .	63
4.4 Экономический эффект от модернизации задней подвески.....	67
4.5 Выводы по разделу экономическая эффективность проекта	71
Заключение	72
Список используемой литературы и используемых источников.....	73
Приложение А Графики тягового расчета.....	76
Приложение Б Спецификация	84

Введение

Пандемия коронавирусной инфекции, а также кризисные явления экономики различных стран привели, в том числе к снижению автомобильных рынков. В ведущих странах Европы в среднем снижение автомобильных рынков зафиксировано на уровне на 25-40%. Авторынок Российской Федерации находится в общемировом тренде, но с более лучшей динамикой восстановления. Российский автомобильный рынок за три квартала 2020 года уменьшился на 13,6%. При этом, рост продаж в сентябре 2020 г. к сентябрю 2019 г. составил 4,5%. Производственный сектор демонстрирует более отрицательную динамику, что связано с их остановкой из-за мер, направленных на предотвращение распространения новой коронавирусной инфекции. За 3 квартала 2020 года на территории Российской Федерации было произведено на 25,5% автомобилей меньше, чем за аналогичный период прошлого года. При этом, благодаря мерам государственной поддержки, также, отмечаются признаки восстановления производства, рост производства в сентябре 2020 г. к сентябрю 2019 г. составил 5,5%.

В 2020 году были продлены эффективные меры поддержки спроса на колёсные транспортные средства, в том числе программы «Льготного автокредитования» – с объёмом финансирования 20,5 млрд. рублей, «Льготного лизинга» с объёмом финансирования 10 млрд. рублей, «Доступная аренда» с объёмом финансирования 2,5 млрд. рублей, стимулирование спроса на газомоторную технику с финансированием 3,3 млрд. рублей, опережающие государственные закупки автомобильной техники с финансированием 4,5 млрд. рублей, программа закупки автомобилей скорой медицинской помощи и школьных автобусов с финансированием 15,6 млрд. рублей. Всего благодаря реализации программ стимулирования спроса в 2020 году ожидается реализация порядка 200 тысяч единиц техники.

В условиях падения производства и общесистемного экономического кризиса, вызванного пандемией, в отраслях автомобильной промышленности обеспечивается максимально возможное сохранение высокопроизводительных рабочих мест. Благодаря успешной реализации Правительством Российской Федерации мероприятий по поддержке российской промышленности массовых сокращений на предприятиях автомобилестроения удаётся избежать. Численность персонала на предприятиях автопрома по итогам 8 месяцев 2020 г. составила 279,0 тыс. человек, что только на 3,6% меньше показателя за аналогичный период прошлого года.

«Во время экономического спада часть потенциальных покупателей отказывается от покупки автомобиля по причине отсутствия 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 делает этого ввиду несоответствия предложений на рынке их ожиданиям.

Производители, которые не смогут остановить снижение спроса на свою продукцию, вероятнее всего будут вынуждены существенно сократить свои разработки, уволить часть персонала, что впоследствии 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 большую лояльность и доверие со стороны покупателей» [1].

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

Цель работы: модернизация задней подвески легкового переднеприводного автомобиля категории М1 в целях улучшения его динамических характеристик.

Задачи:

- провести анализ конструкций подвесок транспортных средств,
- выполнить обоснование и описание проектируемой конструкции подвески;
- выполнить расчет тягово-динамических характеристик автомобиля, провести обоснование компоновочной схемы подвески;
- определить характеристики демпфирования колебаний и неподрессоренных масс автомобиля;
- рассмотреть вопросы, касающиеся безопасности и экологичности проекта;
- провести технико-экономическую оценку эффективности проекта.

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, то есть 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» [31].

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

Узлы и детали подвески должны обладать высокой технологичностью, то есть 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» [35].

«Характерной чертой зависимых подвесок (рисунок 1) является наличие связи колес одной оси. При этом изменение положения одного колеса приводит к изменению положения другого, но расстояние между колесами, то есть 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, то есть обеспечивается одно и то же значение дорожного просвета» [2]

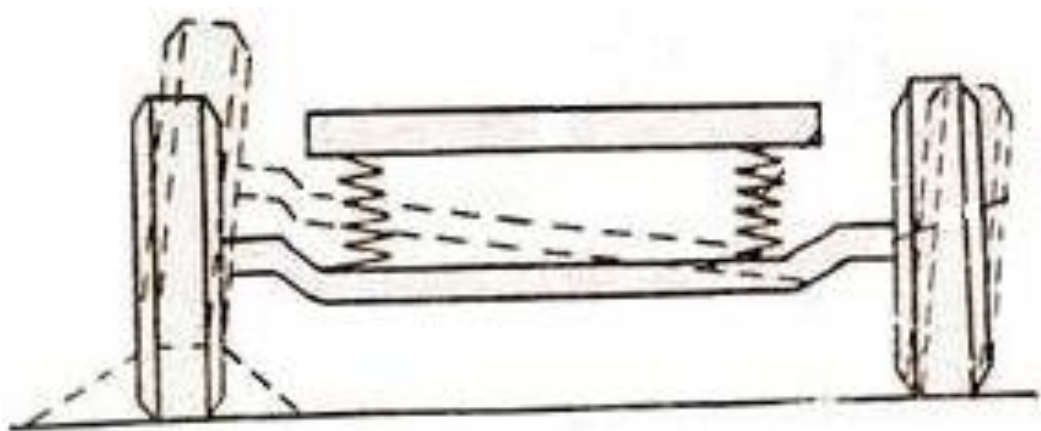


Рисунок 1 – Схема зависимой подвески

«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.

Гораздо более лучшими ездовыми показателями 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 большую 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» [33].

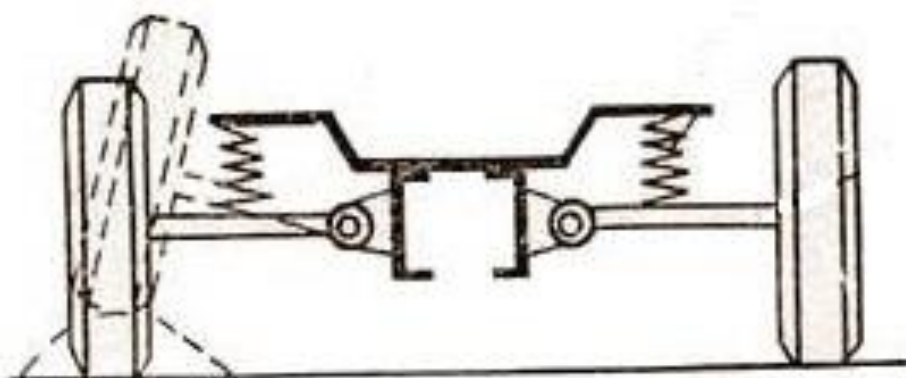


Рисунок 2 – Схема независимой подвески

«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» [3].

«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» [3].

«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» [32].

«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» [3].

«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 и значительно улучшить управляемость в сравнении с предыдущими поколениями» [34].



Рисунок 3 – Подвеска BMW M5

«Еще одним примером использования алюминия в элементах подвески является автомобиль Audi A4 (рисунок 4). Шасси автомобиля настроено на динамичную езду, причем характер управляемости является нейтральным, благодаря применению 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» [4].

Далее рассмотрим наиболее популярные конструкции задней подвески.

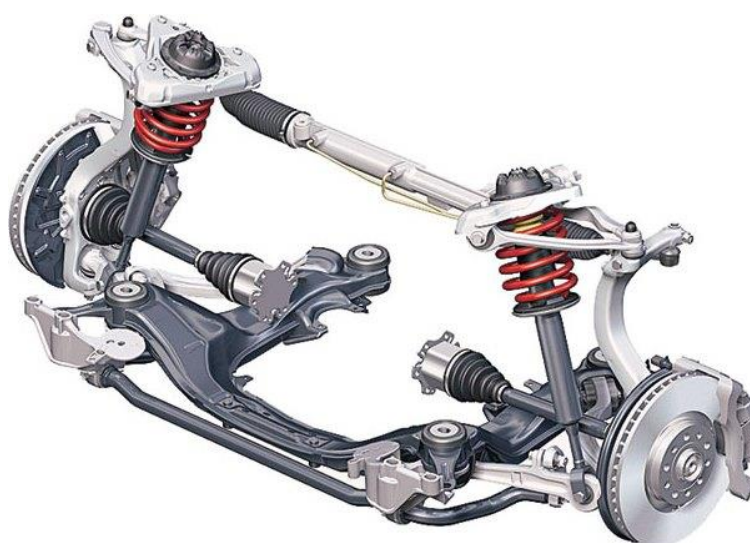


Рисунок 4 – Передняя подвеска Audi A4

«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)» [4].



Рисунок 5 – Зависимая подвеска с тягой Панара

«Для второго исполнения характерно расположение узла трансмиссии непосредственно на кузове (раме), то есть 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» [4].

«Значительное распространение также получила конструкция известная как подвеска Чепмэна (рисунок 6), являющаяся по сути вариацией подвески МакФерсон. 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, несомненно, будут превышать таковые у зависимых и полузависимых подвесок» [5].



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» [5].

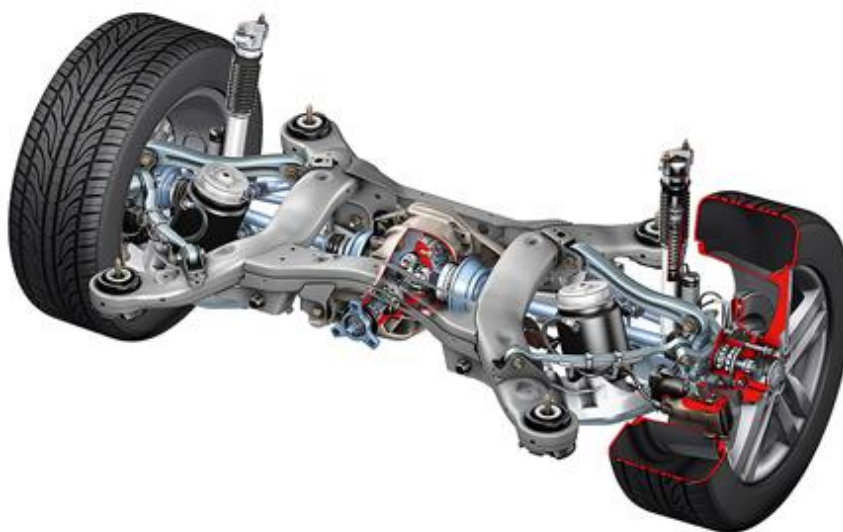


Рисунок 7 – Задняя многорычажная подвеска

«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 8), 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» [6].



Рисунок 8 – Полузависимая задняя подвеска

«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» [5].

Также рассмотрим 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» McPherson (рисунок 9)» [7].



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.

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» [7].



Рисунок 10 – Подвеска на двойных поперечных рычагах

«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» [7].

1.2 Виды и характеристики подвесок

Существует огромное множество разнообразных конструкций подвесок, которые классифицируются следующим образом:

- в зависимости от типа направляющего аппарата – зависимые, независимые подвески;
- в зависимости от типа упругих элементов (пружинная подвеска, торсионная подвеска, рессорная подвеска, пневматическая подвеска и так далее).

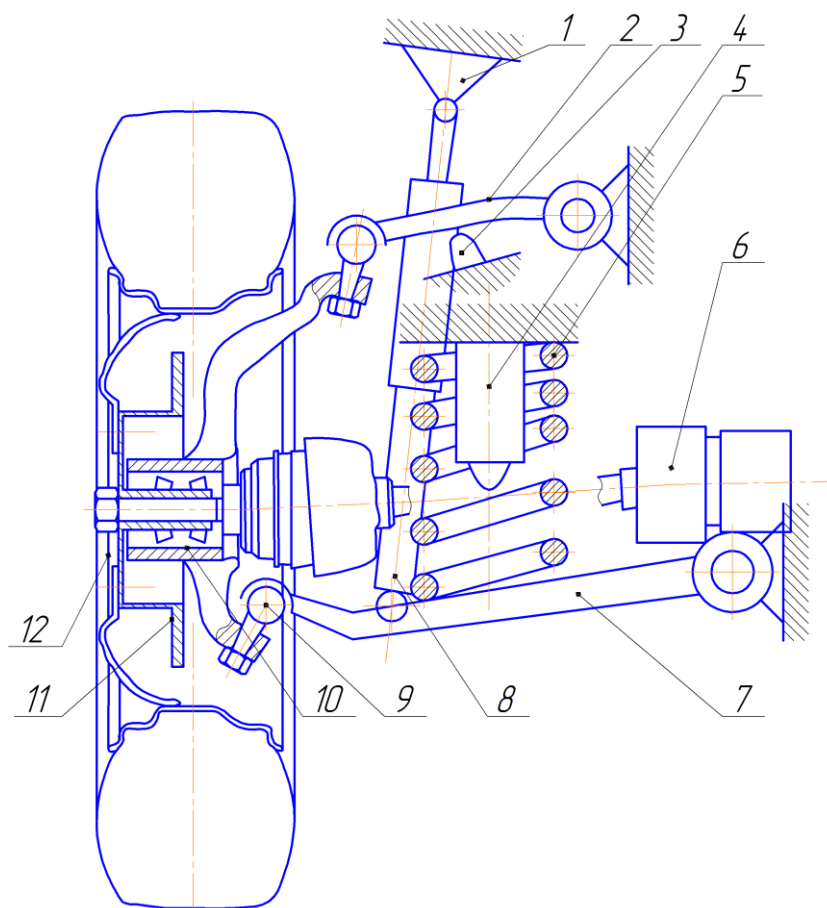
Каждый тип подвески обладает своими недостатками и преимуществами. Так, к примеру, зависимая подвеска конструктивно проще, дешевле, обладает постоянной колеей, однако балка не является поддресоренной, поэтому назвать лёгкой эту подвеску нельзя.

Также необходимо отметить, что при противоположных ходах левого и правого колёс одной оси, наблюдается значительный их наклон, следствием чего являются явление автоколебания колёс.

Передняя независимая подвеска обычного полноприводного автомобиля представлена на рисунке 11.

Для того, чтобы разобраться в работе и совершенствовании подвесок автомобилей, необходимо рассмотреть схемы и работу простых автомобилей.

Передняя подвеска независимая, бесшкворневая, со стабилизатором поперечной устойчивости. Тип и конструкция подвески обеспечивают плавность хода и устойчивость автомобиля при высокой скорости.

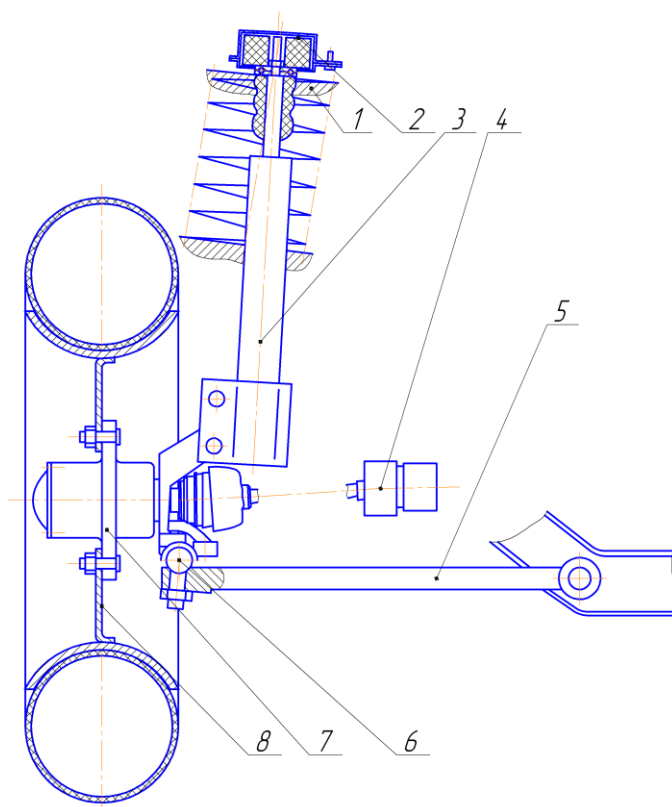


- 1 – кузов автомобиля; 2 – верхний рычаг; 3, 4 – буфер; 5 – пружина; 6 – ШРУС;
7 – нижний рычаг; 8 – амортизатор; 9 – шаровая опора; 10 – ступица колеса;
11 – диск тормозной; 12 – колесо

Рисунок 11 – Принципиальная схема передней подвески полноприводного автомобиля (независимая двухрычажная)

Направляющее устройство подвески предназначено для определения характера движения колеса относительно дороги и кузова и передает силы и моменты от колеса к кузову. К этому устройству относятся верхний 2 и нижний 7 рычаги подвески и шарнирно связанный с ними поворотный кулак со ступицей 10.

Кинематическую схему передней независимой подвески переднеприводного автомобиля можно представить в виде рисунка 12.



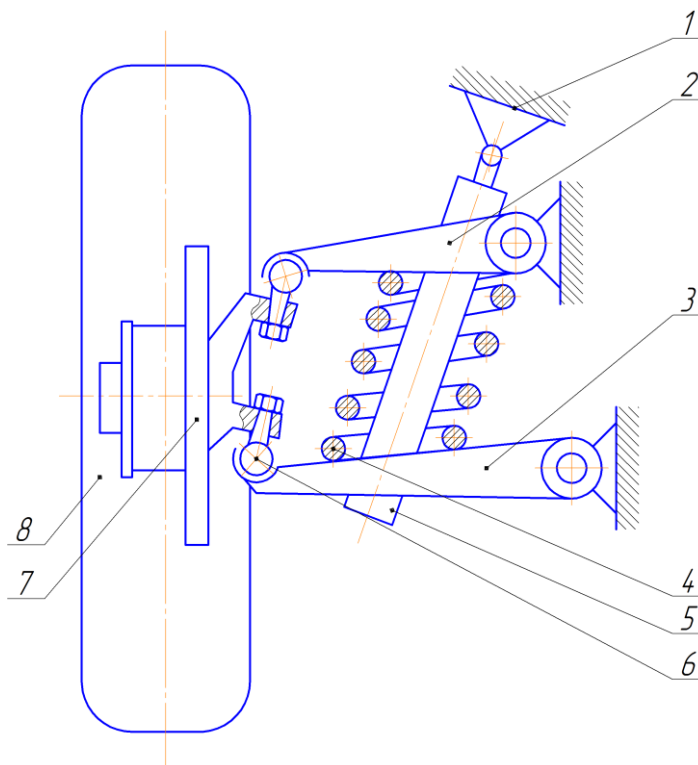
1 – кузов автомобиля; 2 – опорный подшипник; 3 – стойка; 4 – ШРУС; 5 – нижний рычаг; 6 – шаровая опора; 7 – ступица колеса; 8 – колесо

Рисунок 12 – Принципиальная схема передней подвески переднеприводного автомобиля (независимая однорычажная)

«Передняя подвеска переднеприводных легковых автомобилей (рисунок 12) – независимая, телескопическая, с амортизаторными стойками и стабилизатором поперечной устойчивости. Амортизаторная (телескопическая) стойка 3 нижним концом соединена с поворотным кулаком при помощи штампованного клеммового кронштейна и двух болтов.

Верхний болт с эксцентриковой шайбой является регулировочным. С его помощью регулируется развал переднего колеса, так как при повороте болта изменяется положение поворотного кулака относительно амортизаторной стойки» [6].

Кинематическую схему передней рычажной подвески можно представить в виде рисунка 13.



1 – кузов автомобиля; 2 – верхний рычаг; 3 – нижний рычаг; 4 – пружина;
6 – шаровая опора; 7 – ступица; 8 – колесо

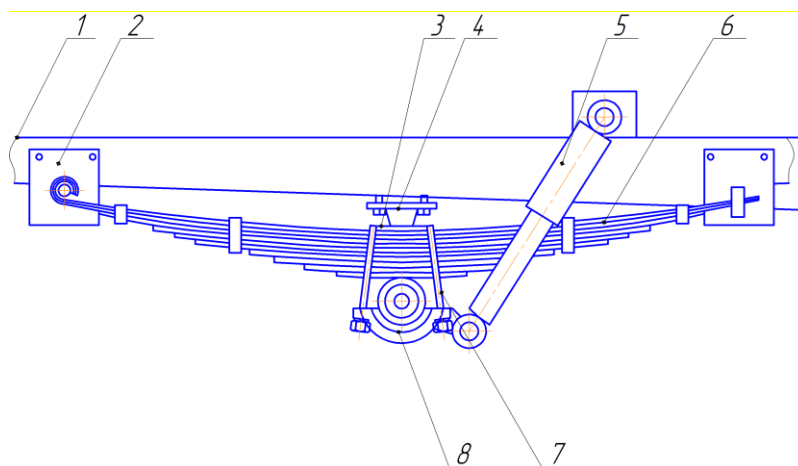
Рисунок 13 – Принципиальная схема передней рычажной подвески заднеприводного автомобиля (независимая двухрычажная)

Подвеска заднеприводного автомобиля обычно рычажная с верхним 2 и нижним 3 рычагами. Имеет две шаровые опоры 6.

Кинематическую схему передней рессорной подвески можно представить в виде рисунка 14.

Данная подвеска зависимая. Обычно применяется на полноприводных рамных автомобилях.

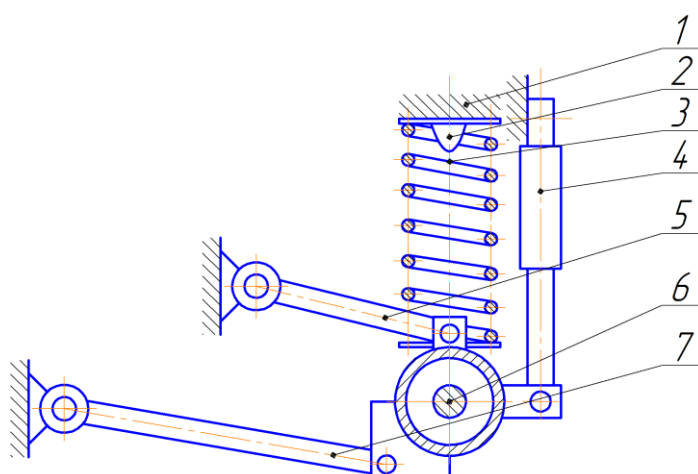
Подвеска автомобиля состоит из четырех продольных полуэллиптических рессор, работающих совместно с гидравлическими телескопическими амортизаторами двухстороннего действия.



1 – рама автомобиля; 2 – кронштейн; 3 – накладка; 4 – буфер; 5 – амортизатор;
6 – рессора; 7 – стремянка; 8 – подкладка

Рисунок 14 – Принципиальная схема передней рессорной подвески полноприводного автомобиля (зависимая)

Заднюю зависимую подвеску полноприводного автомобиля можно представить в виде схемы (рисунок 15).



1 – кузов автомобиля; 2 – буфер; 3 – пружина; 4 – амортизатор; 5 – верхняя штанга;
6 – задний мост; 7 – нижняя штанга

Рисунок 15 – Принципиальная схема задней зависимой подвески полноприводного автомобиля (зависимая)

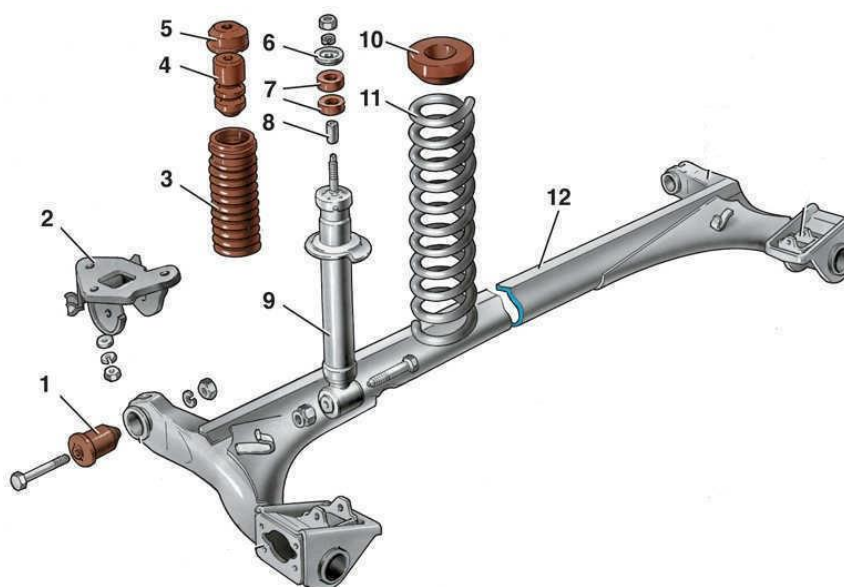
«Задняя подвеска полноприводного автомобиля зависимая, включает в себя направляющее устройство, упругие элементы и устройства, гасящие колебания кузова. Балка заднего моста связана с кузовом шарнирно при помощи реактивных штанг – двух нижних 7 (рисунок 5) и двух верхних 5 продольных и одной поперечной штангой. Продольные штанги передают толкающие и тормозные усилия от ведущих колес через балку заднего моста на кузов. Поперечная штанга удерживает кузов от боковых смещений. Реактивные штанги прикреплены к кронштейнам кузова и балке заднего моста через резинометаллические шарниры, которые конструктивно выполнены одинаково и отличаются только размерами» [6].

1.3 Описание модернизируемой задней подвески переднеприводного автомобиля категории М1 и обоснование модернизации

В соответствии с заданием на ВКР, в работе проводится модернизация задняя подвеска легкового переднеприводного автомобиля категории М1 (рисунок 16). Выбираем среди автомобилей LADA наиболее подходящую модель – LADA Granta.

По данным пресс-службы АО «АВТОВАЗ» наиболее продаваемой моделью LADA в апреле 2021 года стала Granta с результатом в 14050 автомобилей; на втором месте расположилась LADA Vesta, ее продажи составили 11 178 автомобилей, на третьем месте – LADA Largus с результатом 4 347 автомобилей (совокупные результаты продаж легковых универсалов и коммерческих фургонов). В целях поддержания постоянного потребительского спроса необходимо проводить постоянное улучшение потребительских свойств автомобиля. Это и послужило толчком для модернизации задней подвески автомобиля LADA Granta.

Конструкция задней подвески LADA Granta проста, надежна и распространена на большинстве моделей LADA.



1 – шарниры; 2 – кронштейны; 3 – кожух; 4 – буфер хода сжатия; 5 – крышка кожуха амортизатора; 6 – шайба; 7 – подушка; 8 – втулка; 9 – амортизатор; 10 – прокладка; 11 – пружина; 12 – рычаги

Рисунок 16 – Устройство 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 в 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» [10].

«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 случае приведет к значительному удорожанию данной подвески и может оказаться экономически необоснованным ввиду позиционирования автомобиля как бюджетного. Также принимая во внимание, что большинство 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» [10].

Вывод по разделу.

В данном разделе работы проведен обзор конструкций подвесок транспортных средств, их виды и характеристики, также проведен технико-экономический анализ конструкций подвесок и описана конструкция подвески, которую в рамках дипломного проекта планируется модернизировать.

В качестве конструкторской разработки данного дипломного проекта предлагается улучшение управляемости и курсовой устойчивости за счет оптимизации характеристики упругого элемента – демпфера.

2 Конструкторская часть

2.1 Расчет тягово-динамических характеристик автомобиля

Общий вид автомобиля LADA Granta представлен на рисунке 17.

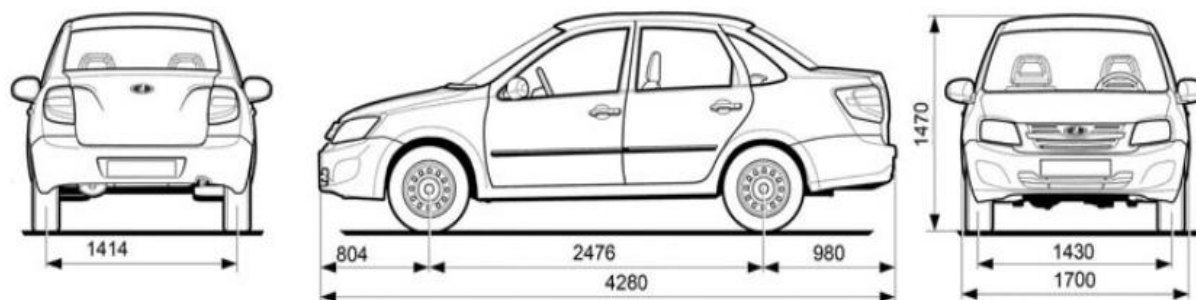


Рисунок 17 – Общий вид автомобиля LADA Granta

В таблице 1 представлены технические характеристики автомобиля LADA Granta.

Таблица 1 – Технические характеристики автомобиля LADA Granta

Параметр	Значение
Привод колес	передний привод
Количество мест	5
Количество передач трансмиссии	5
КПД трансмиссии ($\eta_{тр}$)	0,9
Шина	185/65 R14
Максимальная скорость, км/ч (V_a)	180
Масса транспортного средства, кг (m_a)	1088
Коэффициент аэродинамического сопротивления, C_x	0,32
Коэффициент сопротивления качению, f_0	0,012
Преодолеваемый уклон, i	0,3
Обороты ДВС, об/мин. (ω):	
– минимальные	1000
– максимальные	6000
– номинальные	5600

Рассчитываем полную массу и вес автомобиля:

$$m = m_a + 75 \cdot n + 10 \cdot n, \quad (1)$$

где n – число посадочных мест автомобиля.

$$m = 1060 + 75 \cdot 5 + 10 \cdot 5 = 1485 \text{ кг.}$$

Рассчитываем вес автомобиля:

$$G_{\text{сеп}} = m \cdot g, \quad (2)$$

$$G_{\text{сеп}} = 1485 \cdot 9,81 = 14553 \text{ Н.}$$

«Для переднеприводной компоновки с силовым агрегатом расположенным спереди распределение массы по осям будет происходить в отношении 60/40 для передней и задней оси соответственно» [20].

Для автомобиля LADA Granta в абсолютных величинах развесовка будет составлять 855 кг/570 кг.

«Рассчитываем коэффициент обтекаемости:

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2}, \quad (2)$$

где ρ – плотность воздуха» [8].

$$k = \frac{0,37 \cdot 1,293}{2} = 0,24.$$

Рассчитываем радиус качения колеса для шины 185/65 R14:

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (3)$$

$$r_k = 0,5 \cdot 14 \cdot 25,4 + 0,86 \cdot 185 \cdot 0,65 = 281,2 \text{ мм.}$$

«Рассчитываем лобовую площадь автомобиля [8]:

$$F = 0,8 \cdot B_r \cdot H_r, \quad (4)$$

где B_r и H_r – соответственно габаритная ширина и высота автомобиля» [8].

$$F = 0,8 \cdot 1,7 \cdot 1,5 = 2,04 \text{ м}^2.$$

Рассчитываем коэффициент дорожного сопротивления:

$$\psi_v = f = f_{k0} \cdot \left(1 + \frac{v_{\max}^2}{2000} \right) \quad (5)$$

$$\psi_v = 0,012 \cdot \left(1 + \frac{180^2}{2000} \right) = 0,026.$$

«Рассчитываем передаточное отношение главной передачи:

$$U_{ГП} = \frac{\omega_{\max} \cdot r_k}{v_{\max} \cdot U_{КП}}, \quad (6)$$

где $U_{КП}$ – передаточное отношение высшей передачи, принимается равным 0,78» [8].

$$U_{ГП} = \frac{586 \cdot 273}{48,6 \cdot 0,78} = 4,2.,$$

«Для легковых автомобилей коэффициент суммарного дорожного сопротивления назначают равным коэффициенту качения при максимальной скорости, то есть максимальная скорость развивается только на горизонтальной дороге» [8].

$$N_v = \frac{1}{\eta_{мп}} \cdot (G_a \cdot \psi_v \cdot v_{\max} + k \cdot F \cdot v_{\max}^3), \quad (7)$$

$$N_v = \frac{1}{0,9} \cdot (14553 \cdot 0,026 \cdot 48,6 + 0,24 \cdot 2,04 \cdot 48,6^3) = 83,6 \text{ кВт.}$$

«Рассчитываем максимальную мощность двигателя:

$$N_e^{\max} = \frac{N_v}{a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3}, \quad (8)$$

где a, b, c – эмпирические коэффициенты, принимаются равными 1;

λ – отношение максимальных оборотов двигателя к оборотам двигателя при максимальной мощности» [8].

$$\lambda = \frac{\omega_{\max}}{\omega_N}, \quad (9)$$

$$\lambda = \frac{6000}{5600} = 1,071.$$

$$N_e^{\max} = \frac{83,6}{1,071 + 1,071^2 - 1,071^3} = 84,48 \text{ кВт.},$$

Рассчитываем внешнюю скоростную характеристику силового агрегата с учетом оборотов [8]:

$$N_e = N_e^{\max} \cdot \left[\frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right], \quad (10)$$

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}. \quad (11)$$

Строим графики (Приложение А – рисунок А.1).

Передаточные числа коробки передач.

«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» [8].

$$G_{сц} \cdot \varphi \geq \frac{M_{e\max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП} \cdot U_1}{r_k} \geq G_a \cdot \psi_{\max} \cdot \quad (12)$$

Тогда для первой передачи U_1 справедливо:

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

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

Для первой передачи принимаем $U_1 = 2,23$.

Зная U_1 находим передаточные числа для остальных передач по формулам:

$$U_2 = \sqrt[3]{U_1^2}, \quad (14)$$

$$U_3 = \sqrt[3]{U_1}, \quad (15)$$

$$U_4 = 1, \quad (16)$$

$$U_5 = 0,6..0,8. \quad (17)$$

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

Подставляя значения в остальные формулы получаем: $U_2 = 1,7$, $U_3 = 1,3$, $U_5 = 0,78$.

Тяговый баланс автомобиля.

«Уравнение тягового баланса автомобиля:

$$P_T = P_d + P_B + P_{II}, \quad (18)$$

где P_T – тяговая сила автомобиля;

P_d – сила дорожного сопротивления;

P_B – сила сопротивления воздуха;

P_{II} – сила сопротивления разгону автомобиля» [8].

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \quad (19)$$

$$P_d = P_{II} + P_f, \quad (20)$$

$$P_{II} = G_a \cdot \sin \alpha, \quad (21)$$

$$P_f = G_a \cdot \cos \alpha \cdot f, \quad (22)$$

$$P_B = k \cdot F \cdot v^2. \quad (23)$$

Связываем скорость и силу тяги автомобиля:

$$v_a = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_k \cdot U_0} \Rightarrow P_T = \frac{\omega_e \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{v_a}. \quad (24)$$

При помощи этой связи можно построить графики зависимости силы тяги от скорости автомобиля (Приложение А, рисунок А.7).

Динамическая характеристика автомобиля.

«Динамическим фактором автомобиля называют отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля» [8].

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a}. \quad (25)$$

«Определяем связь динамической характеристики и сопротивления со стороны дороги:

$$D = \psi + \frac{j}{g} \cdot \delta_{ep}, \quad (26)$$

где ψ – коэффициент сопротивления дороги;

j – ускорение автомобиля;

δ_{ep} – коэффициент учета вращающихся масс» [8].

Рассчитав динамический фактор автомобиля на всех передачах строим его графики (Приложение А, рисунок А.2).

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

$$j = \frac{(D - \psi) \cdot g}{\delta_{ep}}, \quad (27)$$

где δ_{ep} – коэффициент учета вращающихся масс, зависит от вращающихся масс двигателя и колес.

$$\delta_{ep} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2), \quad (28)$$

где δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес;

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс двигателя» [8].

«Принимаем коэффициенты в соответствии со справочными значениями: $\delta_1 = \delta_2 = 0,03$, $\delta_{epI} = 3,7$, $\delta_{epII} = 2,58$, $\delta_{epIII} = 1,93$, $\delta_{epIV} = 1,54$, $\delta_{epV} = 1,35$ » [13].

Производим расчет и строим графики ускорения в зависимости от скорости движения автомобиля на различных передачах (Приложение А, рисунок А.3).

Расчет времени и пути разгона.

Для нахождения времени разгона автомобиля необходимо задаться обратными ускорениями $1/j$ автомобиля.

«Проинтегрировав данные графики, можно рассчитать время разгона в зависимости от скорости автомобиля. Точки переключения передач следует взять в местах пересечения графиков» [8].

Расчет ведем по следующим формулам:

«Рассчитываем время разгона:

$$\Delta t = \frac{1}{j_a} \Delta v, \quad (29)$$

$$t = \sum \Delta t_i. \quad (30)$$

Рассчитываем путь разгона:

$$ds = v_a \cdot dt, \quad (31)$$

$$\Delta s = v_a \cdot \Delta t, \quad (32)$$

$$s = \sum s_i^t. \quad (33)$$

Строим графики (Приложение А, рисунки А.4, А.5).

Мощностной баланс автомобиля.

«По аналогии с уравнением тягового баланса автомобиля записывается уравнение мощностного баланса автомобиля:

$$N_T = N_e - N_{mp} = N_f + N_{II} + N_B + N_{II}, \quad (34)$$

где N_e – тяговая мощность, мощность подводимая к ведущим колесам;

N_{mp} – мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии;

N_f – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качения колес;

N_{Π} – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему;

N_B – мощность, затраченная на преодоление силы сопротивления воздуха;

N_{II} – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля» [8].

С помощью мощностного баланса находим сопротивления, которые может преодолеть автомобиль на любой скорости. Решение уравнения (33) производится графическим способом (Приложение А, рисунок А.6).

Топливо-экономическая характеристика автомобиля.

«Путевой расход топлива на 100 км пути выражается через удельный эффективный расход топлива [8].

$$g_{\Pi} = \frac{g_e \cdot N_e}{36 \cdot \rho_T \cdot v}, \quad (35)$$

где ρ_T – плотность топлива, для бензина принимаем 0,72 кг/л;

v – скорость автомобиля» [8].

Эффективность мощности может быть выражена из мощностного баланса.

$$g_{\Pi} = \frac{g_e}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}} \cdot (P_D + P_B + P_{II}), \quad (36)$$

«Точный расход топлива в определенных условиях может быть рассчитан благодаря исходя из нагрузочной характеристики двигателя, которая может быть определена только благодаря эксперименту» [22].

«Экспериментальных данных нет, поэтому воспользуемся следующей формулой:

$$g_e = k_{CK} \cdot k_H \cdot g_{e\min} \cdot 1,1, \quad (37)$$

где « k_{CK} и k_H – коэффициенты, учитывающие соответственно изменения величины g_e в зависимости от ω_e двигателя [8];

$g_{e\min}$ – минимальный удельный расход топлива, принимаем равным 290 г/кВт·ч.» [8].

Учитывая $P_H = 0$ для равномерного движения, получаем:

$$g_{\Pi} = \frac{k_{CK} \cdot k_H \cdot g_{e\min} \cdot 1,1 \cdot (P_D + P_B)}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}}. \quad (38)$$

«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 $\alpha = 0$ » [8].

Строим график (Приложение А, рисунок А.8).

2.2 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 18)» [11].

На основании условий, изображенных на рисунке 18, происходит проверка амортизатора на соответствие его условиям долговечности. Подтверждение осуществляется при скорости перемещения штока 0,105 м/с и 0,314 м/с.

Проводим расчет среднего коэффициента демпфирования:

$$K_A = \frac{F_{сж} + F_{отб}}{2 \cdot v}, \quad (39)$$

где $F_{сж}$ – усилие амортизатора на ходе сжатия;

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

v – скорость движения штока амортизатора» [9].

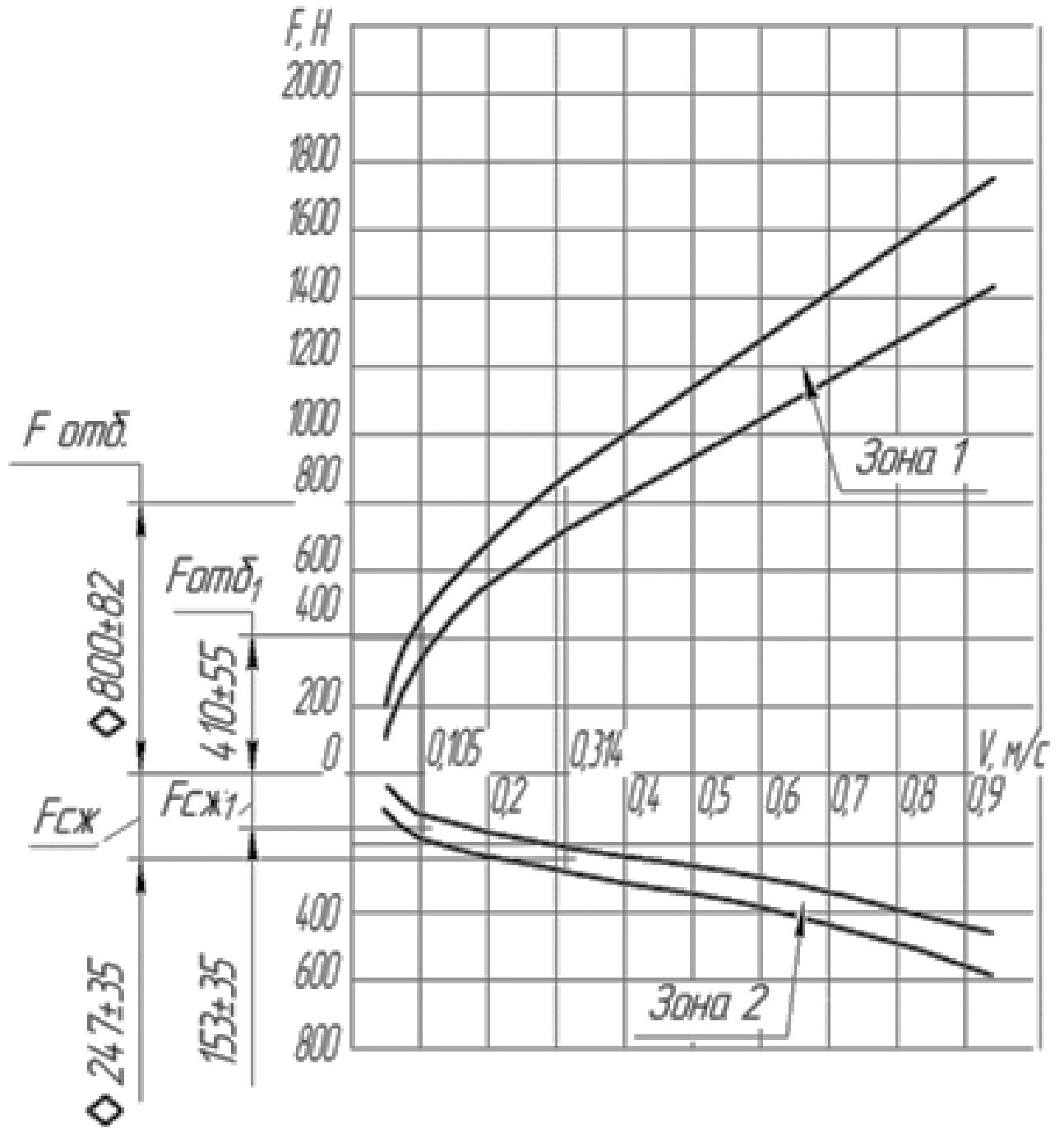


Рисунок 18 – Скоростная характеристика амортизатора задней подвески автомобиля LADA Granta

Рассчитываем средний коэффициент демпфирования [12]:

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

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

В виду того, что передаточное отношение демпфирующего элемента в настоящем исполнении подвески равно единице, уточнение коэффициентов демпфирования относительно колеса не требуется.

Значение коэффициента демпфирования:

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

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

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

$$\psi_{\Pi} = \frac{K}{2 \cdot \sqrt{m_{\Pi} \cdot C_z}}, \quad (40)$$

где K – коэффициент демпфирования в отношении колеса;

m_{Π} – подрессоренная масса, которая приходится на одно колесо;

C_z – «вертикальная жесткость задней подвески» [9].

$$\psi_{\Pi D} = \frac{K_D}{2 \cdot \sqrt{m_{\Pi} \cdot C_z}}, \quad (41)$$

$$\psi_{\Pi D} = \frac{2681}{2 \cdot \sqrt{348 \cdot 23536}} = 0,45 \text{ – для дроссельного режима}$$

$$\psi_{\Pi K} = \frac{K_K}{2 \cdot \sqrt{m_{\Pi} \cdot C_z}}, \quad (42)$$

$$\psi_{ПК} = \frac{1667}{2 \cdot \sqrt{348 \cdot 23536}} = 0,28 \text{ – для клапанного режима}$$

«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.

Как видно из расчета значение коэффициента для дроссельного режима не укладывается в данные значения. В то же время клапанный режим укладывается. Для лучшего отработывания демпфером крупных дорожных нервноностей примем коэффициент для клапанного режима равным 0,3 и определим требуемый средний коэффициент демпфирования» [9, 12].

«Рассчитываем средний коэффициент демпфирования:

$$K_K = \psi_{ПК} \cdot (2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_z}), \quad (43)$$

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

При работе демпфера на отбой усилие в нем может быть значительным, следовательно, лучшим вариантом увеличения значения среднего коэффициента демпфирования является увеличение усилия на сжатие» [9].

Рассчитываем целевое значение усилия на сжатии:

$$K_{КА} = \frac{F_{сж} + 800}{2 \cdot 0,314} = 1830 \text{ Н} \cdot \text{с/м}. \quad (44)$$

Тогда, значение усилия на сжатие будет определяться по формуле:

$$F_{сж} = (K_{КА} \cdot 2 \cdot v) - F_{отб}, \quad (45)$$

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

«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» [25].

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

$$C_d = a^3 \cdot y, \quad (46)$$

где a – толщина диска клапана сжатия;

y – коэффициент, зависящий от конструкции диска клапана сжатия» [9].

Для того чтобы определить вышеназванный коэффициент потребуется значительное количество различной специфической информации, которая зачастую является коммерческой тайной производителя.

Рассчитываем жесткость базовой конструкции» [9]:

$$C_{СЖ} = C_{d1} + C_{d2} + C_{d3}, \quad (47)$$

$$C_{СЖБ} = 0,1^3 \cdot y + 0,1^3 \cdot y + 0,1^3 \cdot y = 0,003 \cdot y.$$

Изменение толщины дисков приводит к изменению пропускающей способности клапана, следовательно, к увеличению или уменьшению жесткости демпфера на сжатие. Увеличим толщину одного диска клапана сжатия с 0,1 мм до 0,12 мм:

$$C_{СЖП} = 0,1^3 \cdot y + 0,1^3 \cdot y + 0,12^3 \cdot y = 0,0037 \cdot y.$$

Рассчитываем увеличение жесткости амортизатора в сравнении с базовой конструкцией:

$$\frac{C_{сжП}}{C_{сжБ}} = \frac{0,0037 \cdot y}{0,003 \cdot y} = 1,243. \quad (48)$$

Рассчитываем усилия сжатия модернизируемого амортизатора по сравнению с базовым:

$$F_{сжП} = 1,243 \cdot F_{сжБ}, \quad (49)$$

$$F_{сжП} = 1,243 \cdot 247 = 306,9 \text{ Н.}$$

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

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

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

Вывод по разделу.

В рамках выполнения раздела был проведен тягово-динамический расчет характеристик автомобиля с построением соответствующих графиков (внешняя скоростная характеристика, тяговых качеств, динамический фактор, пути, времени разгона, ускорения, а также топливной экономичности).

Также определены характеристики демпфирования колебаний и неподрессоренных масс автомобиля, по результатам которого делаем вывод, что выбранное значение коэффициента относительного демпфирования колебаний подрессоренной массы соответствует значению, посчитанному по формуле (40). Спецификация на заднюю подвеску для удобства размещается в Приложение Б (рисунки Б.1, Б.2).

3 Производственная и экологическая безопасность проекта

3.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса ТО-1 подвески автомобиля категории М1

В общем случае термин «безопасность» понимается как система «человек-машина-среда» в работе которой необходимо сохранить условие, при котором возникновение аварий устраняется с некоторой вероятностью.

В мире, особенно в последние годы, наблюдается интенсивный рост опасных процессов. С одной стороны, это опасные природные явления и стихийные бедствия, с другой стороны – техногенные аварии и катастрофы. За последние полвека число опасных стихийных бедствий увеличилось примерно в три раза, а ущерб от них – десять. При этом следует отметить, что процессы опасных природных явлений во многом связаны с деятельностью человека: деградация природной среды в результате сокращения лесного покрова, выбросов, изменения режимов природной воды, загрязнение воды и так далее.

Сокращение числа профессиональных заболеваний, контролируя возрастные пороги ограничений, перемещая персонал по смежным профессиям, согласно графику, информированность персонала и разбор причин повлекших аварию, развитие профессиональной (легкий труд), и медицинской реабилитации пострадавших на производстве, первоочередные задачи руководства предприятием и правительства страны, в целом.

Безопасность жизнедеятельности, это основа всех аспектов безопасности (пожарная безопасность, безопасность на воде, безопасность при общении с электричеством, экономическая безопасность, безопасность труда и так далее). Изучение и систематизация окружающих нас потенциальных опасностей формирует рефлекторно безопасное поведение,

общую грамотность в вопросе безопасности, привычку к безопасному поведению.

Дальнейшее развитие данного вопроса, призвано изменить отношение руководителей разного звена и исполнителей, к требованиям и рекомендациям охраны труда, сохраняющей нам жизнь и здоровье.

В автомобильном транспорте данная проблема весьма актуальна, так как автомобиль сам по себе является транспортным средством повышенной опасности. Обслуживание же и ремонт автомобиля так же требуют концентрации внимания на технике безопасности.

«Паспорт безопасности содержит доступную, краткую и самое важное достоверную информацию, достаточную для принятия потребителем необходимых мер по обеспечению защиты здоровья людей и их безопасности на рабочем месте, охране окружающей среды на всех стадиях жизненного цикла, в том числе утилизацию» [27].

В таблице 2 представлен паспорт безопасности на технологический процесс ТО-1 подвески автомобиля категории М1

Таблица 2 – Паспорт безопасности на технологический процесс ТО-1 подвески автомобиля категории М1

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс	Технологическое оборудование, приспособления, необходимые для обеспечения технологического процесса	Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса
ТО-1 подвески автомобиля категории М1	1. Установка автомобиля на пост. 2. Проверить защитных колпачков, гофр, отбойников, рычагов, состояние шаровых опор. 3. Проверить отсутствие подтеков масла из амортизаторов. 4. Подтянуть	Слесарь по ремонту автомобилей 4 разряда	Ключ 02.7812-9500, ключ А500 88 или головки сменные с шарниром и удлинителем из набора № ЗГУ2, вороток, трехточечный ключ, накидные ключи 13, 14, 17, ключи моментные	Защитные хлопчатобумажные перчатки, спецодежда, спецобувь

Продолжение таблицы 2

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс	Технологическое оборудование, приспособления, необходимые для обеспечения технологического процесса	Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса
	крепление узлов и агрегатов со стороны моторного отсека. 5. Проверка целостности пружин передней подвески. 6. Проверить жесткость пружин передней подвески. 7. Проверить состояние резиновых втулок рычагов передней подвески. 8. Убрать автомобиль с поста			

3.2 Определение профессиональных рисков

«Процесс определения профессиональных рисков включает в себя процедуру обнаружения, выявления опасных и вредных производственных факторов (далее – О и ВПФ) согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и установления их временных, количественных и других характеристик, в целях разработки комплекса предупреждающих мероприятий в целях обеспечения безопасности труда» [27].

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
1. Установка автомобиля на пост. 2. Проверить защитных колпачков, гофр, отбойников, рычагов, состояние шаровых опор. 3. Проверить отсутствие подтеков масла из амортизаторов. 4. Подтянуть крепление узлов и агрегатов со стороны моторного отсека. 5. Проверка целостности пружин передней подвески. 6. Проверить жесткость пружин передней подвески. 7. Проверить состояние резиновых втулок рычагов передней подвески. 8. Убрать автомобиль с поста	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов»	Детали, узлы, агрегаты автомобиля
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Агрегаты автомобиля
	Повышенный уровень шума	Автомобиль
	Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от транспорта
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [17].
	«Монотонность труда, вызывающая монотонию»	Однообразно повторяющиеся технологические операции при техническом обслуживании» [15].

3.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Основные мероприятия по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков:

а) «проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ).

СОУТ позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:

- 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;

- 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - 3) установить работникам компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [27];
- б) обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
 - в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
 - г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствии с действующими нормами;
 - д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;
 - е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
 - ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда

компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;

- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов» [26].

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии» [27]	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования; – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026; – обеспечение дистанционного управления оборудованием – уменьшение величины шума на пути его распространения» [27]; – снижение шума в источнике; – проведение лечебно-профилактических мероприятий; – организационно-технические мероприятия (использование современных менее шумных технологических процессов и машин, – оснащение шумных машин	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)

Продолжение таблицы 4

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
Повышенный уровень шума	<p>средствами дистанционного управления и автоматического контроля;</p> <ul style="list-style-type: none"> – контроль за уровнем шума и своевременное устранение его причин; – введение целесообразных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях); – архитектурно-планировочные меры – уменьшение шума еще на стадии проектирования промышленных зданий сооружений; – формирование зон защищенных от шума, целесообразное размещение оборудования рабочих мест, – акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов 	Противошумные: наушники, закрывающие ушную раковину снаружи, вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход;
Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительного освещения на рабочем месте рабочего.	–
	Контроль за параметрами освещенности при помощи специального прибора люксметра-пульсметра	
Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>«Для предупреждения развития утомления, функционального перенапряжения и функциональных скелетно-мышечных нарушений работающих факторы трудового процесса, характеризующие тяжесть физического труда, не должны превышать допустимые величины и отвечать требованиям Руководства Р2.2.2006-05.</p> <p>В целях профилактики развития утомления, перенапряжения и развития скелетно-мышечных заболеваний существенное значение имеет соответствие конструкции используемого производственного оборудования, ручного инструмента и так далее современным требованиям эргономики, антропометрическим данным, физиологическим и психологическим возможностям работающего человека» [27]</p>	–

Продолжение таблицы 4

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
<p>Монотонность труда, вызывающая монотонию</p>	<p>– расширение круга обязанностей;</p> <p>– усложнение работы или обогащение такими функциями и обязанностями, которые способны сыграть роль стимулов для того или иного сотрудника;</p> <p>– руководитель должен установить режим и график работы сотрудников.</p> <p>обратить внимание на социальные и физические условия труда: уровень шума в помещении, цветовая гамма помещения, освещение.</p> <p>Правильное оформление помещений требует логического соответствия формы и цвета</p>	

3.4 Пожарная безопасность

«Пожарная безопасность – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

Требования пожарной безопасности – специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом» [23].

Каждый работник обязан:

- «знать и соблюдать требования правил пожарной безопасности и инструкций о мерах пожарной безопасности, действующих на предприятии;

- при приеме на работу пройти вводный противопожарный инструктаж;
- до начала самостоятельной работы пройти первичный противопожарный инструктаж на рабочем месте;
- не реже одного раза в полгода проводить повторный противопожарный инструктаж и при необходимости проводить внеплановый и целевой противопожарные инструктажи;
- соблюдать меры предосторожности при использовании средств бытовой химии, газовых приборов, проведении работ с легковоспламеняющимися и горючими веществами, материалами;
- при возникновении пожара немедленно сообщить об этом в пожарную охрану, непосредственному или вышестоящему руководителю, принять все меры к эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей;
- при нарушениях пожарной безопасности на участке работы, использовании не по прямому назначению пожарного оборудования, указать об этом нарушителю и сообщить лицу, ответственному за пожарную безопасность» [27].

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при техническом обслуживании подвески автомобиля представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень мероприятий, направленных на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при техническом обслуживании подвески автомобиля

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия
Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [29].
«Проведение технического обслуживания, плано-	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком

Продолжение таблицы 5

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [29].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения, средств пожаротушения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия
Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143-2009, ГОСТ 12.1.004-91	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обзора местах» [29].
«Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [28].

3.5 Экологическая безопасность технологического процесса ТО-1 подвески автомобиля категории М1

Сводная информация по идентификации экологических факторов при техническом обслуживании подвески автомобиля представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Идентификация экологических факторов при техническом обслуживании подвески автомобиля

Структурные составляющие технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
ТО-1 подвески автомобиля категории	Мелкодисперсные частицы пыли в окружающем воздухе, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей, а также в результате ее пролива, утечки, в процессе утилизации	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [28].

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия при техническом обслуживании подвески автомобиля

Перечень мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса ТО-1 подвески автомобиля категории М1 на:		
атмосферу	гидросферу	литосферу
Применение фильтрующих элементов в вытяжных устройствах и своевременная их замена	Экологический контроль за утилизацией и захоронением сточных вод, осадков, выбросов вредных веществ	«Спецодежда, пришедшая в негодность, в процессе выполнения прямых функциональных обязанностей применяется как вторичное сырье при производстве ветоши. Металлический лом, стружка отправляется на переплавку. Твердые бытовые / коммунальные отходы сортируются и перерабатываются / сжигаются» [28].

Выводы по разделу.

В разделе «Производственная и экологическая безопасность проекта»:

- разработан паспорт безопасности на техническое обслуживание подвески легкового автомобиля (таблица 2);
- выявлены профессиональные риски при техническом обслуживании подвески легкового автомобиля (таблица 3) и определены пути их снижения (таблица 4);
- рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при техническом обслуживании подвески (таблицы 5, 6);
- определены мероприятия, способствующие снижению негативного антропогенного воздействия при техническом обслуживании подвески легкового автомобиля (таблица 7).

4 Экономическая эффективность проекта

«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» [18].

В настоящем разделе проведен анализ варианта модернизации задней подвески легкового переднеприводного автомобиля категории М1 на предмет возможности внедрения его в массовое производство.

4.1 Расчет себестоимости модернизированной задней подвески

Для расчетов экономической эффективности проекта ВКР используется информация полученная во время прохождения преддипломной практики в АО «АВТОВАЗ», Тольяттинском Государственном Университете.

Принимаем годовую программу выпуска модернизированной задней подвески LADA Granta количеством 150000 штук в год.

«Проводим расчет затрат на покупные изделия:

$$P_u = C_i \cdot n_i \cdot \left(1 + \frac{K_{ГЗ}}{100}\right), \quad (50)$$

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

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

K_{tz} – коэффициент транспортно-заготовительных расходов» [16].

Затраты на покупные изделия представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет затрат на покупные комплектующие изделия (проект)

Наименование комплектующего изделия	Количество	Единица измерения	Средняя цена за 1 шт., руб.	Сумма, руб.
Амортизатор	2	шт.	900	1800
Прокладка пружины	2	шт.	30	60
Подушка амортизатора	4	шт.	25	100
Буфер сжатия	2	шт.	110	220
Крепеж	24	шт.	2	48
Рычаги в сборе	1	шт.	12500	12500
Пружина	2	шт.	470	940
Итого:	–	–	–	15668
Транспортно-заготовительные расходы:	–	–	3%	470,04
Всего:	–	–	–	16138,04

«Проводим расчет основной заработной платы:

$$Z_o = Z_t \cdot \left(1 + \frac{K_{ПРЕМ}}{100} \right), \quad (51)$$

где Z_t – тарифная заработная плата рабочего, р.

$$Z_t = Cp_i \cdot T_i, \quad (52)$$

где Cp_i – часовая тарифная ставка, р.;» [16]

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

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

Результаты расчета основной заработной платы производственного персонала представлен в таблице 9.

Таблица 9 – 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
Премииальные доплаты:	25%	–	–	6
Основная з/п	–	–	–	30

«Проводим расчет дополнительной заработной платы:

$$Z_{доп} = Z_o \cdot K_{вып}, \quad (53)$$

где « $K_{вып}$ – коэффициент доплат и выплат не связанных с выполнением основных производственных работ, %. Принимается равным 20%» [14].

$$Z_{доп} = 30 \cdot 0,2 = 6 \text{ р.}$$

«Проводим расчет отчислений в страховые взносы по формуле:

$$C_{св} = (Z_o + Z_{доп}) \cdot E_{св}, \quad (54)$$

где $E_{св}$ – коэффициент отчислений в страховые взносы, принимаем равным 30%» [21].

$$C_{CB} = (30 + 6) \cdot 0,3 = 10,8 \text{ р.}$$

«Проводим расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$C_{\text{СОД.ОБОР}} = 3_0 \cdot E_{\text{ОБОР}}, \quad (55)$$

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

Принимаем равным 165%» [16]

$$C_{\text{СОД.ОБОР}} = 30 \cdot 1,65 = 49,5 \text{ р.}$$

«Проводим расчет цеховых расходов:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = 3_0 \cdot E_{\text{ЦЕХ}}, \quad (56)$$

где $E_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент цеховых расходов, %. Принимаем равным 175%» [16].

$$C_{\text{ЦЕХ}} = 30 \cdot 1,75 = 52,5 \text{ р.}$$

«Проводим расчет расходов на инструмент и оснастку:

$$C_{\text{ИНСТР}} = 3_0 \cdot E_{\text{ИНСТР}}, \quad (57)$$

где $E_{\text{ИНСТР}}$ – коэффициент затрат на инструмент и оснастку, принимаем равным 3%» [14]

$$C_{ИНСТР} = 30 \cdot 0,03 = 0,9 \text{ р.}$$

Проводим расчет цеховой себестоимости модернизированной задней подвески изделия:

$$C_{ЦЕХ.СС} = P_{И} + Z_{О} + Z_{ДОП} + C_{С.В} + C_{СОД.ОБОР} + C_{ЦЕХ} + C_{ИНСТР}, \quad (58)$$

$$C_{ЦЕХ.СС} = 16138,04 + 30 + 6 + 10,8 + 49,5 + 52,5 + 0,9 = 16287,74 \text{ р.}$$

«Проводим расчет общезаводских расходов:

$$C_{ОБ.ЗАВОД} = Z_{О} \cdot E_{ОБ.ЗАВОД}, \quad (59)$$

где $E_{ОБ.ЗАВОД}$ – коэффициент общезаводских расходов, %. Принимаем равным 125%» [24].

$$C_{ОБ.ЗАВОД} = 30 \cdot 1,25 = 37,5 \text{ р.},$$

Проводим расчет общезаводской себестоимости:

$$C_{ОБ.ЗАВОД.С/С} = C_{ОБ.ЗАВОД} + C_{ЦЕХ.С/С}, \quad (60)$$

$$C_{ОБ.ЗАВОД.С/С} = 16287,74 + 37,5 = 16325,24 \text{ р.}$$

«Проводим расчет коммерческих расходов:

$$C_{КОМ} = C_{ОБ.ЗАВОД.С/С} \cdot E_{КОМ}, \quad (61)$$

где $E_{КОМ}$ – коэффициент коммерческих расходов, принимаем равным 5%» [24].

$$C_{КОМ} = 16325,24 \cdot 0,05 = 816,26 \text{ р.}$$

Проводим расчет полной себестоимости модернизируемого изделия:

$$C_{ПОЛ} = C_{ОБ.ЗАВОД.С/С} + C_{КОМ}, \quad (62)$$

$$C_{ПОЛ} = 16325,24 + 816,26 = 17141,5 \text{ р.}$$

«Проводим расчет отпускных цен для базового и проектируемого изделия:

$$Ц_{ОТП} = C_{ПОЛ} \cdot (1 + K_{РЕНТ}), \quad (63)$$

где $K_{РЕНТ}$ – коэффициент рентабельности и плановых накоплений, принимаем равным 20%» [14].

$$Ц_{ОТП.Б} = 17141,5 \cdot (1 + 0,2) = 20408,47 \text{ р.,}$$

$$Ц_{ОТП.Б} = Ц_{ОТП.П}$$

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» [30].

«Проводим расчет необходимого количества продаж в целях обеспечения безубыточности проекта:

$$V_{КР} = \frac{З_{ПОСТ.УД} \cdot V_{МАХ}}{Ц_{ОТП} - З_{ПЕР.УД}}, \quad (64)$$

где $V_{МАХ}$ – максимальный объем выпуска изделия, шт.;

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

$Z_{\text{пост.уд}}$ – удельные постоянные издержки на изготовление единицы изделия, р.;

$Z_{\text{пер.уд}}$ – удельные переменные издержки на изготовление единицы изделия, р.» [16].

Проводим расчет переменных затрат на изготовление единицы продукции:

$$Z_{\text{перем.уд.б}} = \Pi_{\text{и}} + Z_{\text{о}} + Z_{\text{доп}} + C_{\text{св}}, \quad (65)$$

$$Z_{\text{перем.уд.б}} = 16010 + 30 + 6 + 10,8 = 16056,8 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{перем.уд.п}} = \Pi_{\text{и}} + Z_{\text{о}} + Z_{\text{доп}} + C_{\text{св}}, \quad (66)$$

$$Z_{\text{перем.уд.п}} = 16138,04 + 30 + 6 + 10,8 = 16184,84 \text{ р.}$$

Проводим расчет переменных издержек:

$$Z_{\text{перем.н}} = Z_{\text{перем.уд}} \cdot V_{\text{год}}, \quad (67)$$

$$Z_{\text{перем.н.б}} = 16056,8 \cdot 150000 = 2408520000 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{перем.н.п}} = 16184,84 \cdot 150000 = 2427726000 \text{ р.},$$

«Проводим расчет амортизационных отчислений по формуле:

$$A_{\text{м.уд}} = (C_{\text{сод.обор}} + C_{\text{инстр}}) \cdot H_{\text{а}} / 100, \quad (68)$$

где $H_{\text{а}}$ – доля амортизационных отчислений, %. Принимаем равной 15%» [16].

$$A_{\text{м.уд}} = (49,5 + 0,9) \cdot 15 / 100 = 7,56 \text{ р.}$$

Рассчитываем постоянные издержки на производство по формуле:

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

$$Z_{\text{ПОСТ.УД.Б}} = (49,5 + 0,85) \cdot (100 - 15) / 100 + 52,5 + 37,5 + 806,86 + 7,56 = 950,26 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{ПОСТ.УД.П}} = (49,5 + 0,85) \cdot (100 - 15) / 100 + 52,5 + 37,5 + 816,26 + 7,56 = 956,66 \text{ р.}$$

Проводим расчет постоянных издержек на годовую программу производства:

$$Z_{\text{ПОСТ.Б}} = Z_{\text{ПОСТ.У.Б}} \cdot V_{\text{ГОД}}, \quad (70)$$

$$Z_{\text{ПОСТ.Б}} = 950,26 \cdot 150000 = 142539000 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{ПОСТ.П}} = 956,66 \cdot 150000 = 143499300 \text{ р.}$$

Проводим расчет полной себестоимости годовой программы выпуска:

$$C_{\text{ПОЛ.Г}} = C_{\text{ПОЛ.Н}} \cdot V_{\text{ГОД}}, \quad (71)$$

$$C_{\text{ПОЛ.Г}} = 17007,06 \cdot 150000 = 2551059000 \text{ р.},$$

$$C_{\text{ПОЛ.Г}} = 17141,5 \cdot 150000 = 271225300 \text{ р.}$$

Проводим расчет выручки от реализации изделия:

$$\text{Выручка.н} = Ц_{\text{ОТП.н}} \cdot V_{\text{ГОД}}, \quad (72)$$

$$\text{Выручка.н} = 20408,47 \cdot 150000 = 3061270800 \text{ р.}$$

Проводим расчет маржинального дохода:

$$D_{\text{МАРЖ}} = \text{Выручка} - Z_{\text{ПЕРЕМ.н}}, \quad (73)$$

$$D_{\text{МАРЖ}} = 3061270800 - 2408520000 = 652750800 \text{ р.},$$

$$D_{\text{МАРЖ}} = 3061270800 - 2427726000 = 633544800 \text{ р.}$$

Проводим расчет критического объема продаж:

$$A_{\text{КРИТ}} = \frac{Z_{\text{ПОСТ.н}}}{C_{\text{ОТП}} - Z_{\text{ПЕРЕМ.н}}}, \quad (74)$$

$$A_{\text{КРИТ}} = \frac{143499300}{20408,47 - 16184,84} = 33975,33 \approx 33975 \text{ шт.}$$

Значение критического объема продаж можно определить графическим методом (рисунок 19).

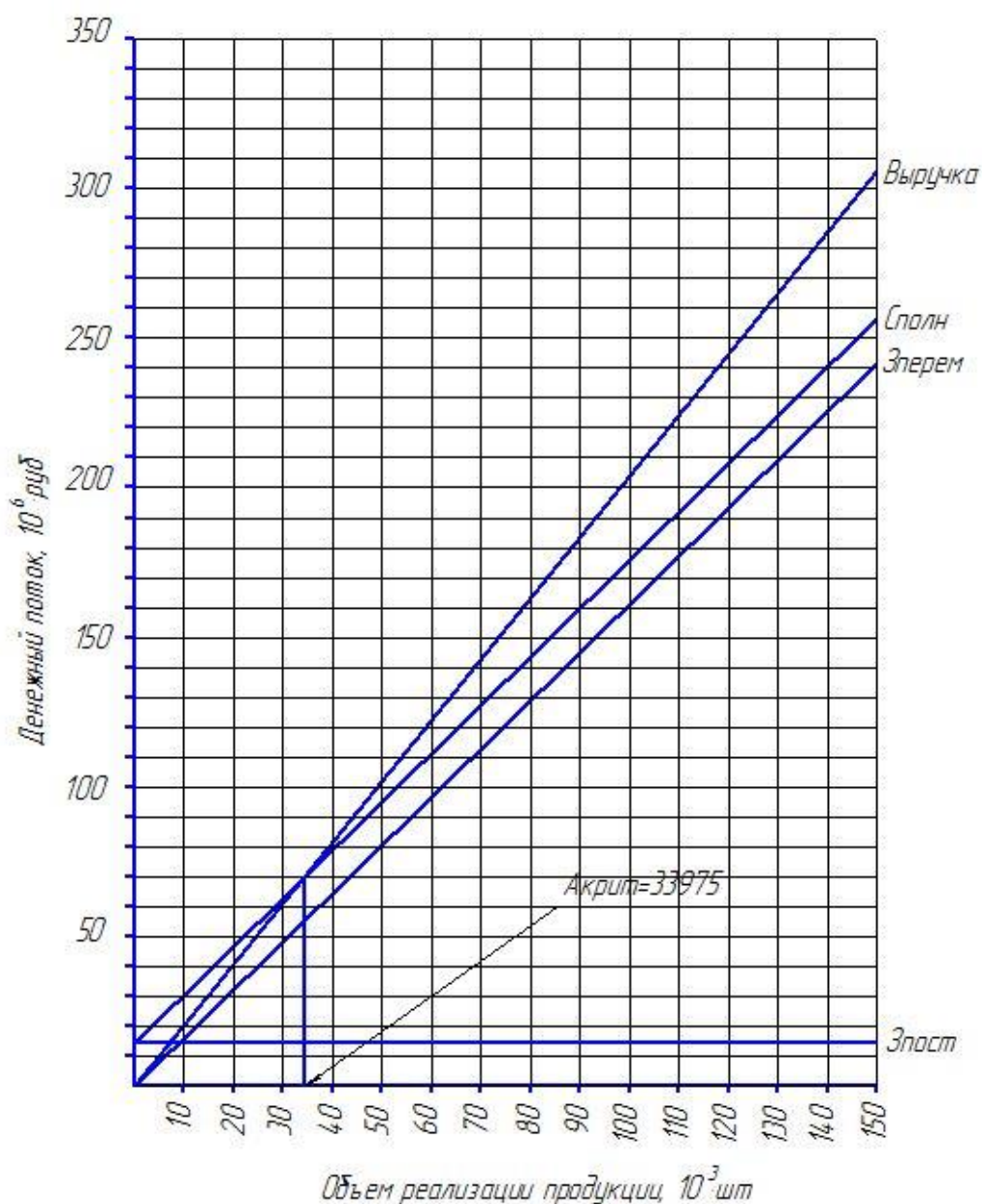


Рисунок 19 – Графический метод нахождения точки безубыточности

4.3 Определение коммерческой эффективности модернизации подвески

«Принимаем следующее условие – наращивание производственной программы считаем равномерным и находим его следующим образом:

$$\Delta = \frac{V_{MAX} - A_{КРИТ}}{n - 1}, \quad (75)$$

где V_{MAX} – максимальный объем производства изделия, шт.;

$A_{КРИТ}$ – критический объем продаж проектируемой подвески, шт.;

n – количество лет производства, с учетом подготовки» [16].

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

Проводим расчет выручки от продаж:

$$B_i = C_{ОТП} \cdot V_{ПРОД}, \quad (76)$$

где $V_{ПРОД}$ – объем продаж в i -году» [16].

В первый год производства объем продукции будет рассчитываться по формуле:

$$V_{ПРОД1} = V_{КР} + \Delta. \quad (77)$$

Для второго года и последующих года заменяется объемом продаж предыдущего года:

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

$$V_{\text{ПРОД}_2} = 57180 + 23205 = 80385 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{ПРОД}_3} = 80385 + 23205 = 103590 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{ПРОД}_4} = 103590 + 23205 = 126795 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{ПРОД}_5} = 126795 + 23205 = 150000 \text{ шт.}$$

Проводим расчет выручки:

$$B_1 = 20408,47 \cdot 57180 = 1166956428,96 \text{ р.},$$

$$B_2 = 20408,47 \cdot 80385 = 1640535021,72 \text{ р.},$$

$$B_3 = 20408,47 \cdot 103590 = 2114113614,48 \text{ р.},$$

$$B_4 = 20408,47 \cdot 126795 = 2587692207,24 \text{ р.},$$

$$B_5 = 20408,47 \cdot 150000 = 3061270800 \text{ р.}$$

Проводим расчет переменных затраты по годам:

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.i} = Z_{\text{ПЕРЕМ}.\text{УД}} \cdot V_{\text{ПРОД}.i}, \quad (78)$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.Б1} = 16056,8 \cdot 57180 = 918127824 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.Б2} = 16056,8 \cdot 80385 = 1290725868 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.Б3} = 16056,8 \cdot 103590 = 1663323912 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.Б4} = 16056,8 \cdot 126795 = 2035921956 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.Б5} = 16056,8 \cdot 150000 = 2408520000 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.П1} = 16184,84 \cdot 57180 = 925449151,2 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.П2} = 16184,84 \cdot 80385 = 1301018363,4 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.П3} = 16184,84 \cdot 103590 = 1676587575,6 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.П4} = 16184,84 \cdot 126795 = 2052156787,8 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}.П5} = 16184,84 \cdot 150000 = 2427726000 \text{ р.}$$

Проводим расчет постоянных затраты по годам:

$$Z_{\text{ПОСТ}} = Z_{\text{ПОСТ.УД}} \cdot V_{\text{МАХ}}, \quad (79)$$

$$Z_{\text{ПОСТ.б}} = 950,26 \cdot 150000 = 142539000 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{ПОСТ.н}} = 950,66 \cdot 150000 = 143499300 \text{ р.}$$

Проводим расчет амортизации оборудования:

$$A_M = A_{M.УД} \cdot V_{\text{МАХ}}, \quad (80)$$

$$A_M = 7,56 \cdot 150000 = 1134000 \text{ р.}$$

Проводим расчет себестоимости по годам:

$$C_{\text{ПОЛ.}i} = Z_{\text{ПЕРЕМ.}i} + Z_{\text{ПОСТ}}, \quad (81)$$

$$C_{\text{ПОЛ.Б1}} = 918127824 + 142539000 = 1060666824 \text{ р.},$$

$$C_{\text{ПОЛ.Б2}} = 12907255868 + 142539000 = 1433264868 \text{ р.},$$

$$C_{\text{ПОЛ.Б3}} = 1663323912 + 142539000 = 1805862912 \text{ р.},$$

$$C_{\text{ПОЛ.Б4}} = 2035921956 + 142539000 = 2178460956 \text{ р.},$$

$$C_{\text{ПОЛ.Б5}} = 2408520000 + 142539000 = 25510590000 \text{ р.}$$

$$C_{\text{ПОЛ.П1}} = 925449151,2 + 143499300 = 1068948451,2 \text{ р.},$$

$$C_{\text{ПОЛ.П2}} = 1301018363,4 + 143499300 = 1444517663,4 \text{ р.},$$

$$C_{\text{ПОЛ.П3}} = 1676587575,6 + 143499300 = 1820086875,6 \text{ р.},$$

$$C_{\text{ПОЛ.П4}} = 2052156787,8 + 143499300 = 2195656087,8 \text{ р.},$$

$$C_{\text{ПОЛ.П5}} = 2427726000 + 143499300 = 2571225300 \text{ р.},$$

$$\begin{aligned} \sum C_{\text{ПОЛ.П}} &= 1068948451,2 + 1444517663,4 + 1820086875,6 + 2195656087,8 + \\ &+ 2571225300 = 9100434378 \text{ р.} \end{aligned}$$

Проводим расчет налогооблагаемой прибыли по годам:

$$Pr_{ОБЛ_i} = B_i - C_{ПОЛ_i}, \quad (82)$$

$$Pr_{ОБЛ.Б1} = 1166956428,96 - 1060666824 = 106289604,96 \text{ p.},$$

$$Pr_{ОБЛ.Б2} = 1640535021,72 - 1433264868 = 207270153,72 \text{ p.},$$

$$Pr_{ОБЛ.Б3} = 2114113614,48 - 1805862912 = 308250702,48 \text{ p.},$$

$$Pr_{ОБЛ.Б4} = 2587692207,24 - 2178460956 = 409231251,24 \text{ p.},$$

$$Pr_{ОБЛ.Б5} = 3061270800 - 2551059000 = 510211800 \text{ p.},$$

$$Pr_{ОБЛ.П1} = 1166956428,96 - 1068948451,2 = 98007977,76 \text{ p.},$$

$$Pr_{ОБЛ.П2} = 1640535021,72 - 1444517663,4 = 196017358,32 \text{ p.},$$

$$Pr_{ОБЛ.П3} = 2114113614,48 - 1820086875,6 = 294026738,88 \text{ p.},$$

$$Pr_{ОБЛ.П4} = 25876922007,24 - 2195656087,8 = 392036119,44 \text{ p.},$$

$$Pr_{ОБЛ.П5} = 3061270800 - 2571225300 = 490045500 \text{ p.}$$

Проводим расчет величины налога на прибыль:

$$H_{ПР_i} = Pr_{ОБЛ_i} \cdot 0,2, \quad (83)$$

$$H_{ПР.Б1} = 10628960496 \cdot 0,2 = 21257920,99 \text{ p.},$$

$$H_{ПР.Б2} = 207270153 \cdot 0,2 = 41454030,74 \text{ p.},$$

$$H_{ПР.Б3} = 308250702,48 \cdot 0,2 = 61650140,5 \text{ p.},$$

$$H_{ПР.Б4} = 409231251,24 \cdot 0,2 = 81846250,25 \text{ p.},$$

$$H_{ПР.Б5} = 510211800 \cdot 0,2 = 102042360 \text{ p.},$$

$$H_{ПР.П1} = 98007977,76 \cdot 0,2 = 19601595,55 \text{ p.},$$

$$H_{ПР.П2} = 196017358,32 \cdot 0,2 = 39203471,66 \text{ p.},$$

$$H_{ПР.П3} = 294026738,88 \cdot 0,2 = 58805347,78 \text{ p.},$$

$$H_{ПР.П4} = 392036119,44 \cdot 0,2 = 78407223,89 \text{ p.},$$

$$H_{ПР.П5} = 490045500 \cdot 0,2 = 98009100 \text{ p.}$$

Проводим расчет чистой прибыли по годам:

$$Пр.ч_i = Пр_{ОБЛi} - Нпр_i, \quad (84)$$

$$Пр.ч_{1,Б} = 106289604,96 - 21257920,99 = 85031683,97 \text{ р.},$$

$$Пр.ч_{2,Б} = 207270153,72 - 41454030,74 = 165816122,98 \text{ р.},$$

$$Пр.ч_{3,Б} = 308250702,48 - 61650140,5 = 246600561,98 \text{ р.},$$

$$Пр.ч_{4,Б} = 409231251,24 - 81846250,25 = 327385000,99 \text{ р.},$$

$$Пр.ч_{5,Б} = 510211800 - 102042360 = 408169440 \text{ р.},$$

$$Пр.ч_{1,П} = 98007977,76 - 19601595,55 = 78406382,21 \text{ р.},$$

$$Пр.ч_{2,П} = 196017358,32 - 39203471,66 = 156813886,66 \text{ р.},$$

$$Пр.ч_{3,П} = 294026738,88 - 5880347,78 = 235221391,1 \text{ р.},$$

$$Пр.ч_{4,П} = 392036119,44 - 78407223,89 = 313628895,55 \text{ р.},$$

$$Пр.ч_{5,П} = 490045500 - 98009100 = 392036400 \text{ р.}$$

4.4 Экономический эффект от модернизации задней подвески

«Повышение жесткости амортизатора задней подвески обеспечивает уменьшение количества его пробоев, что в свою очередь положительно сказывается на его долговечности» [19].

Таким образом, повышенная долговечность амортизатора приводит к сокращению количества обращений клиентов в сервисный отдел по гарантийным случаям.

Проводим расчет прибыли, получаемой в результате внедрения данного решения:

$$Пр_{ож.д} = \left(Ц_{отп} \cdot \frac{Д_2}{Д_1} - Ц_{отп} \right) \cdot V_r, \quad (85)$$

где « $Д_1$ и $Д_2$ – долговечность (срок службы) базового и проектируемого изделия. Принимается равной $Д_1 = 900000$, $Д_2 = 1100000$ » [16].

Отпускная цена амортизатора задней подвески $C_{отп} = 1700$ р.

$$Pr_{ож.д1} = \left(1800 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1800 \right) \cdot 57180 = 22872000 \text{ р.},$$

$$Pr_{ож.д2} = \left(1800 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1800 \right) \cdot 80385 = 32154000 \text{ р.},$$

$$Pr_{ож.д3} = \left(1800 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1800 \right) \cdot 103590 = 41436000 \text{ р.},$$

$$Pr_{ож.д4} = \left(1800 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1800 \right) \cdot 126795 = 50718000 \text{ р.},$$

$$Pr_{ож.д5} = \left(1800 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1800 \right) \cdot 150000 = 60000000 \text{ р.}$$

Проводим расчет ожидаемой прибыли от повышения надежности узла:

$$Pr_{ож.н} = (N_{рем.баз} \cdot Z_{рем.баз} - N_{рем.пр} \cdot Z_{рем.пр}) + (T_{прост.баз} - T_{прост.пр}) \cdot C_{отп}, \quad (86)$$

где « $N_{рем.баз}$ и $N_{рем.пр}$ – количество ремонтов (отказов) базового и проектируемого изделий;

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

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

$$Pr_{ож.н} = (60 \cdot 850 - 40 \cdot 850) + (120 - 80) \cdot 1800 = 89000 \text{ р.}$$

Проводим расчет общественно значимой экономии:

$$\mathcal{E}_{общ} = Pr_{ож.л1} + Pr_{ож.н} \quad (87)$$

$$\mathcal{E}_{общ1} = 22872000 + 89000 = 22961000 \text{ р.},$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ}_2} = 32154000 + 89000 = 32243000 \text{ р.},$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ}_3} = 41436000 + 89000 = 41525000 \text{ р.},$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ}_4} = 50718000 + 89000 = 50807000 \text{ р.},$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБЩ}_5} = 60000000 + 89000 = 60089000 \text{ р.}$$

Проводим расчет текущего чистого дохода:

$$\text{ЧД}_i = \text{Пр.ч.и.н} - \text{Пр.ч.и.б} + A_M + \mathcal{E}_{\text{ОБЩ}}, \quad (88)$$

$$\text{ЧД}_1 = 78406382,21 - 85031683,97 + 1134000 + 22961000 = 17468698,24 \text{ р.},$$

$$\text{ЧД}_2 = 156813886,66 - 165816122,98 + 1134000 + 32243000 = 24374763,68 \text{ р.},$$

$$\text{ЧД}_3 = 235221391,1 - 246600561,98 + 1134000 + 41525000 = 31279829,12 \text{ р.},$$

$$\text{ЧД}_4 = 313628895,55 - 327385000,99 + 1134000 + 50807000 = 38184894,56 \text{ р.},$$

$$\text{ЧД}_5 = 392036400 - 408169440 + 1134000 + 60089000 = 45089960 \text{ р.}$$

Проводим расчет коэффициента дисконтирования по формуле:

$$\alpha_i = \frac{1}{(1 + E_{CT})}, \quad (89)$$

$$\alpha_1=0,909, \alpha_2=0,826, \alpha_3=0,753, \alpha_4=0,683, \alpha_5=0,621$$

Проводим расчет текущего чистого дисконтированного дохода:

$$\text{ЧДД}(i) = \text{ЧД}(i) \cdot \alpha_i, \quad (90)$$

$$\text{ЧДД}(1) = 17469698,24 \cdot 0,909 = 15879955,7 \text{ р.},$$

$$\text{ЧДД}(2) = 24374763,68 \cdot 0,826 = 20133554,8 \text{ р.},$$

$$\text{ЧДД}(3) = 31279829,12 \cdot 0,753 = 23553711,33 \text{ р.},$$

$$\text{ЧДД}(4) = 38184894,56 \cdot 0,683 = 26080282,98 \text{ р.},$$

$$\text{ЧДД}(5) = 45089960 \cdot 0,621 = 28000865,16 \text{ р.}$$

Проводим расчет суммарного чистого дисконтированного дохода (далее – ЧДД):

$$\begin{aligned}\sum ЧДД(i) &= ЧДД(1) + ЧДД(2) + ЧДД(3) + ЧДД(4) + ЧДД(5), \\ \sum ЧДД(i) &= 15879955,7 + 20133554,8 + 23553711,33 + 26080282,98 + \\ &+ 28000865,16 = 113648369,97 \text{ р.}\end{aligned}\tag{91}$$

Проводим расчет капиталобразующих инвестиций:

$$J_o = K_{инв} \cdot \sum C_{пол.i},\tag{92}$$

где $K_{инв}$ – коэффициент капиталобразующих инвестиций. Принимаем равным 0,5%» [14]

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

Проводим расчет ЧДД:

$$ЧДД = \sum_{i=0}^T ЧДД(i) - J_o,\tag{93}$$

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

Проводим расчет индекса доходности инвестиций:

$$JD = \frac{ЧДД}{J_o},\tag{94}$$

$$JD = \frac{68146198,08}{45502171,89} = 1,5.$$

Проводим расчет срока окупаемости проекта:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{J_0}{\text{ЧДД}}, \quad (94)$$

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

На основании полученных данных построим график зависимости прибыли от объема продаж (рисунок 20).

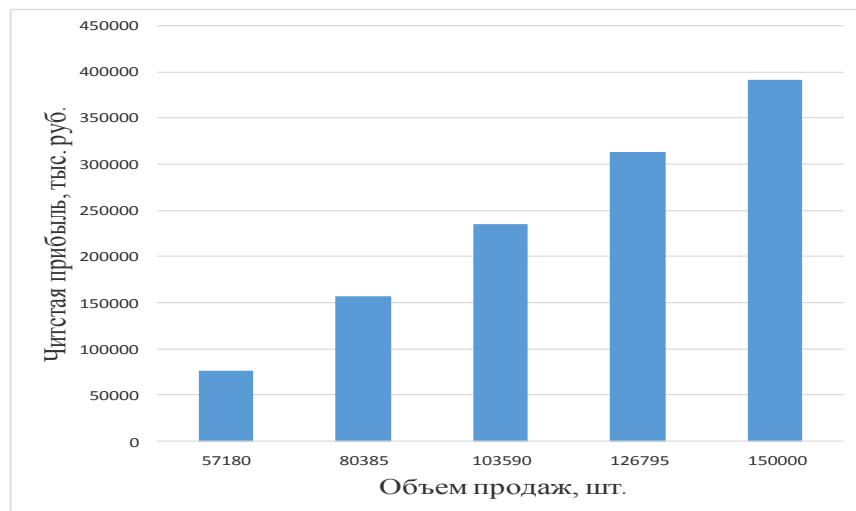


Рисунок 20 – График зависимости прибыли от объема продаж

Выводы по разделу.

Конструкция модернизированной задней подвески автомобиля LADA Granta подразумевает применение комплектующих изделий ценой выше, чем в базовом-заводском варианте, однако при этом узлы подвески надежнее и долговечнее.

Среди основных показателей, определяющих коммерческую эффективность проекта, стоит выделить объем капиталобразующих инвестиций в размере 45502171,89 р., величину чистого дисконтированного дохода равную 68146198,08 р., индекс доходности 1,5, а также срок окупаемости проекта продолжительностью 0,67 года.

Все эти значения доказывают экономическую целесообразность данной модернизации.

Заключение

Дипломный проект выполнен на тему: «Модернизация задней подвески легкового переднеприводного автомобиля категории М1».

В качестве конструкторской разработки предложена модернизация задней подвески легкового переднеприводного автомобиля. 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.

В результате выполнения работы было сделано следующее:

- а) проведен технико-экономический анализ конструкций подвесок транспортных средств, выполнено обоснование и описание проектируемой конструкции подвески;
- б) проведен тягово-динамический расчет характеристик автомобиля с построением соответствующих графиков;
- в) определены характеристики демпфирования колебаний и неподрессоренных масс автомобиля;
- г) рассмотрены вопросы, касающиеся безопасности и экологичности проекта, определены профессиональные риски и разработаны мероприятия по их снижению;
- д) рассчитаны технико-экономические показатели проекта:
 - 1) объем капиталовложений – 45502171,89 р.,
 - 2) величина чистого дисконтированного дохода – 68146198,08 р.,
 - 3) индекс доходности – 1,5,
 - 4) срок окупаемости проекта – 0,67 года.

На основании указанного можно утверждать, что проект - целесообразен.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3т. Т.1. – М: Машиностроение, 2001. – 920 с.
2. Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 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. Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 240 с.
6. Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.
7. 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.
8. 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.
9. Горлатов С.Е. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Методические указания к курсовой работе. – Оренбург: ОГУ, 2002 – 28 с.
10. Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.
11. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
12. 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.

13. 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.

14. Кисуленко, Б.В. Краткий автомобильный справочник. Т3. / Б.В. Кисуленко, Ю.В. Дементьев, И.А. Венгеров – М.: Автополис-плюс, 2005.-560 с.

15. Конструкция автомобиля. Шасси : учеб. для вузов / под ред. А. Л. Карунина. – М. : МГТУ МАМИ, 2000. – 528 с.

16. Лата, В.Н. Конструирование и расчет автомобиля. Ходовая часть и системы управления. / В.Н. Лата ,Курс лекций.-125 с.

17. Лукин, П.П. Гаспарянц, Г.А. Родионов, В.Ф. Конструкция и расчет автомобиля: Учебник для студентов втузов, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы» П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Родионов, - М: Машиностроение, 1984. – 376 с.

18. Лукин, П.П. Конструирование и расчёт автомобиля / П.П.Лукин , Машиностроение 1984-373с.

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

20. Ниргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.

21. Проектирование полноприводных колесных машин: В 2т. Т.2. учебник для вузов; Под общей редакцией А. А. Полунгяна.- М:Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 640 с.

22. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление/Пер. с нем. В.Н. Пальянова; Под ред. А. А. Гальбрейха.- М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.

23. Родионов, В.Ф. Легковые автомобили /В.Ф. Родионов, Б.А. Фиттерман. – М.: Машиностроение, 1973.-490 с.

24. 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.

25. Успенский, И.Н. Проектирование подвески автомобиля – М.: Машиностроение 1976-168с.

26. 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.

27. 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

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

29. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие /Л.А. Черепанов. – Тольятти: ТГУ, 2001.-41 с.

30. Чудаков Е.А. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1950 – 384 с.

31. David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling. - [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] с. - 165 p.

32. Henzold G. Geometrical dimensioning and tolerancing for design, manufacturing and inspection / A handbook for geometrical product specification using ISO and ASME standards – Burlington, 2016. – 390 p.

33. Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.

34. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.

35. Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

Приложение А

Графики тягового расчета

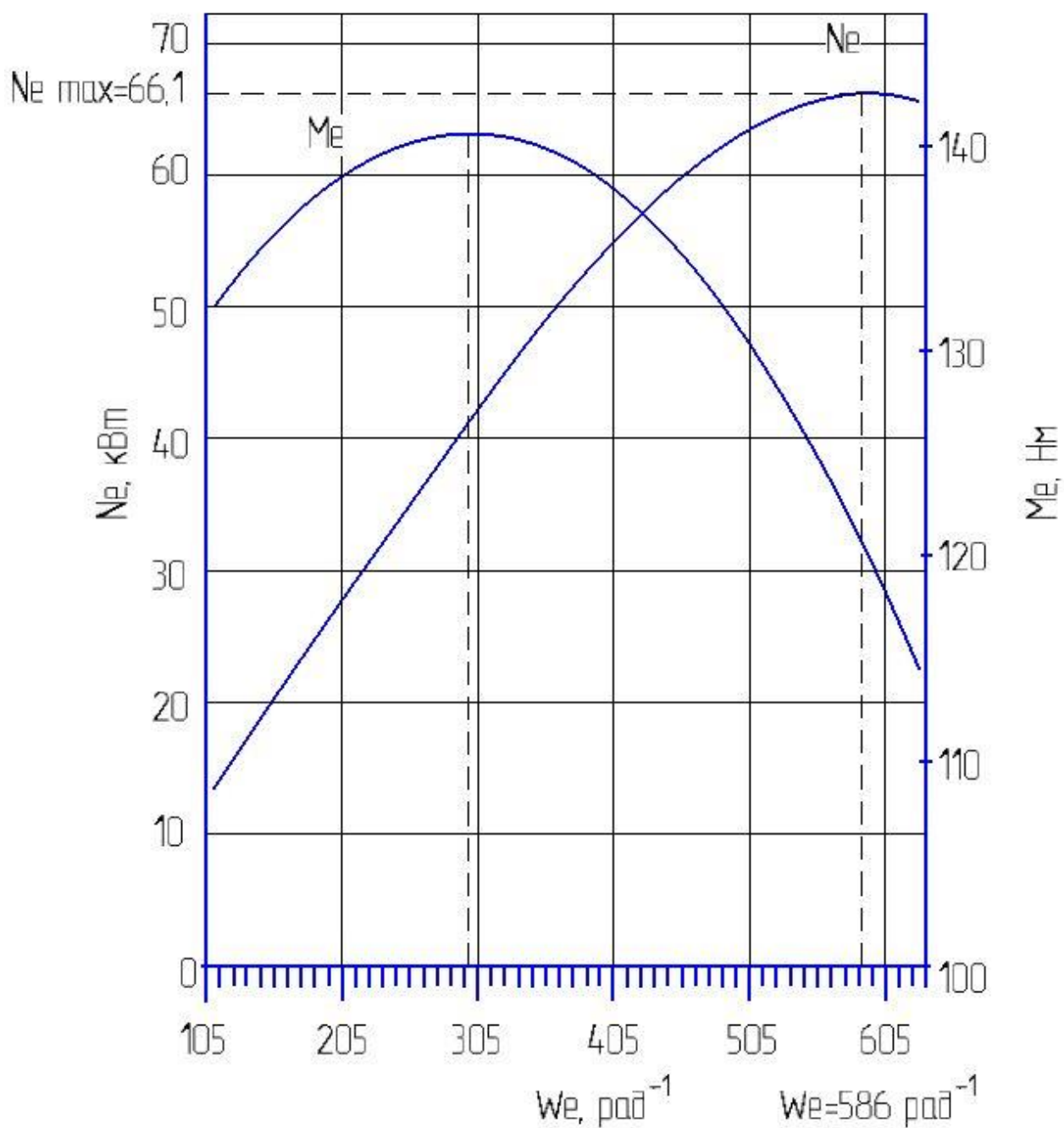


Рисунок А.1 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

Продолжение Приложения А

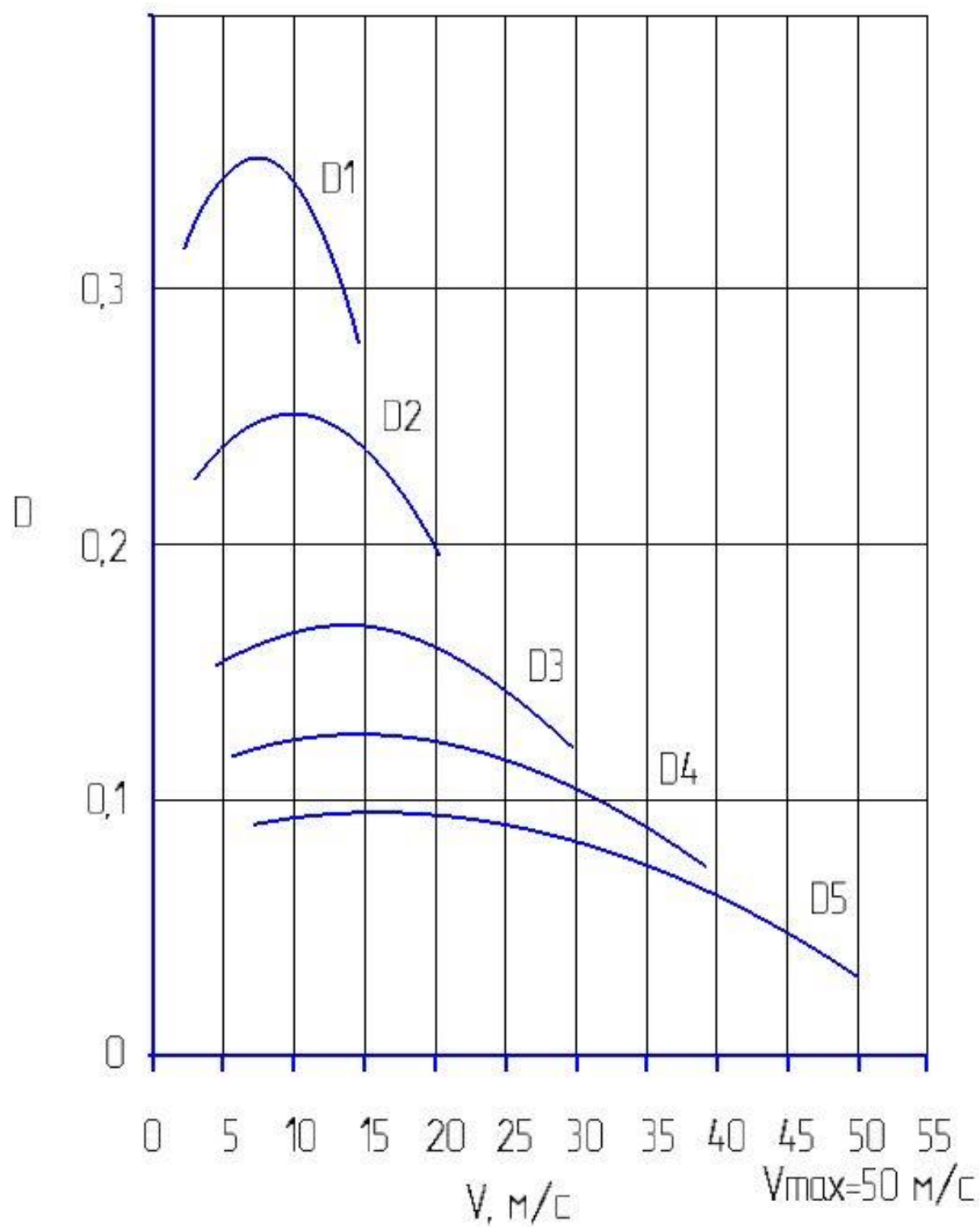


Рисунок А.2 – Динамический фактор автомобиля

Продолжение Приложения А

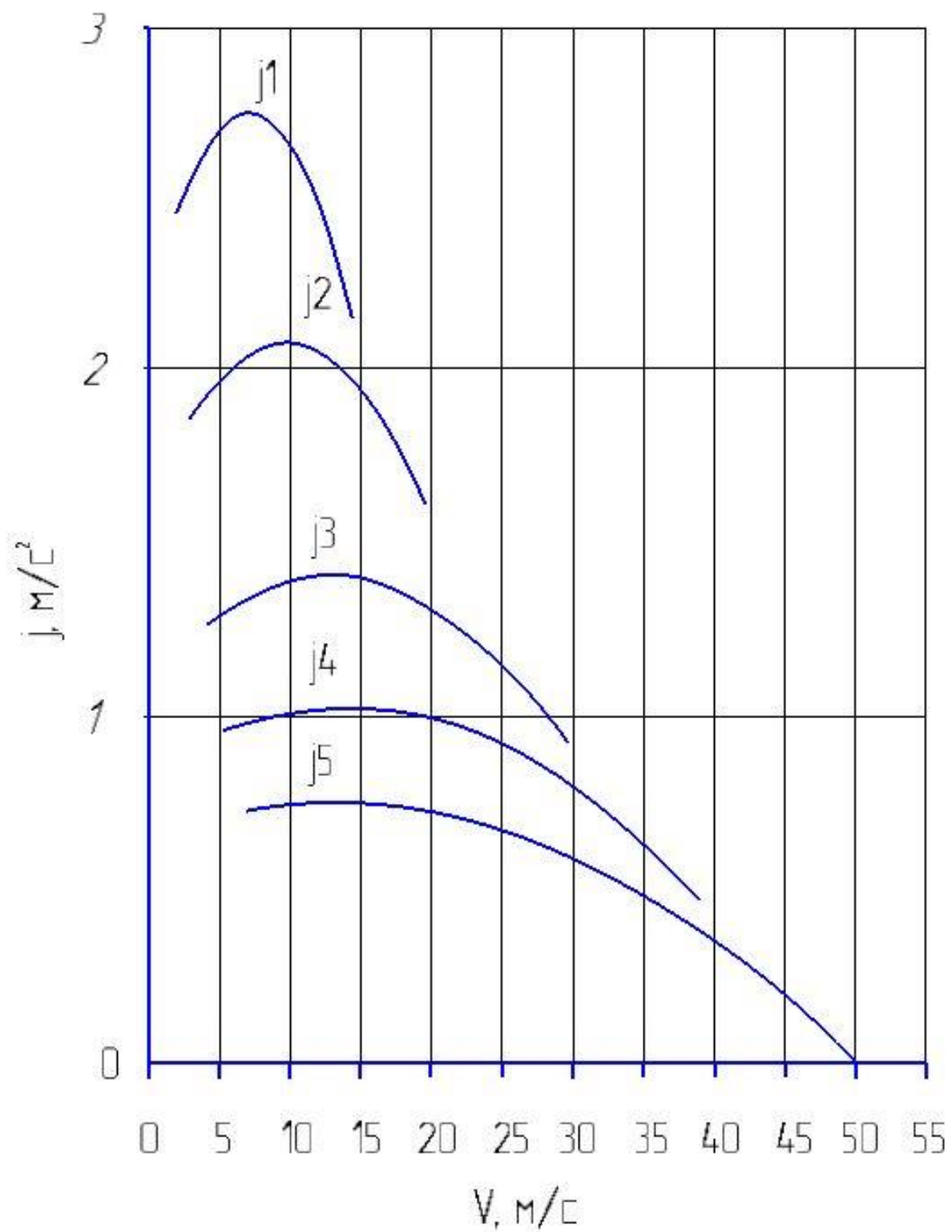


Рисунок А.3 – Ускорения автомобиля

Продолжение Приложения А

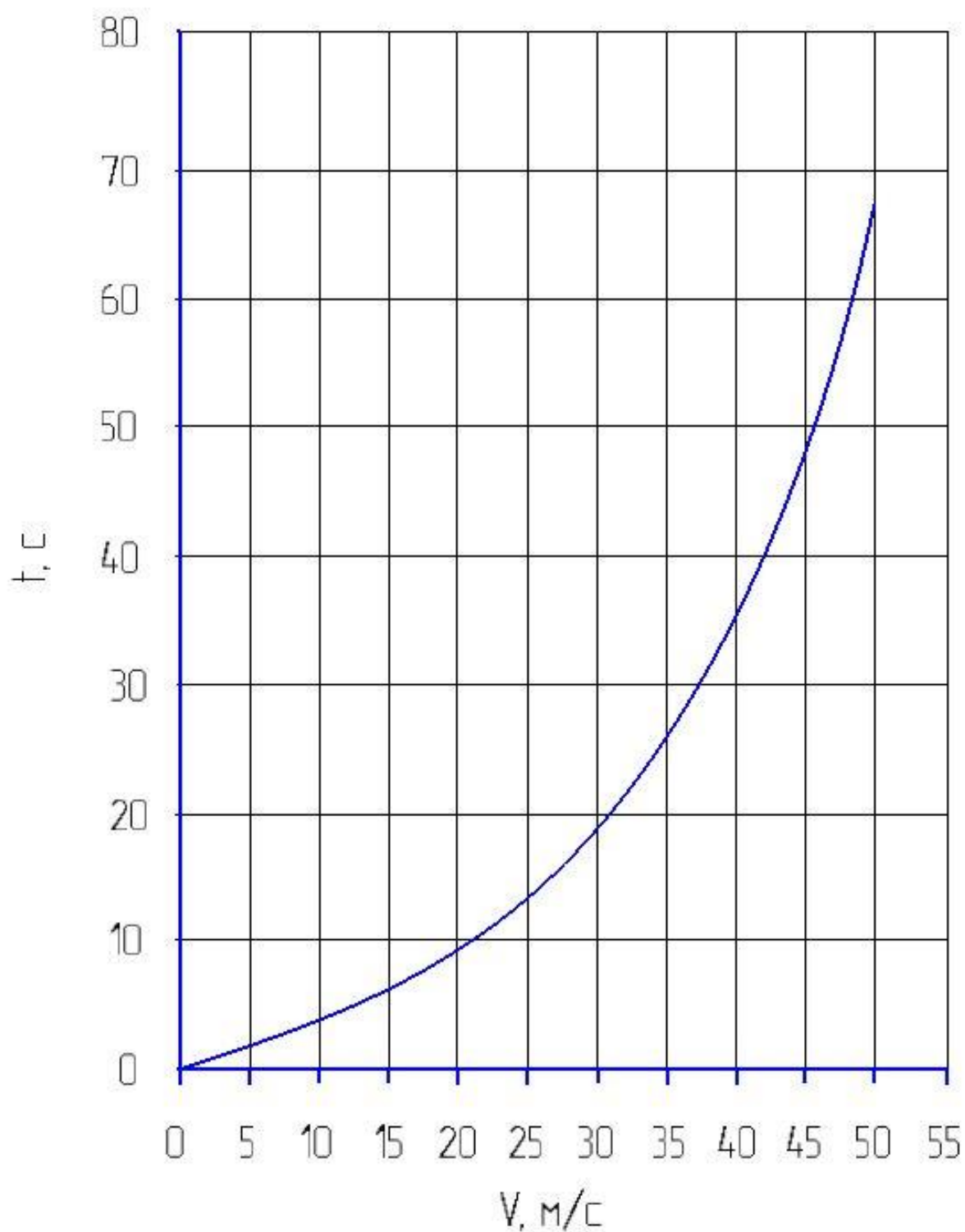


Рисунок А.4 – Время разгона

Продолжение Приложения А

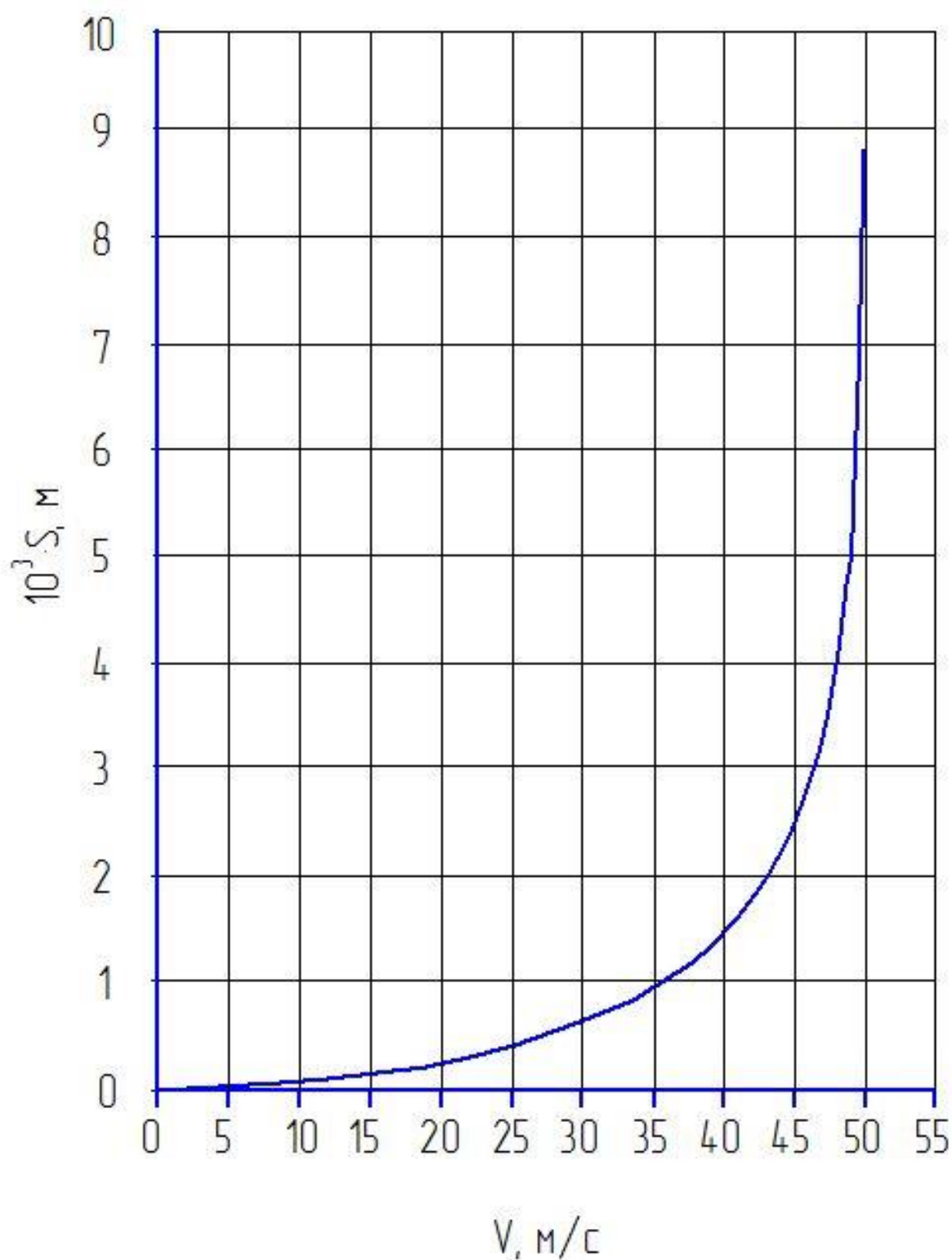


Рисунок А.5 – Путь разгона

Продолжение Приложения А

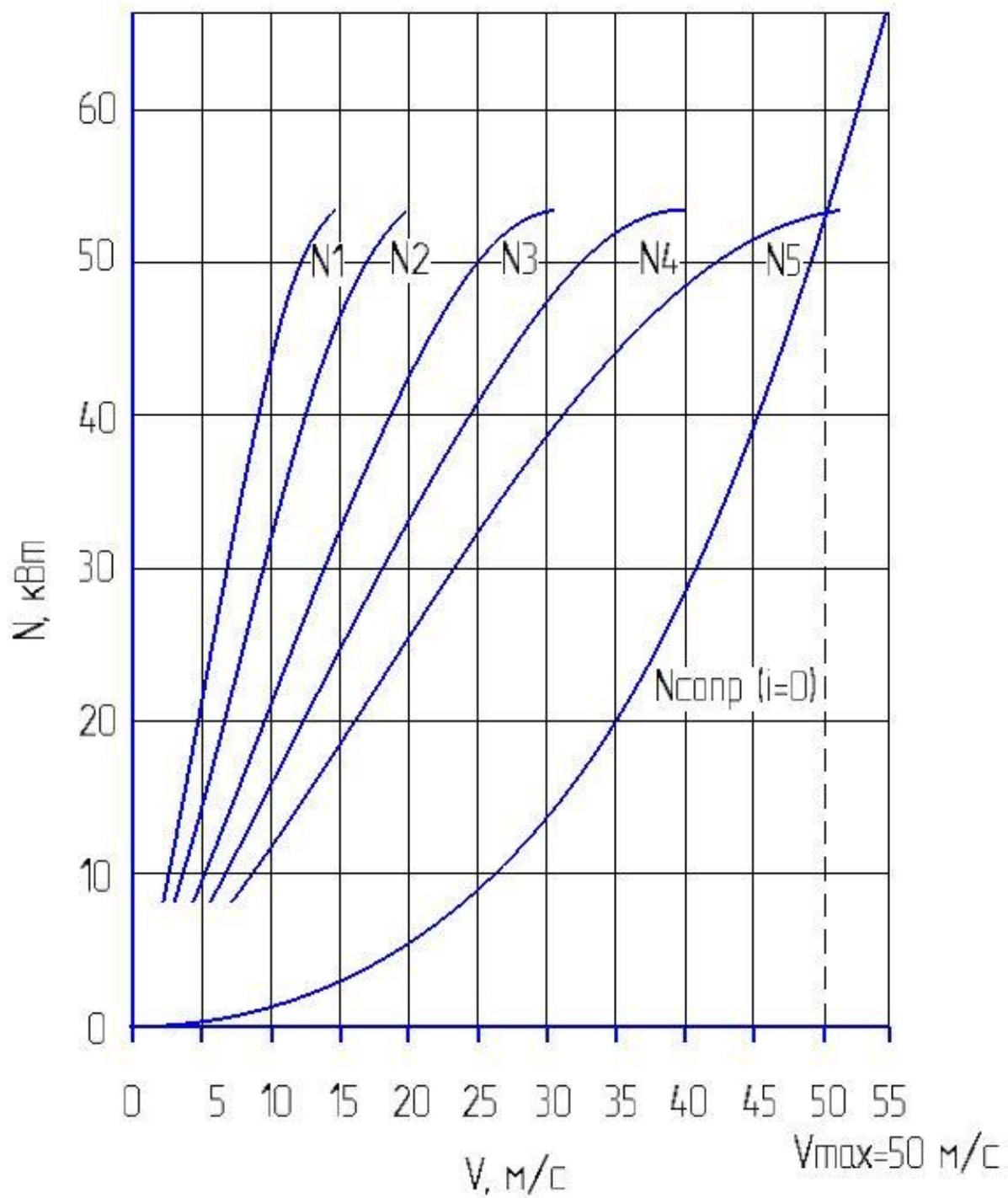


Рисунок А.6 – Мощностной баланс

Продолжение Приложения А

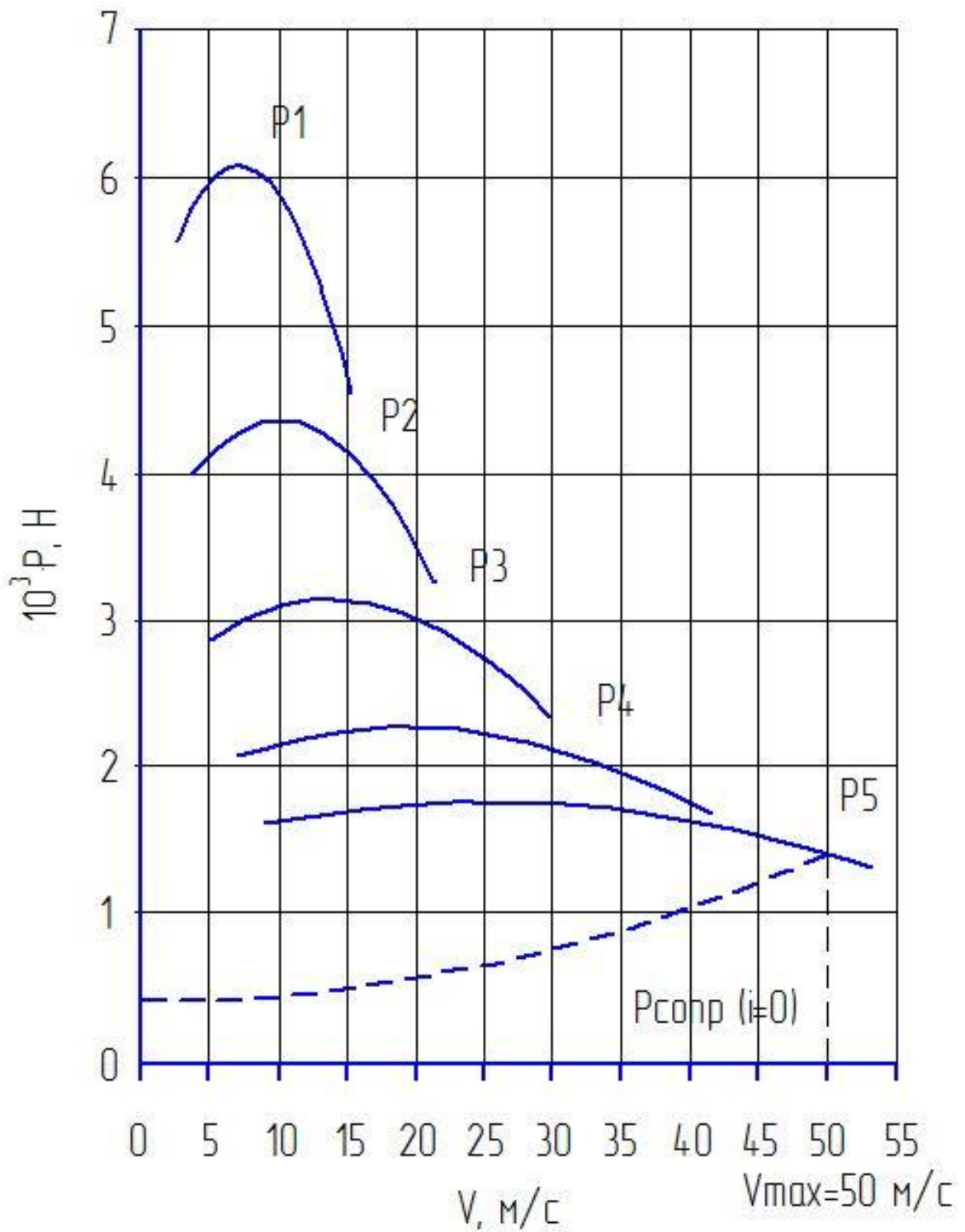


Рисунок А.7 – Тяговый баланс

Продолжение Приложения А

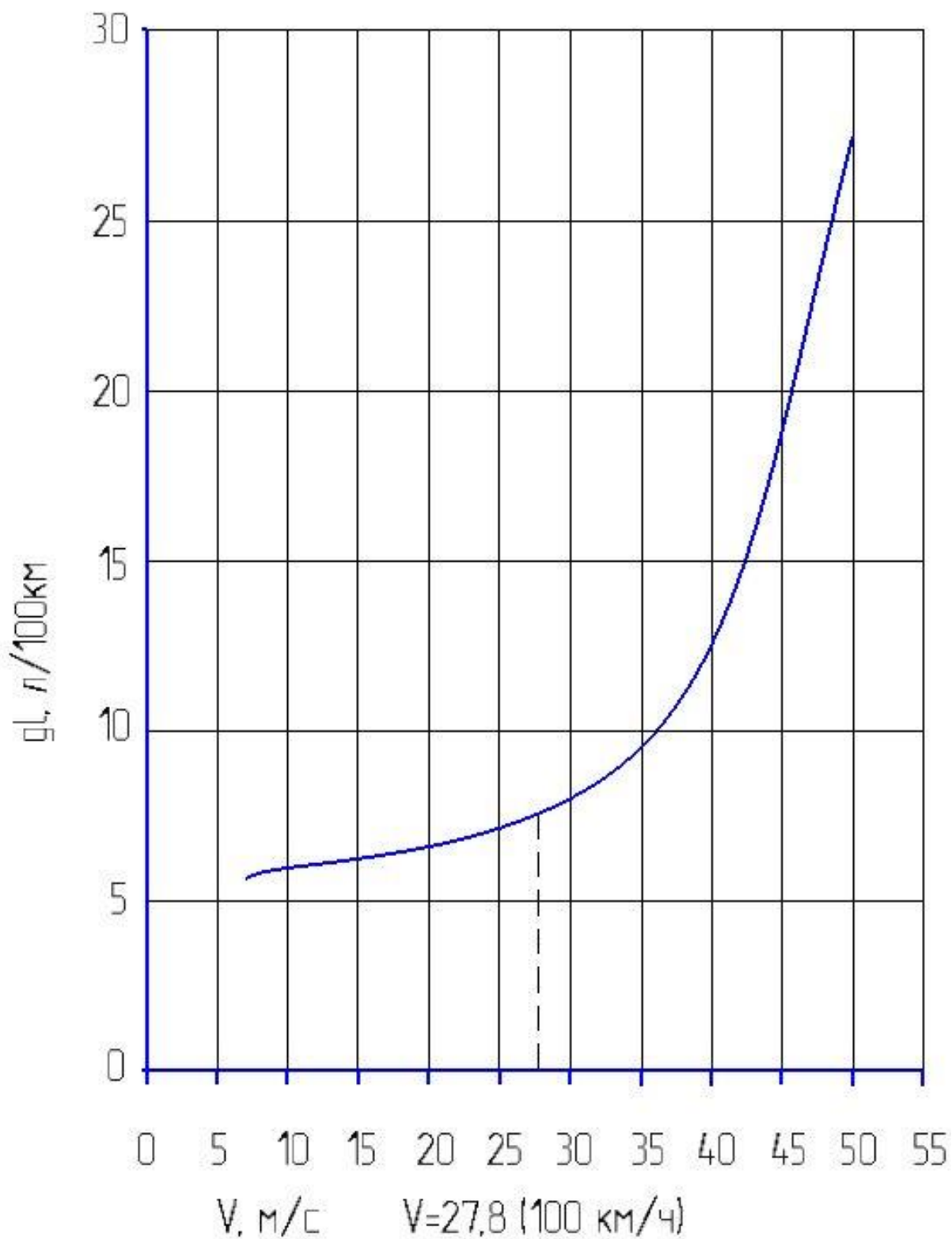


Рисунок А.8 – Топливная экономичность

Приложение Б
Спецификация

		Формат Зона Лист			Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.									
					<i>Документация</i>				
	A1			21.ДП.ПЭА.164.61.00.000.СБ	Сборочный чертеж	2			
	A4			21.ДП.ПЭА.164.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1			
Справ. №									
					<i>Сборочные единицы</i>				
		1		21.ДП.ПЭА.164.61.01.000	Рычаги задней подвески в сборе	1			
	A1	2		21.ДП.ПЭА.164.61.02.000	Амортизатор задней подвески в сборе	2			
					<i>Детали</i>				
		3		21.ДП.ПЭА.164.61.02.003	Подушка крепления амортизатора	4			
		4		21.ДП.ПЭА.164.61.02.004	Шайба амортизатора	2			
		5		21.ДП.ПЭА.164.61.02.005	Прокладка изолирующая пружины верхняя	2			
	A1	6		21.ДП.ПЭА.164.61.02.006	Пружина задней подвески	2			
	7		21.ДП.ПЭА.164.61.02.007	Буфер хода сжатия	2				
	8		21.ДП.ПЭА.164.61.02.008	Болт М12х1,25х91	2				
	9		21.ДП.ПЭА.164.61.02.009	Кронштейн крепления задней подвески правый	1				
				21.ДП.ПЭА.164.61.00.000					
Изм. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
	Разраб.	Кандрашев				Установка задней подвески	Лит.	Лист	Листов
	Проб.	Черепанов						1	2
Н.контр.	Черепанов				ТГУ, ИМ гр. АТС-1601В				
	Утв.	Бобровский							
<i>Копировал</i>						<i>Формат А4</i>			

Рисунок Б.1 – Спецификация на заднюю подвеску автомобиля

