

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 Разработка тормозной системы легкого автомобиля повышенной
проходимости

Обучающийся

А.В. Луптаков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. пед. наук, доцент Л.А. Угарова

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

Консультанты

доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2023

Аннотация

Представлен дипломный проект на тему «Разработка тормозной системы легкового автомобиля повышенной проходимости».

Актуальность данной темы обусловлена тем, что современные тенденции в автомобилестроении предъявляют повышенные требования к работе тормозных систем транспортного средства. Это требует применения узлов и агрегатов новых типов, работающих на иных механических принципах, нежели традиционные узлы, применяемых в рабочих тормозных системах. Для автомобилей повышенной проходимости это особенно актуально еще и по причине условий передвижения. В тяжелых дорожных условиях и в условиях нестабильных дорожных покрытий особенно важна способность быстрой и контролируемой остановки автомобиля.

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 тормозной системы легкового автомобиля повышенной проходимости на уровне технического проекта.

Логически структура дипломного проекта разделена на следующие части, связанные между собой: анализ существующих технических решений конструкции тормозных систем, тяговый расчет транспортного средства для которого разрабатывается тормозная система, силовые и прочностные расчеты узлов системы и элементов узлов, разработка технологического процесса изготовления тормозной системы, разработка безопасных условий труда на участке и экономическое обоснование эффективности проекта.

Разработанная в рамках дипломного проекта конструкция тормозной системы обладает значительно более высокими эксплуатационными характеристиками в сравнении с системами, применяемыми 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.

Annotation

A graduation project on the topic "Development of the braking system of a cross-country car" is presented.

The relevance of this topic is due to the fact that current trends in the automotive industry place increased demands on the operation of vehicle braking systems. This requires the use of new types of units and assemblies operating on other mechanical principles than traditional units used in service brake systems. For off-road vehicles, this is especially true also because of the driving conditions. In difficult road conditions and in conditions of unstable road surfaces, the ability to quickly and controlled stop the car is especially important.

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 purpose of the diploma project is to develop a braking system for a cross-country car at the level of a technical project.

Logically, the structure of the graduation project is divided into the following parts, interconnected: analysis of existing technical solutions for the design of brake systems, traction calculation of the vehicle for which the brake system is being developed, power and strength calculations of system nodes and elements of nodes, development of a technological process for manufacturing a brake system, development of safe working conditions at the site and the economic justification for the effectiveness of the project.

The design of the brake system developed as part of the graduation project has significantly higher performance characteristics in comparison with the systems currently used in production cars. 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 объекта разработки дипломного проектирования	11
1.1 Анализ конструкции легкого рамного автомобиля повышенной проходимости, взятого в разработку	11
1.2 Анализ конструкции тормозной системы, принятой в качестве объекта разработки	17
1.3 Анализ конструкции тормозных механизмов и приводов	21
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	24
2.1 Выбор и обоснование исходных данных	24
2.2 Расчет массы автомобиля и радиуса колес	25
2.3 Расчет мощности и крутящего момента двигателя	26
2.4 Определение передаточного числа главной передачи	29
2.5 Определение передаточных чисел коробки передач	29
2.6 Время и путь разгона автомобиля	30
2.7 Мощностной баланс автомобиля	32
2.8 Топливо-экономическая характеристика транспортного средства ...	34
3 Разработка тормозной системы легкого автомобиля повышенной проходимости	37
3.1 Назначение, устройство и общая характеристика тормозной системы	37
3.2 Расчет тормозной системы автомобиля	39
3.2.1 Расчет максимально возможного тормозного момента	39
3.2.2 Расчет основных параметров барабанных тормозов автомобиля ...	43
3.2.3 Оптимальное распределение тормозных сил	47
3.3 Статическая характеристика гидровакуумного усилителя гидропривода	51
3.4 Расчёт тормозной колодки	53
4 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования	56

4.1 Характеристика участка сборки	56
4.2 Профессиональные риски, характерные для участка	58
4.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих	62
4.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке	66
4.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка	69
5 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта .	71
5.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности	71
5.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка	72
Заключение	81
Список используемой литературы и используемых источников	86
Приложение А Графики тягового расчета	89

Введение

Автомобили повышенной проходимости, такие как внедорожники и кроссоверы, пользуются всё большей популярностью в современном автомобильном рынке. Эти транспортные средства предназначены для передвижения по различным типам дорог и условиям, включая бездорожье, пересеченные местности и неблагоприятные погодные условия.

Легкие рамные автомобили повышенной проходимости (также известные как SUV или внедорожники) представляют собой класс автомобилей, специально разработанных для передвижения в сложных дорожных условиях и по пересеченной местности. Они имеют усиленные рамные конструкции, высокий клиренс и, как правило, оснащены системами полного привода, которые позволяют им уверенно справляться с бездорожьем, тяжёлыми дорожными условиями и другими сложными условиями движения, представляющими трудность для обычного транспорта.

Легкие рамные автомобили повышенной проходимости имеют ряд характерных особенностей, которые делают их подходящими для использования в условиях сложной эксплуатации в тяжелых дорожных условиях.

Главная особенность легких рамных автомобилей — это наличие жесткой пространственной рамы, которая обеспечивает высокую прочность и устойчивость в условиях нестабильного грунта и пересеченной местности. Рама служит базой для установки всех основных агрегатов автомобиля, включая двигатель, подвеску, трансмиссию и тормозную систему.

Большинство легких рамных автомобилей повышенной проходимости оснащены полным приводом, что означает, что мощность и крутящий момент от двигателя передается на все колеса автомобиля. Это обеспечивает лучшую тягу и маневренность на различных типах дорог и поверхностях,

позволяет преодолевать сложные препятствия и обеспечивает стабильное движение в условиях низкого сцепления с грунтом.

Легкие рамные автомобили повышенной проходимости обычно имеют усиленную подвеску и амортизаторы, которые обеспечивают лучший контроль и комфорт при передвижении по неровным и пересеченным дорогам. Это помогает снизить воздействие вибрации и ударов на кузов и повышает управляемость автомобилем в тяжелых дорожных условиях.

Легкие рамные автомобили повышенной проходимости обладают большим клиренсом, что означает большее расстояние от днища автомобиля до земли. Это позволяет автомобилю преодолевать преграды, такие как камни, бревна, глубокие ямы и дорожные неровности.

Важным компонентом легкого рамного автомобиля повышенной проходимости является тормозная система. Она должна обеспечивать эффективное торможение и управляемость даже в условиях низкого сцепления и экстремальных дорожных условиях. Разработка и оптимизация тормозной системы важна для обеспечения безопасности и надежности эксплуатации автомобиля.

Легкие рамные автомобили повышенной проходимости пользуются популярностью среди автолюбителей, которые нуждаются в автомобиле способном справляться с различными условиями дороги и обеспечивать комфортное и безопасное передвижение в любых условиях. Поэтому эффективная и надежная тормозная система является важным компонентом для обеспечения безопасности и комфорта вождения.

Целью данного дипломного проекта является разработка тормозной системы для легкого автомобиля повышенной проходимости.

В рамках проекта будут рассмотрены существующие технологии и конструкции тормозных систем, а также проведен анализ и выбор наиболее подходящих компонентов и систем, учитывая специфические требования и характеристики автомобиля повышенной проходимости.

Одним из основных аспектов проектирования тормозной системы будет обеспечение эффективного торможения на различных дорожных покрытиях и в условиях движения с пониженным сцеплением.

Также будут учтены факторы, такие как продолжительность и интенсивность эксплуатации, рабочие температуры, стойкость к износу и долговечность.

Разработка тормозной системы включает в себя не только проектирование компонентов, но и определение оптимальной геометрии и расположения тормозных механизмов, выбор подходящих материалов, а также разработку системы управления и контроля тормозных действий.

Результаты дипломного проекта будут иметь практическую значимость для автомобильной промышленности и могут быть использованы при разработке и производстве легких автомобилей повышенной проходимости с улучшенной тормозной системой.

В итоге, разработка эффективной и надежной тормозной системы для легкого автомобиля повышенной проходимости будет способствовать повышению безопасности, управляемости и комфорта вождения в условиях разнообразных дорожных ситуаций и экстремальных условий эксплуатации.

1 Анализ объекта разработки дипломного проектирования

1.1 Анализ конструкции легкого рамного автомобиля повышенной проходимости, взятого в разработку

Легкорамный автомобиль Сержант-2 – это разработка Тольяттинского государственного университета, представляющая собой легкую рамную базу для автомобиля, предназначенного для решения специальных военных и полицейских задач. Автомобиль Сержант-2 является модернизированной версией предыдущей модели, обладающей улучшенными характеристиками и новыми возможностями.

Один из главных аспектов, выделяющих Сержант-2 среди других автомобилей, это его усиленная рамная конструкция, выполненная из алюминиевого профиля. Это обеспечивает высокую прочность, устойчивость и надежность автомобиля в условиях повышенной нагрузки в тяжелых дорожных условиях. Рама способна выдерживать значительные ударные нагрузки, что делает его идеальным выбором для военных и полицейских операций.

Сержант-2 оснащен мощным силовым агрегатом автомобиля Chevrolet Niva, который обеспечивает высокую проходимость и маневренность на различных типах дорог.

Система полного привода позволяет автомобилю легко преодолевать сложные участки бездорожья и пересеченной местности. Благодаря большому клиренсу и усиленной подвеске, Сержант-2 может успешно справляться с преградами и неровностями на своем пути. Одной из ключевых особенностей Сержант-2 является его универсальность и модульность.

Автомобиль может быть легко модифицирован и адаптирован для различных военных и полицейских задач. Это включает использование различных типов оружия, коммуникационных систем, специального оборудования и защитных средств. Благодаря этому, Сержант-2 может быть

успешно применен в различных областях, включая разведку, патрулирование, транспортировку и другие операции.

Безопасность является также важной особенностью Сержант-2. Автомобиль оснащен современными системами безопасности, включая системы контроля устойчивости, подушки безопасности, антиблокировочные тормоза и другие инновационные решения, обеспечивающие защиту экипажа и пассажиров в экстремальных условиях.

Благодаря своим характеристикам, легкорамный автомобиль Сержант-2 является надежным и эффективным средством передвижения для военных и полицейских служб.

Сочетание высокой проходимости, мощности, универсальности и безопасности делает его идеальным выбором для выполнения различных задач в самых сложных условиях.

Внешний вид автомобиля «Сержант» и «Сержант 2» представлен на рисунках 1 и 2.

Техническая комплектация по узлам автомобиля «Сержант 2», собранного на базе серийных узлов и агрегатов автомобилей ВАЗ представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Комплектация автомобиля «Сержант-2»

Узел	Описание
Силовой агрегат	«Двигатели 11186, 21126, 21127 (по выбору). Коробка передач и привод управления на базе 2123, доработанные привода колес, сцепление на базе 2123 (215 мм), редукторы мостов на базе переднего редуктора 2123 (пара 4,76). Приводные валы на базе 2123, с карданными шарнирами (передний вал удлинённый).» [1]
Система ЭСУД	На базе ЭСУД 11186, 21126, 21127
Система охлаждения	На базе компонентов 11186, 21126, 21127, 2123
Топливная система	На базе компонентов 11186, 21126, 21127, 2123

Продолжение таблицы 1

Система воздухоподачи	На базе компонентов 11186, 21126, 21127, 2123
Подвеска силового агрегата	Доработанные узлы на базе компонентов 11186, 21126, 21127, 2123
Подвеска автомобиля передняя и задняя	Подвески независимые, оригинальные, на треугольных рычагах. Пружины установлены на амортизаторные стойки (свеча).
Рулевой механизм	Рулевой механизм Lada X-Ray Cross (реечный, с торцевыми тягами)
Тормоза	На базе компонентов 21217 (с нерегулируемым ступичным узлом). Передние и задние тормоза унифицированные (возможно применение задних барабанных тормозных механизмов). Ручной тормоз оригинальный, требуется разработка на базе 2123.
Рулевая колонка	УЭРУ(EPS) – от Lada Vesta или X-Ray Cross (необходима герметизация УЭРУ). Рулевое колесо без AirBag. Вал промежуточный на базе X-Ray Cross .
Электрооборудование. Жгуты проводов	Влагозащищенное. Около каждого сидения розетка на 12 V (для подключения электрообогреваемых комбинезонов). Требуется разработка
Наружное освещение (светотехника)	По выбору из существующих компонентов
НПБ (AirBag)	Не применяются
Комбинация приборов	На базе планшетного компьютера
Панель приборов	Требуется разработка
Обивки дверей	Не применяются
Наружные зеркала	По выбору из существующих компонентов (возможно исключение)
Вентиляция и обогрев салона	Не применяется
Сиденья	Оригинальные («ковши»), по типу квадроциклов. Набивка и чехлы влагостойкие. Передние сидения с регулировкой, задние легкоъемные. Ремни безопасности для каждого сидения.

Продолжение таблицы 1

Стеклоочиститель	Применяется только на модификациях с лобовым стеклом
Кузов	Оригинальная пространственная рама. Облегченные накладные панели кузова вокруг моторного отсека. Пол оригинальный, в ногах каждого пассажира сливное отверстие с резьбовой пробкой (для облегчения мойки кузова внутри). Тент съемный, мягкий, из прозрачного материала (по типу моторных катеров).
Колеса в сборе	Шина 285/75 R16. Колесо штампованное или литое (по выбору), обод колеса 8.5Jx16, ET 40, присоединительный размер 5x139,7. Запасное колесо полноразмерное (упрощенная окраска колеса).



Рисунок 1 – Автомобиль ДСЕ-1700А «Сержант»



Рисунок 2 – Автомобиль «Сержант 2»

Трансмиссия автомобиля Сержант-2 представляет собой систему передачи мощности от двигателя к колесам и обеспечивает переключение передач для управления скоростью и маневренностью автомобиля. Она играет важную роль в обеспечении эффективной передачи мощности и обеспечении оптимального соотношения оборотов двигателя и скорости вращения колес. Автомобиль Сержант-2 обычно оснащен механической трансмиссией, включающей в себя сцепление, коробку передач и дифференциал.

Сцепление служит для соединения двигателя с коробкой передач и обеспечивает плавный переход между режимами холостого хода и передачей мощности от двигателя. Оно состоит из сцепного диска, главного цилиндра сцепления и выжимного подшипника, и позволяет водителю контролировать передачу мощности на трансмиссию при переключении передач.

Коробка передач автомобиля Сержант-2 обычно имеет пять передач переднего хода и одну передачу заднего хода, включающих в себя различные соотношения передаточного числа. Она позволяет водителю выбирать подходящую передачу для оптимальной работы двигателя и обеспечения необходимой скорости и маневренности автомобиля. Используются механические коробки передач, но также возможно использование автоматических или полуавтоматических коробок передач, совместимых с двигателями ВАЗ.

Дифференциал – это устройство, расположенное на оси автомобиля, которое позволяет задним колесам вращаться с различной скоростью во время поворота. Он обеспечивает более плавное и стабильное поведение автомобиля при движении по поворотам. Дифференциал также может быть оснащен блокировкой, которая позволяет временно заблокировать разницу скорости между колесами для улучшения тяги в условиях бездорожья или низкого сцепления.

Трансмиссия Сержант-2 разработана с учетом повышенной проходимости и способна обеспечить надежную передачу мощности на колеса. Она позволяет автомобилю эффективно преодолевать различные препятствия и пересеченную местность, обеспечивать оптимальную тягу и маневренность в различных условиях эксплуатации.

Подвеска автомобиля Сержант-2 является важным компонентом, отвечающим за комфорт и безопасность передвижения, а также повышенную проходимость на различных типах дорог. Она обеспечивает оптимальную амортизацию, управляемость и устойчивость автомобиля в тяжелых дорожных условиях.

Подвеска Сержант-2 оснащена пружинами и амортизаторами, которые работают совместно для амортизации ударов и колебаний, возникающих при движении по неровным поверхностям. Пружины поддерживают вес автомобиля и поглощают ударные нагрузки, а амортизаторы контролируют колебания пружин и обеспечивают плавное перемещение подвески. В

конструкции автомобиля используются пружины с прогрессивной характеристикой и газонаполненные амортизаторы, для лучшего гашения колебаний.

Для обеспечения стабильности и контроля автомобиля во время движения, подвеска Сержант-2 может включать поперечные и продольные рычаги. Они позволяют эффективно контролировать движение колес и поддерживать оптимальную геометрию подвески. Учитывая специфические требования военных и полицейских операций, подвеска Сержант-2 обычно имеет усиленную конструкцию, чтобы выдерживать большие нагрузки и повышенные вибрации, связанные с эксплуатацией в условиях бездорожья и неровных дорог.

Подвеска автомобиля Сержант-2 разработана с учетом повышенной проходимости, надежности и управляемости в различных условиях эксплуатации. Она обеспечивает оптимальное соотношение между комфортом передвижения и способностью автомобиля преодолевать препятствия в сложных дорожных условиях.

1.2 Анализ конструкции тормозной системы, принятой в качестве объекта разработки

Тормозная система автомобиля Сержант-2 является важным компонентом, обеспечивающим безопасность и контроль при торможении.

Она предназначена для эффективного замедления и остановки автомобиля, как на асфальтированных дорогах, так и на пересеченной местности. Тормозная система Сержант-2 обычно включает в себя несколько основных компонентов:

Автомобиль Сержант-2 оснащен дисковыми тормозными механизмами. Тормозные диски являются элементами, на которые приходит усилие, создаваемое гидравлической тормозной системой. Они обеспечивают трение с тормозными колодками и замедление вращения колес.

Тормозные колодки контактируют с тормозными дисками и создают трение, необходимое для замедления и остановки автомобиля. Они являются износоустойчивыми и состоят из специальных материалов, обеспечивающих хорошее сцепление и эффективность торможения.

Тормозная система Сержант-2 работает на основе гидравлической системы. Она состоит из главного цилиндра, тормозных трубок и тормозных суппортов. Когда водитель нажимает на педаль тормоза, гидравлическая система передает давление на тормозные колодки, что приводит к их прижатию к тормозным дискам и как следствие – замедлению автомобиля.

Некоторые модели Сержант-2 могут быть оснащены системой антиблокировки тормозов (ABS). ABS предотвращает блокировку колес при торможении путем модулирования давления в тормозной системе. Это позволяет сохранить управляемость автомобиля и уменьшить тормозной путь на скользкой или поверхности с неустойчивым типом покрытия.

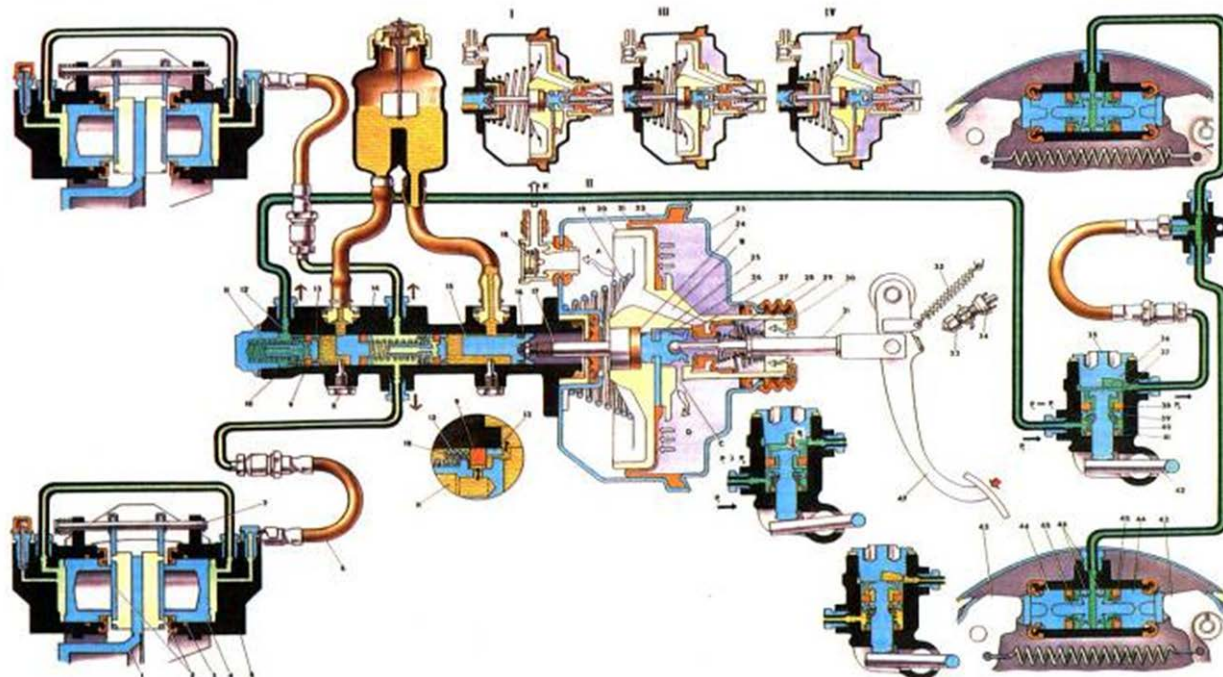
«Автомобиль оборудован двумя независимыми, тормозными системами, обеспечивающими рабочее и стояночное торможение. Рабочая тормозная система имеет два параллельно действующих гидравлических привода (контура). При отказе одного из контуров второй обеспечивает торможение с эффективностью, предписанной для запасной системы.

Рабочая тормозная система - гидравлическая, действует на все колеса автомобиля. Гидравлический привод приводится в действие от педали тормоза

Стояночная тормозная система - механическая, действует только на задние колеса, приводится в действие от рычага стояночного тормоза, установленного между передними сиденьями.» [5], [16]

«Рабочая тормозная система (рисунок 3) состоит из передних дисковых тормозных механизмов, задних барабанных тормозных механизмов и гидравлического привода с гидровакуумным усилителем. Привод рабочей тормозной системы включает тормозную педаль, вакуумный усилитель, главный тормозной цилиндр, сигнальное устройство, указывающее на утечку

тормозной жидкости, регулятор давления в системе задних тормозов и трубопроводы с соединительной арматурой.» [4], [6]



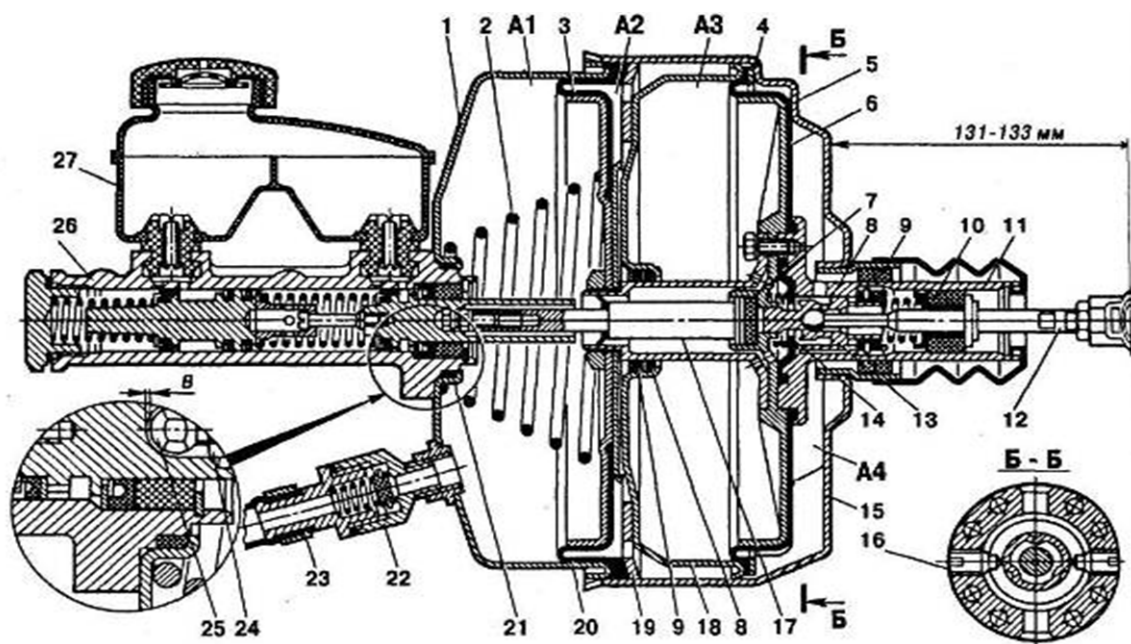
«1 – диск тормозного механизма; 2 – тормозная колодка переднего тормоза; 3 – уплотнительное кольцо поршня; 4 – поршень колесного цилиндра; 5 – колесный цилиндр переднего тормоза; 6 – тормозной шланг контура привода передних тормозов; 7 – палец крепления тормозных колодок; 8. Ограничительный винт хода поршня; 9 – уплотнительное кольцо; 10 – упорная чашка; 11 – поршень привода задних тормозов; 12 – пружина уплотнительного кольца; 13 – втулка; 14. Корпус главного цилиндра; 15 – поршень привода передних тормозов; 16 – уплотнитель; 17 – шток; 18 – вакуумный клапан; 19 – возвратная пружина корпуса клапана; 20 – корпус клапана; 21 – диафрагма; 22 – корпус вакуумного клапана; 23 – крышка корпуса вакуумного усилителя; 24 – буфер штока; 25 – упорная пластина поршня; 26 – поршень; 27 – клапан вакуумного усилителя; 28 – пружина клапана; 29 – возвратная пружина клапана; 30 – воздушный фильтр; 31 – толкатель клапана; 32 – оттяжная пружина педали; 33 – наконечник выключателя стоп-сигнала; 34 – выключатель стоп-сигнала; 35 – пробка корпуса регулятора давления; 36 – поршень регулятора давления; 37 – втулка корпуса; 38 – уплотнитель головки поршня; 39 – тарелка пружины; 40 – пружина поршня; 41 – уплотнительное кольцо; 42 – рычаг привода регулятора давления; 43 – колодка заднего тормоза; 44 – стяжная пружина колодок; 45 – поршень колесного цилиндра заднего тормоза; 46 – распорная пружина поршней; 47 – уплотнители поршней колесного цилиндра; 48 – педаль тормоза;» [7]

Рисунок 3 - Рабочая тормозная система базового автомобиля Сержант-2

«Вакуумный усилитель (рисунок 4) - служит для уменьшения усилия на педали при торможении. Он крепится к переходному кронштейну четырьмя гайками с пружинными шайбами, а кронштейн - к щитку передка.

Вакуумный усилитель состоит из корпуса, крышки, корпуса клапанов, к которому тремя болтами с пружинными шайбами крепится поршень, диафрагма и соединитель поршней. По наружной поверхности диафрагма поджимается к корпусу крышкой первичной камеры. На резьбовом конце соединителя гайкой крепится поршень и диафрагма. В корпусе клапанов толкатель с поршнем и воздушным фильтром фиксируется двумя винтами.

Между поршнем и толкателем установлена резиновая реактивная шайба. На конце толкателя ввернут регулировочный болт, при помощи которого устанавливается зазор в, равный 1,35...1,65 мм, между головкой болта и привалочной плоскостью крышки вакуумного усилителя.» [10], [17]



1 – крышка корпуса; 2 – пружина; 3 и 5 – поршни; 4 – опорное кольцо; 6 и 20 – диафрагмы; 7 – реактивная шайба; 8 – направляющее кольцо; 9 – уплотнительная манжета; 10 – фильтр; 11 – корпус клапанов; 12 и 17 – толкатели; 13 – поршень; 14 – диафрагма клапанов; 15 – корпус усилителя; 16 – винт; 18 – упорная крышка; 19 – упорное кольцо; 21 – уплотнительное кольцо; 22 – обратный клапан; 23 – шланг; 24 – контргайка; 25 – регулировочный болт; 26 – главный цилиндр; 27 – бачок

Рисунок 4 - Вакуумный усилитель

1.3 Анализ конструкции тормозных механизмов и приводов

Анализ конструкции тормозных механизмов и приводов для автомобиля Сержант-2 позволит рассмотреть основные особенности и преимущества данной системы. В целом, конструкция тормозной системы и приводов для автомобиля Сержант-2 обладает рядом преимуществ, таких как эффективность, надежность, устойчивость и безопасность. Это позволяет автомобилю эффективно справляться с тормозными задачами как на дорогах, так и на пересеченной местности, обеспечивая высокий уровень контроля и комфорта при торможении.

«Для автомобиля движущегося по дороге с коэффициентом сцепления ϕ , определить требуемое давление в гидравлическом приводе тормозной системы p , необходимое для обеспечения максимального тормозного момента на передних колесах $M_{г.мах}$. Определить величину радиальной силы $\Delta R_{п}$, действующей на опору колеса при торможении. Расчеты вести для тормозного механизма с равными приводными силами и разнесенными опорами при условии равенства их геометрических параметров ($r_б$, a , h , $k_о$, d_p).» [45]

Автомобиль Сержант-2 оснащен дисковыми тормозами, которые обладают рядом преимуществ. Дисковые тормоза обеспечивают быструю реакцию на нажатие педали, надежный эффект торможения и демонстрируют хорошую теплоотдачу. Дисковые тормоза эффективно рассеивают тепловую энергию, что помогает предотвратить перегрев и повышает надежность работы тормозов.

Тормозные колодки в автомобиле Сержант-2 выполняются из высококачественных фрикционных материалов, обладающих хорошим сцеплением с тормозными дисками. Это обеспечивает эффективное торможение и длительный срок службы колодок. Колодки могут быть заменены при необходимости. Конструкцию колодки отдельно рассматривают в рамках выполнения графической части.

Тормозная система в автомобиле Сержант-2 работает на основе гидравлического привода, которая позволяет плавно и пропорционально распределить тормозное усилие на все колеса. Это повышает безопасность движения и улучшает устойчивость автомобиля при торможении. Главный тормозной цилиндр и тормозные шланги имеют надежную конструкцию и обеспечивают долговечность и надежность работы системы.

Некоторые модели Сержант-2 могут быть оснащены системой ABS, которая предотвращает блокировку колес при резком торможении.

В качестве механизма антиблокировочной системы предполагается применение модулятора системы ABS Bosch, используемой на автомобилях ВАЗ.

В первом разделе дипломного проекта произведен краткий обзор возможности разработки тормозной системы легкорамного автомобиля. В качестве автомобиля, выступающего объектом разработки взят автомобиль Сержант-2, разработанный в Тольяттинском государственном университете. В результате анализа конструкции транспортного средства и особенностей его эксплуатации, сформулировано техническое задание на проектирование тормозной системы, в котором изложены основные технические характеристики разрабатываемого объекта. В дальнейшем, в рамках дипломного проекта, нами будет рассматриваться разработка отдельных элементов механической части тормозной системы, таких как тормозного суппорта, тормозного диска и колодок.

В результате анализа конструкции тормозной системы, сделаны выводы о типе тормозного механизма, типе привода и особенностях работы данной системы.

Автомобиль Сержант-2 оснащен эффективной и надежной тормозной системой, включающей дисковые тормоза и гидравлическую систему тормозов. Это обеспечивает быстрое и эффективное торможение, а также улучшенную устойчивость и безопасность во время движения.

Дисковые тормоза обладают высокой термической стабильностью и быстрым откликом, что позволяет достичь высокой эффективности торможения и предотвратить перегрев. Они также обладают длительным сроком службы и удобством обслуживания.

Гидравлическая система тормозов позволяет плавно и пропорционально распределить тормозное давление на все колеса автомобиля. Это улучшает стабильность и контроль при торможении, повышая безопасность в экстремальных ситуациях.

Присутствие системы антиблокировки тормозов (ABS) в моделях Сержант-2 обеспечивает дополнительную безопасность, предотвращая блокировку колес при резком торможении и сохраняя управляемость автомобиля.

Ручной тормоз позволяет водителю удерживать автомобиль на месте или использовать его для стабилизации при парковке на наклоне.

В целом, предложенная к разработке конструкция тормозных механизмов для автомобиля Сержант-2 обладает высокой надежностью, эффективностью и безопасностью. Это обеспечивает быстрое и контролируемое торможение, делая автомобиль наиболее соответствующим выполнению военных и полицейских задач в различных условиях эксплуатации.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

2.1 Выбор и обоснование исходных данных

Разработка тормозной системы производится для автомобиля повышенной проходимости Сержант-2. Автомобиль представляет собой рамное транспортное средство, выполненный на агрегатах автомобиля Chevrolet Niva и Lada Niva. Поэтому, в разделе, позволяющем продемонстрировать тяговые характеристики транспортного средства, взятого в качестве прототипа, производится расчет именно такого транспортного средства. Исходные данные для расчета транспортного средства приводятся в таблице 5.

Таблица 5 – Исходные данные для тягового расчета транспортного средства

Наименование параметра	Значение параметра
Тип транспортного средства	легковой автомобиль повышенной проходимости
Тип привода	передний привод
Класс транспортного средства	легковой, третий
Количество мест	5
Снаряженная масса, кг	1250
Максимальная скорость, км/ч (м/с)	140 (38,9)
Коэффициент сопротивления качению	0,01
Максимально преодолеваемый подъем	0,22
Лобовая площадь, м ²	2,24

В соответствии с выбранными параметрами транспортного средства в разделе будет произведен расчет, отраженный ниже.

2.2 Расчет массы автомобиля и радиуса колес

Полная масса автомобиля находится по формуле:

$$m_a = m_0 + (m_n + m_b) \cdot n_n, \quad (1)$$

«где m_0 – снаряженная масса автомобиля;

m_n – масса одного пассажира, $m_n = 75$ кг;

m_b – масса багажа, приходящегося на одного пассажира, $m_b = 10$ кг;

n_n – число мест пассажиров, включая водителя, $n_n = 5$ чел.» [3]

$$m_a = 1250 + (75 + 10) \cdot 5 = 1675 \text{ кг.}$$

Вес автомобиля, приходящийся на каждую ось, определяется по формуле:

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{2} \cdot m_a \cdot g, \quad (2)$$

«где F_1 - вес, приходящийся на переднюю ось автомобиля, Н;

F_2 - вес, приходящийся на заднюю ось автомобиля, Н;

g - ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ М/с}^2$ » [3]

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{2} \cdot 1675 \cdot 9,81 = 8215,875 \text{ Н.}$$

Шины выбираем камерные радиальные, размерностью 165/80 R15. Зная размер шин, определяем статический радиус колеса:

$$r_{cm} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (3)$$

«где d - посадочный диаметр шины: $d = 15 \cdot 25,4 = 381$ мм

λ_z - коэффициент вертикальной деформации шины, $\lambda_z = 0,85$;

H - высота профиля шины, $H = 0,8 \cdot 165 = 132$ мм» [3]

$$r_{cm} = 0,5 \cdot 330,2 + 0,85 \cdot 132 = 277,3 \text{ мм.}$$

На дорогах с твёрдым покрытием:

$$r_{cm} = r_{\partial} = r_{к} \quad (4)$$

где r_{∂} - динамический радиус колеса, м;

$r_{к}$ - радиус качения колеса, м;

2.3 Расчет мощности и крутящего момента двигателя

Мощность двигателя определяется при максимальной скорости автомобиля с учетом КПД трансмиссии по формуле:

$$N_v = \frac{N_k + N_g}{1000 \cdot \eta_T} = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi_v \cdot V_{\max} + K_g \cdot A_a \cdot V_{\max}^3}{1000 \cdot \eta_T}, \quad (5)$$

«где m_a - полная масса автомобиля;

g - ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

ψ_v - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля:

$$\psi_v = f_v = f_k \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V_{\max}^2) \quad (6)$$

$$\psi_v = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 38,9^2) = 0,017;$$

K_g - коэффициент сопротивления воздуха, $K_g = 0,35$;

η_T - КПД трансмиссии:» [3], [8]

$$\eta_T = 0,98^0 \cdot 0,97^1 \cdot 0,98^3 = 1 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,91;$$

$$N_v = \frac{1675 \cdot 9,81 \cdot 0,017 \cdot 38,9 + 0,35 \cdot 2,24 \cdot 38,9^3}{1000 \cdot 0,91} = \frac{57015,6}{910} = 62,6 \text{ кВт.}$$

Максимальная мощность двигателя определяется по формуле:

$$N_e = N_V \cdot (\omega_V / \omega_N + (\omega_V / \omega_N)^2 - (\omega_V / \omega_N)^3) \quad (7)$$

где ω_N - угловая скорость коленчатого вала при максимальном значении мощности:

$$\omega_N = \frac{\pi \cdot n_N}{30}, \quad (8)$$

где n_N - частота вращения коленчатого вала при максимальном значении мощности, об/мин., $n_N = 5200 \text{ мин}^{-1}$;

$$\omega_N = \frac{3,14 \cdot 5200}{30} = 544,26 \text{ с}^{-1};$$

ω_V - коленчатого вала двигателя, при которой достигается максимальная скорость автомобиля:

$$\omega_V = 1,1 \cdot \omega_N, \quad (9)$$

$$\omega_V = 1,1 \cdot 544,26 = 598,6 \text{ с}^{-1};$$

«По полученным значениям N_e^{max} , N_V и формуле (7) рассчитывают внешнюю скоростную характеристику двигателя выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{max, min}$. Полученные данные сводим в таблицу 5:» [4], [15]

Таблица 5 - Внешняя скоростная характеристика автомобиля

n_e (об/мин)	800	1900	3000	4100	5200	5719
ω_e (с ⁻¹)	83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6
N_e (кВт)	11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,4
M_e (Н·м)	133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57

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

где ω_e - текущие значения угловой скорости коленчатого вала рад/с;

N_e - текущее значение эффективной мощности двигателя, кВт;

$$N_e^1 = 64,4 \cdot \left[\frac{83,73}{544,26} + \left(\frac{83,73}{544,26} \right)^2 - \left(\frac{83,73}{544,26} \right)^3 \right] = 11,19 \text{ кВт};$$

$$N_e^2 = 64,4 \cdot \left[\frac{198,86}{544,26} + \left(\frac{198,86}{544,26} \right)^2 - \left(\frac{198,86}{544,26} \right)^3 \right] = 28,98 \text{ кВт};$$

$$N_e^3 = 64,4 \cdot \left[\frac{314}{544,26} + \left(\frac{314}{544,26} \right)^2 - \left(\frac{314}{544,26} \right)^3 \right] = 46,22 \text{ кВт};$$

$$N_e^4 = 64,4 \cdot \left[\frac{429,13}{544,26} + \left(\frac{429,13}{544,26} \right)^2 - \left(\frac{429,13}{544,26} \right)^3 \right] = 59,24 \text{ кВт};$$

$$N_e^5 = 64,4 \cdot \left[\frac{544,26}{544,26} + \left(\frac{544,26}{544,26} \right)^2 - \left(\frac{544,26}{544,26} \right)^3 \right] = 64,4 \text{ кВт};$$

$$N_e^6 = 64,4 \cdot \left[\frac{598,6}{544,26} + \left(\frac{598,6}{544,26} \right)^2 - \left(\frac{598,6}{544,26} \right)^3 \right] = 62,6 \text{ кВт}.$$

Для построения кривой эффективного момента M_e применяем формулу:

$$M_e = 1000 \cdot \frac{N_e}{\omega_e}, \quad (11)$$

$$M_e^1 = 1000 \cdot \frac{11,19}{83,73} = 133,64 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_e^2 = 1000 \cdot \frac{28,98}{198,86} = 145,73 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_e^3 = 1000 \cdot \frac{46,22}{314} = 147,19 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_e^4 = 1000 \cdot \frac{59,24}{429,13} = 138,04 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_e^5 = 1000 \cdot \frac{64,4}{544,26} = 118,32 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_e^6 = 1000 \cdot \frac{62,6}{598,6} = 104,57 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Таким образом, определены мощность и момент двигателя, которые будут использованы при построении графиков.

2.4 Определение передаточного числа главной передачи

Передаточное число главной передачи U_0 определяется, исходя из максимальной скорости автомобиля:

$$U_0 = \frac{\omega_{K_{max}}}{U_k^e \cdot V_{max}} \quad (12)$$

где ω_{max} - максимальная угловая скорость коленчатого вала двигателя;

$$U_k^e = U_{k4} = 1,0;$$

$$U_0 = \frac{598,6 \cdot 0,277}{1 \cdot 38,9} = 4,26.$$

2.5 Определение передаточных чисел коробки передач

Для обеспечения возможности движения автомобиля в этих условиях тяговая сила на ведущих колесах F_T должна быть больше силы сопротивления дороги F_D , т.е.:

$$\frac{M_{T_{01max}}}{r_{ka} \cdot U_0 \cdot U_1 \cdot \psi_{max}} \geq \frac{G_a \cdot \psi_{K_{max}}}{M_{T_{0max}}} \quad (13)$$

«где U_0 - передаточное число главной передачи;

U_1 - передаточное число коробки передач при включенной первой передаче;

ψ_{max} - коэффициент сопротивления дороги:» [3],

$$\psi_{K_{max,max}} \quad (14)$$

$$U_1 \geq \frac{1675 \cdot 0,23 \cdot 0,277}{147,19 \cdot 0,91 \cdot 4,26} = 1,83;$$

$$U_1 \leq \frac{1675 \cdot 0,8 \cdot 0,277}{147,19 \cdot 0,91 \cdot 4,256} = 4,30;$$

Для пятиступенчатой коробки передач:

принимаем $U_{K1} = 4,0$;

$$U_{K2} = \sqrt[3]{U_{K1}^2} = \sqrt[3]{4^2} = 2,51;$$

$$U_{K3} = \sqrt[3]{U_{K1}} = \sqrt[3]{4} = 1,58; \quad (15)$$

принимаем $U_{K4} = 1,0$;

принимаем $U_{K5} = 0,8$.

Тяговый баланс автомобиля по передачам приводится в виде графиков в Приложении А.

2.6 Время и путь разгона автомобиля

Время и путь разгона определяют графоаналитическим способом. При расчете используем значения из высшей передачи. Полученные данные занесем в таблицу 6.

Время разгона автомобиля:

$$t_p = \left(\frac{1}{j_{cp}} \right) \cdot \Delta V, \quad (16)$$

где j_{cp} - среднее значение ускорения автомобиля между двумя участками IV передачи;

ΔV - разница скорости между двумя участками IV передачи;

$$t_{p1} = \left(\frac{1}{j_{a1}} + \frac{1}{j_{a2}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_1 - V_{min}) \cdot (0,42 + 0,38) \cdot (5,1 - 1,36)$$

$$t_{p2} = \left(\frac{1}{j_{a2}} + \frac{1}{j_{a3}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_2 - V_1) = (0,38 + 0,46) \cdot 0,5 \cdot (8,13 - 5,1) \\ = 1,272 \text{ c};$$

$$t_{p3} = \left(\frac{1}{j_{a3}} + \frac{1}{j_{a4}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_3 - V_2) = (0,46 + 0,69) \cdot 0,5 \cdot (15,5 - 8,13) \\ = 4,23 \text{ c};$$

$$t_{p4} = \left(\frac{1}{j_{a4}} + \frac{1}{j_{a5}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_4 - V_3) = (0,69 + 1,23) \cdot 0,5 \cdot (24,63 - 15,5) \\ = 8,764 \text{ c};$$

$$t_{p5} = \left(\frac{1}{j_{a5}} + \frac{1}{j_{a6}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_5 - V_4) = (1,23 + 3,2) \cdot 0,5 \cdot (32 - 24,63) \\ = 16,324 \text{ c};$$

$$t_{p6} = \left(\frac{1}{j_{a6}} + \frac{1}{j_{a7}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_6 - V_5) = (3,2 + 4,76) \cdot 0,5 \cdot (35,38 - 32) \\ = 13,452 \text{ c};$$

Время разгона от скорости V_{min} :

$$t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k, \quad (17)$$

до скорости V_1 : $t'_{p1} = 1,496 \text{ c};$

до скорости V_2 : $t'_{p2} = t'_{p1} + t_{p2} = 1,496 + 1,272 = 2,768 \text{ c};$

до скорости V_3 : $t'_{p3} = t'_{p2} + t_{p3} = 2,768 + 4,23 = 6,998 \text{ c};$

до скорости V_4 : $t'_{p4} = t'_{p3} + t_{p4} = 6,998 + 8,764 = 15,762 \text{ c};$

до скорости V_5 : $t'_{p5} = t'_{p4} + t_{p5} = 15,762 + 16,324 = 32,086 \text{ c};$

до скорости V_6 : $t'_{p6} = t'_{p5} + t_{p6} = 32,086 + 13,452 = 45,538 \text{ c};$

Путь разгона автомобиля:

$$S_p = V_{cp} \cdot t_p, \quad (18)$$

где V_{cp} - средняя скорость между двумя участками IV передачи;

t_p - разница времени разгона автомобиля между двумя участками IV

передачи;

$$S_{p1} = \frac{V_{1min}}{2_{p1} \frac{1,36 + 5,1}{2}}$$

$$S_{P2} = \frac{V_1 + V_2}{2} \cdot (t_{p2} - t_{p1}) = \frac{5,1 + 8,13}{2} \cdot (2,768 - 1,496) = 8,414 \text{ м};$$

$$S_{P3} = \frac{V_2 + V_3}{2} \cdot (t_{p3} - t_{p2}) = \frac{8,13 + 15,5}{2} \cdot (6,998 - 2,768) = 49,977 \text{ м};$$

$$S_{P4} = \frac{V_3 + V_4}{2} \cdot (t_{p4} - t_{p3}) = \frac{15,5 + 24,63}{2} \cdot (15,762 - 6,998) = 175,849 \text{ м};$$

$$S_{P5} = \frac{V_4 + V_5}{2} \cdot (t_{p5} - t_{p4}) = \frac{24,63 + 32}{2} \cdot (32,086 - 15,762) = 462,214 \text{ м};$$

Путь разгона от скорости V_{min} :

$$S_n = \sum_{k=1}^n \Delta S_k \quad (19)$$

до скорости V_1 : $S'_{P1} = 4,832 \text{ м};$

до скорости V_2 : $S'_{P2} = S'_{P1} + S_{P2} = 4,832 + 8,414 = 13,246 \text{ м};$

до скорости V_3 : $S'_{P3} = S'_{P2} + S_{P3} = 13,246 + 49,977 = 63,223 \text{ м};$

до скорости V_4 : $S'_{P4} = S'_{P3} + S_{P4} = 63,223 + 175,849 = 239,072 \text{ м};$

до скорости V_5 : $S'_{P5} = S'_{P4} + S_{P5} = 239,072 + 462,214 = 701,286 \text{ м};$

Таблица 6 – Время и путь разгона автомобиля

$V_{a'}, \text{ м/с}$	V_{min}	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
$V_{a'}, \text{ м/с}$	1,36	5,1	8,13	15,5	24,63	32	35,38
$1 / j_a, \text{ с}^2/\text{м}$	0,42	0,38	0,46	0,69	1,23	3,2	4,76
$t_{p'}, \text{ с}$	0	1,496	2,768	6,998	15,762	32,086	45,538
$S_{p'}, \text{ м}$	0	4,832	13,246	63,223	239,072	701,286	1184,483

Таким образом, рассчитаны показатели динамики автомобиля.

2.7 Мощностной баланс автомобиля

Тяговая мощность автомобиля:

$$N_T = N_e \cdot \eta_{TP}, \quad (20)$$

где N_e - эффективная мощность двигателя;

η_{TP} - КПД трансмиссии;

$$N_{T1} = 11,19 \cdot 0,91 = 10,18 \text{ кВт};$$

$$N_{T2} = 28,98 \cdot 0,91 = 26,37 \text{ кВт};$$

$$N_{T3} = 46,22 \cdot 0,91 = 42,06 \text{ кВт};$$

$$N_{T4} = 59,24 \cdot 0,91 = 53,9 \text{ кВт};$$

$$N_{T5} = 64,4 \cdot 0,91 = 58,6 \text{ кВт};$$

$$N_{T6} = 62,6 \cdot 0,91 = 56,96 \text{ кВт};$$

Используемая мощность двигателя на IV передаче:

$$N = \frac{(F_{\psi v} + F_g) \cdot V_a}{\eta_{TP}}, \quad (21)$$

где $F_{\psi v}$ - сила сцепления колес с дорогой;

F_g - сила сопротивления воздуха;

V_a - текущая скорость автомобиля;

η_{TP} - КПД трансмиссии;

$$N_1 = \frac{(165,9 + 23,2) \cdot 5,44}{0,91} = 1,13 \text{ кВт};$$

$$N_2 = \frac{(177,4 + 131) \cdot 12,93}{0,91} = 4,38 \text{ кВт};$$

$$N_3 = \frac{(197,1 + 326,5) \cdot 20,41}{0,91} = 11,81 \text{ кВт};$$

$$N_4 = \frac{(213,6 + 610) \cdot 27,9}{0,91} = 25,25 \text{ кВт};$$

$$N_5 = \frac{(262,9 + 981) \cdot 35,38}{0,91} = 48,36 \text{ кВт};$$

$$N_6 = \frac{(279,3 + 1187) \cdot 38,92}{0,91} = 62,71 \text{ кВт};$$

Таким образом, определен мощностной баланс.

2.8 Топливоно-экономическая характеристика транспортного средства

Путевой расход топлива при пробеге автомобиля 100 км (л):

$$Q_S = \frac{K_{\omega} \cdot K_N \cdot g_e^{\min(F_{\psi v} + F_e)}}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_T} \quad (22)$$

где K_{ω} и K_N - коэффициенты, учитывающие соответственно изменения величины g_e в зависимости от угловой скорости и мощности двигателя;

g_e^{\min} - минимальный удельный эффективный расход топлива $g_e^{\min} \text{ л/кВт}\cdot\text{ч}$,

ρ_T - плотность топлива, $\rho_T = 0,72 \text{ кг/л}$;

Рассчитаем значение коэффициента K_{ω} :

$$E_1 = \frac{\omega_{e1}}{\omega_N} = \frac{83,73}{544,26} = 0,153 \Rightarrow K_{\omega 1} = 1,13;$$

$$E_2 = \frac{\omega_{e2}}{\omega_N} = \frac{198,86}{544,26} = 0,365 \Rightarrow K_{\omega 2} = 1,02;$$

$$E_3 = \frac{\omega_{e3}}{\omega_N} = \frac{314}{544,26} = 0,576 \Rightarrow K_{\omega 3} = 0,98;$$

$$E_4 = \frac{\omega_{e4}}{\omega_N} = \frac{429,13}{544,26} = 0,788 \Rightarrow K_{\omega 4} = 0,96;$$

$$E_5 = \frac{\omega_{e5}}{\omega_N} = \frac{544,26}{544,26} = 1 \Rightarrow K_{\omega 5} = 1,01;$$

$$E_6 = \frac{\omega_{e6}}{\omega_N} = \frac{598,6}{544,26} = 1,099 \Rightarrow K_{\omega 6} = 1,07;$$

Через степень использования мощности двигателя найдем коэффициент K_N :

$$N = \frac{F_{\psi v} + F_e}{F_N}, \quad (23)$$

$$N_1 = \frac{165,9 + 23,2}{1870} = 0,101 \Rightarrow K_{N1} = 2,5;$$

$$N_2 = \frac{177,4 + 131}{2039} = 0,151 \Rightarrow K_{N2} = 2,15;$$

$$I_3 = \frac{197,1 + 326,5}{2059} = 0,254 \Rightarrow K_{I3} = 1,7;$$

$$I_4 = \frac{213,6 + 610}{1931} = 0,426 \Rightarrow K_{I4} = 1,3;$$

$$I_5 = \frac{262,9 + 981}{1655} = 0,751 \Rightarrow K_{I5} = 0,9;$$

$$I_6 = \frac{279,3 + 1187}{1463} = 1,002 \Rightarrow K_{I6} = 1,01;$$

Находим путевой расход топлива:

$$Q_{S1} = \frac{1,13 \cdot 2,5 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (165,9 + 23,2)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 7,47 \text{ л/100км}^i$$

$$Q_{S2} = \frac{1,02 \cdot 2,15 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (177,4 + 131)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 9,46 \text{ л/100км}^i$$

$$Q_{S3} = \frac{0,98 \cdot 1,7 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (197,1 + 326,5)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 12,27 \text{ л/100км}^i$$

$$Q_{S4} = \frac{0,96 \cdot 1,3 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (213,6 + 610)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 14,38 \text{ л/100км}^i$$

$$Q_{S5} = \frac{1,01 \cdot 0,9 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (262,9 + 981)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 15,81 \text{ л/100км}^i$$

$$Q_{S6} = \frac{1,07 \cdot 1,01 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (279,3 + 23,2)1187}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 22,16 \text{ л/100км}^i$$

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. Рассчитанная

в разделе мощность 64,4 кВт соответствует мощности двигателя малого класса, что косвенно свидетельствует о правильности выполненных расчетов, подкрепляемых практическими значениями.

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 Разработка тормозной системы легкого автомобиля повышенной проходимости

3.1 Назначение, устройство и общая характеристика тормозной системы

«Тормозная система предназначена для управляемого изменения скорости автомобиля, его остановки, а также удержания на месте длительное время за счет использования тормозной силы между колесом и дорогой. Тормозная сила может создаваться колесным тормозным механизмом, двигателем автомобиля (торможение двигателем), гидравлическим или электрическим тормозом-замедлителем в трансмиссии.

Для реализации указанных функций на автомобиле устанавливаются следующие виды тормозных систем: рабочая, запасная и стояночная.

Рабочая тормозная система обеспечивает управляемое уменьшение скорости и остановку автомобиля.

Запасная тормозная система используется при отказе и неисправности рабочей системы. Она выполняет аналогичные функции, что и рабочая система. Запасная тормозная система может быть реализована в виде специальной автономной системы или части рабочей тормозной системы (один из контуров тормозного привода).

Тормозные системы состоят из двух частей: тормозных механизмов и тормозного привода.» [1], [13]

Работа тормозных механизмов, которые размещаются в колесах и должны препятствовать их вращению, основанная на использовании трения, благодаря которому уменьшается число оборотов колес.

«Тормозной привод - это совокупность устройств, предназначенных для усиления и передачи тормозным механизмам воздействия водителя на педаль тормоза. Преимущественное распространение на легковых

автомобилях получил гидравлический привод рабочей тормозной системы.» [14], [22]

«Тормозные системы существенно влияют на безопасность движения автомобиля. Поэтому к тормозным системам, кроме общих требований к конструкции автомобиля, предъявляют

повышенные специальные требования. В соответствии с этими требованиями тормозные системы должны обеспечивать:

- минимальный тормозной путь или максимальное замедление при торможении;
- сохранение устойчивости автомобиля при торможении;
- стабильность тормозных свойств при неоднократных торможениях;
- минимальное время срабатывания при торможении;
- пропорциональность между усилием на тормозной педали и тормозными силами на колесах автомобиля;
- легкость управления.

ABS предназначена обеспечить оптимальную тормозную эффективность (минимальный тормозной путь) при сохранении устойчивости и управляемости автомобиля.» [1]

При работе ABS эффективность замедления автомобиля, кроме того, что управление не выходит из-под контроля водителя, остается выше, чем при торможении юзом. Испытаниями установлено, что на скользком покрытии тормозной путь автомобиля, оснащенного ABS, может быть на 15% короче, чем в обычной автомашины. Кроме того, износ протектора покрышек при использовании ABS уменьшается на 5...7%.

«Тормозное управление является важнейшей средства обеспечения активной безопасности автомобиля. Требования к тормозным системам регламентированы ГОСТ 22895-77 и международными правилами (Правила № 13 ЕЭК ООН). Требования к тормозным системам следующие:

- минимальной тормозной путь или максимально установившееся замедление в соответствии с требованиями ГОСТ 22895 - 77, чтобы

пассажирских автомобилей категорий М1, М2, М3 и грузовых автомобилей категорий N1, N2, N3 в зависимости от типа испытаний (0; I; II);

- сохранение устойчивости при торможении (критериям устойчивости служит линейное отклонение, угловое отклонение)
- стабильность тормозных свойств при неоднократном торможениях;
- минимальную час срабатывания тормозного привода;
- надежность всех элементов тормозных систем;
- основные элементы (тормозная педаль и ее крепления, главный тормозной цилиндр, тормозной кран и др) должны иметь гарантированную прочность, не должны выходить из строя в течение гарантированного ресурса; должна быть также предусмотрена сигнализация, оповещает водителя о неисправности тормозной системы.» [19]

3.2 Расчет тормозной системы автомобиля

В качестве входных данных принимаем следующие значения:

Полная масса автомобиля – 1250 кг

Нагрузка на переднюю ось - 750 кг,

Нагрузка на заднюю - 500 кг,

Колесная база - 2200 мм,

Высота центра масс с грузом - 0,65 м,

Радиус колеса - 0,32 м,

Начальная скорость торможения - 140 км / ч.

3.2.1 Расчет максимально возможного тормозного момента

«Прежде чем проектировать тормоза автомобильных машин необходимо знать величину максимально возможного тормозного момента, который может быть реализован в определенных условиях эксплуатации машины и уже потом, с учетом найденной величины максимально

возможного реализованного момента, приступить к проектированию тормозов. Координаты центра масс были определены предварительно в разделе 2 работы и составляют $a = 1,188$ м, $b = 1,012$ м.» [1], [21]

«Учитывая силы, действующие на мобильную машину при постоянном торможении на горизонтальном участке дороги (рисунок 5), определяем максимальные моменты трения переднего и заднего тормозов проектируемой машины, исходя из условия полного использования сцепления шин с дорогой:» [18]

$$M1 = (\varphi \cdot r \cdot m \cdot g / (n1 \cdot L)) \cdot (b + \varphi \cdot h), \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (24)$$

$$M2 = (\varphi \cdot r \cdot m \cdot g / (n2 \cdot L)) \cdot (a - \varphi \cdot h), \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (25)$$

«где $M1$, $M2$ - максимально возможные моменты трения передних и задних тормозов соответственно в случае одновременного торможения всеми колесами автомобиля;

φ - коэффициент сцепления шин с дорогой, принимаем $\varphi = 0.8$; r - радиус качения колеса;

m - полная масса автомобиля;

a , b , h - координаты центра масс автомобиля;

L - база автомобиля; $n1$, $n2$ - число колес с тормозами, соответственно, на передней и задней осях.

Таким образом, как видно из проведенных расчетов, момент трения между колесами и дорогой на задних колесах менее чем на передних.» [18]

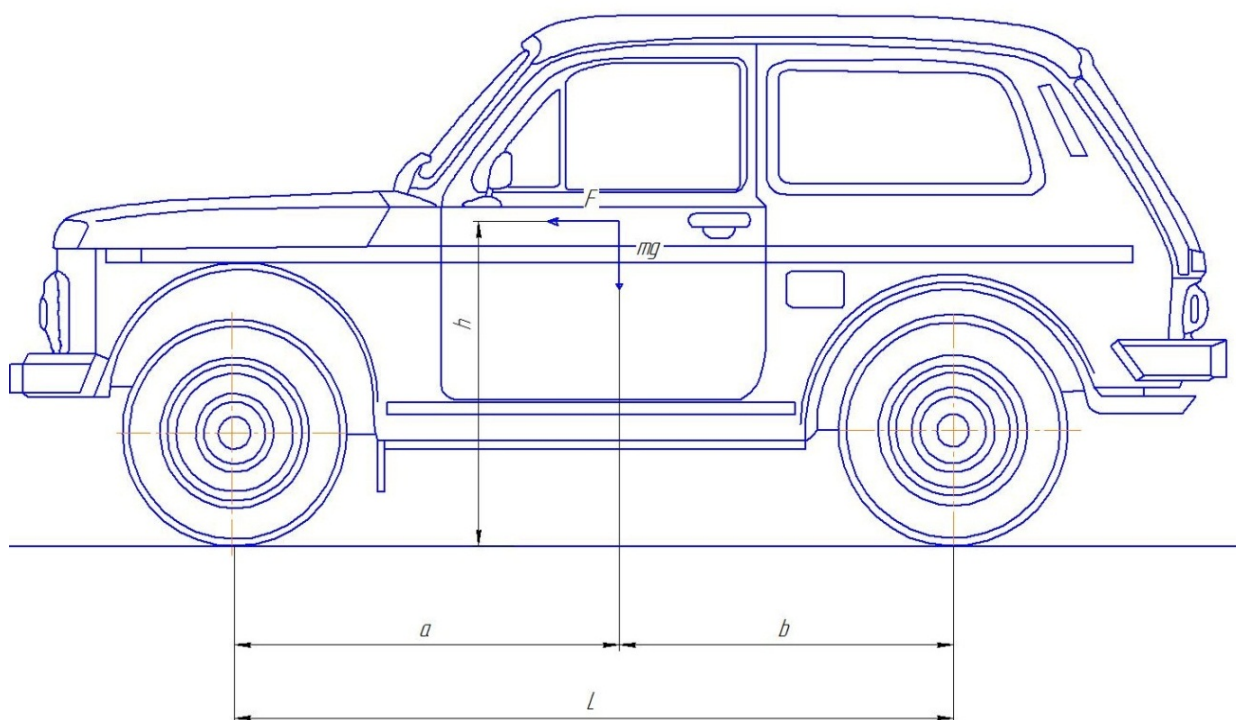


Рисунок 5- Силы, действующие на автомобиль при торможении на прямом участке дороги

Полученные формулы позволяют определить необходимые моменты трения, должны развивать проектируемые тормоза автомобиля для полного использования сцепления шин с дорогой и, тем самым, обеспечение максимальной эффективности торможения. Предельные значения момента трения тормозного механизма $M_{тр}$ должны соответствовать значению тормозного момента на колесе автомобиля $M_{т}$, то есть:

$$M_{т} = M_{тр}. \quad (26)$$

Предельное значение $M_{т}$, $H \cdot m$, определяется условиями взаимодействия колеса с полотном дороги:

$$M_{\tau} = \varphi_{розр} \cdot Z_{\tau} \cdot r_{\partial}, \quad (27)$$

где - расчетное значение коэффициента сцепления,

$$\varphi_{розр} = \frac{K_{\tau} \cdot a - b}{(K_{\tau} + 1) \cdot h_{\partial}},$$

$$\varphi_{розр} = \frac{1,4 \cdot 1,188 - 1,012}{(1,4 + 1) \cdot 0,65} = 0,417. \quad (28)$$

« K_{τ} - коэффициент распределения тормозных сил $P_{\tau 1}$ и $P_{\tau 2}$ между колесами в соответствии передней и задней осей

$K_{\tau} = P_{\tau 1} / P_{\tau 2}$ – коэффициент распределения тормозных сил $P_{\tau 1}$ и $P_{\tau 2}$ между колесами в соответствии передней и задней осей (принимают $K_{\tau} = 1,3 \dots 1,6$)

а, b, h_{∂} - координаты центра масс.» [2]

Вертикальные опорные реакции на передней $Z_{\tau 1}$ и задний $Z_{\tau 2}$ осям автомобиля, Н:

$$Z_{\tau 1} = \frac{G_a}{2} \left(\frac{b + \varphi_{розр} \cdot h_{\partial}}{L} \right); \quad (29)$$

$$Z_{\tau 2} = \frac{G_a}{2} \left(\frac{a - \varphi_{розр} \cdot h_{\partial}}{L} \right); \quad (30)$$

$$Z_{\tau 1} = \frac{16040}{2} \left(\frac{1,012 + 0,417 \cdot 0,65}{2,2} \right) = 4245 \text{ Н}$$

$$Z_{\tau 2} = \frac{16040}{2} \left(\frac{1,188 - 0,417 \cdot 0,65}{2,2} \right) = 3044 \text{ Н}$$

где Z_{τ} - вертикальная реакция полотна дороги;

$G_a = M_a \cdot g$ - полный вес автомобиля, Н;

M_a - полная масса автомобиля, кг; L - база автомобиля, м.

При торможении только задних колес автомобиля тормозной момент, $H \cdot м$, составляет:

$$M_{\tau} = \frac{G_a}{L} (h_{\delta} \cdot \sin \alpha + a \cdot \cos \alpha) \varphi_{розр} \cdot r_{\delta}, \quad (31)$$

где $\alpha \approx 9,10$ (уклон 16%) - угол уклона, на котором должен быть заторможен автомобиль.

$$M_{\tau} = \frac{16040}{2,2} (0,65 \cdot 0,15 + 1,012 \cdot 0,98) \cdot 0,417 \cdot 0,32 = 1166 \text{ Н.}$$

3.2.2 Расчет основных параметров барабанных тормозов автомобиля

Момент трения, который необходимо создать в тормозном механизме, определяют в соответствии с типом и схемы тормозного механизма, рисунок 6.

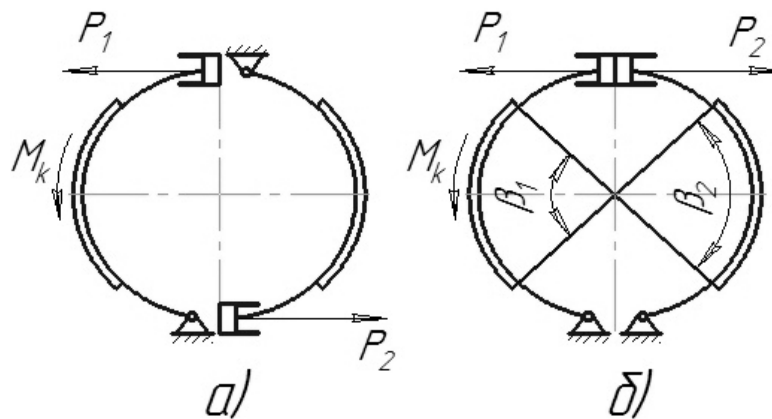


Рисунок 6 - Схема тормозного механизма барабанного типа: а - заднего, б - переднего.

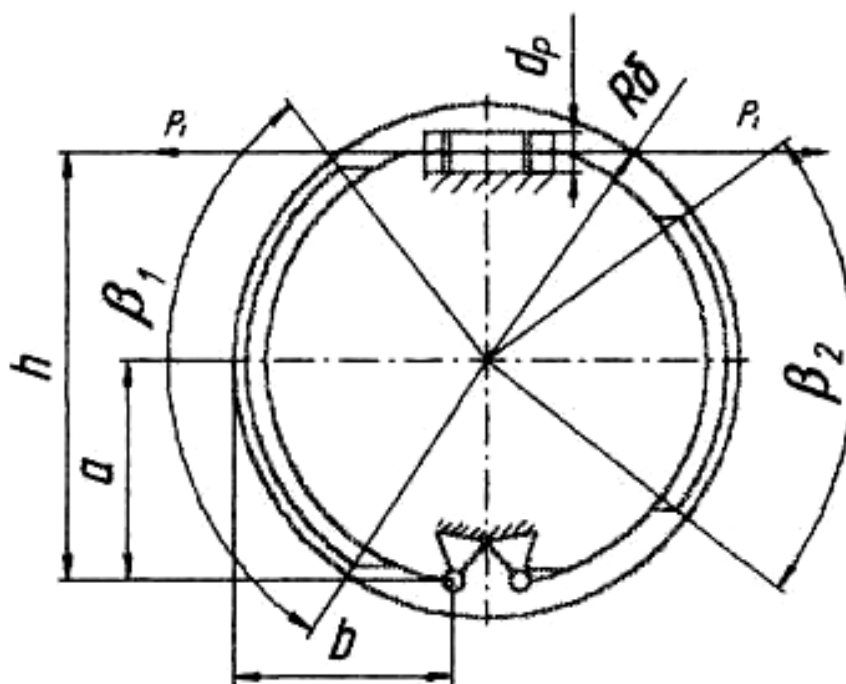


Рисунок 7 - Кинематическая схема барабанного тормозного механизма

Тормозной момент для тормозов задних колес автомобиля определяется по формуле:

$$M_{mp} = \mu \cdot h \cdot R_{\delta} \frac{2 \cdot P}{a - \mu \cdot b} \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (32)$$

Откуда, сила, создает тормозной момент:

$$P = \frac{M_{mp} \cdot (a - \mu \cdot b)}{2 \cdot \mu \cdot h \cdot R_{\delta}}, \quad (33)$$

где P - сила поводу, Н;

R_{δ} - радиус тормозного барабана, м;

a, b, h - геометрические размеры тормозного механизма;

$\mu = 0,3 \dots 0,35$ - коэффициент трения.

$R_{\delta} = 0,117$ м,

Принимаем $\mu = 0,35$. $h = 0,21$ м, $a = 0,105$ м, $b = 0,09$ м

$$P = \frac{1166 \cdot (0,105 - 0,35 \cdot 0,09)}{2 \cdot 0,35 \cdot 0,21 \cdot 0,117} = 4983 \text{ Н}$$

Для тормозов передних колес:

$$M_{mp} = \mu \cdot h \cdot R_6 \frac{2 \cdot P \cdot a}{a^2 - (\mu \cdot b)^2}; \quad (34)$$

$$P = \frac{M_{mp} \cdot (a^2 - (\mu \cdot b)^2)}{2 \cdot a \cdot \mu \cdot h \cdot R_6}, \quad (35)$$

$$P = \frac{1166 \cdot (0,105^2 - (0,35 \cdot 0,09)^2)}{2 \cdot 0,105 \cdot 0,35 \cdot 0,21 \cdot 0,117} = 6478, \text{ Н.}$$

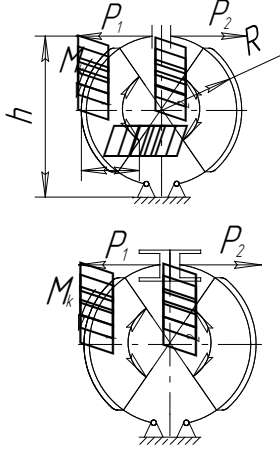
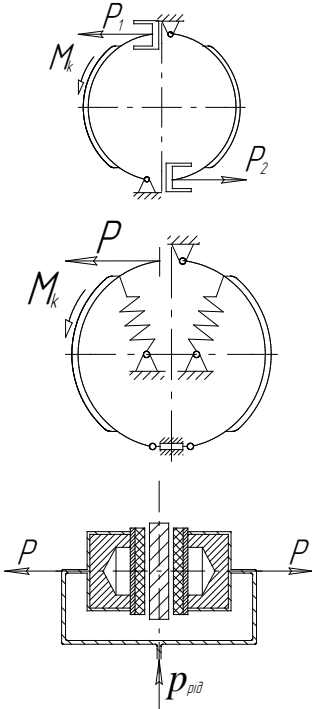
Для стояночного тормоза, если используется схема рисунок 3б, имеет выполняться условие:

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{a + \mu \cdot b}{a - \mu \cdot b}, \quad (36)$$

где β_1 , β_2 - углы охвата накладок тормозных колодок ($\beta = 80 \dots 140^\circ$);

В таблице 8 приведены возможные схемы тормозных механизмов и расчетные формулы для определения моментов трения.

Таблица 8 - Схемы тормозных механизмов и расчетные формулы для определения моментов трения

Схема тормозного механизма	Расчетная формула
	$P_2 > P_1; \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{a - \mu v}{a + \mu v}$ $M_{mp} = \mu h R_{\sigma} \frac{2P_1}{a - \mu v}$
	$P_1 = P_2 = P; \quad \frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{a + \mu v}{a - \mu v}$
	$M_{mp} = \mu h R_{\sigma} \frac{2P \cdot a}{a^2 - (\mu v)^2}$
	$P_1 = P_2 = P; \quad M_{mp} = \mu h R_{\sigma} \frac{2P}{a - \mu v}$
	$M_{mp} = \mu h^2 R_{\sigma} \frac{2P}{(a - \mu v)^2}$ $M_{mp} = P \cdot \mu \cdot r_{cp} \cdot z_{n.m}$

Результаты анализа будут использованы в дальнейших расчетах.

3.2.3 Оптимальное распределение тормозных сил

«Для автомобиля рассчитывается и строится график оптимального соотношения давления в переднем p_1 и заднем p_2 контура гидравлического привода при заданном весе автомобиля и полном весе автомобиля.

Для различных тормозных условий (φ) определяется максимальные тормозные моменты на колесах, рисунок 8:» [31]

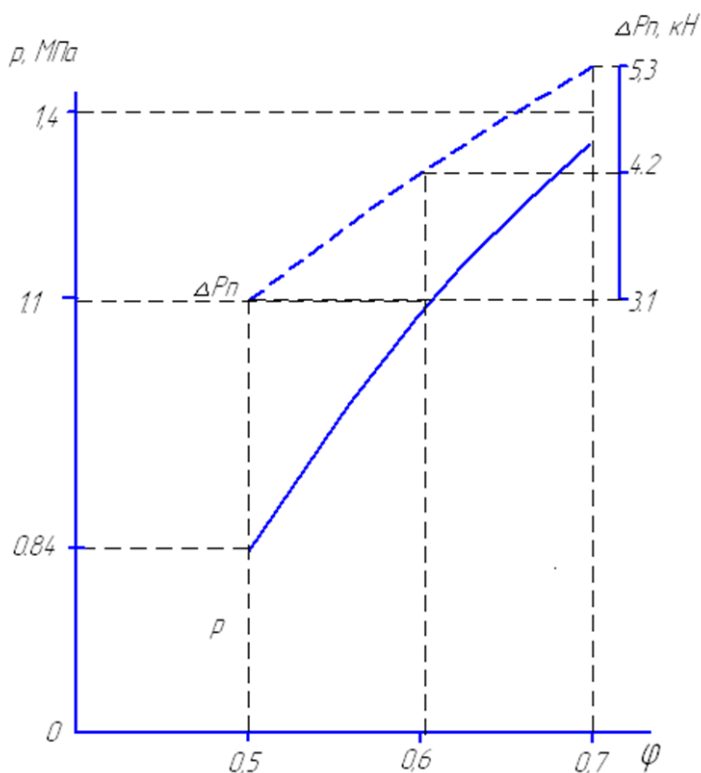


Рисунок 8 – Графическая зависимость оценочных параметров от дорожных условий

$$M_{T1\max} = r_{\delta} * \varphi \frac{G_a}{2L} (B + \varphi * H). \quad (37)$$

$$M_{T2\max} = r_{\delta} * \varphi \frac{G_a}{2L} (A - \varphi * H). \quad (38)$$

$$G_a = 11500 \text{ Н}$$

При $\varphi = 0,5$

$$M_{T1\max} = r_{\delta} * \varphi \frac{G_a}{2L} (B + \varphi * H) = 0,28 * 0,5 * \frac{11500}{2 * 2,2} (1 + 0,5 * 1) = 234,3 \text{ Н} * \text{ м}$$

$$M_{T2\max} = r_{\delta} * \varphi \frac{G_a}{2L} (A - \varphi * H) = 0.28 * 0.5 * \frac{11500}{2 * 2.2} (1.4 - 0.5 * 1) = 198,3H * M$$

При $\varphi = 0,7$

$$M_{T1\max} = r_{\delta} * \varphi \frac{G_a}{2L} (B + \varphi * H) = 0.28 * 0.7 * \frac{11500}{2 * 2.2} (1 + 0.7 * 1) = 450,6H * M$$

$$M_{T2\max} = r_{\delta} * \varphi \frac{G_a}{2L} (A - \varphi * H) = 0.28 * 0.7 * \frac{11500}{2 * 2.2} (1.4 - 0.7 * 1) = 270,4H * M$$

При $\varphi = 0,6$

$$M_{T1\max} = r_{\delta} * \varphi \frac{G_a}{2L} (B + \varphi * H) = 0.28 * 0.6 * \frac{11500}{2 * 2.2} (1 + 0.6 * 1) = 336,5H * M$$

$$M_{T2\max} = r_{\delta} * \varphi \frac{G_a}{2L} (A - \varphi * H) = 0.28 * 0.6 * \frac{11500}{2 * 2.2} (1.4 - 0.6 * 1) = 240,3H * M$$

$G_a = 15500 \text{ Н}$

При $\varphi = 0,5$

$$M_{T1\max} = r_{\delta} * \varphi \frac{G_a}{2L} (B + \varphi * H) = 0.28 * 0.5 * \frac{15500}{2 * 2.2} (1 + 0.5 * 1) = 325,3H * M$$

$$M_{T2\max} = r_{\delta} * \varphi \frac{G_a}{2L} (A - \varphi * H) = 0.28 * 0.5 * \frac{15500}{2 * 2.2} (1.4 - 0.5 * 1) = 275,3H * M$$

При $\varphi = 0,7$

$$M_{T1\max} = r_{\delta} * \varphi \frac{G_a}{2L} (B + \varphi * H) = 0.28 * 0.9 * \frac{14300}{2 * 2.4} (1 + 0.9 * 1) = 625,6\acute{I} * \grave{i}$$

$$M_{T2\max} = r_{\delta} * \varphi \frac{G_a}{2L} (A - \varphi * H) = 0.28 * 0.9 * \frac{14300}{2 * 2.4} (1.4 - 0.9 * 1) = 375,4H * \grave{i}$$

При $\varphi = 0,6$

$$M_{T1\max} = r_{\delta} * \varphi \frac{G_a}{2L} (B + \varphi * H) = 0.28 * 0.7 * \frac{14300}{2 * 2.4} (1 + 0.7 * 1) = 467,1H * \grave{i}$$

$$M_{T2\max} = r_{\delta} * \varphi \frac{G_a}{2L} (A - \varphi * H) = 0.28 * 0.7 * \frac{14300}{2 * 2.4} (1.4 - 0.7 * 1) = 333,7\acute{I} * \grave{i}$$

С учетом заданной схемы тормозного механизма, оптимальное давление в переднем и заднем контурах гидравлического привода:

$$P_1 = \frac{M_{T1\max}}{\frac{\pi d_p^2}{2} r_{\delta} \left(\frac{\mu h}{k_o a - \mu r_{\delta}} + \frac{\mu h}{k_o a + \mu r_{\delta}} \right)}, \quad (39)$$

$$P_2 = \frac{M_{T2\max}}{\frac{\pi d_p^2}{2} r_{\delta} \left(\frac{\mu h}{k_o a - \mu r_{\delta}} \right)}. \quad (40)$$

$Ga = 10300H$

При $\varphi = 0,5$

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \frac{M_{T1\max}}{\frac{\pi d_p^2}{2} r_{\delta} \left(\frac{\mu h}{k_o a - \mu r_{\delta}} + \frac{\mu h}{k_o a + \mu r_{\delta}} \right)} = \\ &= \frac{234,3}{\frac{3.14 * 0.028^2}{2} * 0.15 * \left(\frac{0.3 * 0.26}{0.84 * 0.13 - 0.3 * 0.15} + \frac{0.3 * 0.26}{0.84 * 0.13 + 0.3 * 0.15} \right)} = 585416,3 \ddot{a} \\ \delta_2 &= \frac{M_{T2\max}}{\frac{\pi d_p^2}{2} r_{\delta} \left(\frac{\mu h}{k_o a - \mu r_{\delta}} \right)} = \frac{198,3}{\frac{3.14 * 0.028^2}{2} * 0.15 * \left(\frac{0.3 * 0.26}{0.84 * 0.13 - 0.3 * 0.15} \right)} = 495467,6 \ddot{a} \end{aligned}$$

При $\varphi = 0,7$

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \frac{M_{T1\max}}{\frac{\pi d_p^2}{2} r_{\delta} \left(\frac{\mu h}{k_o a - \mu r_{\delta}} + \frac{\mu h}{k_o a + \mu r_{\delta}} \right)} = \\ &= \frac{450,6}{\frac{3.14 * 0.028^2}{2} * 0.15 * \left(\frac{0.3 * 0.26}{0.84 * 0.13 - 0.3 * 0.15} + \frac{0.3 * 0.26}{0.84 * 0.13 + 0.3 * 0.15} \right)} = 1125858,3 \ddot{a} \\ \delta_2 &= \frac{M_{T2\max}}{\frac{\pi d_p^2}{2} r_{\delta} \left(\frac{\mu h}{k_o a - \mu r_{\delta}} \right)} = \frac{270,4}{\frac{3.14 * 0.028^2}{2} * 0.15 * \left(\frac{0.3 * 0.26}{0.84 * 0.13 - 0.3 * 0.15} \right)} = 912588,6 \ddot{a} \end{aligned}$$

При $\varphi = 0,6$

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \frac{M_{T1\max}}{\frac{\pi d_p^2}{2} r_{\delta} \left(\frac{\mu h}{k_o a - \mu r_{\delta}} + \frac{\mu h}{k_o a + \mu r_{\delta}} \right)} = \\ &= \frac{672,9}{\frac{3.14 * 0.028^2}{2} * 0.15 * \left(\frac{0.3 * 0.26}{0.84 * 0.13 - 0.3 * 0.15} + \frac{0.3 * 0.26}{0.84 * 0.13 + 0.3 * 0.15} \right)} = 1681291,7 \ddot{a} \\ \delta_2 &= \frac{M_{T2\max}}{\frac{\pi d_p^2}{2} r_{\delta} \left(\frac{\mu h}{k_o a - \mu r_{\delta}} \right)} = \frac{240,3}{\frac{3.14 * 0.028^2}{2} * 0.15 * \left(\frac{0.3 * 0.26}{0.84 * 0.13 - 0.3 * 0.15} \right)} = 811002,4 \ddot{a} \end{aligned}$$

$a = 14300H$

При $\varphi = 0,5$

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \frac{M_{T1\max}}{\frac{\pi d_p^2}{2} r_{\dot{a}} \left(\frac{\mu h}{k_o a - \mu r_{\dot{a}}} + \frac{\mu h}{k_o a + \mu r_{\dot{a}}} \right)} = \\ &= \frac{325,3}{\frac{3,14 * 0,028^2}{2} * 0,15 * \left(\frac{0,3 * 0,26}{0,84 * 0,13 - 0,3 * 0,15} + \frac{0,3 * 0,26}{0,84 * 0,13 + 0,3 * 0,15} \right)} = 812786,74 \ddot{a} \end{aligned}$$

$$\delta_2 = \frac{M_{T2\max}}{\frac{\pi d_p^2}{2} r_{\dot{a}} \left(\frac{\mu h}{k_o a - \mu r_{\dot{a}}} \right)} = \frac{275,3}{\frac{3,14 * 0,028^2}{2} * 0,15 * \left(\frac{0,3 * 0,26}{0,84 * 0,13 - 0,3 * 0,15} \right)} = 929125,9 \ddot{a}$$

При $\varphi = 0,7$

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \frac{M_{T1\max}}{\frac{\pi d_p^2}{2} r_{\dot{a}} \left(\frac{\mu h}{k_o a - \mu r_{\dot{a}}} + \frac{\mu h}{k_o a + \mu r_{\dot{a}}} \right)} = \\ &= \frac{625,6}{\frac{3,14 * 0,028^2}{2} * 0,15 * \left(\frac{0,3 * 0,26}{0,84 * 0,13 - 0,3 * 0,15} + \frac{0,3 * 0,26}{0,84 * 0,13 + 0,3 * 0,15} \right)} = 1563109 \ddot{a} \end{aligned}$$

$$\delta_2 = \frac{M_{T2\max}}{\frac{\pi d_p^2}{2} r_{\dot{a}} \left(\frac{\mu h}{k_o a - \mu r_{\dot{a}}} \right)} = \frac{375,4}{\frac{3,14 * 0,028^2}{2} * 0,15 * \left(\frac{0,3 * 0,26}{0,84 * 0,13 - 0,3 * 0,15} \right)} = 1266959,1 \ddot{a}$$

При $\varphi = 0,6$

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \frac{M_{T1\max}}{\frac{\pi d_p^2}{2} r_{\dot{a}} \left(\frac{\mu h}{k_o a - \mu r_{\dot{a}}} + \frac{\mu h}{k_o a + \mu r_{\dot{a}}} \right)} = \\ &= \frac{467,1}{\frac{3,14 * 0,028^2}{2} * 0,15 * \left(\frac{0,3 * 0,26}{0,84 * 0,13 - 0,3 * 0,15} + \frac{0,3 * 0,26}{0,84 * 0,13 + 0,3 * 0,15} \right)} = 1167084,8 \ddot{a} \end{aligned}$$

$$\delta_2 = \frac{M_{T2\max}}{\frac{\pi d_p^2}{2} r_{\dot{a}} \left(\frac{\mu h}{k_o a - \mu r_{\dot{a}}} \right)} = \frac{333,7}{\frac{3,14 * 0,028^2}{2} * 0,15 * \left(\frac{0,3 * 0,26}{0,84 * 0,13 - 0,3 * 0,15} \right)} = 1126223,4 \ddot{a}$$

По результатам расчетов автомобиля заданного веса и полного веса строится график оптимального распределения тормозных сил, рисунок 9.

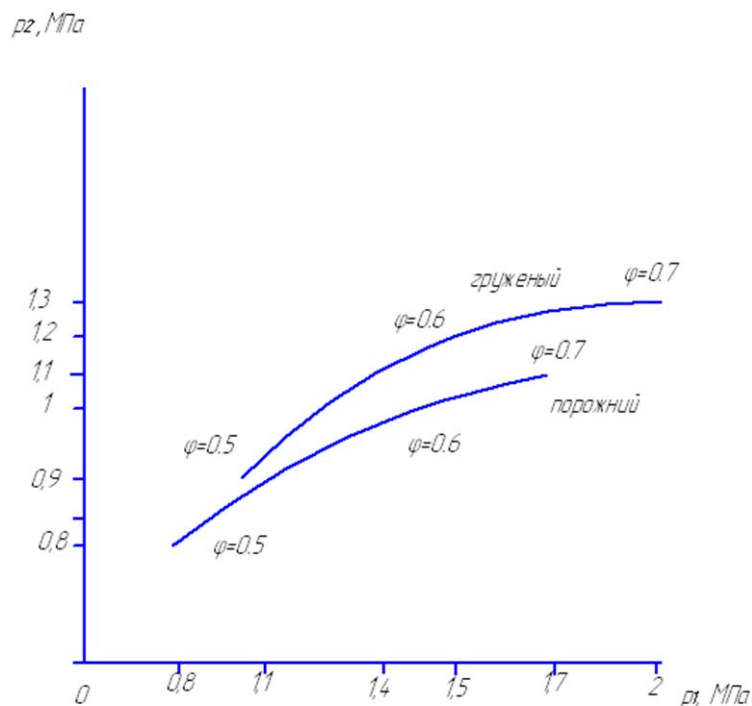


Рисунок 9 – График потребного оптимального соотношения давления в переднем и заднем контурах гидравлического привода

3.3 Статическая характеристика гидровакуумного усилителя гидропривода

По усилию на педаль тормоза рассчитать давление, создаваемое на входе и выхода гидровакуумного усилителя.

«Параметры усилителя автомобиля: $d_2 = 0.013$ м – диаметр поршня следящего устройства (F_2); $d_5 = 0.022$ м – диаметр поршня гидроцилиндра усилителя (F_5), $F_3 = 30,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, $F_4 = 240,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ – активные площади диафрагм следящего устройства и вакуумной камеры; $C_2 = 0,37$ Н/мм; $f_{k1} = 222$ мм; $f_{k2} = 4$ мм – жесткость и деформации пружины P_1 при установке и во время работы; $C_1 = 1,5$ Н/мм, $f_{d1} = 17$ мм; $f_{d2} = 2$ мм – жесткость и деформации пружины P_2 при установке и во время работы.» [11]

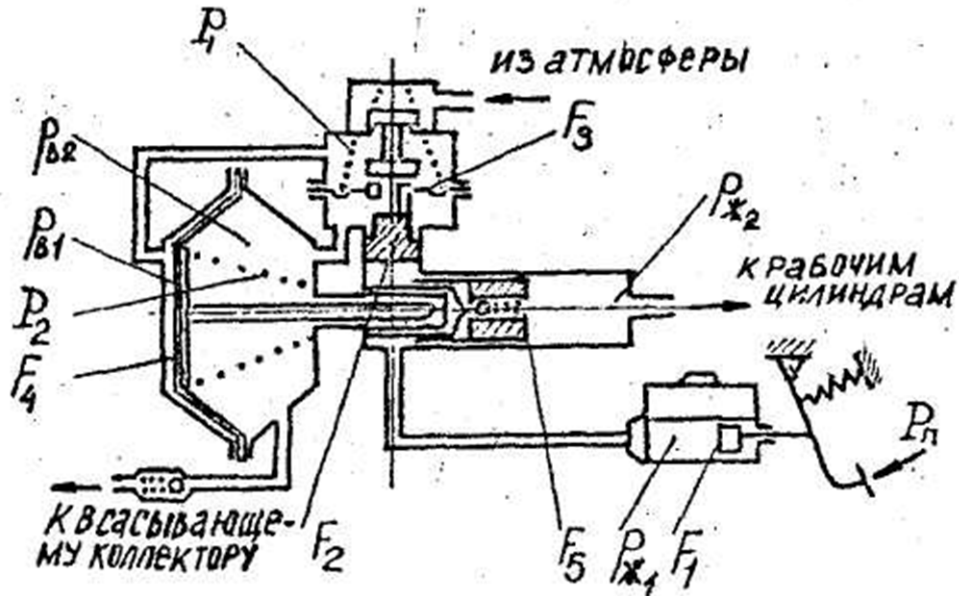


Рисунок 10 - Гидровакуумный усилитель с гидроприводом

Параметры тормозного привода: $d_r = 0,028\text{м}$ - диаметр главного тормозного цилиндра (F_1); $U_n = 4,3$ - передаточное число педали.

Усилие на педали изменяется в диапазоне $P_n = 40 \dots 210\text{ Н}$

$$P_{ж1} = \frac{P_n U_n}{F_1}; P_{ж2} = \frac{P_n U_n}{F_1 F_5} \left(\frac{F_2 F_4}{F_3} + F_5 \right) - \frac{P_1 F_1}{F_3 F_5} - \frac{P_2}{F_5} \quad (41)$$

$$K_y = \frac{P_{ж1}}{P_{ж2}} \quad (42)$$

где $P_2 = c_1(f_{к1} + f_{к2})$; $P_1 = c_2(f_{д1} + f_{д2})$

Принимаем $P_n = 40\text{ Н}$

$$P_1 = c_2(f_{д1} + f_{кд}) = 1,5 * (17 + 2) = 28,5\text{ Н}$$

$$P_2 = c_1(f_{к1} + f_{к2}) = 0,37(4 + 222) = 83,6\text{ Н}$$

$$P_{ж1} = \frac{P_n U_n}{F_1} = \frac{40 * 4,3}{0,028} = 5,37\text{ МПа}$$

$$P_{ж2} = \frac{P_n U_n}{F_1 F_5} \left(\frac{F_2 F_4}{F_3} + F_5 \right) - \frac{P_1 F_1}{F_3 F_5} - \frac{P_2}{F_5} = \frac{40 * 4,3}{0,028 * 0,022} \left(\frac{0,013 * 240,5 * 10^{-5}}{30,3 * 10^{-4}} + 0,022 \right) - \frac{83,6 * 240,5 * 10^{-5}}{303,3 * 10^{-4} * 0,022} - \frac{28,5}{0,022} = 3,5879\text{ МПа}$$

Усилие на педали изменяется в диапазоне $P_n=220\dots 500$ Н

$$P_{ж1} = \frac{P_n U_n}{F_1}; P_{ж2} = \frac{(P_{B1} - P_{B2}) * F_4 - P_2}{F_5} + P_{ж1}$$

$P_{B1} = 0,1$ МПа ; $P_{B2} = 0,05$ МПа

Принимаем $P_n = 220$ Н

$$P_{ж1} = \frac{P_n U_n}{F_1} = \frac{220 * 4.3}{0.028} = 2,95 \text{ МПа}$$

$$P_{ж2} = \frac{(P_{B1} - P_{B2}) * F_4 - P_2}{F_5} + P_{ж1} = \frac{(100000 - 50000) * 240,5 * 10^{-5} - 28,5}{0,022} + 2,95 = 3,37 \text{ МПа}$$

Принимаем $P_n = 440$ Н

$$P_{ж1} = \frac{P_n U_n}{F_1} = \frac{440 * 4.3}{0.028} = 5,91 \text{ МПа}$$

$$P_{ж2} = \frac{(P_{B1} - P_{B2}) * F_4 - P_2}{F_5} + P_{ж1} = \frac{(100000 - 50000) * 240,5 * 10^{-5} - 28,5}{0,022} + 5,9125 = 6,38 \text{ МПа}$$

Расчет соответствует давлению в системе.

3.4 Расчёт тормозной колодки

«При торможении давление, оказываемое на педаль, передается тормозным колодкам, которые прижимаются к тормозному барабану или тормозному диску и не дают ему вращаться. Соединенный с колесом тормозной барабан или тормозной диск под действием трения замедляет собственное вращение и снижает скорость вращения колеса.

Рассчитаем тормозную колодку на прочность шва наклёпа тормозной колодки и удельную нагрузку на тормозные накладки.» [10]

$$P_{нак} = \frac{G_a}{\sum F_{нак}}, \quad (43)$$

где $\sum F_{нак}$ - суммарная площадь тормозных накладок тормозной системы, m^2 ;

G_a - вес автомобиля, Н.

$$L_{барабана} = 2\pi r_6 = 2 * 3,14 * 0,15 = 0,942 \text{ м};$$

$$L_{1\text{накладки}} = L_{\text{барабана}} * \alpha/360^\circ = 0,942 * 120/360 = 0.315 \text{ м};$$

$$S_{1\text{ накладки}} = L_{1\text{накладки}} * b = 0.315 * 0.04 = 0.0126 \text{ м}^2;$$

$$\Sigma F_{\text{нак}} = S_{1\text{ накладки}} * 8 = 8 * 0.0126 = 0,1008 \text{ м}^2$$

$$p_{\text{нак}} = \frac{G_a}{\Sigma F_{\text{нак}}} = \frac{15500}{1,008} = 15376,73 \text{ Н/м}^2 = 15,3 \text{ Н/см}^2,$$

Полученное значение удельной нагрузки входит в пределы статистических данных для легковых автомобилей равные 10...20 Н/см².

Была выполнена конструкторская проработка отдельных узлов тормозной системы транспортного средства. В частности, рассчитывались параметры тормозной системы, распределение тормозных сил, выполнен расчет барабанного тормозного механизма.

Разработка производилась на основании технического задания (ТЗ), которое было разработано в соответствии с требованиями к ТЗ по ГОСТ, с проработкой каждого из разделов. Ответом на разработанное техническое задание явилось техническое предложение (ТП). В разработанном техническом предложении приводятся уже разработанные разрезы наиболее ответственных узлов конструкции.

С учетом специфики разрабатываемой конструкции выполнен подбор силовых агрегатов и выполнен подбор комплектующих для тормозного механизма. Также обоснован выбор конструкции, на основании произведенного анализа. Прототипом конструкции явилась конструкция тормозной системы, используемой на автомобиле Лада Нива, тяговые и эксплуатационные характеристики которого в наибольшей степени соответствуют условиям эксплуатации проектируемого гусеничного транспортного средства. В техническом предложении выполнен расчет параметров конструкции отдельных деталей проектируемого устройства

тормозного механизма. Произведен силовой и прочностной расчёт элементов конструкции гидровакуумного привода, как наиболее нагруженного механического агрегата, который меняется при разработке конструкции тормозной системы. Результаты выполненной работы в виде чертежей конструкции представлены на листах графической части.

Спецификация изделия представлена в Приложении Б. В соответствии с требованиями к проектированию устройства, в рамках выполнения дипломного проекта была разработана инструкция по эксплуатации. В инструкции отражены требования к проведению испытаний, а также основные конструкционные схемы устройства. Также приведены требования к проведению сборочных работ.

Также в результате выполнения конструкторских расчетов установлено, что требования к выполнению условия обеспечения запаса прочности деталями механизма выполняются.

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

4.1 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 сообразно 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.

4.2 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], [24]

«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], [25]

«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 характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации; повышенным уровнем локальной вибрации;

– опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые 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» [10], [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.

4.3 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 9.

Таблица 9 – 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 9

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

Продолжение таблицы 9

«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 Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	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]

4.4 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 10 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 10 – 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 10

<p>«С - горение газообразных горючих веществ» [12]</p>	<p>сварочные газы, метан</p>	<p>«Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объёмное горение, взрыв» [12]</p>	<p>«объёмное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)» [12]</p>
--	------------------------------	---	--

«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.

4.5 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;

- отдельный сбор металлических и неметаллических отходов, сортировка мусора на участке;
- 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 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.

5 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта

5.1 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 электрошита 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.

5.2 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 11.

Таблица 11 – 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 рассчитана 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 43.

$$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * N_a}{100}, \quad (44)$$

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 электроэнергии, расходуемой на освещение и работу климатического оборудования. Расчет стоимости затрат на электроэнергию производится по формуле 44. Расчет сведен в таблицу 12.

$$P_{э} = \frac{M_d \cdot T \cdot K_o \cdot K_m \cdot K_v \cdot K_p \cdot C_{эл}}{\eta \cdot 60}, \quad (45)$$

«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 $K_m = 0,7$;

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

$K_{п}$ – коэффициент сетевых потерь, принимаем $K_{п} = 1,05$;

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

η – КПД двигателей оборудования участка, $\eta = 0,75$.» [9], [20]

Таблица 12 – 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 46.

$$P_{св} = (M_{св} \cdot n \cdot T \cdot Код \cdot K_v \cdot K_{п} \cdot Цэ) / \eta, \quad (46)$$

где $M_{св}$ – мощность светильника, $M_{св} = 95$ 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;

K_v – коэффициент времени работы освещения, принимаем $K_v = 0,75$;

$K_{п}$ – коэффициент сетевых потерь, принимаем $K_{п} = 1,05$;

$Цэ$ – 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 47.

$$P = P_{э} + P_{св} \quad (47)$$

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

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 13. Расчет выполняется по формуле 48.

$$Озп = Ст \cdot Т \cdot \left(1 + \frac{Дп}{100}\right), \quad (48)$$

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

Т – годовой фонд рабочего времени, чел-час;

Дп – коэффициент премиальных доплат.

Таблица 13 – 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 49.

$$Дзп = Озп \cdot Кд/100, \quad (49)$$

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

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

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 50.

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{зп}} + D_{\text{зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (50)$$

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.

$$O_{\text{т}} = O_{\text{зп}} + D_{\text{зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (51)$$

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

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 14.

Таблица 14 – 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 14

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.

$$Н_p = 1,25 \cdot О_t \quad (52)$$

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

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 15.

Таблица 15 – 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 53.

$$C_{нч} = C_{общ} / T_{уч}, \quad (53)$$

где $C_{общ}$ – сумма общих затрат на участке, руб

$T_{уч}$ – фонд рабочего времени составит для участка сборки, чел-ч,

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

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 краткий обзор возможности разработки тормозной системы легкорамного автомобиля. В качестве автомобиля, выступающего объектом разработки взят автомобиль Сержант-2, разработанный в Тольяттинском государственном университете. В результате анализа конструкции транспортного средства и особенностей его эксплуатации, сформулировано техническое задание на проектирование тормозной системы, в котором изложены основные технические характеристики разрабатываемого объекта. В дальнейшем, в рамках дипломного проекта, нами будет рассматриваться разработка отдельных элементов механической части тормозной системы, таких как тормозного суппорта, тормозного диска и колодок.

В результате анализа конструкции тормозной системы, сделаны выводы о типе тормозного механизма, типе привода и особенностях работы данной системы.

Автомобиль Сержант-2 оснащен эффективной и надежной тормозной системой, включающей дисковые тормоза и гидравлическую систему тормозов. Это обеспечивает быстрое и эффективное торможение, а также улучшенную устойчивость и безопасность во время движения.

Дисковые тормоза обладают высокой термической стабильностью и быстрым откликом, что позволяет достичь высокой эффективности торможения и предотвратить перегрев. Они также обладают длительным сроком службы и удобством обслуживания.

Гидравлическая система тормозов позволяет плавно и пропорционально распределить тормозное давление на все колеса автомобиля. Это улучшает стабильность и контроль при торможении, повышая безопасность в экстремальных ситуациях.

Присутствие системы антиблокировки тормозов (ABS) в моделях Сержант-2 обеспечивает дополнительную безопасность, предотвращая

блокировку колес при резком торможении и сохраняя управляемость автомобиля.

Ручной тормоз позволяет водителю удерживать автомобиль на месте или использовать его для стабилизации при парковке на наклоне.

В целом, предложенная к разработке конструкция тормозных механизмов для автомобиля Сержант-2 обладает высокой надежностью, эффективностью и безопасностью. Это обеспечивает быстрое и контролируемое торможение, делая автомобиль наиболее соответствующим выполнению военных и полицейских задач в различных условиях эксплуатации.

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. Рассчитанная в разделе мощность 64,4 кВт соответствует мощности двигателя малого класса, что косвенно свидетельствует о правильности выполненных расчетов, подкрепляемых практическими значениями.

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.

Была выполнена конструкторская проработка отдельных узлов тормозной системы транспортного средства. В частности, рассчитывались параметры тормозной системы, распределение тормозных сил, выполнен расчет барабанного тормозного механизма. Разработка производилась на основании технического задания (ТЗ), которое было разработано в соответствии с требованиями к ТЗ по ГОСТ, с проработкой каждого из разделов. Ответом на разработанное техническое задание явилось техническое предложение (ТП). В разработанном техническом предложении приводятся уже разработанные разрезы наиболее ответственных узлов конструкции.

С учетом специфики разрабатываемой конструкции выполнен подбор силовых агрегатов и выполнен подбор комплектующих для тормозного механизма. Также обоснован выбор конструкции, на основании произведенного анализа. Прототипом конструкции явилась конструкция тормозной системы, используемой на автомобиле Лада Нива, тяговые и эксплуатационные характеристики которого в наибольшей степени соответствуют условиям эксплуатации проектируемого гусеничного транспортного средства. В техническом предложении выполнен расчет

параметров конструкции отдельных деталей проектируемого устройства тормозного механизма. Произведен силовой и прочностной расчёт элементов конструкции гидровакуумного привода, как наиболее нагруженного механического агрегата, который меняется при разработке конструкции тормозной системы. Результаты выполненной работы в виде чертежей конструкции представлены на листах графической части.

Спецификация изделия представлена в Приложении Б. В соответствии с требованиями к проектированию устройства, в рамках выполнения дипломного проекта была разработана инструкция по эксплуатации. В инструкции отражены требования к проведению испытаний, а также основные конструкционные схемы устройства. Также приведены требования к проведению сборочных работ.

Также в результате выполнения конструкторских расчетов установлено, что требования к выполнению условия обеспечения запаса прочности деталями механизма выполняются.

Особенностью проведенных работ является то, что сборочные работы производятся с использованием специальных устройств и приспособлений, что позволяет производить сборку, обеспечив требуемое качество и точность сборочных работ.

Также в разделе выполнен расчет оперативного времени и такта производства. Расчет основывался на сформированной технологической карте, а также исходя из типа производства, определенного как мелкосерийное.

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 используемой литературы и 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

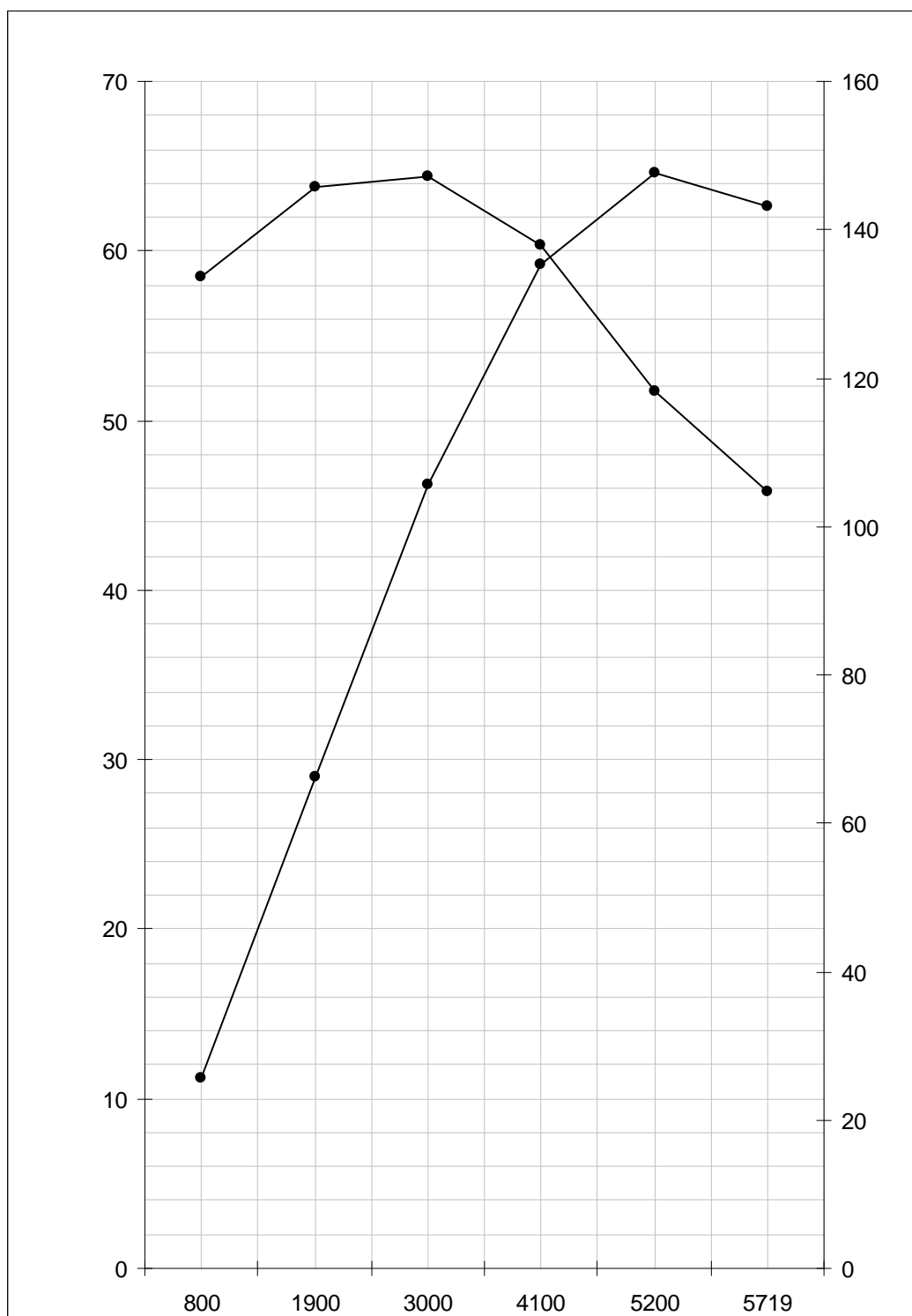


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика

Продолжение Приложения А

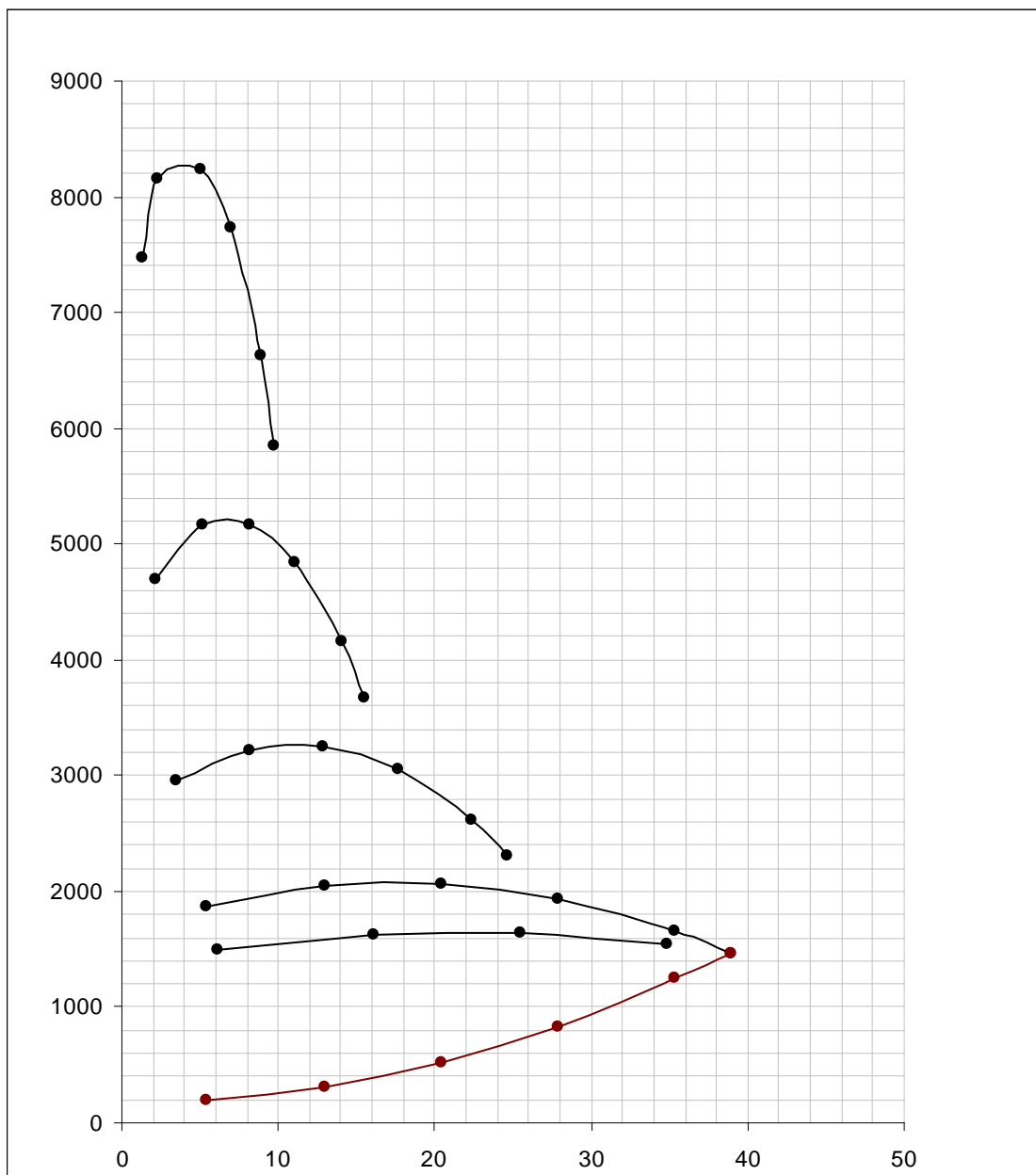


Рисунок А2 – Тяговый баланс автомобиля

Продолжение Приложения А



Рисунок А3 – Динамическая характеристика

Продолжение Приложения А

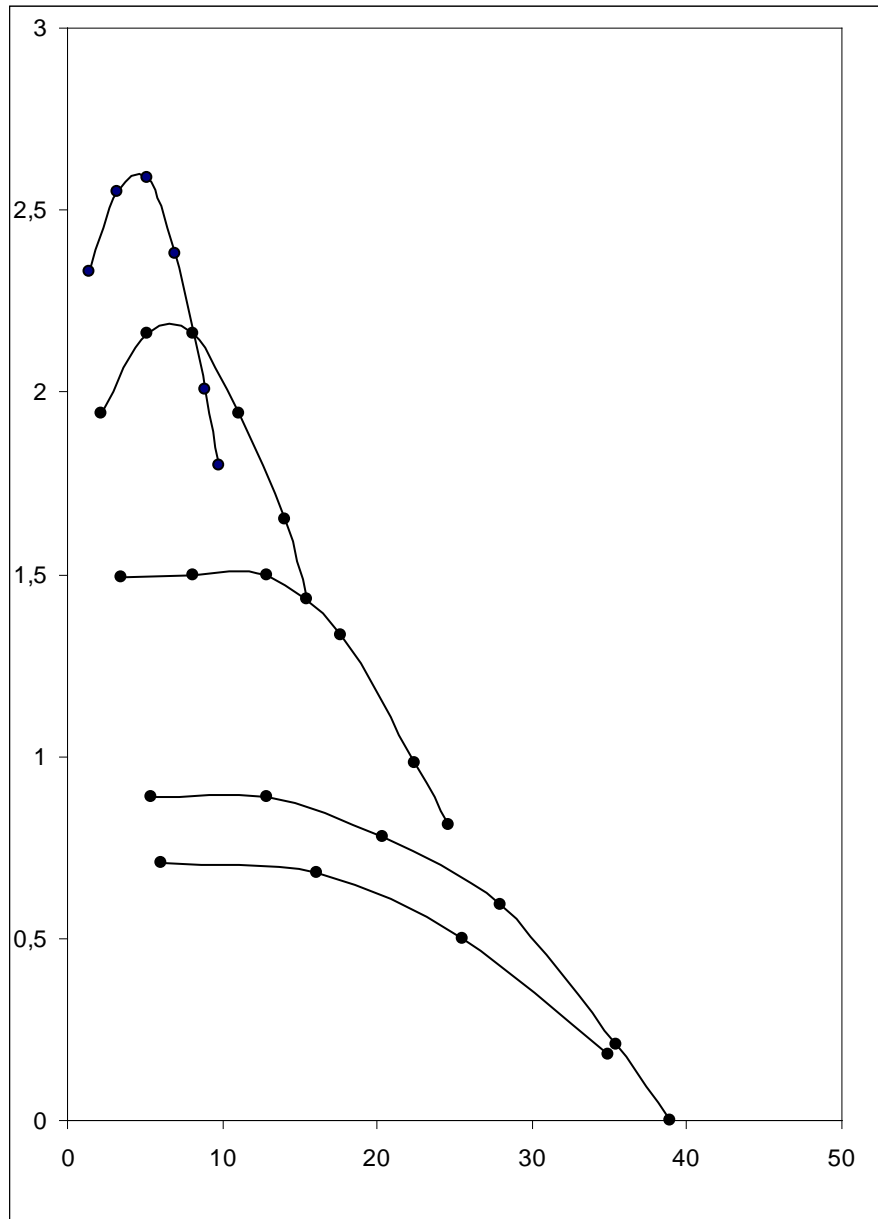


Рисунок А4 – Ускорения автомобиля

Продолжение Приложения А

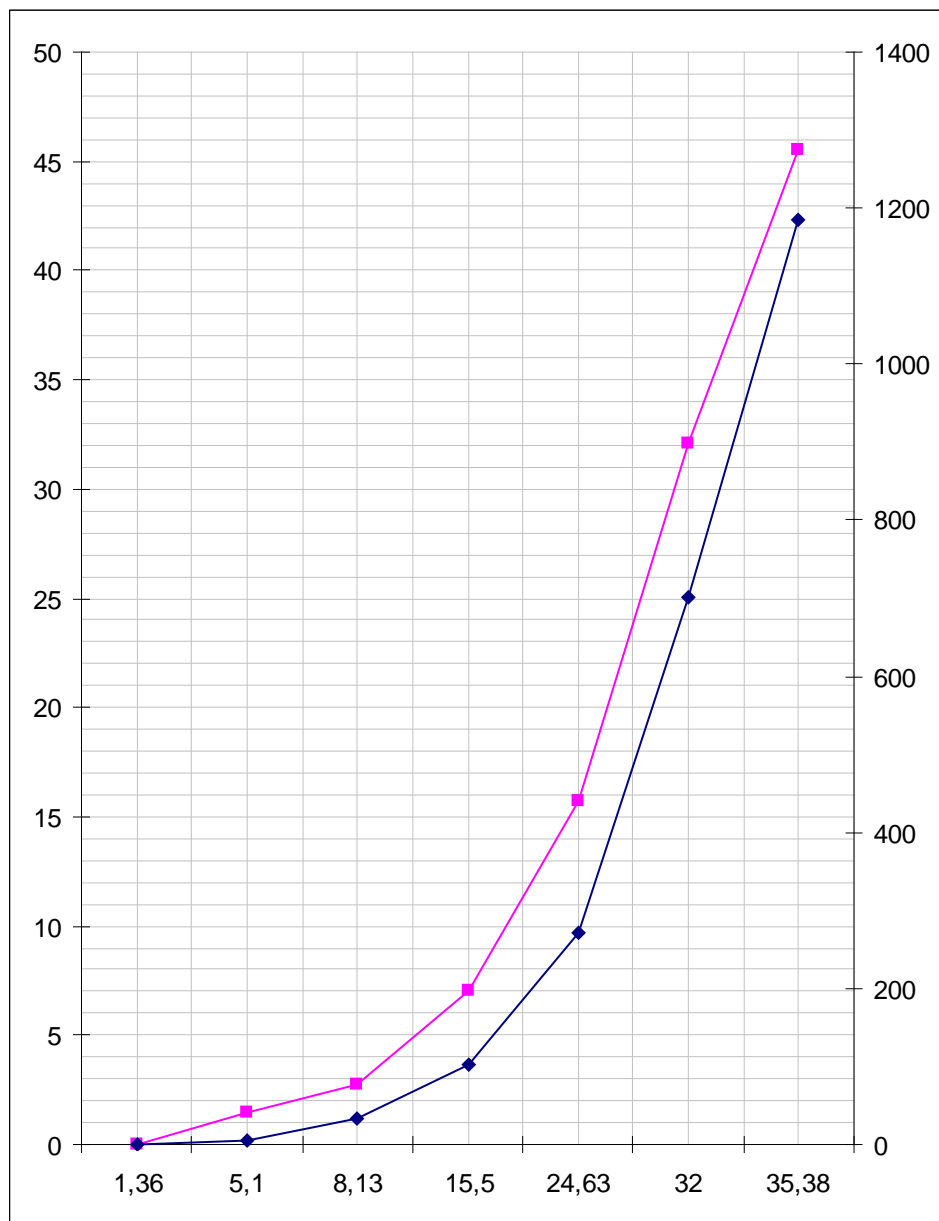


Рисунок А5 – Время и путь разгона автомобиля

Продолжение Приложения А

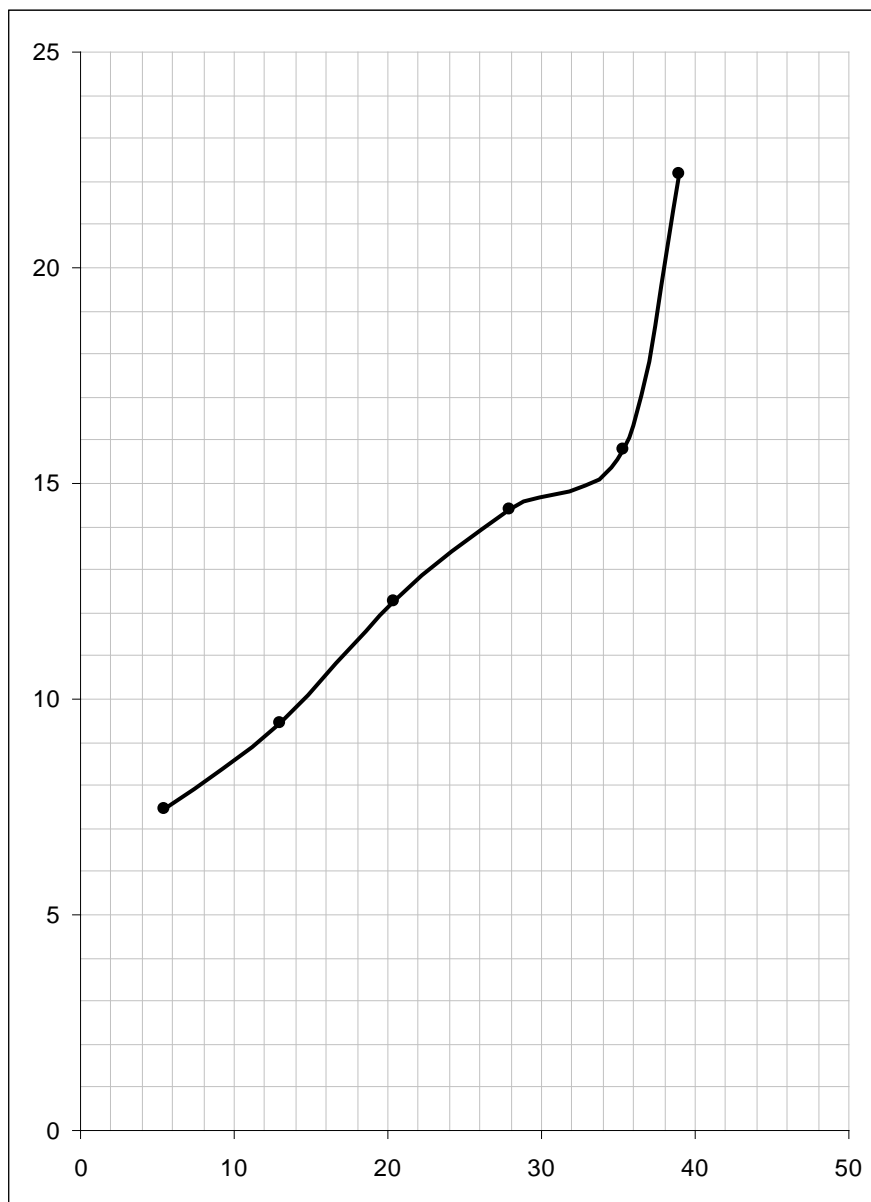


Рисунок А8 – Топливо-экономическая характеристика