

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Усовершенствование подвески переднеприводного автомобиля
малого класса, путём внедрения в её конструкцию регулируемого
трёхступенчатого амортизатора

Обучающийся

И.А. Митин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент В.Н. Лата

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

Консультанты

доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2023

Аннотация

Представлен дипломный проект на тему «Усовершенствование подвески переднеприводного автомобиля особо малого класса, путём внедрения в её конструкцию регулируемого трёхступенчатого амортизатора».

Актуальность данной темы обусловлена тем, что современные тенденции в автомобилестроении предъявляют повышенные требования к уровню комфорта работы подвески транспортного средства. Это требует применения узлов и агрегатов новых типов, работающих на иных механических принципах, нежели традиционные узлы подвески. Для автомобилей особо малого класса это особенно актуально еще и по причине малой массы самого кузова, что вызывает повышенный уровень реакции на внешнее возмущающее воздействие.

Дипломный проект состоит из следующих разделов: введение, шесть глав, раскрывающих тему проекта, заключения и списка использованных источников, включая иностранные. Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.

Целью дипломного проекта является разработка подвески автомобиля малого класса с использованием регулируемого трехступенчатого амортизатора на уровне технического проекта.

Логически структура дипломного проекта разделена на следующие части, связанные между собой: анализ существующих технических решений в конструкции подвески, тяговый расчет транспортного средства для которого разрабатывается узел, силовые и прочностные расчеты узла и его элементов, разработка технологического процесса изготовления узла, разработка безопасных условий труда на участке и экономическое обоснование эффективности проекта.

Разработанная в рамках дипломного проекта конструкция узла подвески обладает значительно более высокими эксплуатационными характеристиками в сравнении с узлом, применяемым в серийных автомобилях в настоящее

время. Внедрение конструкции в серийные транспортные средства не только позволит повысить их эксплуатационные качества, но и сформировать определенные конкурентные преимущества во всей продуктовой линейке автомобилей данного класса, производимых на территории России.

Отдельно необходимо отметить, что результаты выполненной работы в рамках дипломного проекта имеют не только теоретическое, но также обладают практическим значением. Разработанная конструкция может быть реализована в рамках серийного производства и использована на серийных автомобилях.

Abstract

A graduation project on the topic «Improving the suspension of a front-wheel drive car of an especially small class by introducing an adjustable three-stage shock absorber into its design» is presented.

The relevance of this topic is due to the fact that current trends in the automotive industry place increased demands on the level of comfort of the vehicle suspension. This requires the use of new types of units and assemblies operating on other mechanical principles than traditional suspension units. For cars of a particularly small class, this is especially true also because of the low mass of the body itself, which causes an increased level of response to external disturbances.

The diploma project consists of the following sections: an introduction, six chapters that reveal the topic of the project, a conclusion and a list of sources used, including foreign ones. The graphic part of the diploma is presented on ten sheets of A1 format.

The aim of the diploma project is to develop a suspension for a small class car using an adjustable three-stage shock absorber at the level of a technical project.

Logically, the structure of the diploma project is divided into the following parts, interconnected: analysis of existing technical solutions in the design of the suspension, traction calculation of the vehicle for which the unit is being developed, power and strength calculations of the unit and its elements, development of the technological process for manufacturing the unit, development of safe working conditions on site and economic justification for the effectiveness of the project.

The design of the suspension unit developed within the framework of the diploma project has significantly higher performance characteristics in comparison with the unit currently used in serial vehicles. The introduction of the design into mass-produced vehicles will not only improve their performance, but also create certain competitive advantages in the entire product line of vehicles of this class produced in Russia.

Separately, it should be noted that the results of the work performed within the framework of the graduation project are not only theoretical, but also have practical significance. The developed design can be implemented as part of mass production and used on mass-produced vehicles.

Содержание

Введение	8
1 Анализ конструкции передней подвески автомобиля малого класса	11
1.1 Анализ факторов, влияющих на плавность хода автомобиля	11
1.2 Анализ конструкции подвески легковых автомобилей	14
1.2.1 Конструкция подвески автомобиля на двойных поперечных рычагах	14
1.2.2 Конструкция подвески автомобиля на продольных рычагах	17
1.2.3 Конструкция подвески автомобиля на продольных и поперечных рычагах	20
1.2.4 Конструкция подвески автомобиля на направляющих пружинных стойках (подвеска системы Макферсон)	22
1.3 Конструкция амортизаторов с переменным усилием демпфирования	24
2 Расчет тяговых, динамических и показателей топливной экономичности автомобиля малого класса	28
2.1 Выбор типа автомобиля для выполнения расчета	28
2.2 Тяговый расчет транспортного средства	30
3 Конструкция передней подвески автомобиля и амортизатора	48
3.1 Расчет упругой характеристики подвески	48
3.2 Расчёт пружины подвески автомобиля	50
3.3 Расчет характеристик амортизатора подвески	52
4 Разработка технологического процесса монтажа передней подвески на автомобиль малого класса	58
4.1 Анализ конструкции, принятой для разработки технологического процесса	58
4.2 Выбор типа производства и формы организации сборочных работ	60
4.3 Разработка технологической карты сборки подвески	61
5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования	68

5.1 Характеристика участка сборки	68
5.2 Профессиональные риски, характерные для участка	70
5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих	74
5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке	78
5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка	81
6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта .	83
6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности	83
6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка	84
Заключение	93
Список используемых источников	98
Приложение А Графики тягового расчета	101

Введение

В современном автомобильном индустриальном секторе существует постоянная потребность в усовершенствовании подвесок автомобилей с целью повышения комфорта, устойчивости и управляемости. Особое внимание уделяется подвескам переднеприводных автомобилей особо малого класса, которые широко используются в городских условиях и представляют собой основную массу автопарка.

Один из ключевых аспектов улучшения подвески – это использование современных амортизаторов, которые играют важную роль в поглощении колебаний и ударов от неровностей дороги. Необходимость регулирования амортизаторов обусловлена различными условиями дорожного покрытия, с которыми автомобиль сталкивается во время движения. Городские улицы, трассы, пересеченная местность – каждое из этих условий требует определенной жесткости амортизации для оптимальной работы подвески. Регулируемый трехступенчатый амортизатор предлагает возможность изменять уровень жесткости в зависимости от дорожных условий и предпочтений водителя.

В режиме «мягкой» амортизации подвеска эффективно поглощает неровности дороги, обеспечивая высокий уровень комфорта для пассажиров.

В режиме «средней» жесткости, амортизаторы обеспечивают баланс между комфортом и управляемостью.

В режиме «жесткой» амортизации повышается устойчивость автомобиля на высокой скорости, а также в поворотах.

Такое регулирование амортизаторов позволит автомобилю малого класса адаптироваться к различным условиям дороги и предоставить водителю и пассажирам оптимальный уровень комфорта и безопасности. Повышение управляемости и устойчивости автомобиля может быть особенно полезным при маневрировании в городской среде или на пересеченной местности.

В данном дипломном проекте предлагается усовершенствование подвески переднеприводного автомобиля особо малого класса путем внедрения в ее конструкцию регулируемого трехступенчатого амортизатора.

Целью данного проекта является разработка конструкции регулируемого трехступенчатого амортизатора, который позволит повысить эффективность подвески и обеспечить наилучшую адаптацию к различным условиям дорожного покрытия.

Амортизаторы с регулируемым уровнем амортизации могут настраиваться на три различных степени жесткости, что позволит водителю выбирать оптимальный режим работы подвески в зависимости от дорожных условий и предпочтений.

В ходе работы над дипломным проектом проведен анализ существующих решений в области амортизации вибраций от неровностей дорожного покрытия и регулировки подвески. Изучены основные принципы работы амортизаторов и их влияние на характеристики автомобиля. Разработана конструкция регулируемого трехступенчатого амортизатора, включающая в себя необходимые компоненты и механизмы. Также в ходе работы проведен расчет и техническое обоснование новой конструкции для оценки ее эффективности и преимуществ перед существующими конструкторскими решениями.

Ожидается, что внедрение регулируемого трехступенчатого амортизатора в конструкцию подвески переднеприводного автомобиля малого класса приведет к улучшению комфорта при движении, повышению устойчивости и управляемости автомобиля в различных условиях дорожного покрытия.

Это позволит создать более совершенный и конкурентоспособный автомобиль в своем классе.

Амортизаторы с регулируемым уровнем амортизации могут настраиваться на три различных степени жесткости, что позволит водителю

выбирать оптимальный режим работы подвески в зависимости от дорожных условий и предпочтений.

Графическая часть дипломного проекта состоит из 9 чертежей, приведённых к формату А1. Пояснительная записка содержит 101 страницу, 9 рисунков, 14 таблиц, перечень используемых источников на 25 источников и одно приложение. Дипломный проект является важнейшей и завершающей частью учебного процесса, а также самостоятельной работой студента, в которой он должен проявить свои знания по специальности и показать свое умение применить эти знания для решения инженерных задач.

В дипломном проекте произведены следующие расчеты: тяговый расчет, расчет передней подвески, расчет приспособлений для выполнения сборки рычага передней подвески, а также технико-экономическое обоснование проектируемого автомобиля, технологический процесс сборки конструируемой передней подвески и выполнены работы по организации производства и охраны труда.

1 Анализ конструкции передней подвески автомобиля малого класса

1.1 Анализ факторов, влияющих на плавность хода автомобиля

Анализ факторов, влияющих на плавность хода автомобиля малого класса, позволяет определить ключевые аспекты, которые необходимо учесть для повышения комфорта и устойчивости автомобиля. Рассмотрим некоторые из этих факторов.

Одним из основных факторов, влияющих на плавность хода автомобиля, является состояние и конструкция подвески. Хорошо настроенная и адаптированная подвеска позволяет эффективно поглощать вибрации и удары от неровностей дороги, обеспечивая более плавное и комфортное движение.

Работа амортизаторов влияет на уровень комфорта и устойчивости автомобиля. Они служат для поглощения колебаний от неровностей дороги и предотвращения избыточного отскока колес. Качество и состояние амортизаторов имеют прямое влияние на плавность хода автомобиля.

Выбор шин также влияет на плавность хода. Шины с низким профилем и жесткой боковиной могут передавать больше вибраций от неровностей дороги в салон автомобиля. Шины с высоким профилем и хорошей амортизацией могут улучшить плавность хода и комфорт для пассажиров, но при этом, более высокая шина демонстрирует менее высокий уровень устойчивости при скоростных поворотах.

Жесткость и конструкция рамы и кузова также влияют на плавность хода. Жесткая и прочная рама позволяет лучше контролировать колебания и вибрации от неровностей дороги.

Размер и вес автомобиля малого класса также влияют на его плавность хода. Более тяжелые автомобили обычно имеют более плавный ход, так как их масса помогает поглощать вибрации от неровностей дороги.

Наличие современных систем контроля, таких как системы стабилизации и управления, также влияет на плавность хода. Они помогают поддерживать устойчивость и контроль автомобиля в различных ситуациях, что способствует более плавному и комфортному движению.

Анализ этих факторов позволяет определить возможности для улучшения плавности хода автомобиля малого класса. Обновление подвески, замена амортизаторов, выбор шин с лучшей амортизацией или применение современных систем контроля могут значительно повысить комфорт и устойчивость автомобиля, обеспечивая плавное и комфортное движение.

«Испытания на плавность хода проводятся в соответствии с ОСТ 37.001.275-84 в двух весовых состояниях: при полной массе и при частичной нагрузке. Замеры среднеквадратических ускорений выполняются на месте водителя. Среднеквадратичные вертикальные ускорения колебаний поддрессоренной массы автомобиля определяются в двух частотных диапазонах: 0...5,6 Гц и 0...22,4 Гц.» [4]

Среднеквадратичные ускорения определялись по формуле:

$$\delta = \sqrt{D} \text{ м/с}^2 \quad (1)$$

где D дисперсия, рассчитываемая по формуле:

$$D = K \frac{N}{T} \quad (2)$$

где N – отсчет диспермометра;

T – время отсчета;

K – тарировочный коэффициент.

«Испытания проводятся в двух типах дорожных условий: на булыжном покрытии дороги и на асфальтном покрытии, при различных скоростях движения: 40,50,60,70,80 и 90 км/ч.» [4]

Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 2.1 - Результаты испытаний автомобиля на плавность хода

Состояние дороги и автомобиля	Частотный диапазон Гц	Предел скорости км/ч	δ_{\min} м/с ²	δ_{\max} м/с ²
Булыжное покрытие с частичной нагрузкой	0–5,6	40–70	0,8	1,13
	0–22,5	40–70	0,85	1,25
Булыжное покрытие с полной нагрузкой	0–5,6	40–70	0,52	0,65
	0–22,5	40–70	1,25	1,80
Асфальтное покрытие с частичной нагрузкой	0–5,6	50–90	0,4	0,75
	0–22,5	50–90	0,45	1,4
Асфальтное покрытие с полной нагрузкой	0–5,6	50–90	0,45	0,8
	0–22,5	50–90	0,75	1,5

В целом, для обеспечения высокой плавности хода автомобиля малого класса необходимо обращать внимание на состояние и настройку подвески, выбор качественных амортизаторов и шин, а также наличие современных систем контроля. Эти факторы взаимодействуют друг с другом и влияют на комфортность и устойчивость автомобиля. Применение современных технологий и правильное обслуживание позволят достичь оптимальной плавности хода и повысить удовлетворенность владельцев автомобилей малого класса.

В целом, можно сформулировать следующие требования, предъявляемые к подвескам легкового автомобиля.

Подвеска должна обеспечивать хорошую управляемость автомобиля. Конструкция подвески позволяет водителю с высокой степенью простоты и точно контролировать автомобиль, особенно при совершении поворотов и при маневрах.

Комфорт для водителя и пассажиров в салоне является одним из основных требований, предъявляемых к подвеске. Подвеска должна минимизировать передачу вибраций и ударов от неровностей дороги в салон автомобиля, обеспечивая плавное движение.

Подвеска должна обеспечивать устойчивость автомобиля при движении по дорогам с различными типами покрытия. Конструкция подвески должна

предотвращать возможное скольжение и боковое ускорение при прохождении поворотов, обеспечивать устойчивость на высоких скоростях.

Подвеска должна быть способна адаптироваться к различным условиям дорожного движения на различных типах дорожных покрытий. Конструкция подвески должна эффективно поглощать вибрации и удары от неровностей дороги, независимо от их типа (городские улицы, трассы, пересеченная местность и т.д.).

Подвеска должна быть конструктивно простой и доступной для обслуживания. Это понятие включает возможность легкой замены и регулировки амортизаторов, подшипников, рычагов и других конструктивных элементов подвески.

Подвеска должна обладать надежностью и длительным сроком службы.

Она должна быть спроектирована и изготовлена с использованием качественных материалов и компонентов, чтобы выдерживать постоянные нагрузки и воздействия. Общим требованием ко всем аспектам подвески является баланс между управляемостью и комфортом движения. Подвеска должна быть настроена таким образом, чтобы достигнуть оптимального соотношения между хорошей управляемостью и комфортом для пассажиров. Это позволит создать более безопасный и удобный в эксплуатации автомобиль.

1.2 Анализ конструкции подвески легковых автомобилей

1.2.1 Конструкция подвески автомобиля на двойных поперечных рычагах

Конструкция подвески на двойных поперечных рычагах является одной из распространенных и эффективных систем подвески. Она используется во многих автомобилях, включая автомобили малого класса. К основным элементам подвески относятся.

Поперечные рычаги (или рычаги независимой подвески). Это основные элементы подвески, которые устанавливаются поперек автомобиля, они могут быть выполнены из стальных или алюминиевых сплавов и обычно имеют форму буквы «А» или «L». Поперечные рычаги крепятся к раме или кузову автомобиля с помощью петель и соединяются с колесами через шарниры или подшипники. Они обеспечивают горизонтальную и вертикальную жесткость подвески.

Амортизаторы служат для поглощения колебаний и ударов от неровностей дороги. Они устанавливаются между поперечными рычагами и кузовом автомобиля или между поперечными рычагами и осью колеса. Амортизаторы содержат поршень и цилиндр, в которых происходит сжатие и растяжение специального газа или масла, что создает сопротивление и поглощает энергию от колебаний.

Пружины в подвеске служат для поддержания постоянного контакта колес с дорогой и поглощения ударов от неровностей. Они выполнены из стали и установлены вокруг амортизаторов. Пружины могут быть спиральными или бочкообразными, в зависимости от конкретной конструкции подвески.

Рулевая тяга является неотъемлемой частью подвески на двойных поперечных рычагах. Она связывает рулевую колонку с поперечными рычагами и позволяет водителю управлять направлением колес. Рулевая тяга может быть выполнена в виде поперечной или продольной тяги, в зависимости от конкретной конструкции подвески.

Для обеспечения свободного движения и поворота поперечных рычагов в подвеске используются подшипники и шарниры. Они позволяют плавно и без трения передавать силы от подвески к колесам. Конструкция подвески на двойных поперечных рычагах обеспечивает высокую управляемость, комфорт и устойчивость автомобиля. Она позволяет колесам двигаться независимо друг от друга, что повышает сцепление с дорогой и уменьшает передачу вибраций и ударов в салон автомобиля. Кроме того, такая подвеска обладает

высокой жесткостью и устойчивостью при маневрировании и прохождении поворотов. Конструкция подвески на двойных поперечных рычагах представлена на рисунке 1.

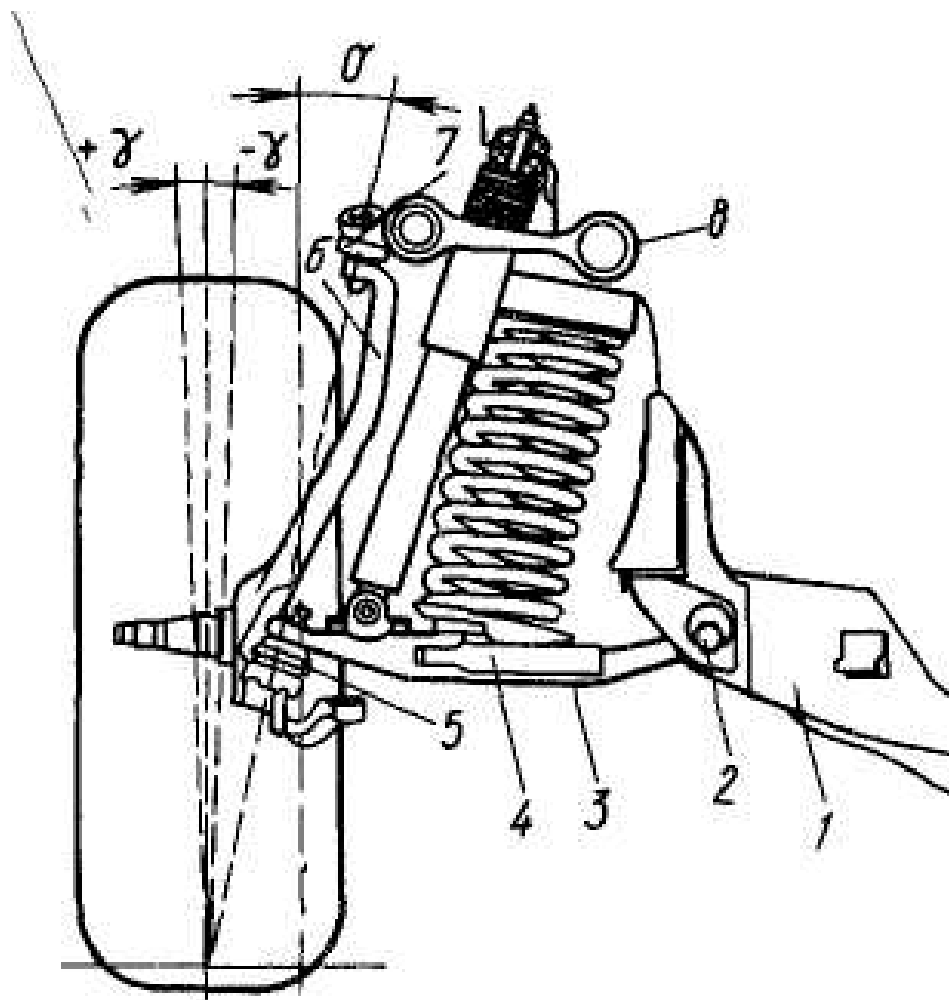


Рисунок 1 – Конструкция подвески на двойных поперечных рычагах

«Главное преимущество подвески на двойных поперечных рычагах — ее кинематические качества: взаимным положением рычагов можно определить высоту как центра поперечного крена, так и центра продольного крена. Кроме того, за счет различной длины можно влиять на угловые перемещения колес при ходах отбоя и сжатия, то есть на изменение развала и (в определенных границах), независимо от этого, на изменение колеи. При

более коротких верхних рычагах колеса при ходе сжатия наклоняются в сторону отрицательного развала, а при ходе отбоя — в сторону положительного. За счет этого можно противодействовать изменению развала, обусловленному боковым креном кузова.

Если центр продольного крена может быть размещен выше оси колес, это не только повысит эффективность противодействия крену при торможении, но и уменьшит «приседание» при разгоне в случае ведущих колес.

Недостатки такой конструкции является то, что при торможении на нижний рычаг действует большая горизонтальная сила, различная длина рычагов создает изменение развала колеса и изменение колеи.» [2]

1.2.2 Конструкция подвески автомобиля на продольных рычагах

«При конструкции подвески автомобиля на продольных рычагах с каждой стороны автомобиля имеется расположенный в направлении движения продольный рычаг с поворотной опорой на поперечине подвески или на кузове. Такой рычаг должен воспринимать силы во всех направлениях и испытывает высокие нагрузки на изгиб и кручение, тем не менее под воздействием вертикальных и боковых сил развал и схождение не должны изменяться.» [3]

Конструкция подвески на продольных рычагах (или лонжеронах) является одной из важных и широко применяемых систем подвески в автомобилях. Она обеспечивает хорошую управляемость, устойчивость и комфорт при движении. К основным элементам подвески на продольных рычагах относятся.

Продольные рычаги являются основными элементами конструкции подвески. Они располагаются продольно к автомобилю и устанавливаются с обеих сторон передней и задней оси.

Продольные рычаги могут быть выполнены из стальных или алюминиевых сплавов и служат для опоры и крепления колеса к автомобилю.

Амортизаторы устанавливаются между продольными рычагами и кузовом автомобиля или между продольными рычагами и осью колеса. Они служат для поглощения колебаний и ударов от неровностей дороги.

Конструкция подвески на продольных рычагах представлена на рисунке 2.

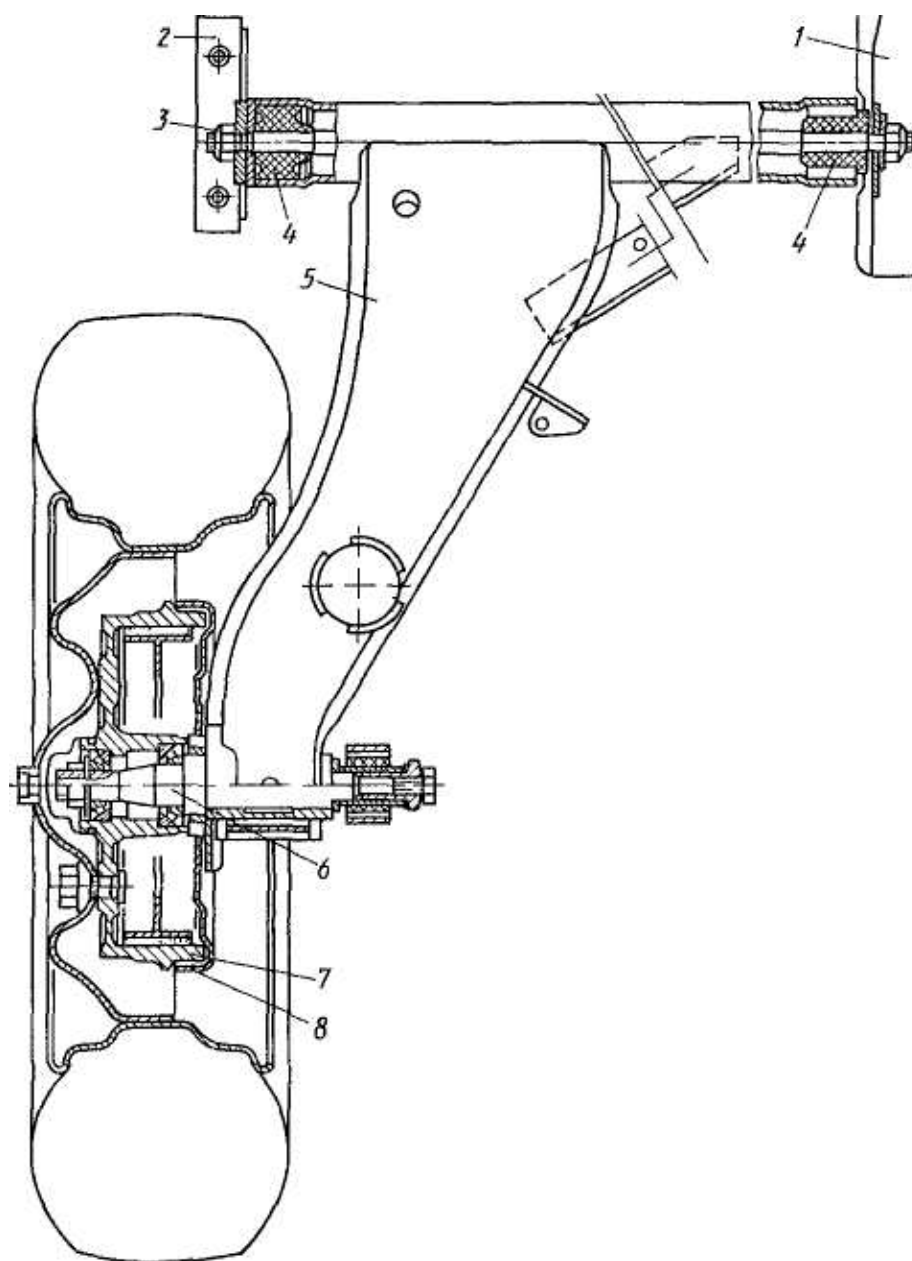


Рисунок 2 – Конструкция подвески на продольных рычагах

Конструкция подвески на продольных рычагах обладает рядом преимуществ. Она обеспечивает хорошую управляемость и устойчивость

автомобиля при движении по дорогам различной степени качества. Также она способствует плавному и комфортному движению, благодаря эффективному поглощению вибраций и ударов от неровностей дороги амортизаторами и пружинами. Конструкция подвески на продольных рычагах может быть адаптирована и усовершенствована для достижения лучшей управляемости и комфорта в каждом конкретном автомобиле.

«За счет длины рычагов можно влиять на прогрессивность характеристики упругости и получать более благоприятные параметры колебаний при нагрузке. Точки качания рычагов являются одновременно центрами продольного крена, т. е. при торможении задняя часть кузова в этом месте подтягивается вниз.

Недостатком является низкое (на уровне дороги) положение центра поперечного крена; кроме того, при движении на повороте колеса сильнее наклоняются вместе с кузовом, чем при других независимых подвесках. Вертикальные силы, увеличивающиеся при ходе сжатия и уменьшающиеся при ходе отбоя, вызывают различное нагружение на кручение продольного рычага; последний скручивается, и происходит изменение развала, которое приводит к уменьшению возможности передачи шиной боковых сил. Коэффициент изменения развала при крене составляет в среднем 1,05. Кроме того, надо учитывать, что боковая сила дополнительно отжимает внешнее на повороте колесо в направлении положительного развала, а внутреннее — в сторону отрицательного.» [2], [25]

«За счет этого изменяются силы, действующие в рулевом управлении: на наружном при повороте колесе, совершающем ход сжатия, увеличивается возвратный момент. Указанный недостаток является, вероятно, причиной того, что простая и экономичная в изготовлении подвеска на продольных рычагах применяется для передних колес только на относительно легких и «тихоходных» легковых автомобилях.» [3], [22]

1.2.3 Конструкция подвески автомобиля на продольных и поперечных рычагах

Конструкция подвески автомобиля на продольных и поперечных рычагах, также известная как многорычажная подвеска (multi-link suspension) или подвеска на многорычажных рычагах, является одной из передовых систем подвески. Она комбинирует преимущества подвески на продольных и поперечных рычагах, обеспечивая высокую управляемость, устойчивость и комфорт при движении. К основным элементам подвески на продольных рычагах относятся.

Продольные рычаги устанавливаются параллельно продольной оси автомобиля и служат для контроля продольных движений колес. Они обеспечивают стабильность и устойчивость автомобиля при ускорении и замедлении. Продольные рычаги могут быть выполнены из стальных или алюминиевых сплавов.

Поперечные рычаги (трансверсальные рычаги). Поперечные рычаги устанавливаются перпендикулярно продольным рычагам и служат для контроля поперечных движений колес. Они обеспечивают управляемость и устойчивость автомобиля при поворотах и маневрах. Поперечные рычаги как правило выполнены из того же материала, что и продольные рычаги.

Амортизаторы устанавливаются между рычагами и кузовом автомобиля или между рычагами и осью колеса. Они служат для поглощения колебаний и ударов от неровностей дороги. Амортизаторы создают сопротивление и поглощают энергию от колебаний, обеспечивая плавное и комфортное движение.

Конструкция подвески на продольных и поперечных рычагах представлена на рисунке 3.

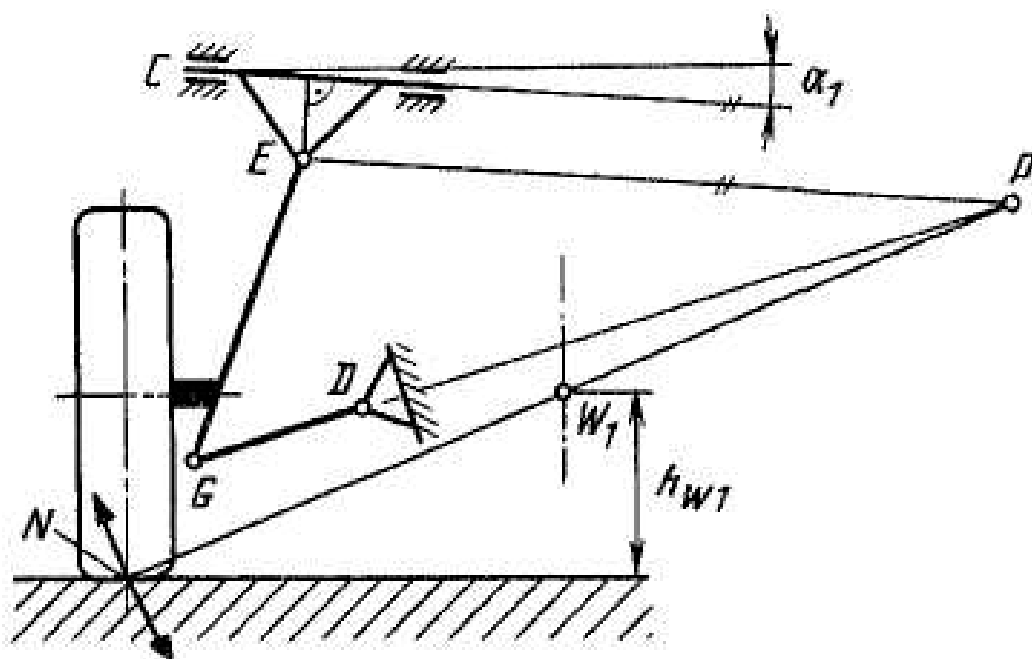


Рисунок 3 – Конструкция подвески автомобиля на продольных и поперечных рычагах

Комбинация продольных и поперечных рычагов в подвеске автомобиля обеспечивает высокую управляемость, устойчивость и комфорт при движении. Продольные рычаги контролируют продольные движения колес, обеспечивая стабильность при ускорении и замедлении. Поперечные рычаги управляют поперечными движениями колес, обеспечивая точность и устойчивость при поворотах и маневрах. Амортизаторы и пружины поглощают колебания и удары от неровностей дороги, обеспечивая комфорт пассажиров. Подвеска на продольных и поперечных рычагах является одной из передовых технологий подвески, которая обеспечивает высокий уровень комфорта и хорошую управляемость автомобиля.

Путем наклона оси качения рычага DG можно поднять центр крена при этом изменение развала колеса получается ближе к оптимальному (рисунок 3).

Недостатком подвески такой конструкции является большое число шарниров и повышение затрат, а также большая трудоемкость изготовления.

1.2.4 Конструкция подвески автомобиля на направляющих пружинных стойках (подвеска системы Макферсон)

Конструкция подвески Макферсон (McPherson) является одной из наиболее распространенных и популярных систем подвески в автомобилях. Она обеспечивает хорошую управляемость, устойчивость и комфорт при движении. Конструкция подвески представлена на рисунке 4.

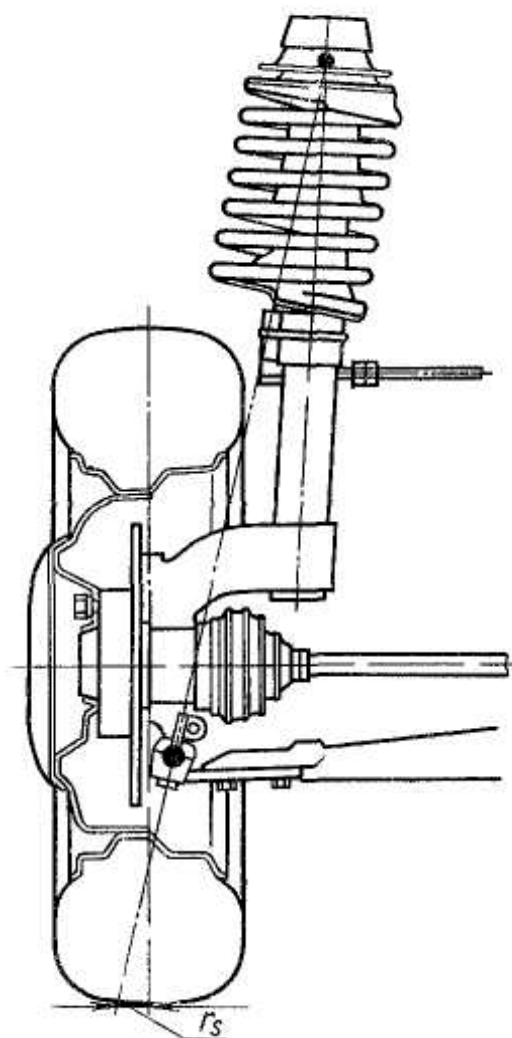


Рисунок 4 – Конструкция подвески автомобиля на направляющих пружинных стойках (подвеска системы Макферсон)

К основным элементам подвески автомобиля на направляющих пружинных стойках (подвеска системы Макферсон) относятся.

Амортизирующая стойка является основным элементом конструкции подвески Макферсон. Она служит вертикальной опорой для колеса и опирается на поперечный рычаг. Амортизирующая стойка также содержит амортизатор и пружину, которые обеспечивают поглощение колебаний и ударов от неровностей дороги.

Поперечный рычаг крепится к центральному стержню и обеспечивает опору ступицы колеса. Он обычно имеет форму буквы «V» или «П» и выполняется из стальных или алюминиевых сплавов.

Амортизатор устанавливается внутри амортизирующей стойки и служит для поглощения колебаний и ударов от неровностей дороги. Он создает сопротивление, когда подвеска работает на сжатие или отбой, что позволяет уменьшить колебания и обеспечить комфортное движение.

Пружина устанавливается внутри центрального стержня и служит для поддержания постоянного контакта колеса с дорогой и поглощения ударов от неровностей.

Конструкция подвески Макферсон обеспечивает простоту и компактность, что позволяет использовать ее в широком спектре автомобилей. Она обладает хорошей управляемостью и устойчивостью при движении, а также обеспечивает комфортное и плавное движение, благодаря эффективному поглощению колебаний и ударов от неровностей дороги амортизатором и пружиной.

Подвеска Макферсон является надежной и долговечной системой, которая находит широкое применение в автомобильной промышленности.

Для автомобиля малого класса наиболее приемлемым с точки зрения конструкции и стоимости изготовления является подвеска Макферсон. Именно подвески данного типа получили наибольшее распространение на легковых автомобилях массового сегмента.

1.3 Конструкция амортизаторов с переменным усилием демпфирования

Амортизаторы с переменным усилием демпфирования (variable damping) – это амортизаторы, которые автоматически изменяют уровень силы демпфирования в зависимости от условий движения и состояния дороги. Они предназначены для оптимизации управляемости, устойчивости и комфорта автомобиля.

Конструкция амортизаторов с переменным усилием демпфирования может варьироваться в зависимости от производителя и модели автомобиля, но обычно они основаны на одном из следующих принципов.

Электронное управление. В данном случае амортизаторы оборудованы электронными клапанами, которые регулируют поток масла внутри амортизаторов. Электронные сенсоры и компьютер анализируют данные о скорости, ускорении, нагрузке и других параметрах автомобиля, и на основе этой информации регулируют усилие демпфирования. Это позволяет амортизаторам адаптироваться к изменяющимся условиям дороги и стилю вождения.

Магнитореологическое управление. Данный тип амортизаторов использует особый магнитореологический материал внутри амортизатора, который меняет свою вязкость под воздействием электрического поля. Путем изменения силы электрического поля амортизаторы могут менять уровень демпфирования. Это позволяет быстро и точно регулировать усилие демпфирования в зависимости от условий движения.

Гидравлическое управление. В данном случае амортизаторы оснащены клапанами, которые регулируют поток масла внутри амортизатора. Путем изменения гидравлического давления амортизаторы могут менять уровень демпфирования. Это может быть достигнуто различными способами, такими как использование дополнительных клапанов или изменение сечения каналов внутри амортизатора.

«Уже в 50-е годы некоторые автомобили повышенной комфортности были оборудованы такими системами, как Armstrong Selectaride, которые давали возможность водителю вручную выбирать predetermined установки амортизатора, от мягкого до жесткого. Современные системы работают автоматически (хотя часто с возможностью изменения регулировок водителем), используя управление через компьютер, чтобы выбрать наиболее подходящую настройку для любой скорости, поверхности дороги и условий движения. Большинство систем, использовавшихся на автомобилях высшего класса до 2001 года, работают с помощью одного или двух электромагнитных перепускных клапанов, которые открываются или закрываются для обеспечения двух или трех демпфирующих характеристик. В трехуровневой системе самая жесткая характеристика получается при двух закрытых клапанах и часто именуется «спорт», когда один клапан открывается, система переходит в «нормальный» режим. Открытие обоих клапанов обеспечивает самый мягкий режим «комфорт».» [1]

«Mercedes разработал более совершенную систему ADS (Adaptive Damping System — адаптивную демпфирующую систему), которая использует перепускные клапаны различных размеров, обеспечивая четыре различных установки демпфирования. Mercedes утверждает, что система устанавливается на самый мягкий режим больше половины времени движения, даже если автомобиль едет с максимальной скоростью.» [21]

«Компания Delphi продемонстрировала автомобили, оборудованные амортизаторами, в которых обычные отверстия заменялись узкими проходами, в которых жидкость проходила между электромагнитными катушками. Система Magneride имеет огромное преимущество, заключающееся в том, что вязкость жидкости, а следовательно, и степень демпфирования, полностью изменяемые, в зависимости от изменения мощности электромагнитного поля, которая контролируется компьютером.» [24]

«Наиболее простые системы предполагают ручной выбор демпфирования водителем. Предлагаемая конструкция амортизатора представляет собой обычный двухтрубный амортизатор со следующими конструктивными отличиями:

- жидкость из полости под поршнем в полость над поршнем перетекает не только по каналам в поршне, но и дополнительно через осевой канал в штоке 1 (смотрите графическую часть) и далее через радиальные каналы, выполненные в штоке (два на уровне поршня и два в надпоршневой полости);
- радиальные каналы в штоке перекрываются калиброванными отверстиями разного диаметра в управляющем штоке 21. Управляющий шток представляет собой трубку с 6-ю радиальными отверстиями соединённую с шаговым электродвигателем для придания ему вращательной подвижности внутри штока. При вращательных передвижениях отверстия на штоке могут перекрываться с каждым из 6-и отверстий на управляющем штоке, что позволяет изменять гидравлическое сопротивление при переходе жидкости из одной полости в другую в зависимости от того через крупное или мелкое отверстие проходит жидкость в данный момент.» [1], [24]

Амортизаторы с переменным усилием демпфирования обеспечивают более точное и адаптивное управление характеристиками демпфирования по сравнению с обычными амортизаторами. Они позволяют автомобилю быстро реагировать на изменения условий дороги и стиля вождения, обеспечивая оптимальную устойчивость и комфорт. Это особенно полезно при прохождении неровностей, поворотах и маневрах, где требуется динамическая адаптация подвески.

В ходе анализа конструкции передней подвески автомобиля малого класса было выявлено несколько важных выводов:

Конструкция передней подвески имеет существенное влияние на характеристики управляемости, устойчивости и комфорта автомобиля. Она

должна обеспечивать достаточную жесткость, упругость и демпфирование для поддержания устойчивости и комфорта при движении.

В основном, автомобили малого класса используют подвеску типа Макферсон, благодаря ее простоте, компактности и надежности. Подвеска Макферсон обеспечивает управляемость, устойчивость и комфорт при движении.

Продольные и поперечные рычаги, амортизаторы и пружины являются основными компонентами подвески. Они работают совместно для обеспечения плавного движения, поглощения колебаний и ударов от неровностей дороги, а также поддержания устойчивости и точности управления.

Принципы амортизации с переменным усилием демпфирования могут улучшить характеристики подвески, особенно в отношении адаптивности и комфорта. Амортизаторы с переменным усилием демпфирования, такие как электронно-управляемые или магнитореологические амортизаторы, способны автоматически регулировать уровень демпфирования в зависимости от условий движения и состояния дороги.

В целом, анализ конструкции передней подвески автомобиля малого класса позволяет лучше понять влияние подвески на характеристики автомобиля. Работа такого рода имеет практическое значение для разработчиков и инженеров, помогая улучшить производительность и комфорт автомобилей малого класса.

2 Расчет тяговых, динамических и показателей топливной экономичности автомобиля малого класса

2.1 Выбор типа автомобиля для выполнения расчета

Разработка амортизатора переменной жесткости производится для автомобиля малого класса. В качестве такого транспортного средства для раздела, в котором требуется продемонстрировать расчет тяговых характеристик, принимается транспортное средство, наиболее полно соответствующее требованиям класса. В качестве исходных данных приняты параметры базового автомобиля, взятого в качестве базы для проектирования, принимаем автомобиль Лада Гранта (ВАЗ-2190).

«Автомобиль ВАЗ-2190 малого класса (класс В по международной классификации) является развитием семейства автомобиля Лада Калина. Его производство на заводе в Тольятти началось в декабре 2011 года. На автомобиль Лада Гранта ВАЗ-2190 устанавливаются 8-клапанные двигатели ВАЗ-11183 (80 л.с.), ВАЗ-21116 (87 л.с.), ВАЗ-11186 (87 л.с.) и 16-клапанный двигатель ВАЗ-21126 (98 л.с). Все двигатели рабочим объемом 1,6 л расположены поперек моторного отсека, оснащены системой распределенного впрыска топлива и каталитическим нейтрализатором отработавших газов, конструктивно выполненным в едином блоке с выпускным коллектором.» [1]

«Кузов Лада Гранта ВАЗ-2190 - типа седан, несущий, цельнометаллический, сварной конструкции с навесными боковыми дверьми, передними крыльями, капотом и крышкой багажника.

Трансмиссия на автомобиле Лада Гранта ВАЗ-2190 выполнена по переднеприводной схеме с приводами ведущих колес разной длины. Передняя подвеска независимая, пружинная, со стабилизатором поперечной устойчивости, с гидравлическими амортизаторными стойками.» [2]

«Задняя подвеска полузависимая, с Н-образной поперечной балкой, с несъемным стабилизатором поперечной устойчивости, с гидравлическими амортизаторными стойками. Тормозные механизмы передних колес дисковые, с плавающей скобой, тормозные механизмы задних колес барабанные. В варианном исполнении автомобиля Лада Гранта ВАЗ-2190 могут быть оснащены антиблокировочной системой тормозов (ABS).» [1], [8]

Внешний вид автомобиля ВАЗ-2190 представлен на рисунке 5.

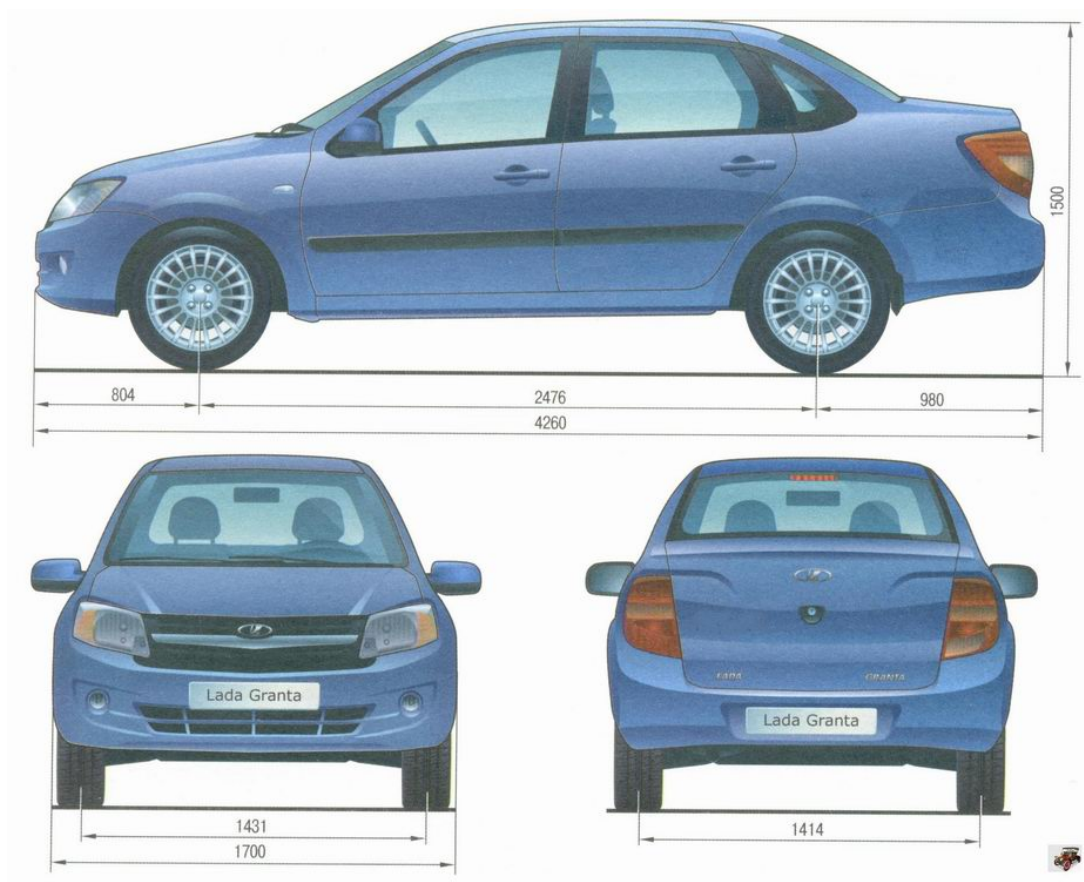


Рисунок 5 – Внешний вид и габаритные размеры автомобиля Лада Гранта ВАЗ-2190

Исходя из известных технических характеристик автомобиля, произведем тяговый расчет по общей методике расчетов транспортных средств.

2.2 Тяговый расчет транспортного средства

Полная масса автомобиля определяется следующим образом:

$$m_a = m_o + (m_{\text{ч}} + m_{\text{б}}) \cdot n_{\text{п}}, \quad (3)$$

«Где m_o – масса снаряженного автомобиля: $m_o = 1080$ кг;

$m_{\text{ч}}$ – масса водителя или пассажира: принимаем $m_{\text{ч}} = 76$ кг;

$m_{\text{б}}$ – масса багажа из расчета на одного пассажира: $m_{\text{б}} = 21$ кг;

$n_{\text{п}}$ – количество пассажиров, включая водителя: $n_{\text{п}} = 5$ человек.» [2]

$$m_a = 1080 + (76 + 21) \cdot 5 = 1505 \text{ кг}$$

«При распределении нагрузки по осям легкового автомобиля с передним расположением двигателя и передним ведущим мостом на задний мост приходится 43...55% полной массы автомобиля.

Принимаем что на менее нагруженный задний мост приходится 50% полной массы. Тогда на передний мост приходится 50% полной массы.

Определим полный вес автомобиля:» [2], [9]

$$G_a = m_a \cdot g \quad (4)$$

$$G_a = 1505 \cdot 9,81 = 15050 \text{ Н}$$

Определим вес, приходящийся на переднюю ось автомобиля:

$$G_1 = \frac{m_a \cdot 55 \cdot g}{100} = \frac{1505 \cdot 50 \cdot 9,81}{100} = 7525 \text{ Н} \quad (5)$$

Определим вес, приходящийся на заднюю ось автомобиля:

$$G_2 = \frac{m_a * 50 * g}{100} = \frac{1560 * 50 * 9,81}{100} = 7525H \quad (6)$$

«При выборе шин исходным параметром является нагрузка на наиболее нагруженных колесах. Наиболее нагруженными являются шины переднего моста. Определяем нагрузку на одну шину:» [2]

$$F_1 = \frac{G_1}{n} = \frac{7525}{2} = 3762,5H \quad (7)$$

$$F_2 = \frac{G_1}{n} = \frac{7525}{2} = 3762,5H \quad (8)$$

где n – число шин одного моста, $n = 2$.

«Из ГОСТ 4754 – 97 «Шины пневматические для легковых автомобилей, прицепов к ним, легких грузовых автомобилей и автобусов особо малой вместимости» принимаем шину 185/60R14.

Определяем посадочный диаметр обода d , наружный диаметр D_H и статический радиус колеса $r_{ст}$:» [3]

$$d = 14 \cdot 0,0254 = 0,3556 \text{ м};$$

$$D_H = d + \frac{2 * k_{ш} * B}{10^3} = 0,3556 + \frac{2 * 0,6 * 185}{10^3} = 0,35856 \quad (9)$$

«где $k_{ш}$ – Н/В (Н и В – высота и ширина профиля): для шины 185/60 R14 $k_{ш} = 0,6$;

$$B = 185 \text{ мм};$$

$$r_{ст} = \frac{d}{2} + \frac{k_{ш} * \lambda * B}{10^3} = \frac{0,3556}{2} + \frac{0,6 * 0,95 * 185}{10^3} = 0,3036 \quad (10)$$

где $\lambda_{см}$ – коэффициент, учитывающий смятие шины под нагрузкой: для радиальных шин легковых автомобилей, принимаем $\lambda_{см} = 0,95$;» [4]

Определяем радиус качения колеса:

$$r_k = \frac{\frac{D_n}{2} + r_{cm}}{2} = \frac{\frac{0,6196}{2} + 0,3036}{2} = 0,3065 \quad (11)$$

«Определяем силу лобового сопротивления воздуха, которая напрямую зависит от лобовой площади автомобиля:

$$F_{Bmax} = \frac{k_B * A_B * V_{max}^2}{3.6^2} = \frac{0,36 * 2,08022 * 167^2}{3.6^2} = 1,611,53H \quad (12)$$

где A_B – площадь лобового сопротивления;

k_B – коэффициент воздушного сопротивления: принимаем $k_B = 0.36$;

$$A_B = C \cdot [(H_{\Gamma} - h) \cdot B_{\Gamma}] + n \cdot h \cdot B = 0.89 \cdot [(1,500 - 0,160) \cdot 1,700] + 2 \cdot 0,160 \cdot 0,165 = 2,08022 \quad (13)$$

где C – коэффициент формы, равный для легковых автомобилей $C = 0.89$;

H_{Γ} и B_{Γ} – соответственно габаритные высота и ширина транспортного средства: $H_{\Gamma} = 1,500$ м,

$B_{\Gamma} = 0.160$ м;

h – расстояние от бампера до поверхности дороги: принимаем $h = 0,160$ м;

B – ширина профиля шины: $B = 1,700$ м;

n – максимальное число колес одного моста автомобиля: при односкатных задних колесах $n = 2$.» [1], [10]

Максимальная стендовая мощность двигателя

$$P_{vmax}^{ст} = \frac{P_{vmax}}{K_{ст}} = \frac{74}{0,95} = 77,37 \text{ кВт} \quad (14)$$

Определим максимальную мощность двигателя:

$$P_{B \max} = P_{\epsilon \max}^{cm} * k_{cm} = 78 \text{ кВт} \quad (15)$$

«где – k_{ct} поправочный коэффициент, равный 0,93-0,96: принимаем $k_{ct} = 0,95$;

Мощность при максимальной скорости определяется на основании формулы:» [4]

$$P_{BV \max} = P_{B \max} \cdot \left[a * \left(\frac{n_{\epsilon V \max}}{n_p} \right) + b * \left(\frac{n_{\epsilon V \max}}{n_p} \right)^2 + c * \left(\frac{n_{\epsilon V \max}}{n_p} \right)^3 \right] = \quad (16)$$

$$= 78 * \left[0,7 * \left(\frac{4833,042}{5100} \right) + 1,6 * \left(\frac{4833,042}{5100} \right)^2 + (-1,3) * \left(\frac{4833,042}{5100} \right)^3 \right] = 74,61 \text{ кВт}$$

«где $n_{\epsilon V \max}$ – обороты коленчатого вала двигателя при максимальной скорости (в данном автомобиле максимальная скорость на высшей передаче достигается при оборотах меньших чем максимальные);

n_p – обороты коленчатого вала двигателя при максимальной мощности:

$n_p = 5100$ об/мин;

a, b, c – эмпирические коэффициенты.» [2]

Для двигателя автомобиля коэффициенты находим по формулам:

$$a = \frac{k_{\omega} * (k_M * k_{\omega} - 3) + 2}{(k_{\omega} - 1)^2} = \frac{1,34 * (1,17 * 1,34 - 3) + 2}{(1,34 - 1)^2} = 0,7 \quad (17)$$

$$b = \frac{k_{\omega}^2 * (3 - 2 * k_M) - 1}{(k_{\omega} - 1)^2} = \frac{1,34^2 * (3 - 2 * 1,17) - 1}{(1,34 - 1)^2} = 1,6 \quad (18)$$

$$c = \frac{k_{\omega}^2 * (k_M - 2) + k_{\omega}}{(k_{\omega} - 1)^2} = \frac{1,34^2 * (1,17 - 2) + 1,34}{(1,34 - 1)^2} = -1,3 \quad (19)$$

где k_M – коэффициент приспособляемости по крутящему моменту;

k_{ω} – коэффициент приспособляемости по частоте вращения.

«Коэффициенты приспособляемости рассчитываем по стендовым параметрам двигателя:

$$K_M = \frac{I_{e \max}}{M_p^{cm}} = \frac{147,37}{126,21} = 1,17 \quad (20)$$

где $I_{v \max}$ – стендовый максимальный крутящий момент: $I_{v \max} = 147,37$ Н·м;

M_p^{cm} – стендовый крутящий момент при максимальной мощности:

$$M_p^{cm} = \frac{30 * 10^3}{\pi * n_p} * P_{e \max}^{cm} = \frac{30 * 10^3}{3,14 * 5100} * 67,37 = 126,21 \text{ кВт} \quad (21)$$

$$k_{\omega} = \frac{n_p}{n_i} = \frac{5100}{3800} = 1,34 \quad (22)$$

где n_p – обороты коленчатого вала при максимальной мощности: $n_p = 5100$ об/мин;

n_i – обороты коленчатого вала при максимальном крутящем моменте: $n_i = 3800$ об/мин.» [1]

Проверяем условие:

$$a + 2 \cdot b + 3 \cdot c = 0 \quad (23)$$

$$0,7 + 2 \cdot 1,6 + 3 \cdot (-1,3) = 0$$

Условие выполняется:

Определим обороты коленчатого вала при максимальной скорости:

$$n_{\text{сVmax}} = \frac{30 * U_o * U_{EI} * V_{\text{max}}}{3.6 * \pi * r_k} = \frac{30 * 3,9 * 0,857 * 167}{3.6 * 3,14 * 0,365} = 4833,042 \quad (24)$$

«Мощность двигателя при максимальной скорости должна обеспечивать возможность движения при дорожном сопротивлении, которое для легковых автомобилей находится в пределах ($\psi_v = 0,015-0,025$).

Определим дорожное сопротивление, которое может преодолеть данная модель автомобиля при максимальной скорости:» [7]

$$\Psi_v = \frac{\frac{3.6 * \eta_{mp} * P_{BV \text{max}} * 10^3}{V_{\text{max}}} - F_{B \text{max}}}{G_a} = \frac{\frac{3.6 * 0,93 * 63,61 * 10^3}{167} - 1611,53}{15304} = 0,022 \quad (25)$$

«где $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии; при работе трансмиссии с полной нагрузкой, т. е. при работе двигателя по внешней скоростной характеристике имеем:» [1]

$$\eta_{\text{тр}} = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4 = 0,93 \quad (26)$$

«где $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ соответственно КПД цилиндрических шестерен наружного зацепления, внутреннего зацепления, конических шестерен и карданных сочленений, передающих крутящий момент от коленчатого вала двигателя к ведущим колесам на i -ой передаче в КП;

$z_1, z_2 = 0; z_3 = 0; z_4 = 4$. – соответственно число пар цилиндрических шестерен наружного зацепления, внутреннего зацепления, конических шестерен и число карданных сочленений, передающих крутящий момент от коленчатого вала двигателя к ведущим колесам на i -ой передаче в КП.» [4]

В расчетах принимаем:

$$\eta_1 = 0,982; \eta_2 = 0,99; \eta_3 = 0,97; \eta_4 = 0,99;$$

$$z_1 = 2; z_2 = 0; z_3 = 0; z_4 = 4.$$

«Дорожное сопротивление, преодолеваемое автомобилем при движении с максимальной скоростью $\psi_v = 0,022$.

Передаточное число главной передачи определяется исходя из условия обеспечения максимальной скорости движения автомобиля.

Определяем: какую максимальную скорость позволяет получить передаточное число главной передачи для заданной модели автомобиля:» [2]

$$V_{\max} = \frac{3,6 * \pi * n_{v \max} * r_{\kappa}}{30 * U_o * U_{\text{ВП}}^A} = \frac{3,6 * 3,14 * 4833,042 * 0,3065}{30 * 3,9 * 0,857} = 167 \quad (27)$$

где $U_{\text{ВП}}^A$ – передаточное число высшей передачи в КП:

U_o – передаточное число главной передачи: $U_o = 3.9$

«Передаточное число главной передачи подобрано таким образом, чтобы получить максимальную скорость при оборотах коленчатого вала меньше максимальных, при этом обеспечивается лучшая топливная экономичность автомобиля. Передаточное число главной передачи при максимальных оборотах двигателя обеспечивает максимальную скорость $V_{\max} = 167 \text{ км/ч}$

Передаточное число первой передачи рассчитывается, исходя из того, чтобы автомобиль мог преодолеть максимальное сопротивление дороги, характеризуемое коэффициентом ψ_{\max} , не буксовал при трогании с места, и мог двигаться с устойчивой минимальной скоростью.

Для заданной модели автомобиля $U_1 = 2,75$

Максимальное сопротивление дороги для легковых автомобилей должно находиться в пределах $\psi_{\max} = 0,30 \dots 0,50$

Определим максимальное сопротивление дороги, которое может преодолеть заданная модель автомобиля, при трогании с места:» [4]

$$\Psi_{\max} = \frac{M_{\max}^{cm} * k_n * U_o * U_1 * \eta_{mp}}{r_{\kappa} * G_a} = \frac{147,37 * 0,95 * 3,9 * 2,75 * 0,93}{0,3065 * 15304} = 0,30 \quad (28)$$

«Максимальное дорожное сопротивление, которое может преодолеть автомобиль при трогании с места $\psi_{\max}=0.30$

Определим минимальный коэффициент сцепления, при котором данный автомобиль может тронуться с места без пробуксовки ведущих колес:» [2]

$$\varphi_{\min} = \frac{M_{\epsilon_{\max}} * k_n * U_o * U_1 * \eta_o}{r_{\kappa} * G_1 * k_{r1}} = \frac{140 * 0,95 * 3,9 * 2,75 * 0,93}{0,3065 * 8417 * 0,9} = 0,571 \quad (29)$$

«где k_{r1} – коэффициент перераспределения нормальных реакций, для переднеприводного автомобиля принимаем $k_{r1}=0,9$ » [3]

«Минимальный коэффициент сцепления составил $\varphi_{\min}=0,571$

Определим минимальную устойчивую скорость движения автомобиля:

$$V_{\min} = \frac{3.6 * \pi * n_{\min} * r_{\kappa}}{30 * U_o * U_I} = \frac{3.6 * 3,14 * 600 * 0,9065}{30 * 3,5 * 2,75} = 6,5 \text{ км/ч} \quad (30)$$

где n_{\min} – минимальные устойчивые обороты двигателя при полностью открытой дроссельной заслонке под нагрузкой, принимаем для бензинового двигателя $n_{\min}=600$ об/мин.» [1]

«Передаточные числа промежуточных передач выбираются из условия обеспечения максимальной интенсивности разгона автомобиля, а также длительного движения при повышенном сопротивлении дороги.» [3]

$$U_m = U_I^{\frac{n-m}{n-1}} * U_n^{\frac{m-1}{n-1}} \quad (31)$$

$$U_2 = 2.75^{\frac{3-2}{3-1}} * 1.313^{\frac{2-1}{3-1}} = 1,9$$

Рассчитанные и фактические значения передаточных чисел коробки передач приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Передаточные числа коробки передач

№ передачи	Обозначение	Фактическое значение	Рассчитанное значение
1	U ₁	2.75	2.75
2	U ₂	1.784	1.9
3	U ₃	1.313	1.440
4	U ₄	1.043	1.148
5	U ₅	0.857	0.857

«Как видно из таблицы 2 фактические значения передаточных чисел промежуточных передач меньше рассчитанных значений. Таким образом, коробка передач заданного автомобиля не обеспечивает максимальной интенсивности разгона автомобиля. Поскольку фактические значения передаточных чисел промежуточных передач незначительно отличаются от рассчитанных значений можно сделать вывод, что данная коробка передач обеспечивает уместную интенсивность разгона автомобиля, при улучшенных показателях топливной экономичности.

Скоростная характеристика двигателя, полученная при полной подаче топлива, называется внешней скоростной характеристикой.

Значения мощности при различной частоте вращения коленчатого вала определяем по формуле:» [11]

$$P_{BV} = P_{B \max} \cdot \left[a * \left(\frac{n_p}{n_{\epsilon V \max}} \right) + b * \left(\frac{n_p}{n_{\epsilon V \max}} \right)^2 + c * \left(\frac{n_p}{n_{\epsilon V \max}} \right)^3 \right] \quad (32)$$

$$P_{BV} = P_{B \max} \cdot \left[0.7 * \left(\frac{600}{4833} \right) + 1.6 * \left(\frac{600}{4833} \right)^2 + (-1.3) * \left(\frac{600}{4833} \right)^3 \right] = 7.3$$

Значение крутящего момента при различных оборотах рассчитываем по формуле:

$$M_B = \frac{30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n_g} \cdot P_g \quad (33)$$

$$M_B = \frac{30 \cdot 10^3}{3.14 \cdot 600} \cdot 7.3 = 116.24$$

Для нахождения стендовых характеристик двигателя полученные значения мощностей и моментов, разделим на коэффициент стенда:

$$P_B^{cm} = P_B / k_{CT} = P_B^{cm} = 7.3 / 0.95 \quad (34)$$

Далее расчеты производим аналогично

$$M_B^{cm} = M_B / k_{CT} = M_B^{cm} = 116.24 / 0.95 \quad (35)$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 3

Таблица 3 – Результаты расчетов внешней скоростной характеристики

п, об/мин	P_{Bv} , кВт	P_B^{cm} , кВт	M_B , Н·м	M_B^{cm} , Н·м
600	7.3	7.68	116.24	122.36
800	9.9	10.42	118.23	124.45
1000	12.9	13.57	123.25	129.79
1200	16.2	17.05	128.98	135.77

Продолжение таблицы 3

п, об/мин	P_{BV} , кВт	P_{B}^{cm} , кВт	Мв, Н·м	M_{B}^{cm} , Н·м
1400	19.5	20.52	133.08	140.08
1600	23	24.21	137.34	144.57
1800	26.5	27.89	140.66	148.06
2000	30.1	31.68	143.79	151.36
2200	33.8	35.58	146.79	154.56
2400	37.4	39.37	148.89	156.73
2600	40.8	42.95	149.93	157.82
2800	44.1	46.42	150.48	158.4
3000	47.4	49.89	150.96	158.91
3200	50.4	53.05	150.48	158.4
3400	53.2	56	149.49	157.36
3600	55.8	58.74	148.09	155.88
3800	58	61.1	145.83	153.51
4000	60	63.16	143.31	150.85
4200	61.6	64.84	140.13	147.51
4400	62.9	66.21	136.58	143.77
4600	63.6	66.95	132.09	139.04
4800	64	67.37	127.39	134.09
5000	63.8	67.16	121.91	128.33
5200	63.1	66.42	115.94	122.04
5400	61.8	65.1	109.34	115.09
5600	59.9	63.1	102.19	107.57
5800	57.5	60.53	94.72	99.71
6000	54.3	57.16	86.46	91.01

По рассчитанным значениям строим внешнюю скоростную характеристику (рисунок б).

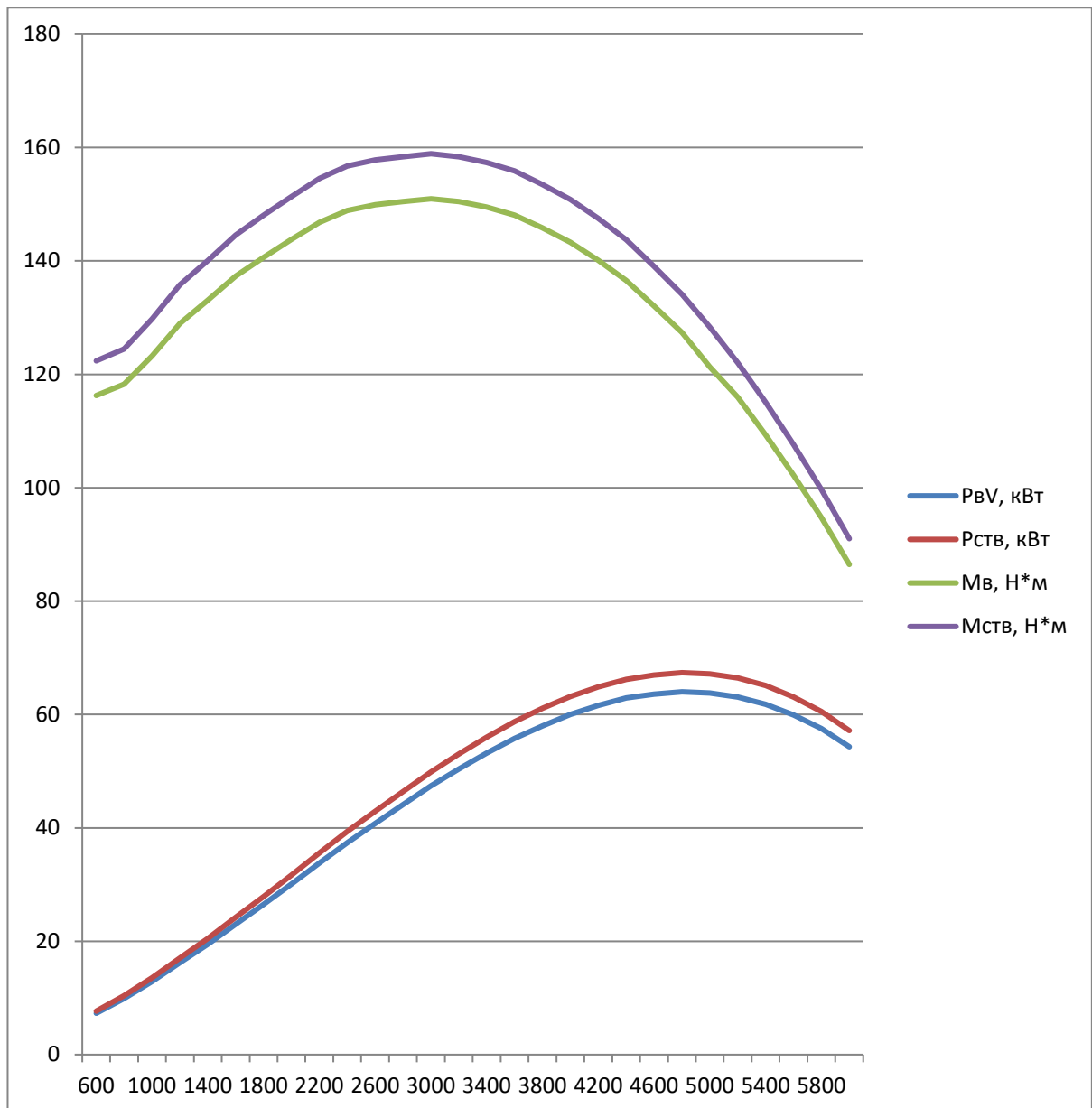


Рисунок 6 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

С целью решения уравнения движения автомобиля методом силового баланса, представим его в виде:

$$F_k = F_f + F_i + F_B + F_j \quad (36)$$

где F_k – сила тяги, приложенная к ведущим колесам;

F_f – сила сопротивления качению;

F_i – сила сопротивления подъема;

F_B – сила сопротивления воздуха;

F_j – сила сопротивления разгону.

«Полученное уравнение называют уравнением силового (или тягового) баланса. Уравнение силового баланса показывает, что сумма всех сил сопротивления движению в любой момент времени равна окружной силе на ведущих колесах автомобиля.

Уравнение позволяет определить величину окружной силы, развиваемой на ведущих колесах автомобиля, и установить, как она распределяется по различным видам сопротивлений.

Графическое изображение уравнения силового (тягового) баланса в координатах окружная сила – скорость, называется тяговой характеристикой автомобиля.» [1]

Определим значения окружной силы F_k , в зависимости от скорости, при движении автомобиля на различных передачах:

$$F_{ki} = \frac{M_B \cdot U_o \cdot U_i \cdot \eta_{mp}}{r_k} \quad (37)$$
$$F_{ki} = \frac{116.24 \cdot 3.9 \cdot 2.75 \cdot 0.95}{0.3065} = 6.46$$

«В данном уравнении эффективный крутящий момент M_e является функцией от оборотов коленчатого вала n_e . Значение эффективного крутящего момента M_e в зависимости от оборотов коленчатого вала n_e определяется по внешней скоростной характеристике двигателя.

В предположении отсутствия буксования сцепления и ведущих колес автомобиля связь между частотой вращения коленчатого вала двигателя n_e и скоростью V находится из соотношения:» [2]

$$V_j = \frac{3.6 \cdot \pi \cdot n_e \cdot r_k}{30 \cdot U_o \cdot U_i} \quad (38)$$

$$V_1 = \frac{3.6 \cdot 3.14 \cdot 600 \cdot 0.3065}{30 \cdot 3.9 \cdot 2.75} = 6.46$$

«Производим расчеты значений окружной силы F_{ki} и скорости V_i для различных оборотов коленчатого вала в диапазоне от n_{\min} до n_{\max} на различных передачах коробки передач.

Для следующих значений n_e на i -той передаче расчеты ведем аналогично. Результаты расчетов заносим в таблицу 4. Полученные значения наносим на тяговую характеристику.

Определим силу сопротивления качению F_f в зависимости от скорости движения автомобиля:» [1], [19]

$$F_f = G_a \cdot f_o \cdot (1 + (0,006 \cdot V)^2) \quad (39)$$

«где f_o – коэффициент сопротивления качению при движении автомобиля с малой скоростью (при расчетах используем значение $f_o = 0,012$).» [4]

«Силу сопротивления подъема F_i принимаем равной нулю, так как рассматриваем движение автомобиля на дороге без уклона.

Определим силу сопротивления воздуха F_B в зависимости от скорости движения автомобиля:» [3]

$$F_B = \frac{k_B \cdot A_B \cdot V^2}{3.6^2} \quad (40)$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 7.3. Полученные значения наносим на тяговую характеристику.

Таблица 4 - Результаты расчетов окружной силы F_k

n, об/мин	1-я передача		2-я передача		3-я передача		4-я передача		5-я передача	
	V ₁ , км/ч	F _{k1} , Н	V ₂ , км/ч	F _{k2} , Н	V ₃ , км/ч	F _{k3} , Н	V ₄ , км/ч	F _{k4} , Н	V ₅ , км/ч	F _{k5} , Н
600	6,46	3782,73	9,35	2613,52	12,34	1980,78	15,48	1579,12	20,73	1178,84
800	8,61	3847,49	12,47	2658,27	16,45	2014,69	20,64	1606,15	27,64	1199,02
1000	10,77	4010,85	15,59	2771,13	20,56	2100,23	25,79	1674,35	34,55	1249,93
1200	12,92	4197,32	18,7	2899,97	24,68	2197,87	30,95	1752,19	41,46	1308,04
1400	15,08	4330,74	21,82	2992,15	28,79	2267,74	36,11	1807,89	48,38	1349,62
1600	17,23	4469,38	24,94	3087,93	32,90	2340,33	41,27	1865,76	55,39	1392,82
1800	19,38	4577,42	28,05	3162,58	37,02	2396,9	46,43	1910,86	62,19	1426,49
2000	21,54	4679,27	31,17	3232,58	41,13	2450,24	51,59	1953,38	69,11	1458,23
2200	23,69	4776,90	34,29	3300,40	45,24	2501,36	56,75	1994,14	76,02	1488,66
2400	25,84	4845,24	37,41	3347,62	49,35	2537,14	61,1	2022,67	82,93	1509,95
2600	27,99	4879,08	40,52	3371	53,47	2554,87	67,07	2036,79	89,84	1520,5
2800	30,15	4896,98	43,64	3383,37	57,58	2564,24	72,23	2044,27	96,75	1526,08
3000	32,3	4912,60	46,76	3394,16	61,69	2572,42	77,38	2050,78	103,66	1530,95
3200	34,46	4896,98	49,87	3383,37	65,81	2564,24	82,54	2044,27	110,57	1526,08
3400	36,61	4864,77	52,99	3361,11	69,92	2547,37	87,7	2030,82	117,48	1516,04
3600	38,77	4818,88	56,11	3329,63	74,03	2523,51	92,86	2011,79	124,39	1501,84
3800	40,92	4745,66	59,23	3278,82	78,14	2486,02	98,02	1981,09	131,3	1478,92
4000	43,07	4663,65	62,34	3222,16	82,26	2442,06	103,18	1946,86	138,22	1453,36
4200	45,23	4560,17	65,46	3150,66	86,37	2387,87	108,34	1903,66	145,13	1421,11

Продолжение таблицы 4

n, об/мин	1-я передача		2-я передача		3-я передача		4-я передача		5-я передача	
	V ₁ , км/ч	F _{к1} , Н	V ₂ , км/ч	F _{к2} , Н	V ₃ , км/ч	F _{к3} , Н	V ₄ , км/ч	F _{к4} , Н	V ₅ , км/ч	F _{к5} , Н
4400	47,38	4444,64	68,57	3070,84	90,48	2327,38	113,49	1855,44	152,04	1385,11
4600	49,53	4298,52	71,69	2969,89	94,59	2250,87	118,66	1794,44	158,95	1339,57
4800	51,69	4145,58	74,81	2864,22	98,71	2170,78	123,82	1730,59	165,86	1291,91
5000	53,84	3967,25	77,93	2741,01	102,82	2077,39	128,97	1656,14	172,77	1236,34
5200	55,99	3772,97	81,05	2606,78	106,43	1975,66	134,13	1575,04	179,68	1175,79
5400	58,15	3558,19	84,16	2458,38	111,05	1863,19	139,29	1485,38	186,59	1108,86
5600	60,3	3325,51	87,28	2297,62	115,16	1741,36	144,45	1388,25	-	-
5800	62,46	3082,42	90,39	2129,67	119,29	1614,07	149,61	1286,77	-	-
6000	64,61	2813,62	93,51	1943,95	123,39	1473,31	154,77	1174,56	-	-

Таблица 5 – Результаты расчетов сил сопротивления дороги (качения) F_f и воздуха F_B

V _a , км/ч	F _f , Н	F _B , Н	F _f + F _B , Н
0	18,36	0	18,36
10	18,43	5,78	24,21
20	18,62	23,11	41,73
30	18,95	52	70,95
40	19,42	94,44	113,86
50	20,01	144,44	164,45
60	20,74	208	228,74
70	21,6	283,11	304,71
80	22,59	369,78	392,37
90	23,71	468	491,71
100	24,97	577,78	602,75
110	26,36	699,11	725,47
120	27,88	832	859,88
130	29,53	976,44	1005,97
140	31,31	1132,44	1163,75
150	33,23	1300	1333,23
160	35,28	1479,11	1514,39
170	37,46	1669,11	1706,57
180	39,78	1872	1911,78

По рассчитанным значениям таблицы 5 строим тяговую характеристику автомобиля (рисунок 7).

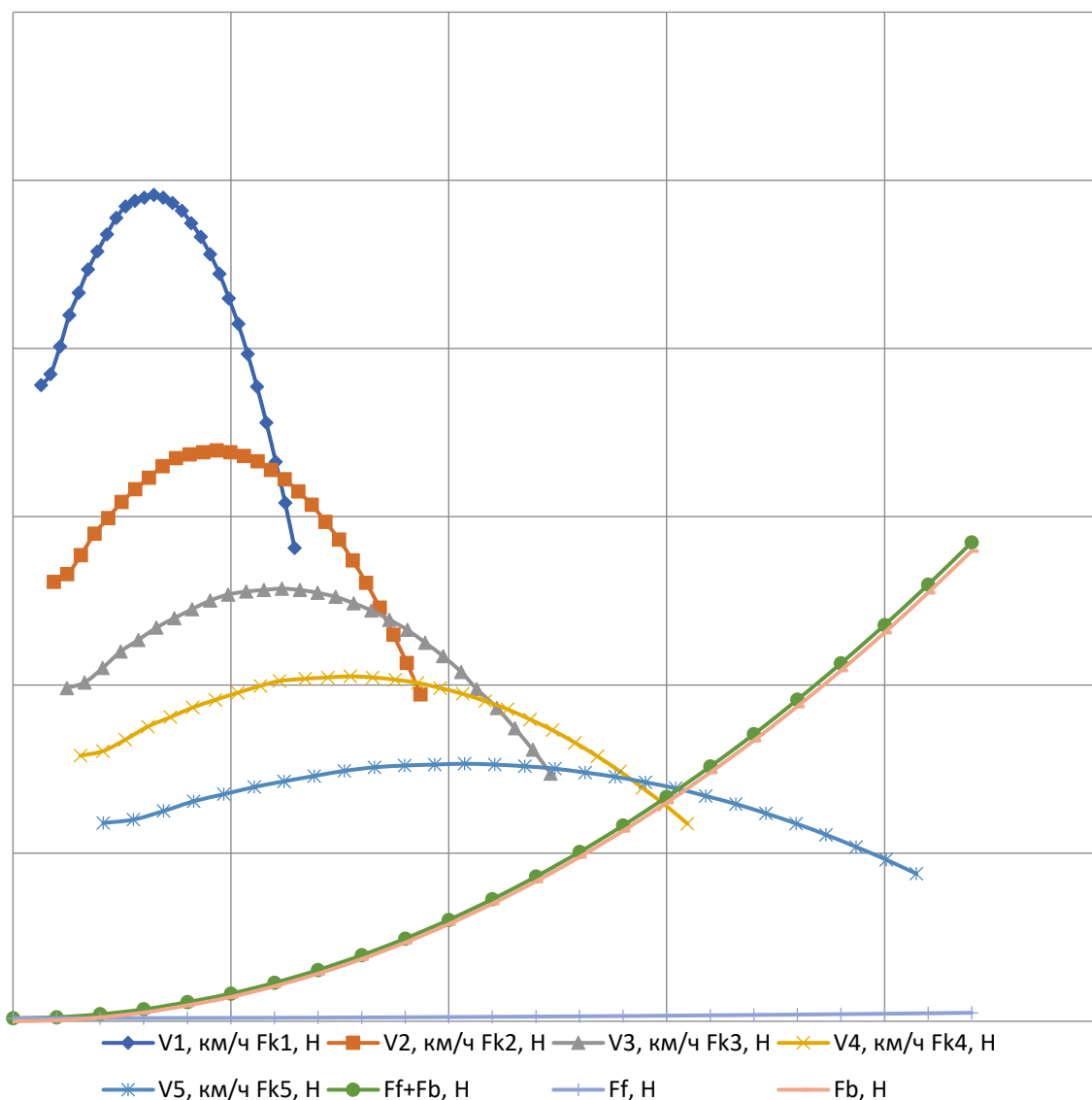


Рисунок 7 - Тяговая характеристика автомобиля

Результатом выполнения раздела явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства.

Нагрузка на автомобиль является важным фактором, влияющим на его тяговую способность. При расчете необходимо учитывать массу автомобиля, грузоподъемность, а также вес и расположение груза. Расчет массы автомобиля основывался на методических указаниях и указаниях,

почерпнутых из специализированной литературы, также подтвержденной практическим опытом.

Мощность двигателя, рассчитанной из массы и заданных скоростных режимов, должна быть достаточной для обеспечения необходимой тяговой способности при заданных условиях эксплуатации автомобиля. Передаточное число было выбрано таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью автомобиля и его тяговой способностью. При этом необходимо учитывать, что слишком высокое передаточное число может привести к перегреву двигателя, а слишком низкое – к излишнему расходу топлива. Рассчитанное передаточное число обеспечивает движение автомобиля на скоростях, обозначенных в исходных данных. Расчёт динамических характеристики, приведенных в Приложении А также свидетельствует о правильности произведенных расчетов.

Расход топлива также был рассчитан для подтверждения параметров транспортного средства при выполнении тягового расчета автомобиля. Он зависит от мощности двигателя, передаточного числа, нагрузки на автомобиль и других факторов. Графики расхода топлива, в зависимости от режима работы двигателя, приведен в Приложении А и на листах графической части.

Таким образом, тяговый расчет автомобиля является важным этапом проектирования и эксплуатации транспортных средств. Он позволяет определить оптимальные параметры для обеспечения высокой тяговой способности и экономической эффективности автомобиля.

3 Конструкция передней подвески автомобиля и амортизатора

3.1 Расчет упругой характеристики подвески

«Упругая характеристика подвески – это зависимость между вертикальной нагрузкой P и деформацией подвески f , измеренной непосредственно над осью колеса. Собственная частота колебаний поддресоренных масс должна находиться в пределах, соответствующих колебаниям тела человека при спокойной ходьбе, то есть примерно $n = 75 \text{ мин}^{-1} = 1,25 \text{ сек}^{-1}$.» [12]

Тогда статический прогиб подвески равен:

$$f_{\text{ст}} = \frac{g}{4 \cdot \pi^2 \cdot n^2} = \frac{9,81}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 1,25^2} = 0,159 \text{ м} = 159 \text{ мм} \quad (41)$$

Определяем статическую нагрузку $P_{\text{ст}}$:

$$P_{\text{ст}} = G_1 - G_{\text{н.ч}} \quad (42)$$

где $G_1 = M_1 \cdot g$ – вес, приходящийся на переднюю ось при полной загрузке;

$$M_1 = M/2 = 752,5 \text{ кг} \quad (43)$$

$$G_1 = 752,5 \cdot 9,81 = 7525 \text{ Н}$$

$$G_{\text{н.ч}} = m_1 \cdot g = 76 \cdot 9,81 = 760 \text{ Н};$$

$$P_{\text{ст}} = 7525 - 760 = 6765 \text{ Н}$$

Динамический ход колеса вверх от хода сжатия:

$$f_{\text{дв}} = K_e f_{\text{ст}} = 0,8 \cdot 159 = 128 \text{ мм} \quad (44)$$

Динамический ход колеса вниз от хода отбоя

$$f_{\text{дн}} = K_0 f_2 = 0,8 \cdot 89,2 = 71,68 \text{ мм} \quad (45)$$

«где $f_2 = K'_{\text{сдв}} f_{\text{дв}} = 0,7 \cdot 128 = 89,2$ мм – перемещение колес подвески до включения ограничителя при ходе сжатия;

$$f_1 = K'_{\text{сдн}} f_{\text{дн}} = 0,7 \cdot 71,68 = 50 \text{ мм} \text{ – перемещение колес при ходе отбоя.} \text{» [12]}$$

Динамическая нагрузка определяется:

$$P_{\text{д}} = K_{\text{д}} P_{\text{ст}} = 2 \cdot 6765 = 13530 \text{ Н} \quad (46)$$

Определяем приведенную жесткость подвески:

$$2 C_{\text{р}} = P_{\text{ст}} / f_{\text{ст}} = 13530 / 0,159 = 79\,547 \text{ Н/м} \quad (47)$$

Определяем жесткость верхнего упора:

$$C'_{\text{уп}} = (P_{\text{д}} - 2 C_{\text{р}} f_2) / (f_{\text{дв}} - f_2) \quad (48)$$
$$C'_{\text{уп}} = (12648 - 79547 \cdot 0,0892) / (0,128 - 0,0892) = 143,1 \text{ кН/м}$$

Определяем жесткость нижнего упора:

$$C''_{\text{уп}} = (P_{\text{ст}} - 2 C_{\text{р}} f_1) / (f_{\text{дн}} - f_1) \quad (49)$$
$$C''_{\text{уп}} = (6324 - 79547 \cdot 0,05) / (0,07168 - 0,05) = 108,24 \text{ кН/м}$$

Для значений перемещений от -71,68 до 128 мм через каждые 5 мм определим силу упругого сжатия (растяжения) в подвеске.

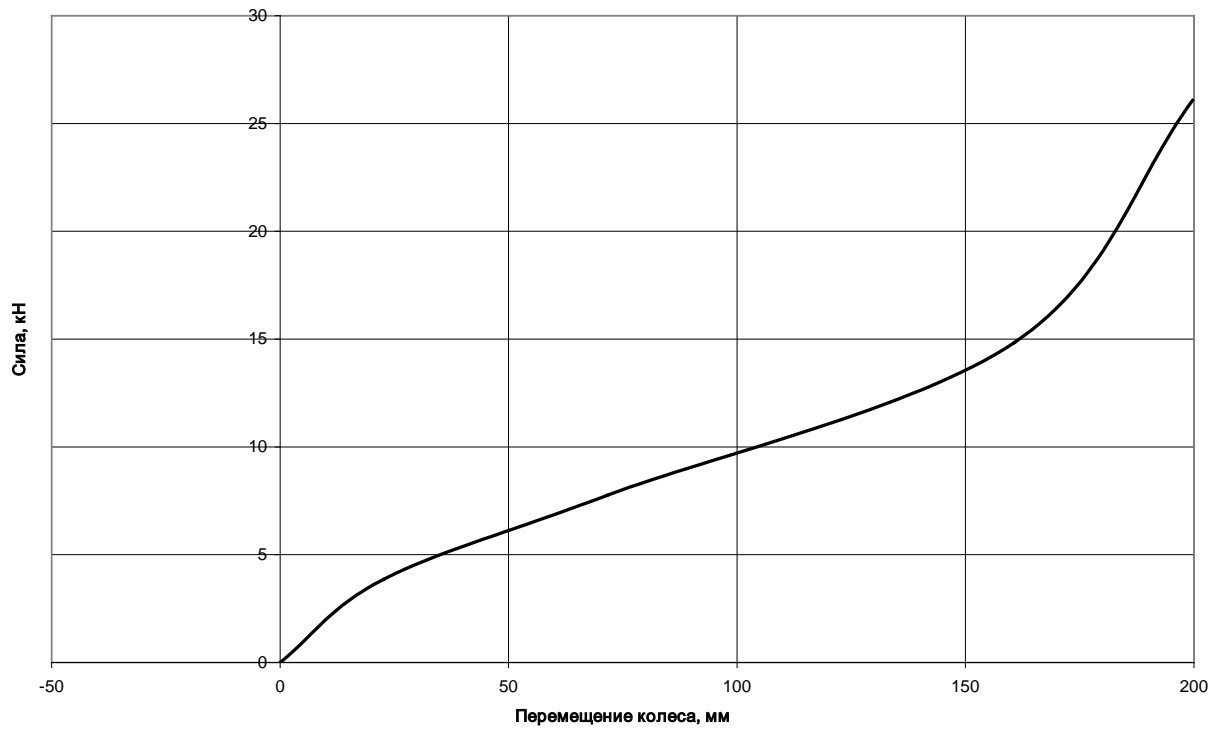


Рисунок 8 – Вертикальная упругая характеристика подвески

3.2 Расчёт пружины подвески автомобиля

Для расчета пружины необходимо определить жесткость пружины:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{под}} \cdot \mu_0 = 39773 \cdot 0,7679 = 30,542 \text{ кН/м} \quad (50)$$

где: $C_{\text{под}}$ – жесткость подвески автомобиля

$\mu_0 = \left(\frac{d}{d_a}\right)^2 \cdot \cos \delta$ – передаточная функция, направляющего аппарата при

положении статического равновесия.

Определяем средний диаметр пружины:

$$D = \sqrt{\frac{8G^3 K^4}{1,22\Pi^4 \tau^4} \sqrt{\frac{P_k \left(\frac{Z_n}{Z_p}\right)^2 (f_{cm} + f_{\text{об}})^4}{\Pi_p^3 \left(\frac{Z_p}{Z_p}\right) f_{cm}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{8 \cdot (7,6 \cdot 10^4)^3 \cdot 7^4}{1,22 \cdot 3,14^4 \cdot 90 \cdot 10^6} \cdot \frac{3162}{9^3} \cdot 0,0006 \cdot \frac{(0,159 + 0,128)^4}{0,159}} = 96 \text{ мм} \quad (51)$$

«Где: $G = 7,6 \cdot 10^4$ МПа – модуль упругости пружинной стали при кручении;

$P_k = P_{ст} / 2$ – усилие на рычаг подвески;

$n_p = 9$ – число рабочих витков;

$\tau = 90$ МПа – допустимая контактная напряжения;

$K = D/d \approx 7$ – коэффициент отношения диаметра подвески к диаметру витка.» [4]

Определяем диаметр проволоки:

$$d = \frac{P \cdot \tau \cdot Z_p}{G \cdot K \cdot Z_n} \cdot n \cdot D^2 \cdot \frac{1}{f_{ст} \cdot f_{де}} =$$

$$= \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 10^6}{0,76 \cdot 10^{10,7}} \cdot 7,5 \cdot 9 \cdot 0,096^2 \frac{1}{0,159 \cdot 0,128} \approx 10_{мм} \quad (52)$$

Полное число витков пружины:

$$n = n_p + 1,5 = 10,5 \quad (53)$$

Деформация пружины:

$$f = (f_{ст} + f_{дв}) Z_n / Z_p = (159 + 128) \cdot 0,025 = 7,2 \text{ мм} \quad (54)$$

Минимальная длина пружины:

$$l_{\min} = n \cdot d + 1,5 (n - 2) = 10,5 \cdot 12 + 1,5 \cdot 8,5 = 138 \text{ мм} \quad (55)$$

Максимальная длина пружины при свободном состоянии

$$l_{\max} = l_{\min} + f_{ст} = 138 + 160 = 298 \text{ мм} \quad (56)$$

Касательные напряжения, которые возникают при динамической нагрузке, сравниваем с допустимыми напряжениями:

$$\tau_{\max} = K (P_j \cdot D) / 2 W_p = (3162 \cdot 9,6 \cdot 10^{-3}) / (2 \cdot 0,1 \cdot (1,2 \cdot 10^{-3})^4) = 745,925 \text{ МПа} \quad (57)$$

$$W_p = \Pi d^3 / 16 \quad (58)$$

$$K = 1 + 1,5 d / D_{cp} = 1 + 1,5 \cdot 12 / 96 = 1,1875$$

$$\tau_{\max} \leq [\tau]$$

$$745,25 < 900 \text{ МПа}$$

Пружина изготавливается из стали 60С2А, в соответствии с выполненными расчетами и характеристиками предела прочности на срез.

3.3 Расчет характеристик амортизатора подвески

«При выборе характеристики амортизаторов задаем величину парциального коэффициента аperiodичности, рассматривая подвеску как одномассовую систему. В дипломном проекте разрабатывается амортизатор с переменным демпфированием, поэтому расчёт будем вести для трёх случаев:» [4]

- условие обеспечения оптимального демпфирования для автомобиля с частичной нагрузкой;
- условие обеспечения оптимального демпфирования для автомобиля с полной нагрузкой;
- спортивный режим – коэффициент демпфирования в полтора раза больше, чем в первом расчётном случае.

Расчёт характеристики амортизатора для автомобиля с частичной нагрузкой:

$$\psi_1 = \frac{K_1 \cdot g}{2\sqrt{2C_p \cdot P_{cm1}}} \quad (59)$$

$$K_1 = 2\psi \frac{\sqrt{2C_p P_{cm}}}{g} = 0,2 \cdot 2 \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot 30542 \cdot 5219}}{9,81} = 728 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} \quad (60)$$

где $\psi = 0,15 \dots 0,3$

$\alpha = K_o / K_c = 2 \dots 5$ - коэффициент аperiodичности при ходе отбоя и сжатия, принимаем равным 2.

Коэффициент демпфирования при сжатии:

$$K_{c1} = 2K_1 / (1 + \alpha) = 2 \cdot 728 / (1 + 2) = 485,3 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м} \quad (61)$$

Коэффициент демпфирования при отбоя:

$$K_{o1} = \alpha \cdot K_1 = 2 \cdot 728 = 1456 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м} \quad (62)$$

Коэффициент демпфирования амортизатора:

$$K_{a \cdot o} = K_o \left(\frac{df}{df_a} \right)^2 ; K_{a \cdot c} = K_c \left(\frac{df}{df_a} \right)^2 \quad (63)$$

Определяем усилия при ходе сжатия и отбоя:

$$P_{o1} = K_{o1} \cdot V_o = 1456 \cdot 0,3 = -757 \text{ Н при } V_o=0,3 \text{ м/с}$$

$$P_{o1} = K_{o1} \cdot V_o = 1456 \cdot 0,4 = -582 \text{ Н при } V_o=0,4 \text{ м/с}$$

$$P_{o1} = K_{o1} \cdot V_o = 1456 \cdot 0,52 = -437 \text{ Н при } V_o=0,52 \text{ м/с}$$

$$P_{c1} = K_{c1} \cdot V_c = 485,3 \cdot 0,3 = 145,6 \text{ Н при } V_c = 0,3 \text{ м/с}$$

$$P_{c1} = K_{c1} \cdot V_c = 485,3 \cdot 0,4 = 194,12 \text{ Н при } V_c = 0,4 \text{ м/с}$$

$$P_{c1} = K_{c1} \cdot V_c = 485,3 \cdot 0,52 = 254,2 \text{ Н при } V_c = 0,52 \text{ м/с}$$

Определяем среднюю мощность, поглощения амортизатором при колебаниях:

$$N_{cp} = (1 / 4) V_{\max}^2 (K_0 + K_2) = (1 / 4) \cdot 0,52^2 (1456 + 485,3) = 131,2 \text{ Вт}$$

Наружный радиус цилиндра амортизатора определяется:

$$R = 0,5 \left(\sqrt{l^2 + 4S} - l \right) = 0,5 \cdot \left(\sqrt{363,5^2 + 4 \cdot 0,0326} - 363,5 \right) = 25 \text{ мм}$$

$$S = \frac{N_{cp} \cdot t}{2680 \cdot \alpha \cdot T_{\text{жс}}} = \frac{131,2 \cdot 3600}{2680 \cdot 60 \cdot 90^0} = 0,0326 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^4 \cdot \text{ч}}{\text{к} \cdot \text{кол.}}$$

Определяем диаметр поршня:

$$d = \sqrt{2,2}(R - \delta) = \sqrt{2,2}(25 - 2) = 34,1 \text{ мм}$$

Расчёт характеристики амортизатора для автомобиля с полной нагрузкой

$$\psi_2 = \frac{K_2 \cdot g}{2\sqrt{2C_p \cdot P_{cm2}}} \quad (64)$$

$$K = 2\psi \frac{\sqrt{2C_p P_{cm2}}}{g} = 0,2 \cdot 2 \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot 30542 \cdot 6324}}{9,81} = 801 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} \quad (65)$$

где $\psi = 0,15 \dots 0,3$

$\alpha = K_o / K_c = 2 \dots 5$ - коэффициент аperiodичности при ходе отбоя и сжатия, принимаем равным 2.

Коэффициент демпфирования при сжатии:

$$K_{c2} = 2 K / (1 + \alpha) = 2 \cdot 801 / (1 + 2) = 534 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м} \quad (66)$$

Коэффициент демпфирования при отбое:

$$K_{o2} = \alpha \cdot K = 2 \cdot 801 = 1602 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м} \quad (67)$$

Коэффициент демпфирования амортизатора:

$$K_{a.o} = K_o \left(\frac{df}{df_a} \right)^2 ; K_{a.c} = K_c \left(\frac{df}{df_a} \right)^2 \quad (68)$$

Определяем усилия при ходе сжатия и отбоя:

$$P_{o2} = K_{o2} \cdot V_o = 1602 \cdot 0,3 = -833 \text{ Н при } V_o = 0,3 \text{ м}/\text{с}$$

$$P_{o2} = K_{o2} \cdot V_o = 1602 \cdot 0,4 = -641 \text{ Н при } V_o = 0,4 \text{ м}/\text{с}$$

$$P_{o2} = K_{o2} \cdot V_o = 1602 \cdot 0,52 = -481 \text{ Н при } V_o = 0,52 \text{ м}/\text{с}$$

$$P_{c2} = K_{c2} \cdot V_c = 534 \cdot 0,3 = 160,2 \text{ Н при } V_c = 0,3 \text{ м}/\text{с}$$

$$P_{c2} = K_{c2} \cdot V_c = 534 \cdot 0,4 = 213,6 \text{ Н при } V_c = 0,4 \text{ м}/\text{с}$$

$$P_{c2} = K_{c2} \cdot V_c = 534 \cdot 0,52 = 277,7 \text{ Н при } V_c = 0,52 \text{ м}/\text{с}$$

Расчёт характеристики амортизатора для спортивного режима.

Коэффициент демпфирования при сжатии:

$$K_{c3} = K_{c1} \cdot 1,5 = 485,3 \cdot 1,5 = 728 \text{ Н}\cdot\text{с/м} \quad (69)$$

Коэффициент демпфирования при отбоях:

$$K_{o3} = K_{o1} \cdot 1,5 = 1456 \cdot 1,5 = 2184 \text{ Н}\cdot\text{с/м} \quad (70)$$

Определяем усилия при ходе сжатия и отбоя:

$$P_{o3} = K_{o3} \cdot V_o = 2184 \cdot 0,3 = -655 \text{ Н при } V_o = 0,3 \text{ м/с}$$

$$P_{o3} = K_{o3} \cdot V_o = 2184 \cdot 0,4 = -874 \text{ Н при } V_o = 0,4 \text{ м/с}$$

$$P_{o3} = K_{o3} \cdot V_o = 2184 \cdot 0,52 = -1136 \text{ Н при } V_o = 0,52 \text{ м/с}$$

$$P_{c3} = K_{c3} \cdot V_c = 728 \cdot 0,3 = 218,4 \text{ Н при } V_c = 0,3 \text{ м/с}$$

$$P_{c3} = K_{c3} \cdot V_c = 728 \cdot 0,4 = 291,2 \text{ Н при } V_c = 0,4 \text{ м/с}$$

$$P_{c3} = K_{c3} \cdot V_c = 728 \cdot 0,52 = 378,6 \text{ Н при } V_c = 0,52 \text{ м/с}$$

В конструкторском разделе дипломного проекта были выполнены расчеты режимов работы подвески, а также расчеты амортизатора и пружины. Это позволило оценить производительность и характеристики подвески автомобиля более точно.

Расчет режимов работы подвески. В рамках данного расчета были определены основные параметры подвески, такие как ход подвески, высота свободного хода, жесткость подвески и демпфирование. Эти параметры могут быть определены на основе требований к управляемости, устойчивости и

комfortу автомобиля. Расчеты включают в себя анализ сил, моментов, нагрузок и деформаций, которые возникают при различных режимах работы подвески, таких как неровности дороги, повороты и торможение.

Расчет амортизатора. Амортизаторы играют важную роль в поглощении колебаний и ударов от неровностей дороги. В расчете амортизатора учитываются факторы, такие как масса автомобиля, жесткость подвески, требования к демпфированию и скорости движения. Методы расчета включают в себя анализ динамических характеристик амортизатора, таких как усилие демпфирования, ускорение и деформация. Результаты расчетов позволяют выбрать оптимальный тип и настройку амортизатора для достижения желаемых характеристик подвески. С учетом того, что амортизатор имеет регулировку в трех режимах, был выполнен расчет для каждого из них.

Расчет пружины. Пружины выполняют функцию поддержания постоянного контакта колес с дорогой и поглощения ударов от неровностей. Расчет пружины включает определение желаемой жесткости и упругости, которая обеспечит оптимальные характеристики подвески. Это выполнено через анализ сил, деформаций, длины и формы пружины. Результаты расчетов помогают определить оптимальные параметры пружины, такие как диаметр проволоки, число витков и коэффициент жесткости.

Выполнение расчетов режимов работы подвески, амортизатора и пружины позволяет более точно анализировать и оптимизировать характеристики подвески автомобиля. Результаты расчетов использованы при дальнейшем выборе компонентов и настройке подвески, чтобы достичь оптимальной производительности, устойчивости и комфорта.

4 Разработка технологического процесса монтажа передней подвески на автомобиль малого класса

4.1 Анализ конструкции, принятой для разработки технологического процесса

«Передняя подвеска автомобиля ВАЗ-2190 – независимая, типа Макферсон, конструктивно состоит из двух основных частей – правой и левой. Основным элементом правой и левой части подвески является амортизационная стойка, на которой установлены пружина и буфер сжатия, являющиеся упругими элементами подвески.» [13]

«Амортизационная стойка выполняет несколько функций: является гидравлическим телескопическим амортизатором двухстороннего действия, служит направляющим аппаратом передней подвески; с помощью кронштейна, приваренного к резервуару амортизационной стойки, осуществляется поворот передних колес вокруг штока.

Верхняя опора стойки представляет собой резино-металлический элемент для гашения высокочастотных колебаний, возникающих при движении по неровностям дороги, а также обеспечивает угловое перемещение стойки. Опорный подшипник обеспечивает поворот стойки вокруг своей оси при повороте колес. На штоке стойки установлен резиновый буфер, ограничивающий ход колес вверх. Для ограничения хода колеса вниз, буфер установлен внутри амортизатора на штоке. Под верхний конец пружины установлен резиновый чехол для защиты штока амортизационной стойки.

Амортизационная стойка крепится к кулаку с помощью двух болтов через отверстия в кронштейне стойки. В месте крепления верхнего болта предусмотрена возможность регулировки угла развала передних колес.

Рычаг подвески в сборе состоит из штампованного рычага, реактивной штанги и корпуса шарового шарнира.» [14]

«Шаровый шарнир (нижняя опора) неразборной конструкции, состоит из корпуса, в котором имеется гнездо для шарового шарнира. В корпусе установлен шаровый палец с вкладышами, упорная шайба, пружина и заглушка, завальцованная по окружности в корпусе. Шаровый шарнир соединен с рычагом двумя болтами.

Палец шарового шарнира крепится в клеммовом зажиме кулака и стопорится с помощью стяжного болта. В штампованный рычаг запрессован сайлентблок, который крепится к кронштейну кузова болтом. Реактивная штанга к кузову крепится с помощью сайлентблока, установленного внутри кронштейна. Кронштейн крепится к кузову тремя болтами.» [15]

Одним из факторов, которые оказывают существенное влияние на характер технологических процессов, является технологичность конструкции изделия соответствующих его деталей. Чем меньше трудоёмкость и себестоимость изготовления изделия, тем более оно является технологичным.

Расчет показателей технологичности производства выполняется по нескольким показателям, позволяющим оценить общий уровень производства.

Коэффициент преемственности:

$$K_{np} = \frac{n_{op}}{n} = \frac{16}{58} = 0,28 \quad (71)$$

Коэффициент унификации:

$$K_{yn} = \frac{n_{yn}}{n} = \frac{11}{58} = 0,19 \quad (72)$$

Коэффициент стандартизации:

$$K_{cm} = \frac{n_{cm}}{n} = \frac{31}{58} = 0,60 \quad (73)$$

где $n = 58$ шт. – общее количество деталей в узле;

$n_{op} = 16$ шт. – количество оригинальных деталей в узле;

$n_{ун} = 11$ шт. – количество унифицированных деталей в узле;

$n_{ст} = 31$ шт. – количество стандартных деталей в узле.

Проверка расчетов коэффициентов технологичности:

$$n = n_{op} + n_{ун} + n_{ст} = 16 + 11 + 31 = 58 \text{ шт.} \quad (74)$$

$$K_{np} + K_{ун} + K_{ст} = 0,28 + 0,19 + 0,53 = 1 \quad (75)$$

Таким образом, из расчёта и анализа результатов следует, что данный узел имеет хорошие показатели технологичности, так как коэффициент стандартизации $K_{ст}$ наибольший среди показателей технологичности данного узла. Относительно низкое значение коэффициента унификации объясняется тем, что, несмотря на конструкционную схожесть передней подвески ВАЗ-2190 с подвеской ВАЗ-2108, данный узел является оригинальной разработкой.

4.2 Выбор типа производства и формы организации сборочных работ

«Производственная программа содержит номенклатуру изготавливаемых изделий с указанием их типов и размеров, количество изделий каждого наименования, подлежащих выпуску в течение года, перечень и количество запасных деталей к выпускаемым изделиям.

Такт выпуска – это максимальный интервал времени, через который должно выходить готовое изделие (узел или деталь), чтобы выполнить производственную программу.» [20]

Такт выпуска определяется по формуле:

$$\tau = \frac{\Phi_d \cdot 60}{N} \cdot \eta_{эф}, \quad (76)$$

где Φ_d - действительный годовой фонд времени работы оборудования:

$$\Phi_d = D \cdot c \cdot m, \quad (77)$$

D - количество рабочих дней в году, $D = 254$ дня;

c - количество рабочих часов в смену, $c = 8$ часов;

m - количество смен в одном рабочем дне, $m = 1$;

N - годовая программа выпуска изделий, $N = 150000 \cdot 2 = 300000$ узл/год;

$\eta_{эф}$ - коэффициент использования эффективного времени, учитывающий потери на непредвиденный простой и ремонт оборудования, $\eta_{эф} = 0,97$.

$$\tau = \frac{254 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 60}{300000} \cdot 0,97 = 0,39 \text{ мин / шт.}$$

Таким образом, при такте выпуска $\tau = 0,39$ мин/шт. и программе выпуска $N=35000$ узл/год целесообразно применить на данном предприятии массовый тип производства.

4.3 Разработка технологической карты сборки подвески

«Технологический процесс сборки – это совокупность операций по соединению деталей в определённой техничеки и экономически целесообразной последовательности для получения сборочных единиц и изделий, полностью отвечающих установленным на них требованиям.

Составление технологического процесса сборки выполняется в соответствии с ГОСТ 14.301–83.

Составляется технологическая схема сборки и установки передней подвески автомобиля ВАЗ-2190, для чего вначале в качестве базовой детали выбирается кузов автомобиля, таблица 6» [9], [16]

Составляется маршрут слесарно-сборочных и регулировочных работ, а также производится нормирование по «Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин и приборов в условиях массового, крупносерийного и среднесерийного типов производства». По найденным значениям операционного времени $T_{оп}$ определяется значение прибавочного времени $T_{приб}$ и штучного времени $T_{шт}$ по формулам:

$$T_{приб} = 14\% T_{оп} = 0,14 T_{оп}; \quad (78)$$

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{приб} = T_{оп} + 0,14 T_{оп} = 1,14 T_{оп}; \quad (79)$$

Таблица 6 – Перечень слесарно-сборочных и регулировочных работ по сборке и установке передней подвески

Наименование переходов	Время t, мин		
	t _{оп}	t _{приб}	t _{шт}
Напрессовать обойму буфера 4 на корпус амортизатора 1	0,080	0,0112	0,0912
Запрессовать втулку буфера 5 в буфер 6	0,056	0,0078	0,0638
Напрессовать буфер в сборе на шток амортизатора	0,056	0,0078	0,0638
Запрессовать подшипник 10 в корпус опоры 11	0,053	0,0074	0,0604
Обжать корпус опоры в четырех равнорасположенных местах	0,053	0,0074	0,0604
Установить на нижнюю чашку амортизатора пружину 7	0,052	0,0073	0,0593
Установить на пружину 7 чехол защитный 8	0,033	0,0046	0,0376
Установить чашку опорную 9	0,028	0,0039	0,0319
Установить подсобранный узел в приспособление и сжать пружину	0,44	0,0616	0,5016
Установить на выступающий ко-нец штока амортизатора опору стойки 11	0,026	0,0036	0,0296
Установить ограничитель хода 13	0,026	0,0036	0,0296

Продолжение таблицы 6

Наименование переходов	Время t, мин		
	top	tприб	tшт
Установить прокладку 12	0,026	0,0036	0,0296
Установить шайбу 39 на шток амортизатора	0,022	0,0031	0,0251
Навить гайку 32 на резьбовую часть штока на 2-3 нитки	0,064	0,0090	0,073
Затянуть гайку 32	0,041	0,0057	0,0467
Установить колпачок защитный 14	0,084	0,0118	0,0958
Взять поворотный кулак в сборе 2 и совместить его отверстия с отверстиями в корпусе амортизатора	0,057	0,0080	0,065
Установить болт регулировочный 22 в верхнее отверстие	0,030	0,0042	0,0342
Установить болт 27 в нижнее отверстие	0,030	0,0042	0,0342
Установить шайбу 25 на болт 27	0,018	0,0025	0,0205
Установить 2 шайбы 39 на болты 22, 27	$0,018 \times 2 = 0,036$	0,0050	0,041
Навить 2 гайки 33 на болты 22, 27 на 2-3 нитки вручную	$0,064 \times 2 = 0,128$	0,0179	0,1459
Затянуть 2 гайки 33	0,025	0,0039	0,0319
Взять амортизационную стойку в сборе, установить болты верхней опоры в отверстия чашки кузова	0,088	0,0123	0,1003
Установить 3 шайбы 35 на болты верхней опоры	$0,016 \times 3 = 0,048$	0,0067	0,0547
Навить 3 гайки 28 на 2-3 нитки	$0,057 \times 3 = 0,171$	0,0239	0,1949
Затянуть 3 гайки 28	$0,025 \times 3 = 0,075$	0,0105	0,0105
Установить конец полуоси по шлицам в ступицу	0,09	0,0126	0,1026
Установить шайбу полуоси на выступающий конец полуоси	0,026	0,0036	0,0296
Навить гайку полуоси на 2-3 нитки	0,067	0,0094	0,0764
Затянуть гайку полуоси	0,043	0,0060	0,049
Запрессовать сайлент-блок 15 в рычаг 16	0,116	0,0162	0,1322
Запрессовать сайлент-блок 18 в кронштейн реактивной штанги 19	0,082	0,0115	0,0935
Установить шайбу 20 на штангу реактивную 17	0,027	0,0038	0,0308
Конец штанги с нарезанной резьбой завести во внутреннюю втулку сайлент-блока кронштейна ре-активной штанги	0,034	0,0048	0,0388

Продолжение таблицы 6

Наименование переходов	Время t, мин		
	top	tприб	tшт
Установить подсобранный узел на штыри сборочного стенда	0,050	0,007	0,057
Установить 2 болта 21 головками в гнездо приспособления сборочного стенда	$0,020 \times 2 = 0,040$	0,0056	0,0456
Установить на болты реактивную штангу	0,032	0,0045	0,0365
Установить на болты рычаг	0,041	0,0057	0,0467
Установить на болты шаровый шарнир 3	0,041	0,0057	0,0467
Установить на болты 2 шайбы 36	$0,029 \times 2 = 0,058$	0,0081	0,0661
Закрепить рычаг со стороны втулки сайлент-блока в приспособлении	0,020	0,0028	0,0228
Навить 2 гайки 31 на 2-3 нитки	$0,059 \times 2 = 0,118$	0,0165	0,1345
Затянуть гайку 34	0,043	0,0060	0,049
Затянуть 2 гайки 31	$0,024 \times 2 = 0,048$	0,0067	0,0547
Взять рычаг в сборе и продеть шаровый палец в отверстие поворотного кулака	0,044	0,0062	0,0502
Установить болт 23 в отверстие поворотного кулака	0,032	0,0045	0,0365
Установить шайбу 37 на болт	0,016	0,0022	0,0182
Навить на болт гайку 30 на 2-3 нитки	0,057	0,0080	0,065
Затянуть гайку 30	0,021	0,0034	0,0274
Совместить отверстия кронштейна реактивной штанги с отверстиями кронштейна кузова	0,039	0,0055	0,0445
Ввернуть 2 болта 26 в нижние отверстия кронштейна реактивной штанги на 2-3 нитки	$0,059 \times 2 = 0,118$	0,0165	0,1345
Определить зазор между кронштейном реактивной штанги и кронштейном кузова возле верхнего отверстия	0,070	0,0098	0,0798
Установить прокладку компенсационную 26	0,020	0,0036	0,0296
Ввернуть болт 26 в верхнее отверстие кронштейна реактивной штанги на 2-3 нитки	0,059	0,0083	0,0673
Затянуть 3 болта 26	$0,037 \times 3 = 0,111$	0,0155	0,1265
Отвернуть гайку полуоси на 18°	0,019	0,0027	0,0217
Застопорить гайку полуоси кернением в 2-х местах	0,077	0,0108	0,0878
Σ T	3,786	0,5300	4,3160

На основании технических условий сборки, типа производства и технологической схемы, технологические переходы комплектуются в сборочные операции, то есть разрабатывается маршрут сборки узла (таблица 7).

Таблица 7 – Маршрут сборки и установки передней подвески автомобиля

Операции	Наименование операции	Переходы	Т _{штг} , мин	Наименование оборудования
005	Сборочная	6-23	1,4170	Сборочный стол
010	Сборочно-прессовая	1-5, 32-47	1,0328	Сборочный стенд
015	Сборочная	24-31	0,9508	Конвейер
020	Сборочно-регулирующая	48-62	0,9154	Конвейер
			ΣТштг = = 4,3160	

Количество рабочих мест на участке:

$$P_{\Sigma} = \frac{\Sigma T_{штг} \cdot N}{\Phi \partial \cdot 60 \cdot \eta_{эф}}, \quad (80)$$

где ΣТштг – суммарное штучное время выполнения операции;

Φ∂ – действительный годовой фонд времени работы оборудования при работе в одну смену, Φ∂ = 2032 ч;

N – годовая программа выпуска изделий, N = 150000·2=300000 узл/год;

ηэф - коэффициент использования эффективного времени, ηэф = 0,97.

Количество работников, задействованных на операции 005:

$$P_{\Sigma 1} = \frac{1,4170 \cdot 300000}{2032 \cdot 60 \cdot 0,97} = 3,59$$

Принимается $P_{\Sigma 1} = 4$, то есть для выполнения операции 005 необходимо 4 человека.

Количество работников, задействованных на операции 010:

$$P_{\Sigma 2} = \frac{1,0328 \cdot 300000}{2032 \cdot 60 \cdot 0,97} = 2,62$$

Принимается $P_{\Sigma 2} = 3$, то есть для выполнения операции 010 необходимо 3 человека.

Количество работников, задействованных на операции 015:

$$P_{\Sigma 3} = \frac{0,9508 \cdot 300000}{2032 \cdot 60 \cdot 0,97} = 2,41$$

Принимается $P_{\Sigma 3} = 3$, то есть для выполнения операции 015 необходимо 3 человека.

Количество работников, задействованных на операции 020:

$$P_{\Sigma 4} = \frac{0,9154 \cdot 300000}{2032 \cdot 60 \cdot 0,97} = 2,32$$

Принимается $P_{\Sigma 4} = 3$, то есть для выполнения операции 020 необходимо 3 человека.

Общее количество рабочих:

$$P_{\Sigma} = P_{\Sigma 1} + P_{\Sigma 2} + P_{\Sigma 3} + P_{\Sigma 4} = 4 + 3 + 3 + 3 = 13 \quad (81)$$

Таким образом, для осуществления технологического процесса сборки и установки на автомобиль передней подвески необходимо 13 рабочих.

Результатом технологического раздела явилось формирование технологической карты выполнения работ по сборке подвески легкового автомобиля. Работы производятся на специализированном стенде, разработанном для выполнения технологической операции сборки.

Особенностью проведенных работ является то, что сборка производится в условиях массового производства, что накладывает свои особенности на организацию сборочного производства, что позволяет производить сборочные операции с наименьшим тактом. В разделе выполнены расчеты технологических операций, в частности определены коэффициенты показателей технологичности производства. Рассчитано число рабочих, необходимых для осуществления технологической операции. Согласно этим расчетам, общее число рабочих равно 13 человек.

5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования

5.1 Характеристика участка сборки

Согласно полученному заданию при выполнении дипломного проекта, выполнена разработка сложного технического устройства – гусеничного транспортного средства повышенной проходимости. Как любое техническое устройство, оно должно производиться на специализированном сборочном участке обученным персоналом при соблюдении норм и требований безопасности труда.

В рамках раздела нами исследуется сборочный участок, на котором осуществляется технологический процесс сборки транспортного средства. Сборочный участок является основным местом осуществления технологической операции сборки и относится к мелкосерийному производству. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование, которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п.

Зоны выполнения работ, связанных с избыточным тепловыделением, выделением продуктов горения или ультрафиолетового излучения, таких как сварка на стапеле, зона термической обработки металла отделяются от основного помещения защитными экранами и оснащаются вытяжкой. Те же ограждения применяются для групп оборудования, чья работа связана с повышенным шумом, например абразивно-режущие станки.

Половое покрытие на всем участке выполнено из каучуковой плитки. Термические зоны имеют половое покрытие из наливного термостойкого полимера.

Освещение участка – естественное. Участок имеет ленточное остекление, которое выступает в качестве источника света. Искусственное освещение на участке выполнено светодиодными панелями нейтрального белого света. Дополнительное освещение на рабочих местах, которые требуют наличия света, выполнено светодиодными источниками точечного света.

Электрическое питание осуществляется промышленной сетью трехфазного тока. Заземление сети типа TS-C. Оборудование, требующее питания напряжением 380 (400) В запитывается от трехфазной сети. Подвод питания производится кабелем КГ, размещение кабеля в открытом лотке, подвод от лотка в гофро-рукаве. Каждое оборудование запитывается от электрощита собственной линией, защищенной автоматическим выключателем, номинала соответствующего мощности оборудования. Оборудование, требующее напряжения 220 (240) В запитывается от фаз вводной сети, распределение производится по трем фазам согласно мощности однофазного оборудования. Освещение участка также осуществляется однофазной сетью 220 (240) В.

Вентиляция на участке осуществляется естественным приточно-вытяжным способом. Циркуляция воздуха производится через вентиляционные короба, выполненные из оцинкованного стального листа. Подвод воздуха осуществляется через вентиляционные дефлекторы. Принудительная вытяжка на участках с избыточным выделением тепла и продуктов горения производится также посредством вентиляционных коробов, в качестве вентиляторов применяются роторные вентиляторы с диаметром воздуховода 250 мм.

Для выполнения задания, в рамках раздела по безопасности объекта дипломного проекта, требуется разработать рекомендации по обеспечению безопасности на сборочном участке. Для этого необходимо выявить опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на участке. Выявление комплекса опасных и вредных производственных факторов позволит разработать рекомендации по их нейтрализации.

5.2 Профессиональные риски, характерные для участка

Весь комплекс профессиональных рисков имеет строгую классификацию, принятую в справочной литературе и стандартах. Приведем ряд цитат из стандарта ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», которые относятся непосредственно к рассматриваемому сборочному участку.

«Вредные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;

- факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям, поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия» [12]

«Опасные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к смертельным травмам (летальному исходу, смерти);

- факторы, приводящие к несмертельным травмам.

Опасные и вредные производственные факторы по характеру своего происхождения, на участке можно отметить:

- факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;

- факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;

- факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой

деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);

– факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения или абсистенции, потеря концентрации внимания работниками и т.п.)» [23]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их изменения во времени подразделяют, на участке можно отметить:

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [23]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их действия во времени подразделяют:

- на постоянно действующие;
- периодически действующие, в том числе интермиттирующие;
- аperiodически действующие, в том числе стохастические.

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

- на непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека;
- опосредованно воздействующие на организм занятого трудом человека через другие порождаемые ими и непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека факторы.

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по источнику своего происхождения подразделяют:

- на природные (включая климатические и погодные условия на рабочем месте);
- технико-технологические;

- эргономические (то есть связанные с физиологией организма человека).

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по природе их воздействия на организм работающего человека подразделяют:

- на факторы, воздействие которых носит физическую природу;
- факторы, воздействие которых носит химическую природу;
- факторы, воздействие которых носит биологическую природу.»

[12]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами физического воздействия на организм работающего человека, подразделяют на следующие типичные группы:

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести:

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего, стоящего на опорной поверхности, на эту же опорную поверхность;

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего с высоты;

- неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации; повышенным уровнем локальной вибрации;

– опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума; повышенным уровнем инфразвуковых колебаний (инфразвука);

– отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

– отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

– повышенная яркость света;

– пониженная световая и цветовая контрастность;

– прямая и отраженная блескость;

– повышенная пульсация светового потока» [12]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, подразделяют:

– на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;

– нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

– на статические, связанные с рабочей позой;

– динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;

– динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

Физические перегрузки организма работающего, связанные с тяжестью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:»

[12]

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;
- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- перемещение в пространстве.

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.» [23]

Характерные для рассматриваемого сборочного участка профессиональные риски являются общими для большинства промышленных предприятий отрасли автомобилестроения. Следовательно, нейтрализация этих факторов возможна при условии применения СИЗ, применяемых на предприятиях промышленного производства. Рекомендации по применению СИЗ в соответствии с фактором опасности приведены в таблице 1.

5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих

«Для предотвращения угроз профессиональной безопасности при управлении профессиональными рисками необходимо применять ко всем видам деятельности, связанными с опасностями, средства оперативного контроля. В качестве примеров выбора дополнительных мер управления профессиональными рисками можно рассмотреть:

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;

– замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);

– средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;

– административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;

– обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [23]

«Для обеспечения эффективной работы по идентификации опасностей и оценки профессиональными рисками, а также использования процессов обмена информацией и консультаций, заведующий обеспечивает:

- обмен информацией и консультирование в отношении рисков для безопасных условий труда и здоровья между различными уровнями, а также с работниками сторонних организаций;

- документирование соответствующих обращений внешних заинтересованных сторон, а также ответа на них.» [12]

Методы и средства снижения профессиональных рисков, типичных для моторного участка, сводятся в таблицу 8.

Таблица 8 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
1	2	3
Факторы, приводящие к заболеваниям	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;» [12]	Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) Модификация конструкции с целью снижения рисков	Применение низковольтных ламп в сетях освещения Использование спецодежды
«Факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
«Факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено
«Факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

Продолжение таблицы 8

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
«Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей» [12]	«Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда» [12]	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Отсутствие или недостаток необходимого освещения	«Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей» [12]	Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы
«Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;» [12]	«Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд» [12]	Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве

Продолжение таблицы 8

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено

«Основным организационно-техническим мероприятием по снижению воздействия профессиональных рисков будет являться применение средств индивидуальной защиты (СИЗ). Несмотря на то, что СИЗ способны в значительной степени компенсировать воздействие профессиональных рисков, наибольший эффект в сфере охраны труда может быть достигнут при комбинировании применения СИЗ и мероприятий административного характера, направленных на стимулирование работающих к более внимательному отношению к тем профессиональным рискам, которые присутствуют на участке.» [23]

5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке

Одной из основных технологических операций на сборочном участке будет являться сварка, которая может производиться как посредством электродуговой сварки, так и при помощи газовой сварки. Для данного вида технологической операции характерна высокая температура и образование искр, капель расплавленного металла и продуктов горения. В совокупности все это создает источник повышенной пожарной опасности, поскольку также на участке неизбежно присутствуют горючие и легковоспламеняющиеся

вещества. Все это в совокупности делает пожарную опасность наиболее значимым фактором в обеспечении безопасности труда на участке. Для нейтрализации фактора пожарной опасности требуется разработка комплекса мероприятий по обеспечению мер пожарной безопасности на сборочном участке.

В таблице 9 приводятся факторы пожарной опасности и выполнена их классификация в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия.

Таблица 9 – Классификация факторов пожарной опасности объекта дипломного проектирования (сборочного участка)

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
<p>«А – горение твердых веществ</p> <p>A1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением</p> <p>A2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением» [12]</p>	<p>«горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга, искры» [12]</p>	<p>«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения» [12]</p>	<p>«Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны» [12]</p>
<p>«В – горение жидких веществ</p> <p>B2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ» [12]</p>	<p>«топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости» [12]</p>	<p>«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв» [12]</p>	<p>«пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N₂, CO₂, и т.п.» [12]</p>

Продолжение таблицы 9

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
«С - горение газообразных горючих веществ» [12]	сварочные газы, метан	«Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объёмное горение, взрыв» [12]	«объёмное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)» [12]

«Для обеспечения пожарной безопасности на участке, требуется принятие противопожарных мероприятий, имеющих как организационный, так и инженерный характер. К таковым мероприятиям на участке сборки будут относиться:

- разработка комплекса норм и правил по обращению с горючими веществами и правил поведения персонала при проведении огневых работ и работ, связанных с горючими материалами;
- проведение регулярного инструктажа работников, с целью доведения информации о правилах проведения работ, связанных с горючими материалами и соблюдения норм пожарной безопасности;
- организация внутрипроизводственной пожарной охраны, осуществляющей функции надзора за соблюдением норм и правил по обращению с горючими веществами, а также норм и правил соблюдения противопожарной безопасности;
- организация хранения горючих и пожароопасных материалов в соответствии с их физико-химическими и противопожарными свойствами;
- оснащение участка средствами наблюдения и сигнализации за пожарной ситуацией, проведение инструктажа персонала о поведении в

случае срабатывания пожарной сигнализации;

– оснащение участков средствами первичного пожаротушения в соответствии с классом возможного пожара.» [23]

Разработанные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности должны дополняться средствами пожарного оповещения и средствами первичного пожаротушения. Для каждой из рабочих зон участка необходимо проектирование системы оповещения персонала, а также разработка плана эвакуации в случае возникновения чрезвычайной ситуации и плана размещения информационных табличек и извещателей.

5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка

Рассматриваемый в рамках дипломного проектирования сборочный участок не является субъектом промышленного производства, чья деятельность представляет опасность для окружающей среды. Но отходы, которые образуются в процессе сборки транспортного средства, могут представлять определенную угрозу для окружающей среды и людей, при условиях неправильной их утилизации или при неправильной организации складирования отходов производства. Для сборочного производства в целом характерным является определенный набор факторов общего характера, представляющих угрозу безопасности окружающей среды:

– обрезки резинового листового материала, а также листовых материалов, имеющих длительный срок разложения;

– смывы с рук рабочих, содержащие остатки ГСМ и остатки растворителей;

– пыль металлическая и абразивная, которая образуется при пилении и разделке материалов;

– обтирочный материал, применяемый для удаления загрязнений.

«В качестве мероприятий, обеспечивающих требования экологической

безопасности, принимаются следующие:

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- очистка сточных вод перед сливом их в канализационный коллектор от остатков ГСМ и растворителей;
- соблюдение требований, предъявляемых к размещению, строительству и эксплуатации потенциально опасных объектов, а также к осуществлению потенциально опасной деятельности» [23]

В процессе анализа опасных и вредных производственных факторов были выявлены наиболее характерные для рассматриваемого в рамках дипломного проекта участка сборки. Выявленные факторы позволили сформировать комплекс мероприятий организационного характера, направленных на их нейтрализацию или снижения уровня воздействия на рабочих. Также для снижения уровня воздействия ряда опасных и вредных производственных факторов были подобраны средства индивидуальной защиты рабочих. Определены факторы пожарной опасности на участке, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия. Разработаны мероприятия по снижению уровня пожарной опасности организационного и технического характера. Произведено выявление факторов воздействия сборочного участка на окружающую среду. Предложены мероприятия организационного характера, направленные на снижение воздействия деятельности предприятия, среди которых такие, как внедрение отдельного сбора отходов, применение систем очистки сточных вод, учет внешних факторов при организации и планировании участка. На основании проведенного анализа факторов и комплекса предложенных мероприятий можно сделать вывод о выполнении задания в рамках раздела по безопасности жизнедеятельности и охраны труда на участке.

6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта

6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности

В экономическом разделе дипломного проекта производится анализ деятельности сборочного участка и рассчитывается стоимость нормо-часа работы данного участка. Выбор обусловлен тем, что расчёт самой конструкции транспортного средства в рамках производимой разработки является объёмным и сложным, по своим параметрам, значительно выходящим за границы, обозначенные в рамках дипломного проектирования. Вместе с тем, расчет себестоимости нормо-часа сборочного участка позволит оценить стоимость произведенного изделия, поскольку сборочные работы составляют наиболее значительную часть полной себестоимости изделия.

Сборочное производство предназначено для проведения работ по окончательной сборке изделия с последующей передачей их на товарный склад готовой продукции. Сборочный цех расположен в отдельном помещении, оснащенным необходимым оборудованием для проведения сборочно-монтажных работ, включая подъёмно-транспортное оборудование. Поскольку сборка изделия, разрабатываемого в рамках дипломного проекта, относится к изделиям опытно-промышленного назначения, участок предполагает проведение сборки единичного или мелкосерийного производства продукции. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование, которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п.

Освещение участка – естественное. Участок имеет ленточное остекление, которое выступает в качестве источника света. Искусственное освещение на участке выполнено светодиодными панелями нейтрального белого света. Дополнительное освещение на рабочих местах, которые требуют наличия света, выполнено светодиодными источниками точечного света.

Электрическое питание осуществляется промышленной сетью трехфазного тока. Заземление сети типа TS-C. Оборудование, требующее питания напряжением 380 (400) В запитывается от трехфазной сети. Подвод питания производится кабелем КГ, размещение кабеля в открытом лотке, подвод от лотка в гофро-рукаве. Каждое оборудование запитывается от электрощита собственной линией, защищенной автоматическим выключателем, номинала соответствующего мощности оборудования. Оборудование, требующее напряжения 220 (240) В запитывается от фаз вводной сети, распределение производится по трем фазам сообразно мощности однофазного оборудования. Освещение участка также осуществляется однофазной сетью 220 (240) В.

На участке работает персонал, имеющий квалификацию слесаря-сборщика. Поскольку на участке сборка производится по циклу единичного и мелкосерийного производства, требуется наличие слесарей высокой квалификации, способных выполнять работы различного спектра. В соответствии с этими требованиями, квалификация слесарей – V или VI разряда.

Исходя из приведенных исходных данных, необходимо выполнить расчет себестоимости нормо-часа работы сборочного цеха.

6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка

Расчет себестоимости нормо-часа работ производится исходя из размещенного на участке оборудования. Амортизационные отчисления на оборудование, размещенное на участке сборки являются неотъемлемой

частью расчета себестоимости нормо-часа работы участка. Перечень оборудования участка приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Кол-во	Норма отчислений %	Отчисления, руб
Подъемник двухстоечный электромеханический	ЭМП-2500	350 000,00	3	14,30	150 150,00
Транспортировочная тележка	Реммаш	25 500,00	1	11,00	2 805,00
Стапель сборочный	самоизг.	600 000,00	2	6,30	75 600,00
Кран-балка	ЭК-1000	50 000,00	1	14,30	7 150,00
Стол сварочный	ЭЛПром	112 000,00	1	3,20	3 584,00
Аппарат сварочный TIG	Сварог-2100	210 000,00	1	16,00	33 600,00
Станок вертикально-сверлильный	К-310	42 000,00	1	14,30	6 006,00
Станок токарный	16К20	1 400 000,00	1	8,20	114 800,00
Станок фрезерный	Jet JMD-26X2	1 900 000,00	1	8,20	155 800,00
Кран-тележка передвижной	КС-1500	60 000,00	1	14,30	8 580,00
Стеллаж	б/н	12 000,00	6	3,20	2 304,00
Верстак слесарный	б/н	25 000,00	6	3,20	4 800,00
Тумба инструментальная	ТМ-600	32 000,00	6	5,50	10 560,00
Контейнер	б/н	6 500,00	1	5,00	325,00
ИТОГО					576 064,00

В таблице 1 рассчитанная общая стоимость амортизационных отчислений на оборудование установленное на сборочном участке. Также сам участок нуждается в амортизации, поскольку площадь участка подвержена износу, само помещение нуждается в ремонте и обслуживании. Амортизация площади сборочного участка рассчитывается по формуле 82.

$$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * N_a}{100}, \quad (82)$$

где $S_{пл}$ – площадь сборочного участка, $S_{пл} = 320 \text{ м}^2$;

$Ц_{пл}$ – кадастровая цена одного квадратного метра площади помещения, $Ц_{пл} = 5500 \text{ руб}$;

N_a – норма амортизации площадей помещения, $N_a = 2,5\%$.

$$A_{пл} = \frac{171 * 4000 * 2,5}{100} = 17100 \text{ руб}$$

Расчет затрат на электрическую энергию на участке также является частью расчета себестоимости нормо-часа. В расчет затрат на электроэнергию включается расчет стоимости электроэнергии, потребляемой оборудованием и электроэнергией, расходуемой на освещение и работу климатического оборудования. Расчет стоимости затрат на электроэнергию производится по формуле 83. Расчет сведен в таблицу 11.

$$P_{э} = \frac{M_d * T * K_o * K_m * K_v * K_p * Ц_{эл}}{\eta * 60}, \quad (83)$$

«где M_d – мощность электродвигателей оборудования, кВт;

T – годовой фонд времени работы участка, $T = 2030 \text{ ч}$;

K_o – коэффициент одновременности работы двигателей оборудования, принимаем для участка $K_o = 0,4$;

K_m – коэффициент загрузки двигателей по мощности, принимаем $K_m = 0,7$;

Кв – коэффициент загрузки двигателей по времени, принимаем Кв = 0,35;

Кп – коэффициент сетевых потерь, принимаем Кп = 1,05;

Цэ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, Цэ = 4,56 руб;

η – КПД двигателей оборудования участка, η = 0,75.» [20]

Таблица 11 – Расчет затрат на электрическую энергию

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Кол-во	Км	Кв	η	Сумма затрат, руб
Подъемник двухстоечный электромеханический	2,5	3	0,85	0,10	0,75	3 304,68
Кран-балка	0,35	1	0,75	0,10	0,75	136,07
Аппарат сварочный TIG	5,5	1	0,80	0,35	0,85	7 043,88
Станок вертикально-сверлильный	2,5	1	0,60	0,45	0,75	3 499,07
Станок токарный	12	1	0,60	0,70	0,70	27 992,56
Станок фрезерный	10,5	1	0,75	0,70	0,70	30 616,87
ИТОГО						72 593,13

Отдельно производится расчет стоимости электроэнергии на освещение участка. Расчет производится по формуле 84.

$$P_{св} = \frac{M_{св} \cdot n \cdot T \cdot Код \cdot Кв \cdot Кп \cdot Цэ}{\eta}, \quad (84)$$

где Мсв – мощность светильника, Мсв = 95 Вт;

n – количество светильников на участке, n = 60;

T – годовой фонд времени работы светильников, T = 2440 ч;

Код – коэффициент одновременной работы светильников, Код = 0,85;

Кв – коэффициент времени работы освещения, принимаем Кв = 0,75;

Кп – коэффициент сетевых потерь, принимаем Кп = 1,05;

Цэ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, Цэ = 4,56 руб;

η – КПД светильников, $\eta = 0,75$.

$$P_{св} = \frac{0,095 \cdot 60 \cdot 2440 \cdot 0,85 \cdot 0,75 \cdot 1,05 \cdot 4,56}{0,75} = 56602,78 \text{ руб}$$

Общие затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле 85.

$$P = P_{э} + P_{св} \quad (85)$$

$$P = 72593,13 + 56602,78 = 18846,29 \text{ руб}$$

Расчет заработной платы на сборочном участке зависит от нескольких факторов. Ключевым является количество произведенной продукции, которое определяет объем работы и, соответственно, количество отработанных часов. Для начала необходимо определить базовую ставку заработной платы. Обычно она определяется исходя из минимальной зарплаты в регионе, учитывая опыт и квалификацию работника. Затем к этой ставке добавляется премия за выполненный объем работы, которая может составлять до 50% от базовой ставки.

Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования.

После вычета налогов и отчислений заработная плата снижается. В среднем, налоговые вычеты составляют около 13% от заработной платы. Расчет заработной платы на сборочном участке – это сложный и ответственный процесс, который должен быть выполнен в соответствии с законодательством. Правильный расчет позволяет обеспечить справедливую оплату труда работников и сохранить высокую мотивацию на рабочем месте. Расчет заработной платы на сборочном участке приведен в таблице 12. Расчет выполняется по формуле 86.

$$\text{Озп} = \text{Ст} \cdot \text{Т} \cdot \left(1 + \frac{\text{Дп}}{100}\right), \quad (86)$$

где Ст – тарифная ставка, в соответствии с разрядом, руб;

Т – годовой фонд рабочего времени, чел-час;

Дп – коэффициент премиальных доплат.

Таблица 12 – Расчет основной заработной платы на сборочном участке

Квалификация работника	Число работников, чел	Часовая тарифная ставка, руб	Годовой фонд рабочего времени, чел/час	Сумма, руб
Слесарь по сборке автотранспортных средств, V разряда	6	300,00	1840	690 000,00
Слесарь по сборке автотранспортных средств, VI разряда	6	337,50	1840	776 250,00
Мастер участка	2	355,00	1840	816 500,00
ИТОГО				2 282 750,00

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле 87.

$$\text{Дзп} = \text{Озп} \cdot \frac{\text{Кд}}{100}, \quad (87)$$

где Кд - коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, Кд = 8%.

$$\text{Дзп} = 2282750 \cdot \frac{8}{100} = 182\,620 \text{ руб}$$

Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования. Расчет затрат на страхование приводится в формуле 88.

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (88)$$

где $K_{\text{соц}}$ – норма отчислений на страховые взносы, $K_{\text{соц}} = 0,3$.

$$O_{\text{ФМС}} = (2282750 + 182620) \cdot 0,3 = 739611,00 \text{ руб}$$

Затраты на оплату труда определяются как сумма затрат на основную, дополнительную зарплату и затраты на страховые взносы.

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (89)$$

$$O_{\text{т}} = 2282750 + 182620 + 739611 = 3\,204\,981 \text{ руб}$$

Кроме рассчитанных затрат, на участке присутствуют затраты на расходные материалы, которые используются при работе участка и обеспечивают работоспособность установленного на участке оборудования. Материалы используются в технологических процессах сборки изделий. Расчет стоимости затрат на материалы приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет стоимости материалов

Наименование материалов	Кол-во	Стоимость	Сумма
Обтирочные материалы, кг	60	125,00	7 500,00
Обезжириватель, л	25	200,00	5 000,00

Продолжение таблицы 13

Наименование материалов	Кол-во	Стоимость	Сумма
Консистентная смазка, кг	20	350,00	7 000,00
Жидкая смазка, кг	35	400,00	14 000,00
Абразивные материалы, кг	12	310,00	3 720,00
Проволока сварочная, кг	65	250,00	16 250,00
Круги абразивные зачистные, шт	450	110,00	49 500,00
Круги абразивные отрезные, шт	600	75,00	45 000,00
Фторопласт, кг	120	210,00	25 200,00
Черный металл, кг	850	90,00	76 500,00
Вода технологическая, м3	350	3,20	1 120,00
Прокладочный материал, м2	20	1 250,00	25 000,00
ИТОГО			275 790,00

Также при расчете себестоимости нормо-часа следует учитывать величину накладных расходов. Для сборочного участка принимаем величину накладных расходов в размере 125% от затрат на оплату труда.

$$Н_p = 1,25 \cdot О_t \quad (90)$$

$$Н_p = 1,25 \cdot 3\,204\,981 = 4\,006\,226,25 \text{ руб}$$

При расчете нормо-часа необходимо учитывать фонд времени работы сборочного участка. Исходя из технологии сборочных работ, фонд рабочего времени составит для участка сборки 45800 чел-ч. Суммарные затраты на сборочном участке, согласно произведенным расчетам сведены в таблицу 14.

Таблица 14 – Затраты на участке сборки

Наименование статьи затрат	Сумма
Амортизационные отчисления на оборудование	576 064,00
Амортизационные отчисления на площадь	17 100,00
Общие затраты на электроэнергию	18 846,29
Затраты на оплату труда	3 204 981,00
Стоимость расходных материалов	275 790,00
Накладные расходы	4 006 226,25
ИТОГО	8 099 007,54

Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 91.

$$Снч = Собщ / Туч, \quad (91)$$

где Собщ – сумма общих затрат на участке, руб

Туч – фонд рабочего времени составит для участка сборки, чел-ч,

$$Снч = 8\,099\,007,54 / 45\,800 = 176,83 \text{ руб}$$

Результатом выполнения раздела явился расчет себестоимости нормо-часа. Расчет производился на основании анализа комплекса затрат, которые несет участок в процессе реализации процесса сборки готового изделия. Учтены затраты на потреблённые энергоресурсы, затраты на заработную плату и накладные работы, связанные в первую очередь с управленческими издержками. В результате расчета была определена стоимость нормо-часа работы участка, которая составляет 176,83 рубля, что в целом отражает затраты на сборку в среднем по рынку. Рассчитанная величина нормо-часа может быть использована при расчете себестоимости производства изделий различной трудоемкости сборки.

Заключение

В первом разделе дипломного проекта произведен анализ конструкции подвески легкового автомобиля и анализ конструкции амортизаторов с переменными характеристиками демпфирования. В ходе анализа конструкции передней подвески автомобиля малого класса было выявлено несколько важных выводов:

Конструкция передней подвески имеет существенное влияние на характеристики управляемости, устойчивости и комфорта автомобиля. Она должна обеспечивать достаточную жесткость, упругость и демпфирование для поддержания устойчивости и комфорта при движении.

В основном, автомобили малого класса используют подвеску типа Макферсон, благодаря ее простоте, компактности и надежности. Подвеска Макферсон обеспечивает управляемость, устойчивость и комфорт при движении.

Продольные и поперечные рычаги, амортизаторы и пружины являются основными компонентами подвески. Они работают совместно для обеспечения плавного движения, поглощения колебаний и ударов от неровностей дороги, а также поддержания устойчивости и точности управления.

Принципы амортизации с переменным усилием демпфирования могут улучшить характеристики подвески, особенно в отношении адаптивности и комфорта. Амортизаторы с переменным усилием демпфирования, такие как электронно-управляемые или магнитореологические амортизаторы, способны автоматически регулировать уровень демпфирования в зависимости от условий движения и состояния дороги.

В целом, анализ конструкции передней подвески автомобиля малого класса позволяет лучше понять влияние подвески на характеристики автомобиля. Работа такого рода имеет практическое значение для

разработчиков и инженеров, помогая улучшить производительность и комфорт автомобилей малого класса.

Результатом выполнения второго раздела дипломного проекта явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства.

Нагрузка на автомобиль является важным фактором, влияющим на его тяговую способность. При расчете необходимо учитывать массу автомобиля, грузоподъемность, а также вес и расположение груза. Расчет массы автомобиля основывался на методических указаниях и указаниях, почерпнутых из специализированной литературы, также подтвержденной практическим опытом.

Мощность двигателя, рассчитанной из массы и заданных скоростных режимов, должна быть достаточной для обеспечения необходимой тяговой способности при заданных условиях эксплуатации автомобиля. Передаточное число было выбрано таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью автомобиля и его тяговой способностью. При этом необходимо учитывать, что слишком высокое передаточное число может привести к перегреву двигателя, а слишком низкое – к излишнему расходу топлива. Рассчитанное передаточное число обеспечивает движение автомобиля на скоростях, обозначенных в исходных данных. Расчет динамических характеристики, приведенных в Приложении А также свидетельствует о правильности произведенных расчетов.

Расход топлива также был рассчитан для подтверждения параметров транспортного средства при выполнении тягового расчета автомобиля. Он зависит от мощности двигателя, передаточного числа, нагрузки на автомобиль и других факторов. Графики расхода топлива, в зависимости от режима работы двигателя, приведен в Приложении А и на листах графической части.

Таким образом, тяговый расчет автомобиля является важным этапом проектирования и эксплуатации транспортных средств. Он позволяет

определить оптимальные параметры для обеспечения высокой тяговой способности и экономической эффективности автомобиля.

В конструкторском разделе дипломного проекта были выполнены расчеты режимов работы подвески, а также расчеты амортизатора и пружины. Это позволило оценить производительность и характеристики подвески автомобиля более точно.

Расчет режимов работы подвески. В рамках данного расчета были определены основные параметры подвески, такие как ход подвески, высота свободного хода, жесткость подвески и демпфирование. Эти параметры могут быть определены на основе требований к управляемости, устойчивости и комфорту автомобиля. Расчеты включают в себя анализ сил, моментов, нагрузок и деформаций, которые возникают при различных режимах работы подвески, таких как неровности дороги, повороты и торможение.

Расчет амортизатора. Амортизаторы играют важную роль в поглощении колебаний и ударов от неровностей дороги. В расчете амортизатора учитываются факторы, такие как масса автомобиля, жесткость подвески, требования к демпфированию и скорости движения. Методы расчета включают в себя анализ динамических характеристик амортизатора, таких как усилие демпфирования, ускорение и деформация. Результаты расчетов позволяют выбрать оптимальный тип и настройку амортизатора для достижения желаемых характеристик подвески. С учетом того, что амортизатор имеет регулировку в трех режимах, был выполнен расчет для каждого из них.

Расчет пружины. Пружины выполняют функцию поддержания постоянного контакта колес с дорогой и поглощения ударов от неровностей. Расчет пружины включает определение желаемой жесткости и упругости, которая обеспечит оптимальные характеристики подвески. Это выполнено через анализ сил, деформаций, длины и формы пружины. Результаты расчетов помогают определить оптимальные параметры пружины, такие как диаметр проволоки, число витков и коэффициент жесткости.

Выполнение расчетов режимов работы подвески, амортизатора и пружины позволяет более точно анализировать и оптимизировать характеристики подвески автомобиля. Результаты расчетов использованы при дальнейшем выборе компонентов и настройке подвески, чтобы достичь оптимальной производительности, устойчивости и комфорта.

Результатом технологического раздела явилось формирование технологической карты выполнения работ по сборке подвески легкового автомобиля. Работы производятся на специализированном стенде, разработанном для выполнения технологической операции сборки.

Особенностью проведенных работ является то, что сборка производится в условиях массового производства, что накладывает свои особенности на организацию сборочного производства, что позволяет производить сборочные операции с наименьшим тактом. В разделе выполнены расчеты технологических операций, в частности определены коэффициенты показателей технологичности производства. Рассчитано число рабочих, необходимых для осуществления технологической операции. Согласно этим расчетам, общее число рабочих равно 13 человек. В процессе анализа опасных и вредных производственных факторов были выявлены наиболее характерные для рассматриваемого в рамках дипломного проекта участка сборки. Выявленные факторы позволили сформировать комплекс мероприятий организационного характера, направленных на их нейтрализацию или снижения уровня воздействия на рабочих. Также для снижения уровня воздействия ряда опасных и вредных производственных факторов были подобраны средства индивидуальной защиты рабочих.

Определены факторы пожарной опасности на участке, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия. Разработаны мероприятия по снижению уровня пожарной

опасности организационного и технического характера. Произведено выявление факторов воздействия сборочного участка на окружающую среду.

Предложены мероприятия организационного характера, направленные на снижение воздействия деятельности предприятия, среди которых такие, как внедрение раздельного сбора отходов, применение систем очистки сточных вод, учет внешних факторов при организации и планирования участка. На основании проведенного анализа факторов и комплекса предложенных мероприятий можно сделать вывод о выполнении задания в рамках раздела по безопасности жизнедеятельности и охраны труда на участке.

Результатом выполнения экономического раздела явился расчет себестоимости нормо-часа. Расчет производился на основании анализа комплекса затрат, которые несет участок в процессе реализации процесса сборки готового изделия. Учтены затраты на потреблённые энергоресурсы, затраты на заработную плату и накладные работы, связанные в первую очередь с управленческими издержками. В результате расчета была определена стоимость нормо-часа работы участка, которая составляет 176,83 рубля, что в целом отражает затраты на сборку в среднем по рынку. Рассчитанная величина нормо-часа может быть использована при расчете себестоимости производства изделий различной трудоемкости сборки.

На основании изложенного, можно сделать вывод о достижении целей, поставленных в ходе выполнения дипломного проекта.

Список используемых источников

1. Автоматические системы транспортных средств: учебник / В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин, В.С. Макаров, А.В. Тумасов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-571-4.
2. Базовое шасси пожарных автомобилей и спасательной техники : учебное пособие / Д. А. Едимичев, А. Н. Минкин, С. Н. Масаев [и др.]. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-4289-0.
3. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет : учебное пособие / Е.В. Березина. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 320 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-018271-1.
4. Богатырев, А. В. Автомобили : учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский ; под ред. проф. А.В. Богатырева. – 3-е изд., стереотип. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 655 с.
5. Богатырев, А. В. Электронные системы мобильных машин : учебное пособие / А.В. Богатырев. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 224 с.
6. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
7. Круглик, В. М. Технология обслуживания и эксплуатации автотранспорта : учебное пособие / В.М. Круглик, Н.Г. Сычев. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 260 с. : ил. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006953-1.
8. Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства : учебник / Г.М. Кутьков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 506 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/974. - ISBN 978-5-16-006053-8.

9. Лукаш, Ю. А. Экономические расчеты в бизнесе [Электронный ресурс] : большое практ. справ. пособие / Ю. А. Лукаш. - Москва : Флинта, 2012. - 210 с. - ISBN 978-5-9765-1369-3.

10. Маркина, А. А. Теория движения колесных машин : учебное пособие / А. А. Маркина, В. В. Давыдова ; М-во науки и высш. образования РФ. - Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2021. - 216 с. - ISBN 978-5-7996-3263-2.

11. Набоких, В. А. Датчики автомобильных электронных систем управления и диагностического оборудования : учебное пособие / В.А. Набоких. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 239 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014160-2.

12. Новиков, В. В. Виброзащитные свойства подвесок автотранспортных средств : монография / В. В. Новиков, И. М. Рябов, К. В. Чернышев. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 384 с. - ISBN 978-5-9729-0634-5.

13. Огороднов, С.М. Конструкция автомобилей и тракторов : учебник / С.М. Огороднов, Л.Н. Орлов, В.Н. Кравец. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 284 с. - ISBN 978-5-9729-0364-1.

14. Песков, В. И. Конструкция автомобильных трансмиссий : учебное пособие / В.И. Песков. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 146 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-016247-8..

15. Ремонт автомобилей [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://automend.ru/>

16. Савич, Е. Л. Системы безопасности автомобилей : учебное пособие / Е.Л. Савич, В.В. Капустин. – Минск: Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 445 с.: ил. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-104362-2.

17. Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и мотоцикла : учебное пособие / В.А. Стуканов. – Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2020. – 368 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-101654-1.

18.Тарасик, В. П. Теория автомобилей и двигателей : учебное пособие / В.П. Тарасик, М.П. Бренч. – 2-е изд., испр. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 448 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-101224-6.

19.Щелчкова, Н. Н. Практикум по безопасности жизнедеятельности. Часть II : учебно-практическое пособие / Н.Н. Щелчкова, Д.В. Натарова, Е.А. Романова. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 225 с. - ISBN 978-5-16-108275-1.

20.Экономика организаций автомобильного транспорта : учебное пособие / Р. Б. Ивуть, П. И. Лапковская, Т. Л. Якубовская, М. М. Кисель. - Минск : РИПО, 2022. - 215 с. - ISBN 978-985-895-035-4.

21.Denton, Tom Automobile Mechanical and Electrical Systems: 2nd Edition / Tom Denton: Routledge, 2017 – 378p. - ISBN 9780415725781

22.Everyday English For Technical Students (Mechanical engineering, metallurgy and transport department) [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые данные.– Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021.– 350 с.

23.G. A. Einicke, Smoothing, Filtering and Prediction: Estimating the Past, Present and Future (2nd ed.), Prime Publishing, 2019

24.Milliken, W. F. Race Car Vehicle Dynamics / Premiere Series / R: Society of Automotive Engineers, Том 146 / W. F. Milliken, D. L. Milliken : SAE International, 1995. – 890 p. [8], [9], [10]. – ISBN 1560915269, 9781560915263.

25.Singh, H. Rewat The Automobile: Textbook for Students of Motor Vehicle Mechanics / H. Rewat Singh: S Chand & Co Ltd, 2004 - 532 p.

Приложение А
Графики тягового расчета

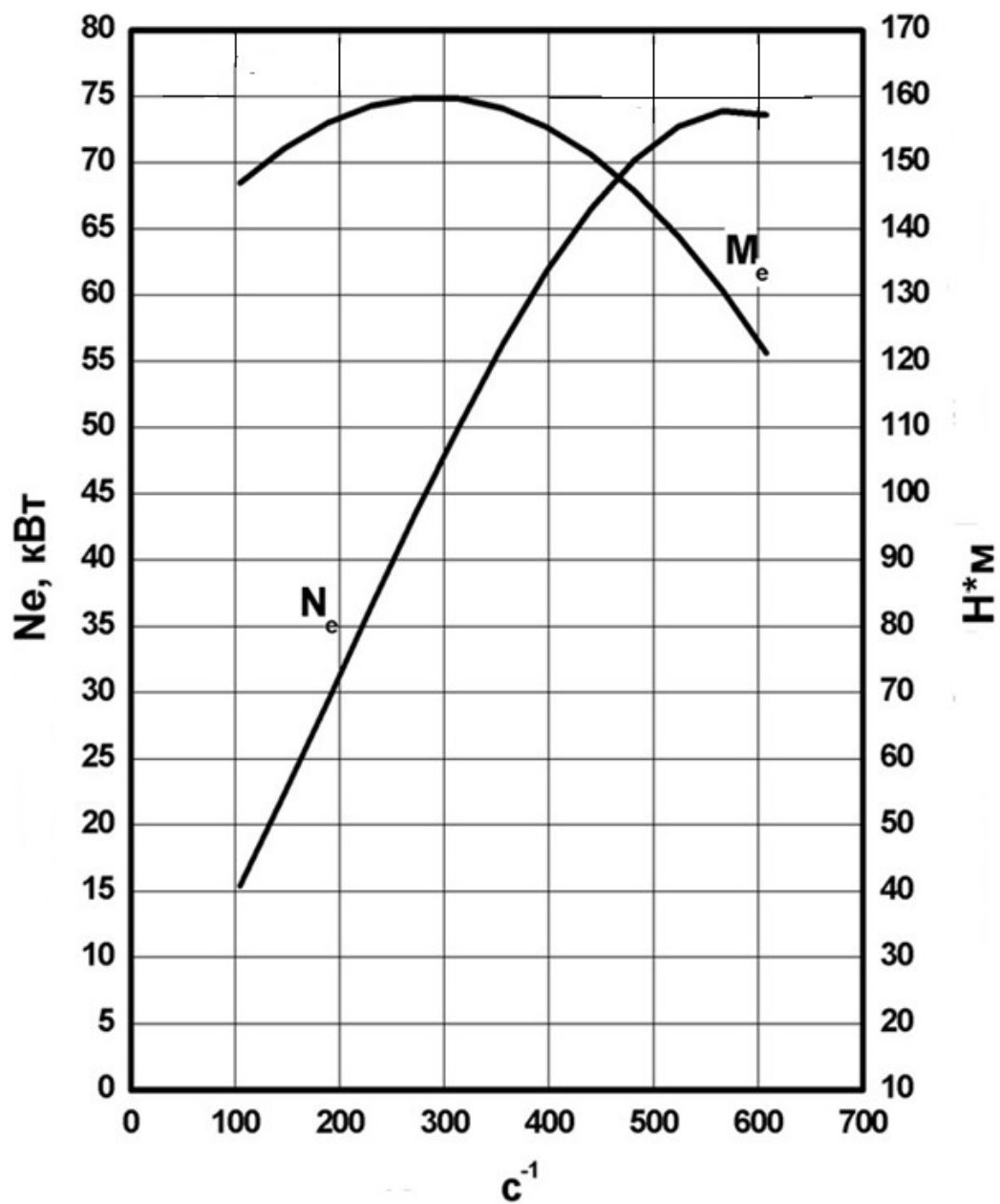


Рисунок А1 – ВСХ двигателя

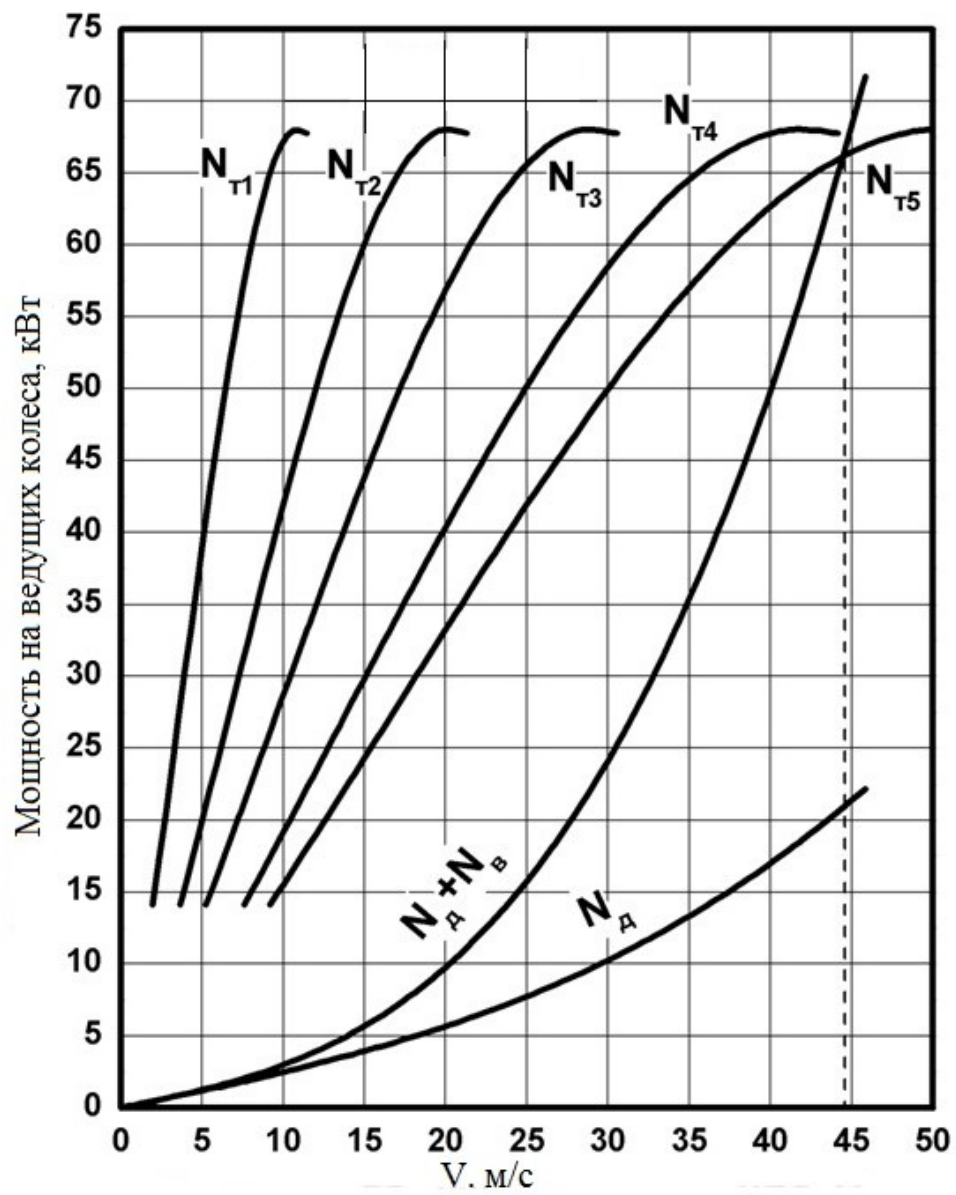


Рисунок А2 – Мощностной баланс автомобиля на различных передачах

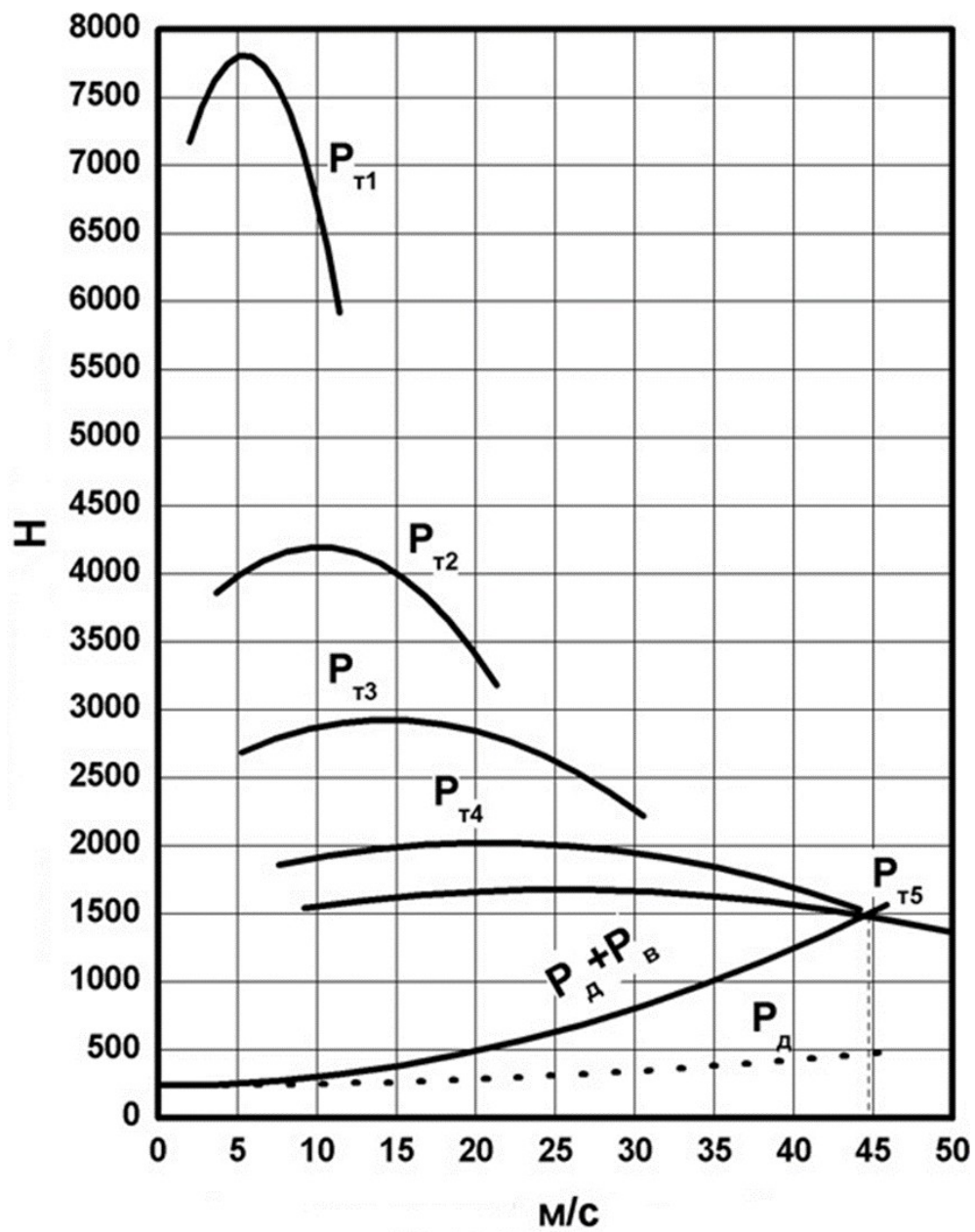


Рисунок А3 – Тяговый баланс автомобиля на различных передачах

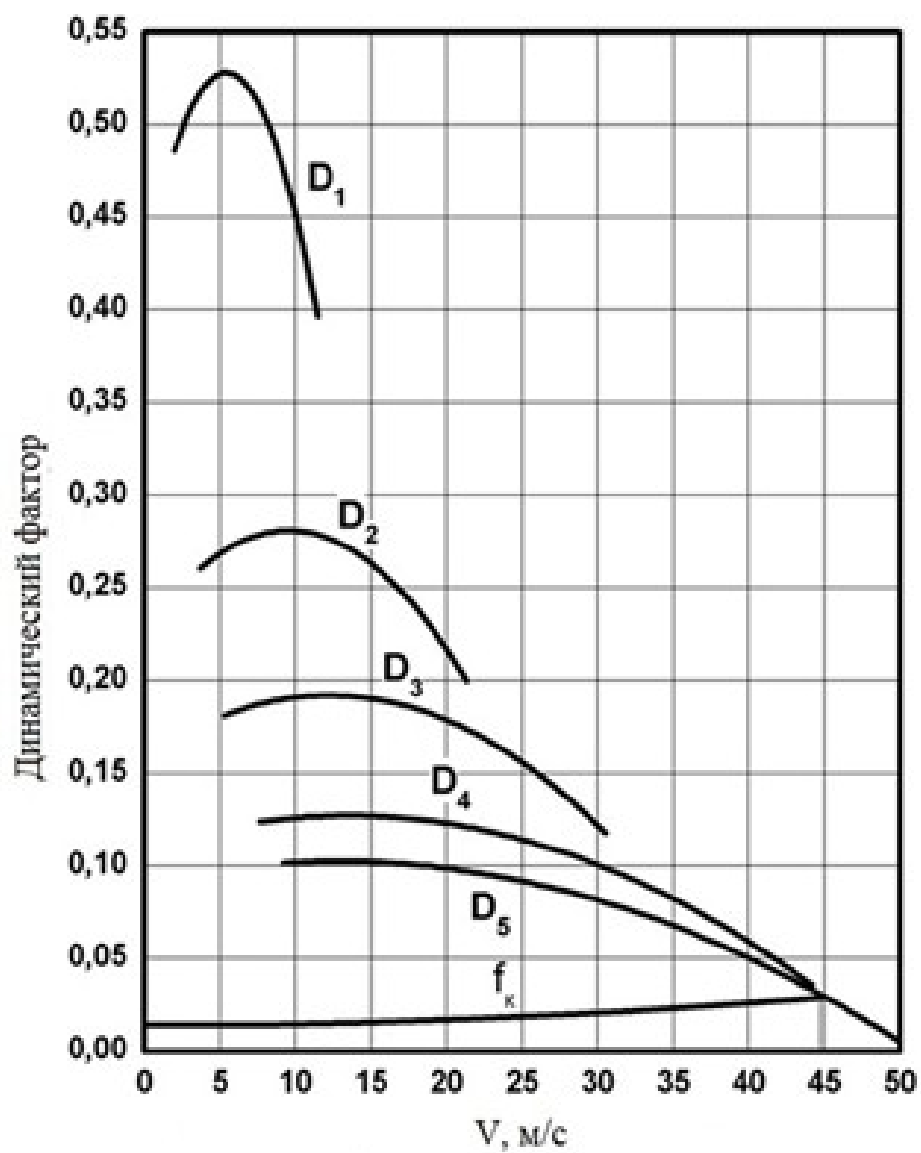


Рисунок А4 – Динамический фактор автомобиля на различных передачах

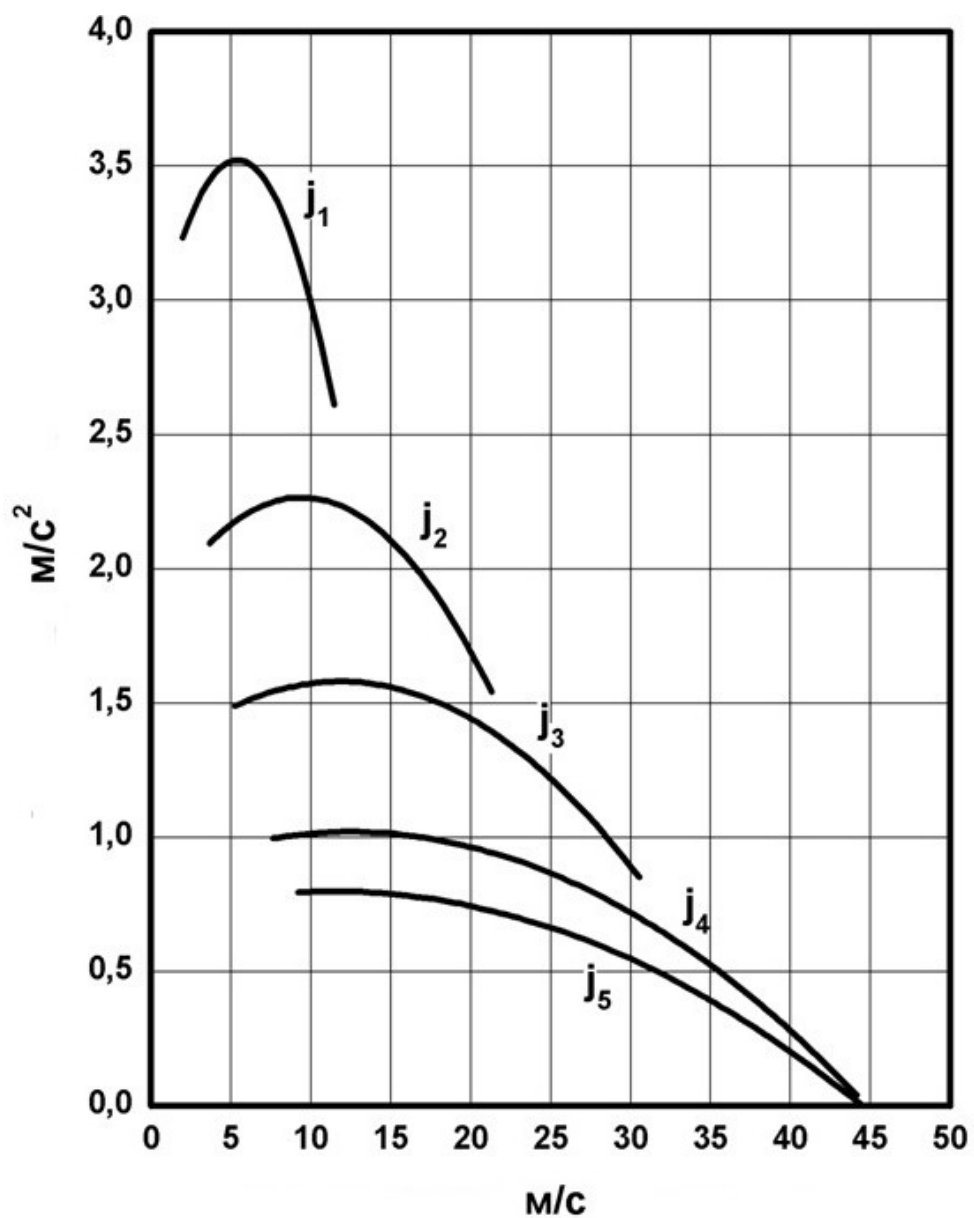


Рисунок А5 – Ускорение автомобиля на различных передачах

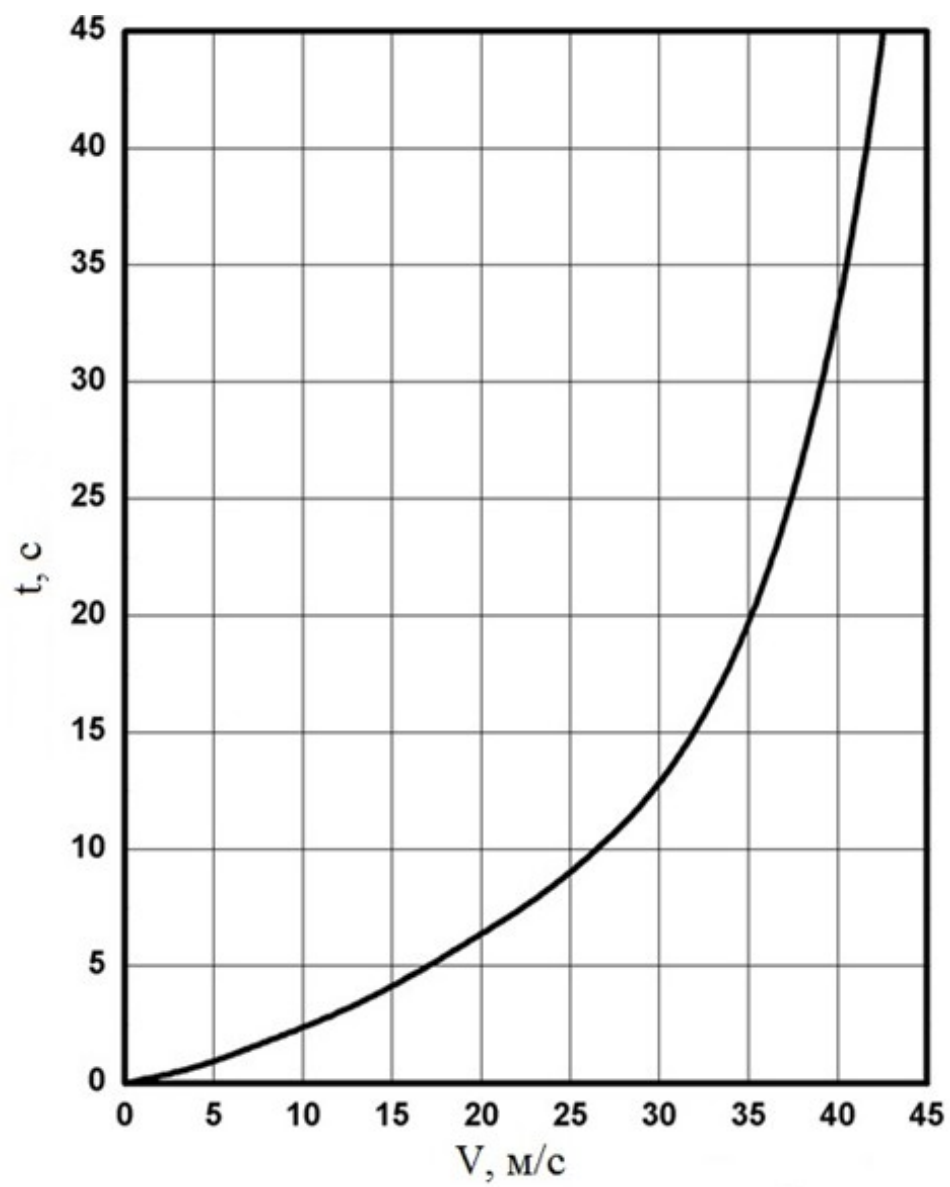


Рисунок А6 – Время разгона

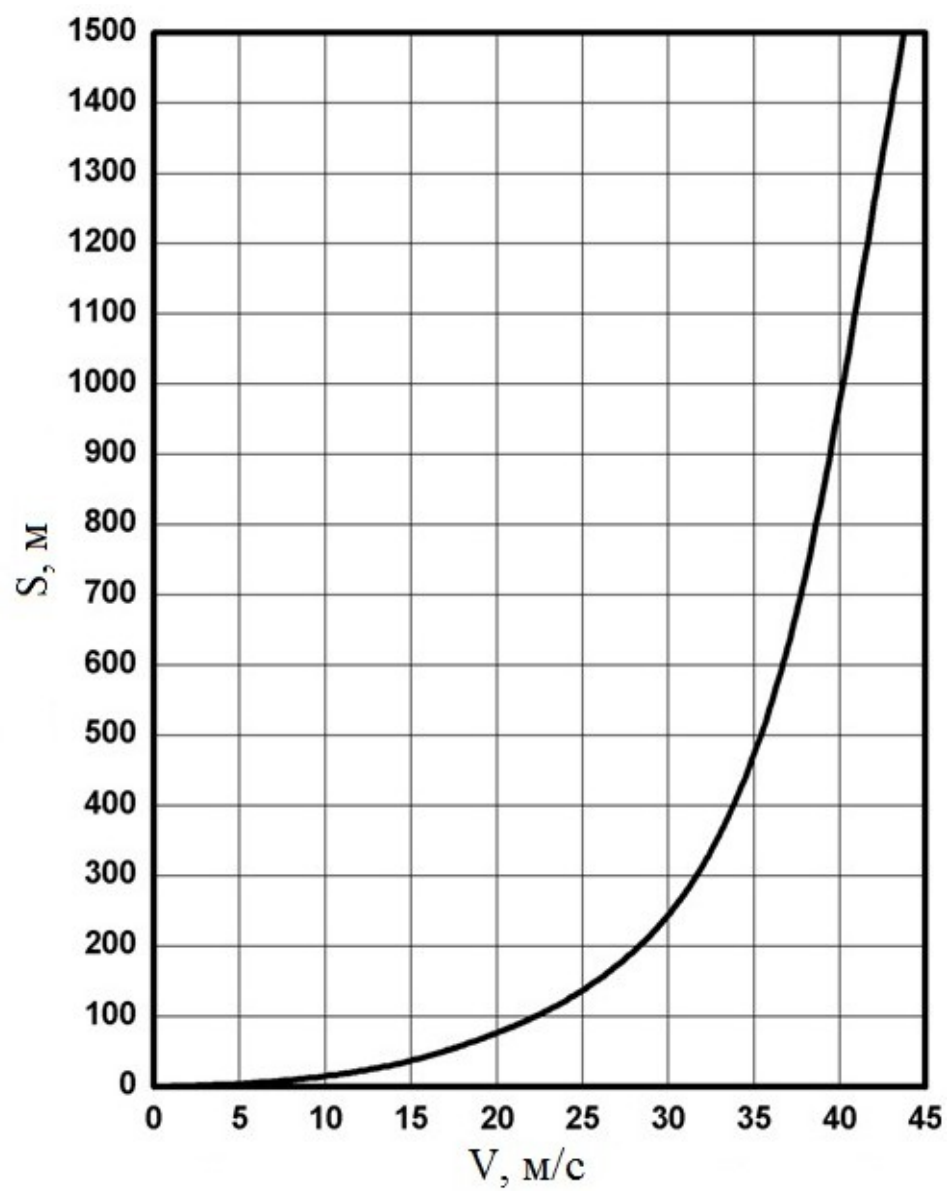


Рисунок А7 – Путь разгона

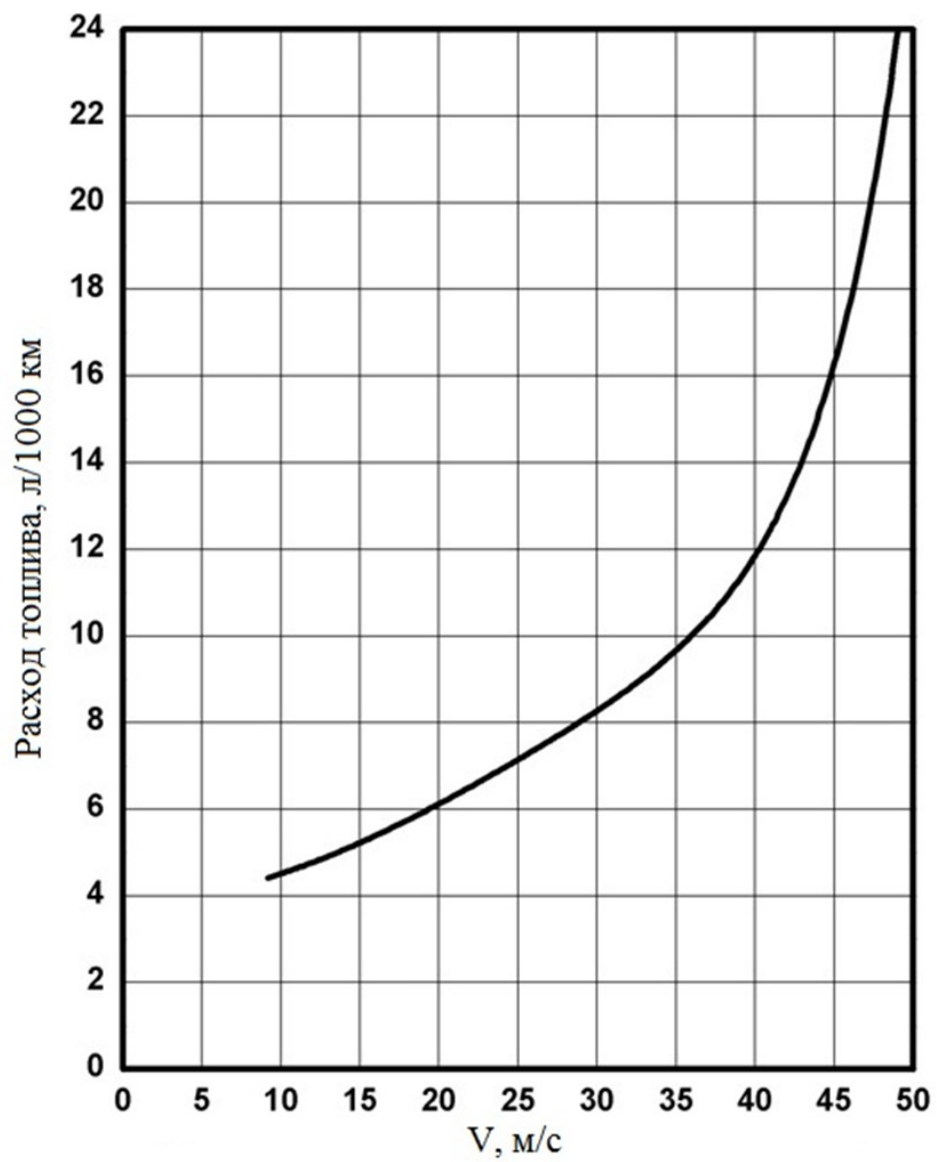


Рисунок А8 – Топливная экономичность