

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 подвески для передвижного павильона на базе
автомобильного прицепа

Обучающийся

П.Д. Круглов
(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук И.В. Турбин
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. техн. наук А.В. Бобровский
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. техн. наук А.Н. Москалюк
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. экон. наук Л.Л. Чумаков
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Аннотация

Тема дипломного проекта «Разработка подвески для передвижного павильона на базе автомобильного прицепа».

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения мобильности и надежности передвижных сооружений, что особенно важно для выставочной и событийной индустрии. Цель работы – разработать эффективную подвеску, обеспечивающую стабильность и безопасность павильона при перемещении и эксплуатации. В рамках исследования будут рассмотрены различные типы подвесок, проведен анализ нагрузок, а также предложены инженерные решения, направленные на оптимизацию конструкции.

«Дипломный проект состоит из следующих разделов: введение, шесть глав, раскрывающих тему проекта, заключение, список использованных источников, включая иностранные. [12]

Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.»[2]

Целью дипломного проекта является разработка конструкции подвески, обеспечивающей устойчивость и плавность перемещения павильона. Её разработка требует учета множества факторов, включая тип шасси, условия эксплуатации, нагрузку на конструкцию, а также требования к маневренности и долговечности. В данной работе рассматриваются основные аспекты проектирования подвески для передвижного павильона, анализируются возможные технические решения и обосновывается выбор оптимальной конструкции.

«Логически структура дипломного проекта разделена на следующие части, связанные между собой: анализ существующих технических решений конструкции, тяговый расчет транспортного средства, разработка устройства подвески.»[2] Результаты исследования могут быть использованы при проектировании аналогичных мобильных конструкций, а также для дальнейшего совершенствования подвесных систем.

Abstract

The topic of the graduation project is "Development of a suspension for a mobile pavilion based on a car trailer."

The relevance of the research is due to the need to increase the mobility and reliability of mobile structures, which is especially important for the exhibition and event industry. The aim of the work is to develop an effective suspension that ensures the stability and safety of the pavilion during movement and operation. The study will examine various types of suspensions, analyze the loads, and propose engineering solutions aimed at optimizing the structure.

The graduation «project consists of the following sections: an introduction, six chapters covering the topic of the project, a conclusion, and a list of sources used, including foreign ones. [42]

The graphic part of the diploma is presented on ten sheets of A1 format.

The graphic part of the diploma is presented on ten sheets of A1 format. The purpose of the thesis project is to develop»[2] a suspension structure that ensures stability and smooth movement of the pavilion. Its development requires consideration of many factors, including the type of chassis, operating conditions, load on the structure, as well as requirements for maneuverability and durability. This paper examines the main aspects of suspension design for a mobile pavilion, analyzes possible technical solutions and justifies the choice of optimal design.

Logically, the structure of the thesis project is divided into the following interconnected parts: analysis of existing technical design solutions, traction calculation of the vehicle, development of suspension devices. The results of the study can be used in the design of similar mobile structures, as well as for further improvement of suspension systems.

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 6 |
| 1 Назначение передвижного павильона..... | 9 |
| 1.1 Понятие и общее представление передвижного павильона | 9 |
| 1.2 Определение передвижного павильона | 9 |
| 1.3 Конструктивные особенности | 10 |
| 1.4 Автофургон..... | 12 |
| 1.5 Фудконтейнер..... | 13 |
| 1.6 Особенности фудтраков | 14 |
| 1.7 Особенности оборудования | 16 |
| 2 Конструкция павильона..... | 17 |
| 2.1 Общее представление прицепа | 17 |
| 2.2 Металлическая рама..... | 17 |
| 2.3 Подвеска..... | 18 |
| 2.4 Тягово-сцепное устройство (тормоз наката) | 19 |
| 3 Технология сборки прицепа..... | 24 |
| 4 Тягово-динамический расчёт автомобиля с учётом прицепа | 26 |
| 4.1 Исходные данные | 26 |
| 4.2 Подготовка исходных данных для тягового расчета | 26 |
| 4.3 Определение передаточного числа главной передачи | 28 |
| 4.4 Расчёт внешней скоростной характеристики двигателя | 29 |
| 4.5 Передаточные числа коробки передач | 33 |
| 4.6 Тяговый баланс | 37 |
| 4.7 Динамическая характеристика..... | 43 |
| 4.8 Разгон автомобиля | 45 |
| 4.9 Мощностной баланс..... | 55 |
| 4.10 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля | 58 |

| | | |
|-----|---|----|
| 5 | Безопасность объекта дипломного проектирования. Безопасность участка сборки | 61 |
| 5.1 | Краткая техническая характеристика объекта дипломного проектирования | 61 |
| 5.2 | Профессиональные риски объекта дипломного проектирования..... | 64 |
| 5.3 | Методы и средства снижения профессиональных рисков | 66 |
| 5.4 | Обеспечение пожарной безопасности участка сборки | 68 |
| 5.5 | Обеспечение экологической безопасности | 70 |
| 6 | Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки | 72 |
| 6.1 | Описание участка и производимых работ..... | 72 |
| 6.2 | Расчет затрат на расходные материалы, используемые на сборочном участке..... | 73 |
| 6.3 | Расчет затрат на амортизационные отчисления на сборочном участке | 75 |
| 6.4 | Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки | 76 |
| 6.5 | Расчет затрат на заработную плату персонала..... | 79 |
| | Заключение | 83 |
| | Список используемых источников..... | 84 |
| | Приложение А Спецификация | 89 |

Введение

Современные выставочные и торговые мероприятия требуют мобильных и удобных решений, позволяющих быстро разворачивать инфраструктуру в различных условиях. Передвижные павильоны являются одним из ключевых элементов таких мероприятий, обеспечивая защиту от внешних воздействий и комфорт для участников. Однако их эффективная эксплуатация во многом зависит от надежности и устойчивости конструкции, особенно при транспортировке и установке на неровных поверхностях.

Важнейшим компонентом, обеспечивающим устойчивость и плавность перемещения павильона, является подвеска. Её разработка требует учета множества факторов, включая тип шасси, условия эксплуатации, нагрузку на конструкцию, а также требования к маневренности и долговечности. В данной работе рассматриваются основные аспекты проектирования подвески для передвижного павильона, анализируются возможные технические решения и обосновывается выбор оптимальной конструкции. [46]

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения мобильности и надежности передвижных сооружений, что особенно важно для выставочной и событийной индустрии. Цель работы – разработать эффективную подвеску, обеспечивающую стабильность и безопасность павильона при перемещении и эксплуатации. В рамках исследования будут рассмотрены различные типы подвесок, проведен анализ нагрузок, а также предложены инженерные решения, направленные на оптимизацию конструкции. [9]

Работа включает расчеты прочности, моделирование динамических характеристик и оценку экономической целесообразности предлагаемых решений. Результаты исследования могут быть использованы при проектировании аналогичных мобильных конструкций, а также для дальнейшего совершенствования подвесных систем.

Передвижные павильоны, представляющие собой мобильные торговые точки или выставочные комплексы, приобретают все большую популярность в сфере малого бизнеса, организации мероприятий и предоставления услуг. Они обеспечивают гибкость в выборе места расположения, позволяют оперативно реагировать на изменение потребительского спроса и значительно снижают затраты на аренду стационарных помещений. Одним из наиболее удобных и экономически эффективных способов реализации передвижного павильона является его создание на базе автомобильного прицепа.

Актуальность данной работы обусловлена растущим спросом на мобильные торговые и выставочные решения, а также возможностью создания экономически выгодного и функционального передвижного павильона на базе автомобильного прицепа. Разработка индивидуальной конструкции павильона позволит максимально учесть потребности конкретного бизнеса или мероприятия, оптимизировать внутреннее пространство и обеспечить удобство для продавцов и покупателей. Существующие на рынке решения могут не соответствовать требованиям по размерам, функциональности, дизайну или стоимости, что делает разработку собственного проекта актуальной задачей.[32]

Целью данной работы является разработка конструкции передвижного павильона на базе автомобильного прицепа, обеспечивающего функциональность, удобство эксплуатации и соответствие требованиям безопасности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Провести анализ существующих конструкций передвижных павильонов на базе автомобильных прицепов и выявить их преимущества и недостатки;
- Определить требования к конструкции передвижного павильона, учитывающие его функциональное назначение, условия эксплуатации, требования безопасности и нормативные требования;

- Разработать принципиальную схему и конструкцию павильона, включая раму, стены, крышу, двери, окна, внутреннюю отделку и систему электроснабжения;

- Выполнить расчеты прочности и устойчивости предложенной конструкции с использованием соответствующих методов;

- Разработать техническую документацию на передвижной павильон;

- Оценить экономическую целесообразность изготовления разработанного павильона;

Объектом исследования является передвижной павильон на базе автомобильного прицепа.

Предметом исследования являются конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики передвижного павильона, обеспечивающие его функциональность, удобство эксплуатации и соответствие требованиям безопасности.

Методы исследования: В работе используются методы теоретического анализа, инженерного проектирования, расчета прочности, а также анализ технической документации и нормативных требований.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанной конструкции передвижного павильона для изготовления павильона, предназначенного для организации торговли, выставок, оказания услуг или проведения мероприятий. Разработанный павильон может быть использован для личных нужд, а также для коммерческой деятельности.[38]

1 Назначение передвижного павильона

1.1 Понятие и общее представление передвижного павильона

Передвижные павильоны – это мобильные конструкции, предназначенные для временного или постоянного использования в различных сферах деятельности. Они сочетают в себе функциональность стационарных сооружений и преимущества мобильности, что делает их востребованными в торговле, выставочной деятельности, общественном питании, сфере услуг и даже в жилищном строительстве. [37]

Основное отличие передвижных павильонов от традиционных зданий – возможность их быстрой транспортировки и установки на новом месте без значительных затрат времени и ресурсов. Это позволяет оперативно адаптироваться к изменяющимся условиям рынка и потребностям бизнеса. [16]



Рисунок 1 - Передвижной павильон на базе автомобильного прицепа

1.2 Определение передвижного павильона

Передвижной павильон – это сборно-разборная конструкция модульного типа, оснащенная необходимыми коммуникациями и оборудованием, которая может перемещаться с одного места на другое с помощью транспортных средств или собственных механизмов (рисунок 1).

К ключевым характеристикам передвижных павильонов относятся:

Мобильность – возможность перевозки автомобильным, железнодорожным или иным транспортом.

Быстрота развертывания – минимальные сроки установки и ввода в эксплуатацию.

Универсальность – адаптация под различные нужды (торговля, выставки, кафе, офисы и т. д.).

Автономность – некоторые модели оснащаются независимыми системами энергоснабжения, водоснабжения и канализации.

На рисунке 2 в качестве примера решения вопроса о создании мобильного передвижного павильона представлена автолавка на базе грузового автомобиля ГАЗ-51. [26]



Рисунок 2 – Автолавка

1.3 Конструктивные особенности

Передвижные павильоны изготавливаются из легких и прочных материалов, обеспечивающих долговечность и удобство транспортировки.

Основные варианты конструкций:

Каркасные павильоны – основу составляет металлический или алюминиевый каркас, обшитый сэндвич-панелями, пластиком или деревом.

Модульные блоки – состоят из готовых секций, которые соединяются на месте эксплуатации.

Трансформеры – раскладные конструкции, увеличивающие полезную площадь после установки.

Контейнерные решения – на базе морских или специальных контейнеров, удобные для перевозки.

В зависимости от назначения павильоны могут иметь остекление, системы отопления, вентиляции, освещения и другие инженерные коммуникации. На рисунках 3, 4 представлены разновидности прицепных павильонов:



Рисунок 3 - Современный фудтрак



Рисунок 4 - Фудтрак-прицеп

1.4 Автофургон

Автофургон — это грузовое транспортное средство, предназначенное для перевозки различных товаров, материалов или оборудования в закрытом кузове. Он представляет собой автомобиль (как правило, на шасси грузовика или микроавтобуса), оснащённый герметичным фургоном, который обеспечивает защиту груза от внешних воздействий: осадков, перепадов температур, ветра, пыли и возможных хищений. [44]

Автофургоны широко применяются в логистике, торговле, курьерских службах, а также в сфере обслуживания (например, как мобильные мастерские или передвижные лаборатории). В зависимости от конструкции и назначения они могут быть оборудованы дополнительными элементами: системами крепления груза, холодильными установками (рефрижераторами), гидробортами или боковыми дверями для удобства погрузки. [19]

Классификация автофургонов:

По типу кузова:

- Цельнометаллические – имеют жёсткий каркас и обшивку из металла или композитных материалов;
- Тентованные – оснащены раздвижным или съёмным тентом, что облегчает погрузку с разных сторон;
- Изотермические – с теплоизоляцией для перевозки скоропортящихся грузов;
- Рефрижераторы – с холодильной установкой для поддержания низких температур.

«По грузоподъёмности:

- Лёгкие (до 1,5 тонн) – на базе микроавтобусов (например, Mercedes Sprinter, Ford Transit);
- Средние (1,5–5 тонн) – на шасси среднетоннажных грузовиков (ГАЗель NEXT, Volkswagen Crafter);
- Тяжёлые (свыше 5 тонн) – крупногабаритные фургоны»[6] для междугородних перевозок (Volvo, MAN, Scania).

По назначению:

- Универсальные – для транспортировки различных грузов;
- Специализированные – например, для перевозки мебели, продуктов, опасных веществ или животных.

Преимущества автофургонов:

- Защита груза от внешних факторов;
- Возможность перевозки хрупких и ценных товаров;
- Разнообразие моделей под разные задачи;
- Удобство погрузки/разгрузки благодаря различным типам дверей (распашные, сдвижные, задний борт).

Таким образом, автофургон является универсальным транспортным средством, играющим важную роль в современной логистике и коммерческой деятельности «(рисунок 5).



Рисунок 5 - Автофургон

1.5 Фудконтейнер

Ограниченная мобильность не позволяет их назвать полноценным траком. Хотя в них также есть свои преимущества и особенности. Такие контейнеры пока проще в плане оформления и получения разрешений, поскольку законодательство страны не выделяет такое понятие как фудтрак.

Но для передвижения такой точки питания понадобится тягач, что значительно усложнит бизнес и потребуются большие затраты (рисунок 6).



Рисунок 6 - Фудконтейнер»[1]

1.6 Особенности фудтраков

Фудтрак (от англ. *food truck* – «грузовик с едой») – это мобильный пункт питания, представляющий собой автомобиль или прицеп, оборудованный кухней для приготовления и продажи пищи. Фудтраки стали популярны благодаря своей мобильности, разнообразию меню и возможности быстрого обслуживания клиентов. Они встречаются на улицах городов, фестивалях, корпоративных мероприятиях и в местах большого скопления людей. [32]

Конструкция и оснащение:

Современный фудтрак – это не просто автомобиль с прилавком, а полноценная мини-кухня на колесах. Его основные элементы: Шасси – основа фудтрака, которая может быть грузовиком, микроавтобусом или прицепом (рисунок 7).

Кухонное оборудование – гриль, фритюрница, плита, холодильник, кофемашина и др. Зона обслуживания – окно или раздвижная стойка для

приема заказов и выдачи еды. Коммуникации – электричество (генератор или подключение к сети), водоснабжение, вентиляция. Дизайн и брендинг – яркая вывеска, логотип и оформление, привлекающее внимание. [27]



Рисунок 7 – Мобильный фудтрак

Преимущества фудтраков:

Мобильность – можно менять локации в зависимости от спроса. Низкие стартовые затраты по сравнению с рестораном. Гибкость меню – легко адаптироваться к трендам (например, веганская еда, стрит-фуд). Быстрое обслуживание – клиенты получают еду за несколько минут.

Популярные направления

Фудтраки могут специализироваться на:

- Бургерах и хот-догах;
- Азиатской кухне (суши, вок, шаурма);
- Десертах (пончики, мороженое, чуррос);
- Здоровом питании (смузи, боулы, салаты).

Перспективы развития:

С развитием культуры уличной еды фудтраки становятся не просто точками питания, а частью гастрономического туризма. В будущем возможны:

- Автоматизация заказов через приложения;
- Использование экологичных материалов;
- Популяризация фудтрак-фестивалей.

Фудтрак – это удобный и перспективный бизнес, который продолжает завоевывать рынок благодаря своей доступности и креативности. [10]

1.7 Особенности оборудования

«Внутри павильона может использоваться различная конфигурация и наполнение. В зависимости от предназначения. На производствах, создающих фудтраки на заказ, учитываются пожелания заказчиков, соблюдая при этом единые правила по безопасности и организации внутреннего пространства, представленные на рисунке 8.»[22]



Рисунок 8 – «Оборудование фудтрака»

Далее будут приведены одни из наиболее часто устанавливаемых предметов в павильоне, такие как:

- разделочные столы, варочные поверхности, духовки, холодильники, плиты, системы вентиляции, вытяжка, мойка, туалет, система подачи воды, мусорные контейнеры, раковины, стол для выдачи блюд и пр. Конечно всё это будет находится в одних из самых дорогих павильонов, которых действительно очень много. Но небольшой процент фудтраков не будет включать в себя даже умывальники, не говоря уже про туалеты.»[1]

2 Конструкция павильона

2.1 Общее представление прицепа

«За основу будущего фудтрака, взята конструкция типа классического прицепа. Производится изготовление рамы, по средствам сварки металлических труб между собой. Также понадобится прикрепить к раме прицепа - дышло, для соединения прицепа с автомобилем. А к дышлу крепится тягово-сцепное устройство, для их совместного движения [3]. Торможение прицепа совместно с автомобилем будет осуществляться отдельно приобретённым тормозом наката устанавливаемом на дышло. Соединение рамы и колёс будет осуществляться с помощью рессорной подвески, а гашением колебаний займутся амортизаторы. За обеспечение дополнительной устойчивости будут отвечать специальные домкраты, также крепящиеся к прицепу.»[4].

2.2 Металлическая рама

«Габаритные размеры рамы, с учётом удобства размещения внутренних предметов, а также устойчивости и удобства перемещения самого прицепа были приняты размеры: длина 2,4м, высота 2,17м, ширина 2м, остальные размеры более подробно указаны на чертежах. «Модель прицепа берется одноосной, чтобы обеспечить меньший вес всей конструкции», кроме того одной оси данному типу фудтрака вполне достаточно. Данная конструкция предполагает нагрузку с максимальным весом 250 кг. Этот объект будет предполагать большой объем в сравнении с похожими прицепами в данном ценовом диапазоне, что естественно является огромным плюсом ведь внутренний объем важен для размещения внутренних предметов, а также перемещения в самом прицепе.»[1, 7]

2.3 Подвеска

«В конструкцию подвески входят две задние рессоры GAZ 32212912101004, каждая состоит из трёх листов. Крепятся они с помощью болтов и алюминиевой пластины к балке моста прицепа. И два газомасленных амортизатора от автомобиля УАЗ-3160, крепящихся на пластины крепления для амортизатора и к лонжеронам нашего павильона. Изображена рессора на рисунке 9, а амортизатор на рисунке 10.[1]



Рисунок 9 - Рессора GAZ 32212912101004



Рисунок 10 - Амортизаторы УАЗ-3160»[1]

«Дышло прицепа СЗАП 8350-2707010 (А-образное) будет прикручиваться к раме прицепа для совместного движения с автомобилем, расположения на нём тягово-сцепного устройства (тормоза наката) и колёсика. Оно будет показано на рисунке 11 без пластины крепления.»[1]



Рисунок 11 - Дышло СЗАП 8350-2707010 (А-образное)

2.4 Тягово-сцепное устройство (тормоз наката)

Передвижные павильоны, используемые для торговли, выставок, оказания услуг и проведения различных мероприятий, требуют надежного и безопасного соединения с тягачом для транспортировки. Тягово-сцепное устройство (ТСУ) играет ключевую роль в обеспечении безопасности и эффективности перемещения павильона, поскольку именно оно передает тяговые и тормозные усилия от автомобиля к прицепу (павильону) и наоборот. Некорректно спроектированное или неисправное ТСУ может стать причиной отсоединения прицепа во время движения, что чревато серьезными последствиями и угрозой безопасности.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью обеспечения надежности и безопасности эксплуатации передвижных павильонов путем разработки или выбора оптимального тягово-сцепного устройства. Существующие ТСУ могут не соответствовать требованиям по грузоподъемности, типу соединения, наличию демпфирующих элементов или

удобству использования. В некоторых случаях требуется разработка специального ТСУ, адаптированного к конкретным условиям эксплуатации и конструкции передвижного павильона. Анализ различных типов ТСУ, расчет их нагрузок и выбор оптимального решения для конкретного павильона является важной инженерной задачей.

Целью данной работы является разработка или выбор оптимального тягово-сцепного устройства для передвижного павильона, обеспечивающего надежное и безопасное соединение с тягачом, а также соответствие требованиям нормативных документов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Провести анализ существующих типов тягово-сцепных устройств и выявить их преимущества и недостатки;

- Определить требования к тягово-сцепному устройству передвижного павильона, учитывающие массу павильона, условия эксплуатации, требования безопасности и нормативные требования;

- Выполнить расчет нагрузок, действующих на ТСУ во время движения павильона;

- Разработать или выбрать оптимальную конструкцию ТСУ, учитывающую требования к прочности, надежности, удобству эксплуатации и стоимости;

- Проверить соответствие выбранной конструкции ТСУ требованиям нормативных документов;

- Разработать техническую документацию на ТСУ.

Объектом исследования является тягово-сцепное устройство передвижного павильона.[17]. Предметом исследования являются конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики тягово-сцепного устройства, обеспечивающие надежное и безопасное соединение павильона с тягачом. Представлено на рисунке 12.»[3]

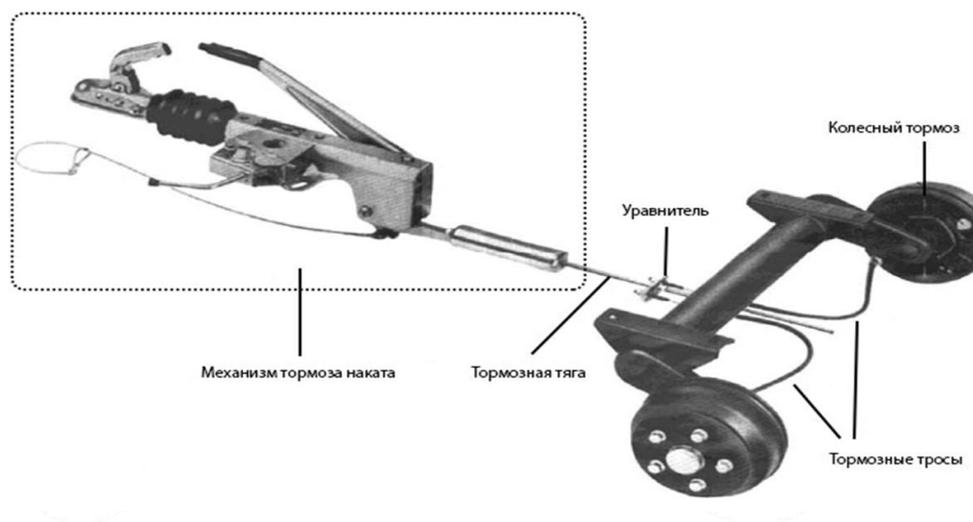


Рисунок 12 - Механическая инерционная тормозная система

Методы исследования: В работе используются методы теоретического анализа, инженерного проектирования, расчета прочности, а также анализ технической документации и нормативных требований. [31]

Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанного или выбранного ТСУ для комплектации передвижного павильона, обеспечивающего безопасную и надежную транспортировку. Разработанное ТСУ может быть использовано как для новых павильонов, так и для модернизации существующих.[13].

Принцип работы тормозной системы с тормозом наката показан на схеме рисунка 13:

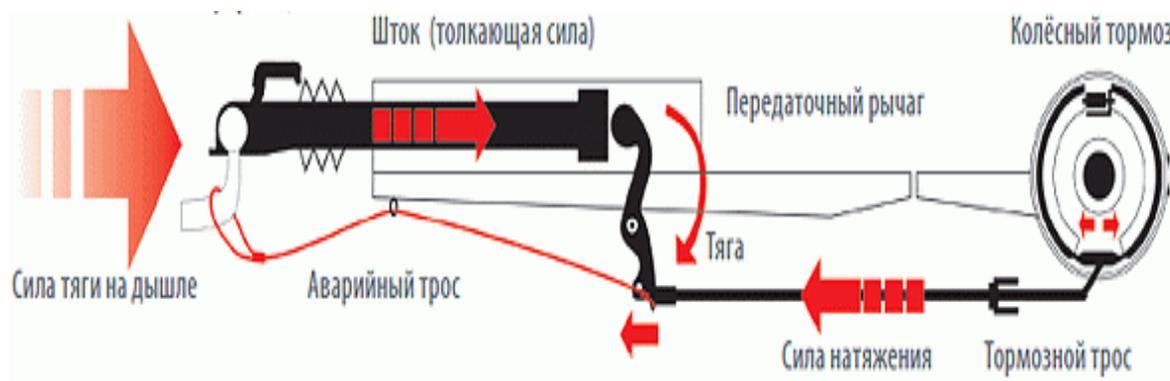


Рисунок 13 - Схема работы тормозной системы с тормозом наката[1]

«Принцип действия таков: при торможении автомобиля прицеп наезжает (надавливает, накатывается) по инерции на сцепной шар ТСУ (тягово-сцепного устройства автомобиля) [8]. При этом внутри механизма тормоза наката (по-простому — сцепной головки) установлена пружина, которая, сдавливаясь, передает усилие на рычаг с тормозными тросиками, а они уже, в свою очередь, через регулятор (распределитель) тормозного усилия раздвигают тормозные колодки в барабанах.

Устройство механизма тормоза наката (МТН).

Механизм тормоза наката (МТН) или просто «тормоз наката» — устройство, управляющее торможением прицепа, показан на рисунке 14.



Рисунок 14 - Механизм тормоза наката AL-KO VKT 100161 S 950-1600

Основные составные части механизма тормоза наката показаны на рисунке 15: »[1]

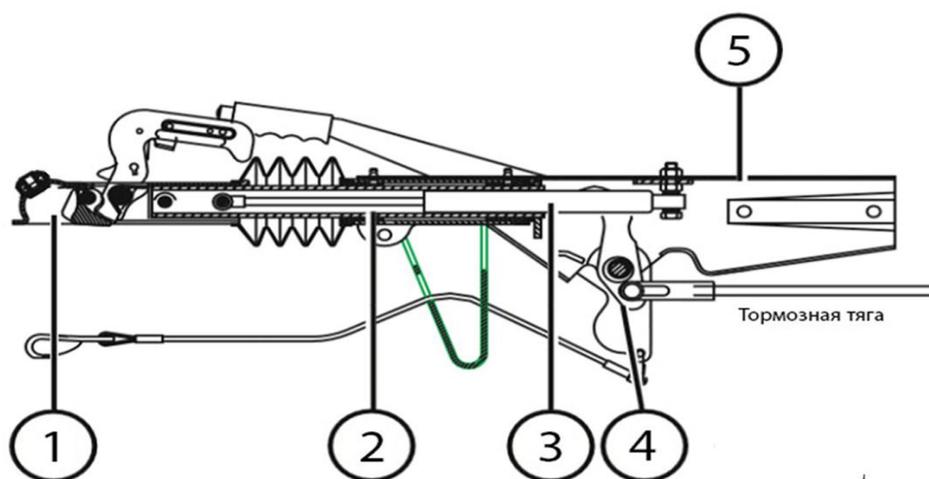


Рисунок 15 - Схема тормоза наката

Вывод:

Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанного или выбранного ТСУ для комплектации передвижного павильона, обеспечивающего безопасную и надежную транспортировку. Разработанное ТСУ может быть использовано как для новых павильонов, так и для модернизации существующих. [30]

3 Технология сборки прицепа

«Большая цена готового объекта является ещё большей мотивацией для создания фудтрака своими силами. »[1] «Для работы, кроме металлических трубок и шасси, следует подготовить столярные инструменты, деревянные бруски, рейки, доски, фанеру, крепёж, фурнитуру, металлопрофиль.»[17] «Работы выполняют в следующей последовательности:

1. «Для создания рамы металлические трубки прикрепляют к магнитному уголку, выполняют сварочные прихватки, снимают магнитный уголок, выполняют сварочные швы. После зачищают все сварочные соединения углошлифовальной машинкой с диском. Выполняется антикоррозионная обработка мастикой, особое внимание уделяется нижнему основанию;

2. Устанавливается подвеска (рессоры и амортизаторы прикручиваются к раме и балке моста), тормозной барабан с приводом, ступица и колёса.

3. Дышло также прикручивается, к нему крепим тягово-сцепное устройство и тормоз наката соединяем с механическим приводом тормозного барабана. Устанавливаем колёсико дышла, после чего прицеп может стоять неподвижно самостоятельно.

4. Каркас делается из деревянных досок, которые укладываются и закручиваются на крепежные элементы к раме кузова.

5. Из листов шпона (тонкий древесный материал) делается обшивка по всей площади прицепа, кроме нижнего основания, а именно они прикрепляются с помощью болтов и гаек к раме. Все отверстия под дверь и окна должны быть вырезаны заранее.

6. Стенки прицепа с внешней стороны отделываются листовым алюминием.

7. По форме фургона над полками с обеих сторон изгибается фанерный лист, поверх закрепляется силовой каркас из бруса. Все фанерные изделия тщательно шлифуются для дальнейшей покраски и лакировки. »[1]

8. «Прикрепляется теплоизоляция, для улучшения её характеристик утеплитель можно уложить в два слоя;

9. Вставляются пластиковые проставки и окна в специально отведённые под них места;

10. Всё покрывается лаком и при каждом нанесении обязательно хорошо просушивается;

11. Монтируется дверь с петлями, на саму дверь ставится алюминиевая рамка;

12. Снаружи всё накрывается тканью ПВХ и прибивается она гвоздями к фанере;

13. Для надёжности отсутствия опрокидывания прицепа прикрепляем домкраты.

14. Из мебельного щита собираются полки и шкафы, рабочий стол, и ставится вся остальная мебель;

15. Ставится бак с водой, кофемашина, генератор, отопительный элемент (печка), укладывается проводка, прикручиваются розетки, раскладываются все остальные предметы нужные для работы;

16. Все элементы закрепляются, устанавливаются габаритные огни, крылья колес, светодиодные ленты. Для того чтобы предотвратить выброс гравия, камней, грязи и т.д., над колесами устанавливают боковые крылья.

Вывод: для создания передвижного павильона потребуется много усилий и времени, но затем прицеп будет собран и уже готов к эксплуатации.»[7]

Перечень элементов прицепа приведен в приложении А на рисунках А.1 А.2 и А.3.

4 Тягово-динамический расчёт автомобиля с учётом прицепа

4.1 Исходные данные

В таблице 1 «приведены исходные данные».

Таблица 1 – Исходные данные

| Параметры | Значения |
|---|---------------------------------|
| Компоновочная схема автомобиля | Переднеприводный |
| Длина, мм | 4040 |
| Ширина, мм | 1700 |
| Высота, мм | 1500 |
| Масса в снаряженном состоянии, кг | 1080 |
| Масса прицепа, кг | 500 |
| Шины | 185/60R14 |
| Коэффициент сопротивления качению f_0 | 0,014; |
| Коэффициент аэродинамического сопротивления C_x | 0,41 |
| Передаточное число главной пары | 3,9 |
| Передаточные числа коробки передач | 3,63; 1,95; 1,36; 0,94; 0,78 |
| Двигатель | 1,6 л. 8 кл. |
| Эффективная мощность двигателя $N_e(\max)$, кВт / об/мин | 59,5 / 5200 |
| Эффективный момент двигателя $M_e(\max)$, Нм / об/мин | 120/2700 |
| Минимальная устойчивая частота вращения двигателя $n_e(\min)$, об/мин | 800-1000 |
| Максимальная устойчивая частота вращения двигателя $n_e(\max)$, об/мин | 5600-6000 |
| Коэффициент уклона дороги i , | 0,32 |
| Максимальная скорость автомобиля, км/ч (м/с) | 165 (46) |
| Максимальная скорость автомобиля с прицепом, км/ч (м/с) | 90 (25) »[1] |

4.2 Подготовка исходных данных для тягового расчета

«Полная масса для легковых автомобилей рассчитывается по формулам приведенным ниже» [18]:

$$m_a = m_0 + m_ч n + m_б, \quad (1)$$

где m_0 – «снаряженная масса автомобиля, кг;

$m_{\text{ч}}$ – масса человека 75 кг;

n – число пассажиров, включая водителя;

$m_{\text{б}}$ – масса багажа по 10,0 кг на одного пассажира;

$$m_a = 1080 + 75 \cdot 5 + 50 = 1505 \text{ кг}$$

Полная масса автомобиля с прицепом будет находится по формуле:

$$m = m_a + m_n \quad (2)$$

где m_n – масса прицепа;

$$m = 1505 + 500 = 2005 \text{ кг} \gg [1]$$

«Зная размер шин, определяют статистический радиус колеса» [18]:

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

где d – «посадочный диаметр = 14 дюймов = 0,356 м;

λ_z – коэффициент вертикальной деформации для тороидных шин;

H – высота профиля шины = 60% от 0,185 = 0,111 м ;

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot 0,356 + 0,86 \cdot 0,111 = 0,273 \text{ м} \gg [17]$$

«На дорогах с твёрдым покрытием $r_{\text{ст}} \sim r_{\text{д}} \sim r_{\text{к}}$,

где $r_{\text{д}}$ – динамический радиус колеса» [18];

$r_{\text{к}}$ – «радиус качения колеса.

Коэффициент обтекаемости:

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2} \quad (4)$$

где: ρ – плотность воздуха в нормальных условиях (760 мм рт. ст. = 1,293 кг/м³);

C_x - коэффициент аэродинамического сопротивления. »[1]

$$k = \frac{0,41 \cdot 1,293}{2} = 0,265 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4}$$

«При расчетах F – площадь миделя легковых автомобилей со стандартным кузовом определяют по приближенной формуле» [18]:

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

где B_{Γ} – «габаритная ширина автомобиля, м;

H_{Γ} – габаритная высота автомобиля, м.

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

«При небольшой скорости автомобиля (до 10–15 м/с) коэффициент сопротивления качению f считают постоянным. При движении автомобиля с большей скоростью он возрастает вследствие энергетических потерь в шине. Для определения коэффициента сопротивления качению в зависимости от скорости пользуются эмпирической формулой» [18]:

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V^2}{2000}\right) \quad (6)$$

где f_0 – «коэффициент сопротивления качению при движении автомобиля с малой скоростью;

V – максимальная скорость автомобиля, м/с. 165 км/ч = 46 м/с

$$f = 0,014 \cdot \left(1 + \frac{46^2}{2000}\right) = 0,029$$

4.3 Определение передаточного числа главной передачи»[1]

«Передаточное число главной передачи U_0 определяется исходя из максимальной скорости автомобиля» [18]

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \cdot \frac{\omega_{\max}}{V_{\max}} \quad (7)$$

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

U_k – «передаточное число высшей передачи в коробке передач, на которой обеспечивается максимальная скорость автомобиля» [18].

$$\omega_{\max} = \frac{n_{e\max} \cdot \pi}{30} \quad (8)$$

где $n_{e\max}$ – «максимальная устойчивая частота вращения двигателя»[1]

$$\omega_{\max} = \frac{6000 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \cdot 3,14}{30} = 628 \text{ с}^{-1}$$

$$U_0 = \frac{0,273}{0,78} \cdot \frac{628}{46} = 4,78$$

«Для автомобиля с прицепом:

$$U_0 = \frac{0,273}{0,78} \cdot \frac{628}{23} = 9,56$$

4.4 Расчёт внешней скоростной характеристики двигателя»[3]

«Первоначально определяют мощность двигателя при максимальной скорости автомобиля N_V (в Вт) по формуле мощностного баланса с учетом КПД трансмиссии» [18]:

$$N_v = (G_a \cdot \Psi_v \cdot V_{\max} + \frac{C_x}{2} \cdot \rho \cdot F \cdot V_{\max}^3) \quad (9)$$

где Ψ_v – «коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля;

$G_a = m_a g$ – полный вес автомобиля, Н;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения. »[1]

«Для легковых автомобилей коэффициент суммарного дорожного сопротивления назначают равным коэффициенту качения при максимальной скорости» [18].

$$\Psi_v = f = 0,029$$

$$N_v = \frac{1}{0,92} \cdot (1505 \cdot 9,81 \cdot 0,029 \cdot 46 + \frac{0,41}{2} \cdot 1,293 \cdot 2,04 \cdot 46^3) = 78617 \text{ Вт} \approx 78,62$$

«кВт

Для автомобиля с прицепом:

$$N_{vII} = \frac{1}{0,92} \cdot ((1505+500) \cdot 9,81 \cdot 0,029 \cdot 25 + \frac{0,41}{2} \cdot 1,293 \cdot 2,04 \cdot 25^3) = 24683 \text{ Вт} \approx$$

24,68 кВт

Далее находят максимальную мощность двигателя в зависимости от его типа по формуле:

$$N_{\max} = \frac{Nv}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3} \quad (10)$$

где a, b, c - эмпирические коэффициенты, приведенные в табл. 6;
Значение коэффициентом запишем в таблицу 2.

Таблица 2 - Значения коэффициентов для расчета внешней скоростной характеристики»[24]

| Тип двигателя | a | b | c |
|---------------|-----|-----|-----|
| Бензиновый | 1 | 1 | 1 |

«Отношение частот вращения коленчатого вала при максимальной скорости к частоте вращения коленчатого вала при максимальной мощности» [18]:

$$\lambda = \frac{\omega_{\max}}{\omega_n} \quad (11)$$

«для легковых автомобилей с бензиновыми двигателями $\lambda = 0,9-1,15$;

Принимаем $\lambda = 1,11$

$$N_{\max} = \frac{78617}{1 \cdot 1,11 + 1 \cdot 1,11^2 - 1 \cdot 1,11^3} = 80677 \text{ Вт} \approx 80,68 \text{ кВт}$$

Для автомобиля с прицепом:

$$N_{\max} = \frac{24683}{1 \cdot 1,11 + 1 \cdot 1,11^2 - 1 \cdot 1,11^3} = 6654 \text{ Вт} \approx 6,654 \text{ кВт}$$

Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности:

$$\omega_n = \frac{\omega_{\max}}{\lambda} = \frac{628}{1,11} = 565 \text{ с}^{-1} \quad (12)$$

По полученным значениям N_{\max}, N_v и формуле (11) рассчитывают скоростную характеристику двигателя:

$$N_e = N_{\max} \cdot \left[a \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_n} \right) + b \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_n} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_n} \right)^3 \right] \quad (13)$$

где N_e – эффективная мощность двигателя;

ω_e – текущие значения угловой скорости коленчатого вала, рад/с;

N_e – текущее значение эффективной мощности двигателя, Вт»[3].

«Для построения кривой эффективного момента M_e (в Нм) применяют формулу» [18]:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (14)$$

«Принимаем $\omega_{\min} = 100$

Результаты измерений заносим в таблицы 3-4. Графики представлены на рисунках 16 и 17.

Таблица 3 - Расчетные данные эффективной мощности и момента двигателя

| | | | | | | | |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\omega_e,$ c^{-1} | 100 | 188 | 276 | 364 | 452 | 540 | 628 |
| $N_e,$ кВт | 16,36 | 32,81 | 49,26 | 63,89 | 74,87 | 80,37 | 78,56 |
| $M_e,$ Нм | 163,60 | 174,52 | 178,48 | 175,52 | 165,64 | 148,83 | 125,10 |

Таблица 4 - Расчетные данные эффективной мощности и момента двигателя для автомобиля с прицепом

| | | | | | | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| $\omega_e,$ c^{-1} | 100 | 188 | 276 | 364 | 452 | 540 | 628 |
| $N_e,$ кВт | 1,18 | 2,24 | 3,44 | 5,03 | 7,50 | 11,67 | 12,02 |
| $M_e,$ Нм | 11,80 | 11,91 | 12,46 | 13,82 | 16,59 | 21,61 | 19,14»[1] |

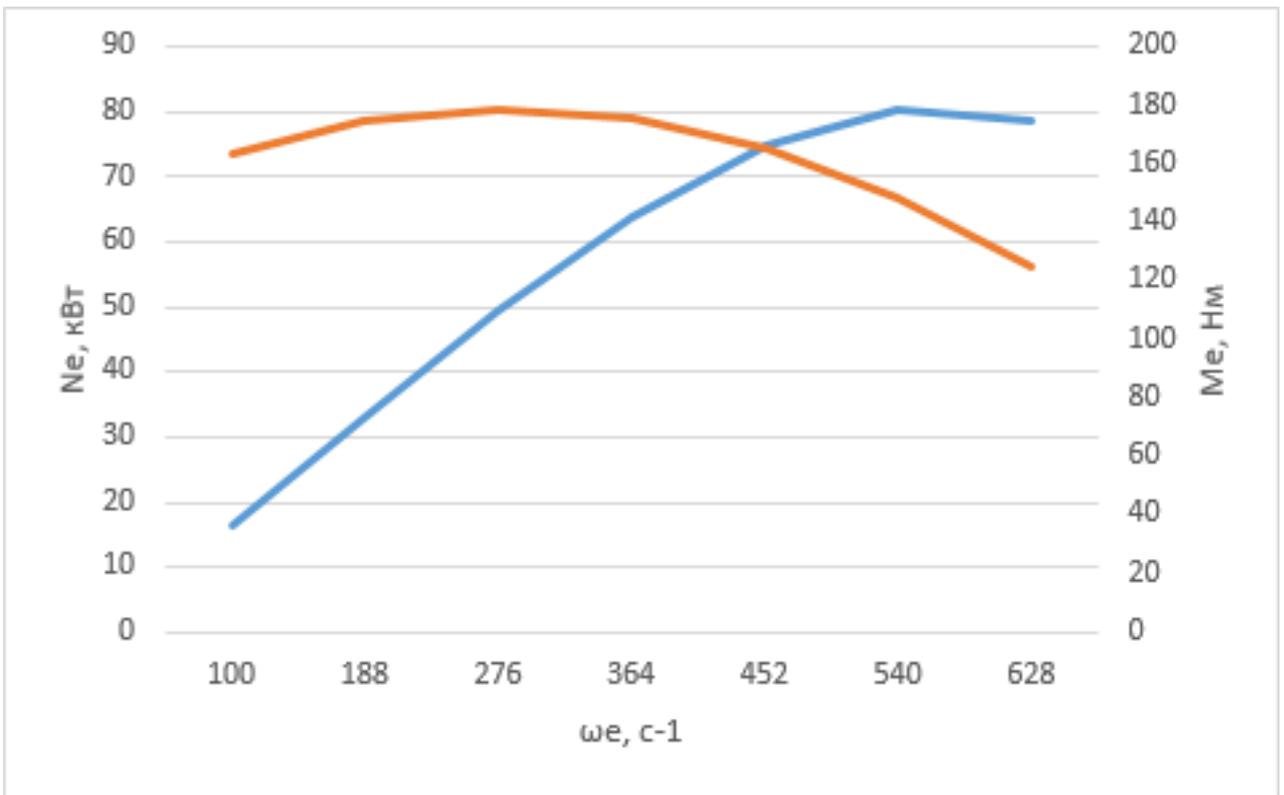


Рисунок 16 – «Внешнескоростная характеристика двигателя автомобиля

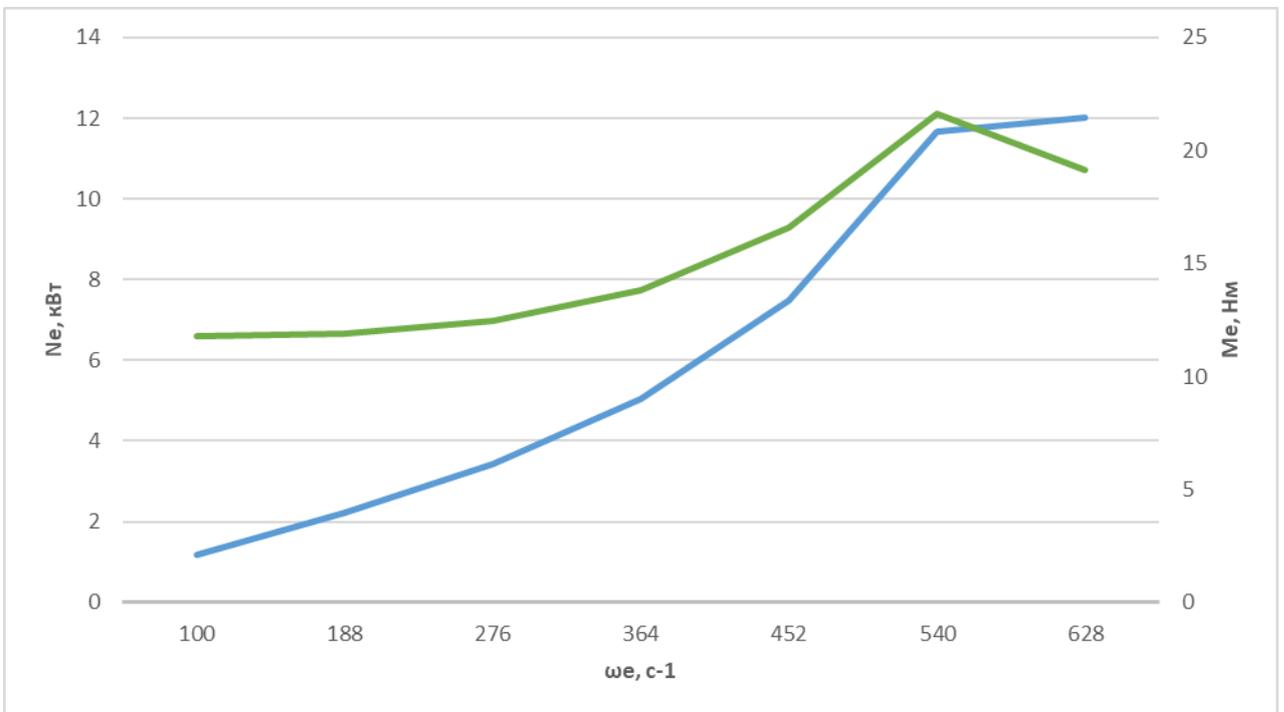


Рисунок 17 - Внешнескоростная характеристика двигателя автомобиля с прицепом»[2]

«При использовании данных следует иметь в виду, что в соответствии с требованиями ГОСТ 14846-81 двигатель на стенде испытывают без глушителя, а также без генератора и других потребителей мощности. Вследствие этого мощность и момент, указываемые в заводских характеристиках, на 10...20 % больше соответствующих параметров двигателя, установленного на автомобиле. Стендовые данные для двигателя проектируемого автомобиля»[18]:

$$N_{\text{СТ}} = (1,10 \dots 1,20)N_{\text{max}}; \quad (15)$$

$$N_{\text{max}} = \frac{59,5}{1,15} = 57,74 \text{ кВт}$$

$$M_{\text{СТ}} = (1,10 \dots 1,20)M_{\text{max}}; \quad (16)$$

$$M_{\text{max}} = \frac{120}{1,15} = 104,35 \text{ Нм}$$

где $N_{\text{СТ}}$ и $M_{\text{СТ}}$ – «стендовые мощность и момент двигателя проектируемого автомобиля;

M_{max} – максимальное значение момента, получаемое с внешней скоростной характеристики двигателя.»[17]

4.5 Передаточные числа коробки передач

«Передаточное число первой передачи определяется по заданному максимальному дорожному сопротивлению Ψ_{max} или максимальному динамическому фактору на первой передаче D_{max} . Максимальное дорожное сопротивление Ψ_{max} находится по формуле» [18] :

$$\Psi_{\text{max}} = i + f_0 \quad (17)$$

где i – коэффициент уклона

$$\Psi_{\text{max}} = 0,32 + 0,014 = 0,334$$

«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.» [18]:

$$U_{k1} \geq \frac{G_a \cdot \Psi_{\max} \cdot r_k}{M_{\max} \cdot U_0 \cdot \eta_{тр}} \quad (18)$$

где U_0 – «передаточное число главной передачи;

U_{k1} – передаточное число коробки передач при включенной первой передаче.

$$U_{k1} \geq \frac{1505 \cdot 9,81 \cdot 0,334 \cdot 0,273}{104,35 \cdot 4,78 \cdot 0,92} \geq 2,93$$

Во избежание буксования ведущих колес тяговая сила на первой передаче должна быть меньше силы сцепления колес с дорогой:»[17]

$$U_{k1} \leq \frac{G_{сц} \cdot \phi \cdot r_k}{M_{\max} \cdot U_0 \cdot \eta_{тр}} \quad (19)$$

где $G_{сц}$ – «сцепной вес автомобиля, Н;

ϕ – коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой.

Для автомобилей с приводом на передние или задние колеса

$$G_{сц1} = m_1 \cdot G_1, \text{ или } G_{сц2} = m_2 \cdot G_2, \quad (20)$$

$$G_{сц} = m_1 G_1 = 0,9 \cdot 1505 \cdot 9,81 = 13288 \text{ Н}$$

где G_1, G_2 – вес, приходящийся соответственно на переднюю и заднюю оси автомобиля;

m_1, m_2 – коэффициенты перераспределения нагрузки соответственно на передние и задние колеса.

В расчете можно принять $m_1 = 0,8 \dots 0,9$; $m_2 = 1,05 \dots 1,12$; $\phi = 0,8$ (сухое асфальтированное шоссе в хорошем состоянии).»[17]

$$U_{k1} \leq \frac{13288 \cdot 0,8 \cdot 0,273}{104,35 \cdot 4,78 \cdot 0,92} = 6,32$$

«Так как дано $U_{k1} = 3,63$, делаем проверку: $6,32 \geq 3,63 \geq 2,93$. Значение допустимо, оставляем его и запишем соответствующие значение остальных передаточных чисел. [48]

$$U_{k2} = 1,95$$

$$U_{k3} = 1,36$$

$$U_{k4} = 0,94$$

$$U_{k5} = 0,78$$

$$U_{zx} = 1,3 \cdot U_{k1} = 1,3 \cdot 3,63 = 4,72»[17]$$

«В соответствии с данными передаточными числами, произведём расчёт скорости автомобиля на разных передачах» [18].

$$V = \frac{r_k \cdot \omega_n}{U_0 \cdot U_k} \quad (21)$$

«Результаты сведём в таблицы 5-6. Графики представлены на рисунках 18 и 19.

Таблица 5 - Значение скоростей на разных передачах автомобиля

| n, об/мин | Скорость на передаче, м/с | | | | |
|-----------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | V |
| 955 | 1,57 | 2,93 | 4,20 | 6,08 | 7,32 |
| 1796 | 2,96 | 5,51 | 7,90 | 11,42 | 13,77 |
| 2637 | 4,34 | 8,08 | 11,59 | 16,77 | 20,21 |
| 3478 | 5,73 | 10,66 | 15,29 | 22,12 | 26,65 |
| 4318 | 7,11 | 13,24 | 18,98 | 27,46 | 33,10 |
| 5159 | 8,50 | 15,82 | 22,68 | 32,81 | 39,54 |
| 6000 | 9,88 | 18,39 | 26,37 | 38,16 | 45,98 |

Таблица 6 - Значение скоростей на разных передачах автомобиля с прицепом

| n, об/мин | Скорость на передаче, м/с | | | | |
|-----------|---------------------------|------|-------|-------|------------|
| | I | II | III | IV | V |
| 955 | 0,79 | 1,46 | 2,10 | 3,04 | 3,66 |
| 1796 | 1,48 | 2,75 | 3,95 | 5,71 | 6,88 |
| 2637 | 2,17 | 4,04 | 5,80 | 8,38 | 10,10 |
| 3478 | 2,86 | 5,33 | 7,64 | 11,06 | 13,33 |
| 4318 | 3,56 | 6,62 | 9,49 | 13,73 | 16,55 |
| 5159 | 4,25 | 7,91 | 11,34 | 16,40 | 19,77 |
| 6000 | 4,94 | 9,20 | 13,19 | 19,08 | 22,99»[17] |

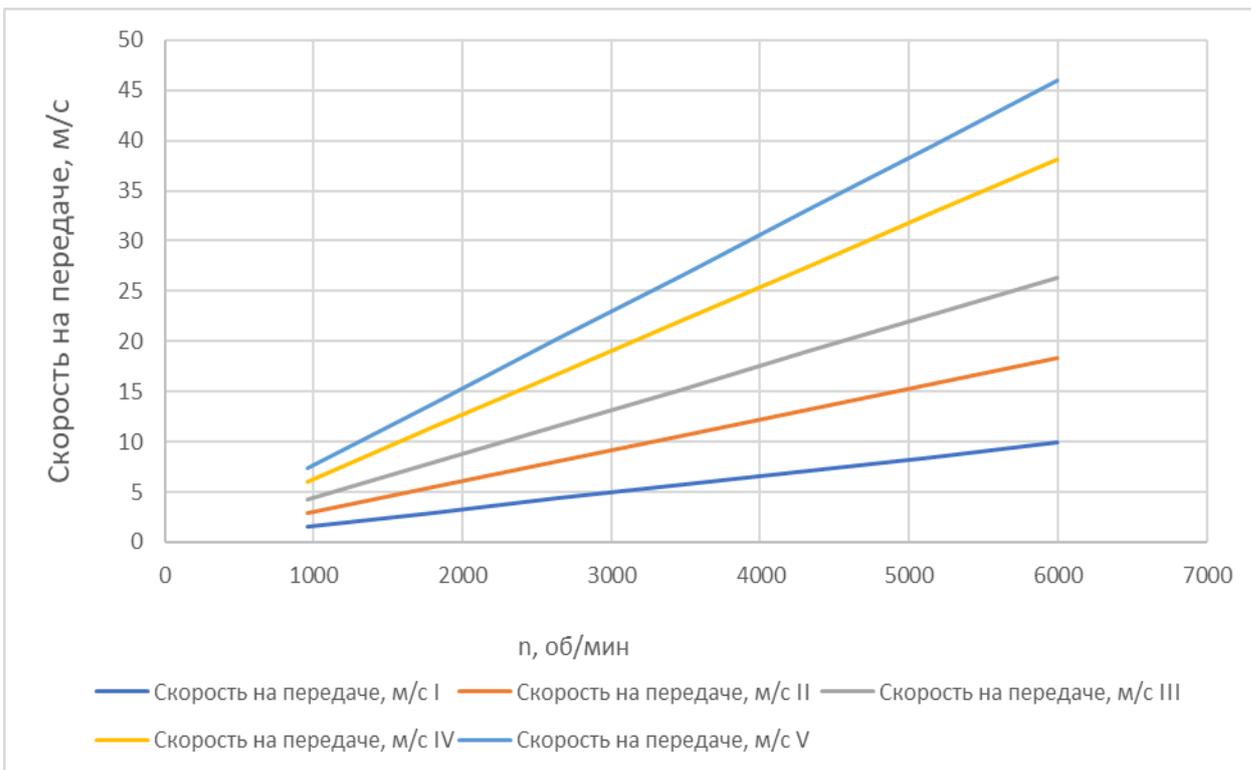


Рисунок 18 - Зависимость частоты вращения двигателя от скорости автомобиля

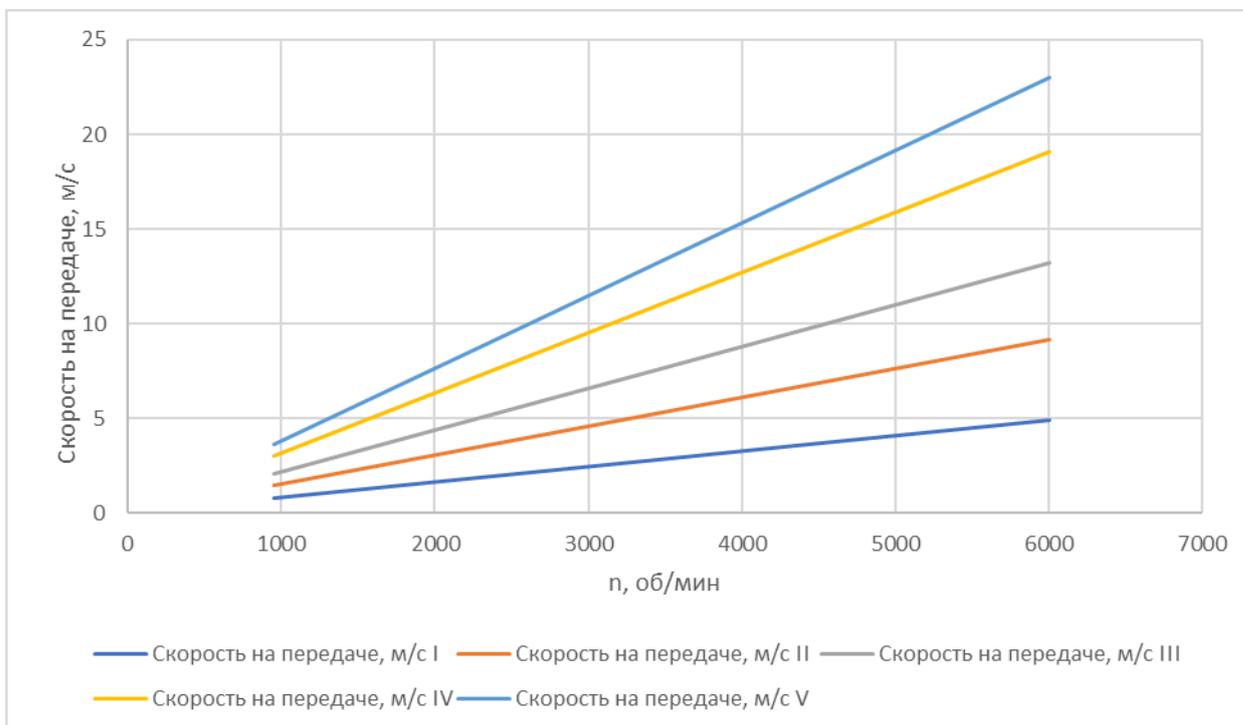


Рисунок 19 - Зависимость частоты вращения двигателя от скорости автомобиля с прицепом

4.6 Тяговый баланс

«Уравнение силового баланса:

$$F_T = F_D + F_B + F_u \quad (22)$$

где F_T – сила тяги на ведущих колесах;

F_D – сила дорожного сопротивления;

F_B – сила сопротивления воздуха;

F_u – сила сопротивления разгону автомобиля.

Силу тяги на разных передачах рассчитывают по формуле:»[17]

$$F_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot U_p \cdot M_e \cdot \eta_{TP}}{r_k} \quad (23)$$

где U_k – «передаточное число коробки передач;

M_e – величина эффективного момента двигателя, Нм;

U_p – передаточное число дополнительного редуктора.»[1]

«При движении автомобиль преодолевает силу сопротивления воздуха: [20]

$$F_B = \frac{C_x \cdot \rho \cdot A \cdot V_a^2}{2} \quad (24)$$

где, ρ - плотность воздуха;

V_a - скорость относительного движения воздуха и машины;

A - площадь наибольшего поперечного сечения автомобиля (лобовая площадь);

Для легковых автомобилей ещё раз запишем формулу:

$$A = 0,8 H_r \cdot B_r$$

где H_r – высота габаритная;

B_r – ширина габаритная.

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

C_x - коэффициент аэродинамического сопротивления (коэффициент обтекаемости).»[17]

«Сила суммарного дорожного сопротивления находим по формуле:

$$F_{\text{д}} = F_f + F_{\text{п}} \quad (25)$$

Где F_f - сила сопротивления качению;

$F_{\text{п}}$ – сила сопротивления подъёму.

Сила сопротивления качению находится по формуле:

$$F_f = G_a \cdot f_0 \cdot \cos \alpha \quad (26)$$

где f_0 – коэффициент сопротивления качению.

Сила сопротивления подъёму находится по формуле

$$F_{\text{п}} = G_a \cdot \sin \alpha \quad (27)$$

где α – крутизна подъема, град

При небольших α , характерных для большинства автомобильных дорог, считают

$$\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = i \quad \cos \alpha_{\text{д}} = 1.$$

Тогда выражения (24) и (25) используются в виде [36]

$$F_{\text{п}} = G_a \cdot i; \quad F_f = G_a \cdot f; \quad (28)$$

$$F_{\text{д}} = G_a \cdot (i + f) = G_a \cdot \Psi, \quad (29)$$

где Ψ – коэффициент суммарного сопротивления дороги;

$$\Psi = i + f$$

i – уклон дороги;

f – коэффициент сопротивления качению.

Для автомобиля с прицепом, в связи с небольшими скоростями, коэффициент сопротивления качения принимаем постоянным, следует:

$$F_{\text{д}} = 2005 \cdot 9,81 \cdot (0,32 + 0,14) = 6570 \text{ Н}$$

Суммарная сила сопротивления движению автомобиля будет равна:

$$F_{\Sigma} = F_{\text{д}} + F_{\text{в}} \quad (30)$$

Результаты расчётов сведём в таблицы 7-12: Графики представлены на рисунках 20 и 21.»[17]

«Таблица 7 - Тяговая сила на ведущих колёсах на передачах автомобиля

| n, об/мин | Тяговая сила на ведущих колёсах на передачах F_T , Н | | | | |
|-----------|--|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V |
| 955 | 9566 | 5139 | 3584 | 2477 | 2056 |
| 1796 | 10205 | 5482 | 3823 | 2643 | 2193 |
| 2637 | 10436 | 5606 | 3910 | 2703 | 2243 |
| 3478 | 10263 | 5513 | 3845 | 2658 | 2205 |
| 4318 | 9686 | 5203 | 3629 | 2508 | 2081 |
| 5159 | 8703 | 4675 | 3260 | 2254 | 1870 |
| 6000 | 7315 | 2970 | 2741 | 1894 | 1572 |

Таблица 8 - Тяговая сила на ведущих колёсах на передачах автомобиля с прицепом

| n, об/мин | Тяговая сила на ведущих колёсах на передачах F_T , Н | | | | |
|-----------|--|------|-----|-----|---------|
| | I | II | III | IV | V |
| 955 | 1380 | 741 | 517 | 357 | 297 |
| 1796 | 1393 | 748 | 522 | 361 | 299 |
| 2637 | 1457 | 783 | 546 | 377 | 313 |
| 3478 | 1616 | 868 | 606 | 419 | 347 |
| 4318 | 1940 | 1042 | 727 | 502 | 417 |
| 5159 | 2527 | 1358 | 947 | 654 | 543 |
| 6000 | 2238 | 1202 | 839 | 580 | 481»[1] |

«Таблица 9 - Сила сопротивления воздуха для автомобиля

| n, об/мин | Сила сопротивления воздуха $F_{в}$, Н | | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|---------|
| | I | II | III | IV | V |
| 955 | 1,33 | 4,64 | 9,54 | 19,99 | 28,97 |
| 1796 | 4,74 | 16,42 | 33,75 | 70,52 | 102,53 |
| 2637 | 10,19 | 35,30 | 72,64 | 152,07 | 220,86 |
| 3478 | 17,75 | 61,45 | 126,41 | 264,58 | 384,04 |
| 4318 | 27,34 | 94,79 | 194,79 | 407,74 | 592,43 |
| 5159 | 39,07 | 135,33 | 278,14 | 582,10 | 845,39 |
| 6000 | 52,78 | 182,87 | 376,01 | 787,41 | 1143,20 |

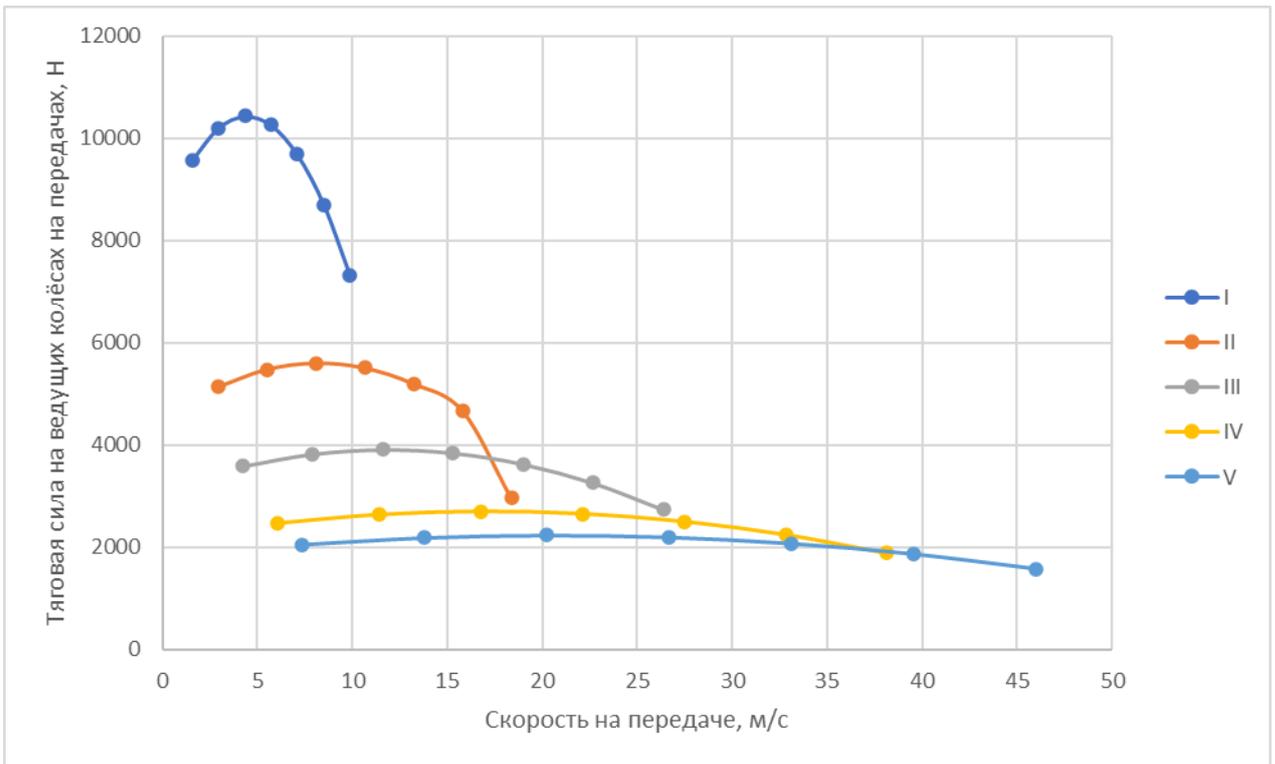
«Таблица 11 - Сила сопротивления дороги

| n, об/мин | Сила сопротивления воздуха $F_{в}$, Н | | | | |
|-----------|--|-------|-------|--------|------------|
| | I | II | III | IV | V |
| 955 | 0,34 | 1,15 | 2,38 | 5,00 | 7,24 |
| 1796 | 1,18 | 4,90 | 8,44 | 17,63 | 25,60 |
| 2637 | 2,55 | 8,83 | 18,19 | 37,97 | 55,16 |
| 3478 | 4,42 | 15,36 | 31,56 | 66,14 | 96,08 |
| 4318 | 6,85 | 23,70 | 48,70 | 101,94 | 148,11 |
| 5159 | 9,77 | 33,83 | 69,54 | 145,44 | 211,35 |
| 6000 | 13,20 | 45,77 | 94,07 | 196,85 | 285,80»[1] |

| n, об/мин | Сила сопротивления дороги F_d , Н | | | | |
|-----------|-------------------------------------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V |
| 955 | 4931 | 4932 | 4933 | 4935 | 4937 |
| 1796 | 4932 | 4934 | 4938 | 4945 | 4951 |
| 2637 | 4933 | 4938 | 4945 | 4960 | 4973 |
| 3478 | 4935 | 4943 | 4955 | 4982 | 5005 |
| 4318 | 4936 | 4949 | 4968 | 5009 | 5044 |
| 5159 | 4939 | 4957 | 4984 | 5042 | 5093 |
| 6000 | 4941 | 4966 | 5003 | 5082 | 5150 |

Таблица 12 - Суммарная сила сопротивления движению

| n, об/мин | Суммарная сила сопротивления движению F_{Σ} , Н | | | | |
|-----------|--|------|------|------|----------|
| | I | II | III | IV | V |
| 955 | 4932 | 4937 | 4943 | 4955 | 4966 |
| 1796 | 4937 | 4950 | 4972 | 5016 | 5053 |
| 2637 | 4943 | 4973 | 5018 | 5112 | 5194 |
| 3478 | 4953 | 5003 | 5081 | 5247 | 5285 |
| 4318 | 4963 | 5044 | 5163 | 5314 | 5636 |
| 5159 | 4976 | 5092 | 5266 | 5524 | 5939 |
| 6000 | 4993 | 5149 | 5279 | 5869 | 6293»[1] |



«Рисунок 20 - Зависимость тяговой силы от скорости автомобиля

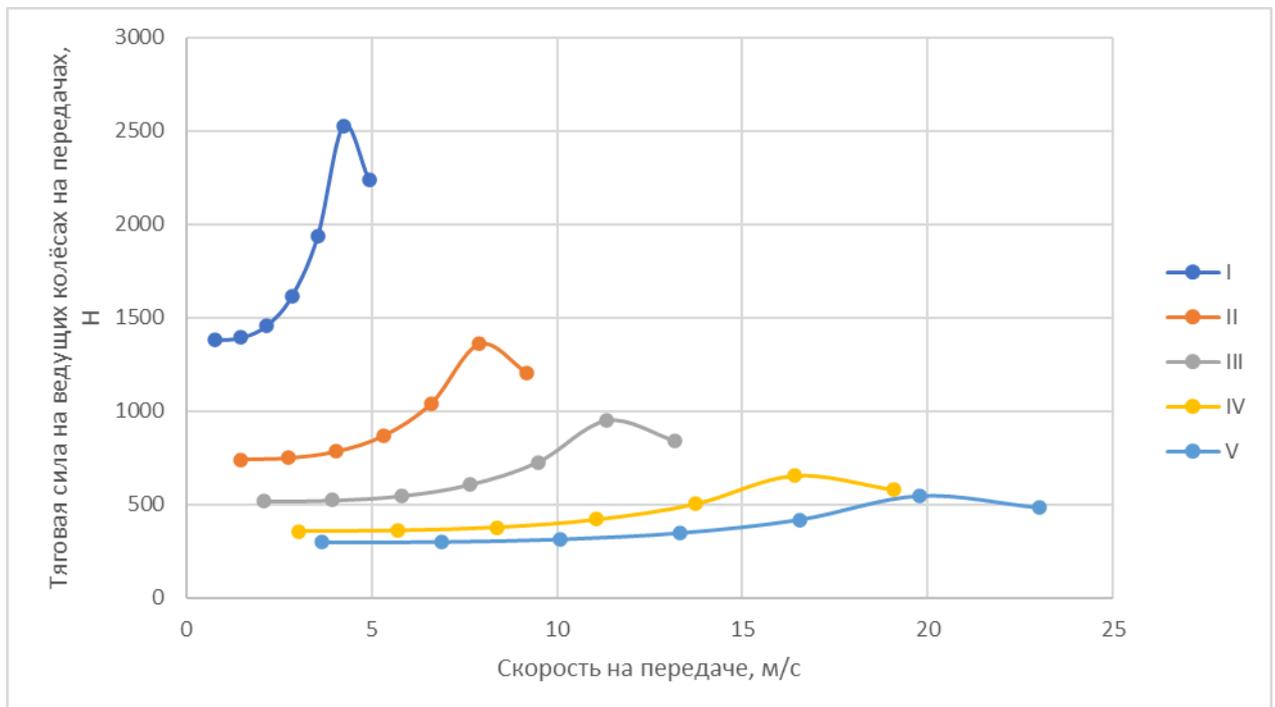


Рисунок 21 - Зависимость тяговой силы от скорости автомобиля с прицепом

4.7 Динамическая характеристика»[1]

«Динамический фактор:

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_a} \quad (31)$$

Для автомобиля с прицепом полный вес автомобиля: [29]

$$G_a = mg \quad (32)$$

$$G_a = 2005 \cdot 9,81 = 19669 \text{ Н}$$

Результаты расчетов приведены в таблицах 13 и 14. Графики представлены на рисунках 22 и 23.

Таблица 13 - Скорость и динамический фактор на передачах автомобиля

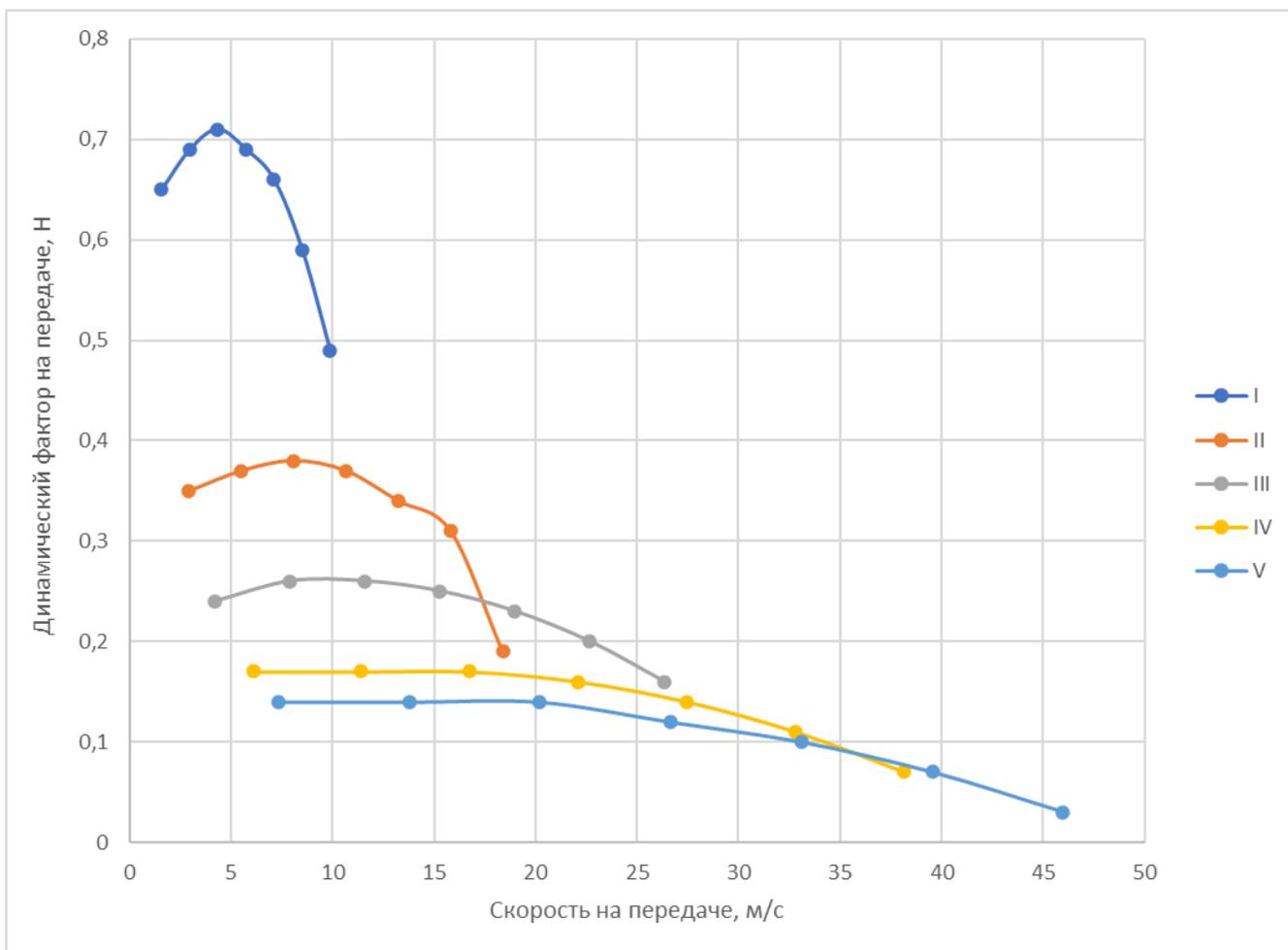
| n, об/мин | «Скорость на передаче, м/с | | | | | Динамический фактор на передаче, Н | | | | |
|--------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | I | II | III | IV | V |
| 955 | 1,57 | 2,93 | 4,20 | 6,08 | 7,32 | 0,65 | 0,35 | 0,24 | 0,17 | 0,14 |
| 1796 | 2,96 | 5,51 | 7,90 | 11,42 | 13,77 | 0,69 | 0,37 | 0,26 | 0,17 | 0,14 |
| 2637 | 4,34 | 8,08 | 11,59 | 16,77 | 20,21 | 0,71 | 0,38 | 0,26 | 0,17 | 0,14 |
| 3478 | 5,73 | 10,66 | 15,29 | 22,12 | 26,65 | 0,69 | 0,37 | 0,25 | 0,16 | 0,12 |
| 4318 | 7,11 | 13,24 | 18,98 | 27,46 | 33,10 | 0,66 | 0,34 | 0,23 | 0,14 | 0,10 |
| 5159 | 8,50 | 15,82 | 22,68 | 32,81 | 39,54 | 0,59 | 0,31 | 0,20 | 0,11 | 0,07 |
| 6000 | 9,88 | 18,39 | 26,37 | 38,16 | 45,98 | 0,49 | 0,19 | 0,16 | 0,07 | 0,03 |

Таблица 14 - Скорость»[1] и «динамический фактор»[17]

| n, об/мин | Скорость на передаче, м/с | | | | | Динамический фактор на передаче, Н | | | | |
|--------------|---------------------------|------|------|------|-------|------------------------------------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | I | II | III | IV | V |
| 955 | 0,79 | 1,46 | 2,10 | 3,04 | 3,66 | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |
| 1796 | 1,48 | 2,75 | 3,95 | 5,71 | 6,88 | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |
| 2637 | 2,17 | 4,04 | 5,80 | 8,38 | 10,10 | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |

«Продолжение таблицы 14

| | | | | | | | | | | |
|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|----------|
| 4318 | 3,56 | 6,62 | 9,49 | 13,73 | 16,55 | 0,10 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |
| 5159 | 4,25 | 7,91 | 11,34 | 16,40 | 19,77 | 0,13 | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,02 |
| 6000 | 4,94 | 9,20 | 13,19 | 19,08 | 22,99 | 0,11 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,01»[1] |



«Рисунок 22 - Зависимость динамического фактора от скорости автомобиля

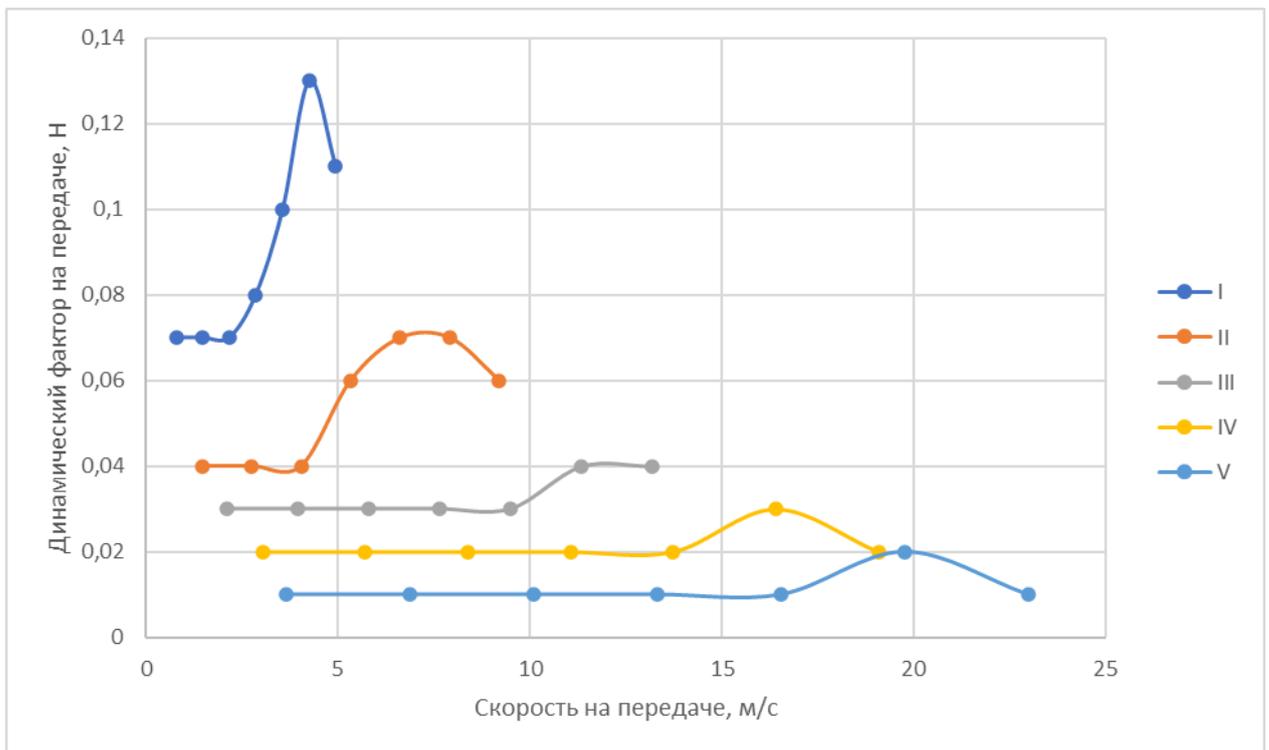


Рисунок 23 - Зависимость динамического фактора от скорости автомобиля с прицепом

4.8 Разгон автомобиля

4.8.1 Ускорение при разгоне»[1]

«Ускорение во время разгона определяют для случая движения автомобиля по горизонтальной дороге ($i=0$) с твердым покрытием хорошего качества при максимальном использовании мощности двигателя и при отсутствии буксования ведущих колес. Ускорение находят из выражения.» [18]

$$J = (D - f) \cdot g / \delta_{вр}, \quad (33)$$

«откуда
$$\delta_{вр} = 1 + \frac{(I_m \cdot \eta_{тр} \cdot U_{тр} \cdot I_k) \cdot g}{G a \cdot r k^2} \quad (34)$$

где I_m - момент инерции вращающихся частей двигателя, $кг \cdot м^2$;

$U_{тр} = U_0 \cdot U_p \cdot U_k$ – передаточное число трансмиссии;

I_k – суммарный момент инерции ведущих колес, $кг \cdot м^2$. »[1]

«Если точное значение I_M и I_K неизвестно, то $\delta_{вр}$ определяют по формуле

$$\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2), \quad (35)$$

где U_k - передаточное число коробки передач на данной передаче;

δ_1 - коэффициент учета вращающихся масс колес;

δ_2 - коэффициент учета вращающихся масс двигателя: $\delta_1 = \delta_2 = 0,03 - 0,05$, принимаем среднее значение $\delta_1 = \delta_2 = 0,04$;

Для расчёта ускорения при разгоне автомобиля с прицепом, коэффициент сопротивления качению принимаем постоянным, в связи с не высокими скоростями. [6]

Результаты расчётов коэффициентов учёта вращающихся масс на каждой передаче представлены в таблице 15.:

I передача $\delta_{вр} = 1,57$

II передача $\delta_{вр} = 1,19$

III передача $\delta_{вр} = 1,11$

IV передача $\delta_{вр} = 1,08$

V передача $\delta_{вр} = 1,06$

Максимальные ускорения на различных передачах:»[17]

Таблица 15 - Максимальные ускорения на различных передачах

| Тип автомобиля | Ускорение на 1-й передаче, м/с ² | Ускорение на высшей передаче, м/с ² |
|----------------|---|--|
| Легковые | 2,5...3,5 | 0,80...1,2 |

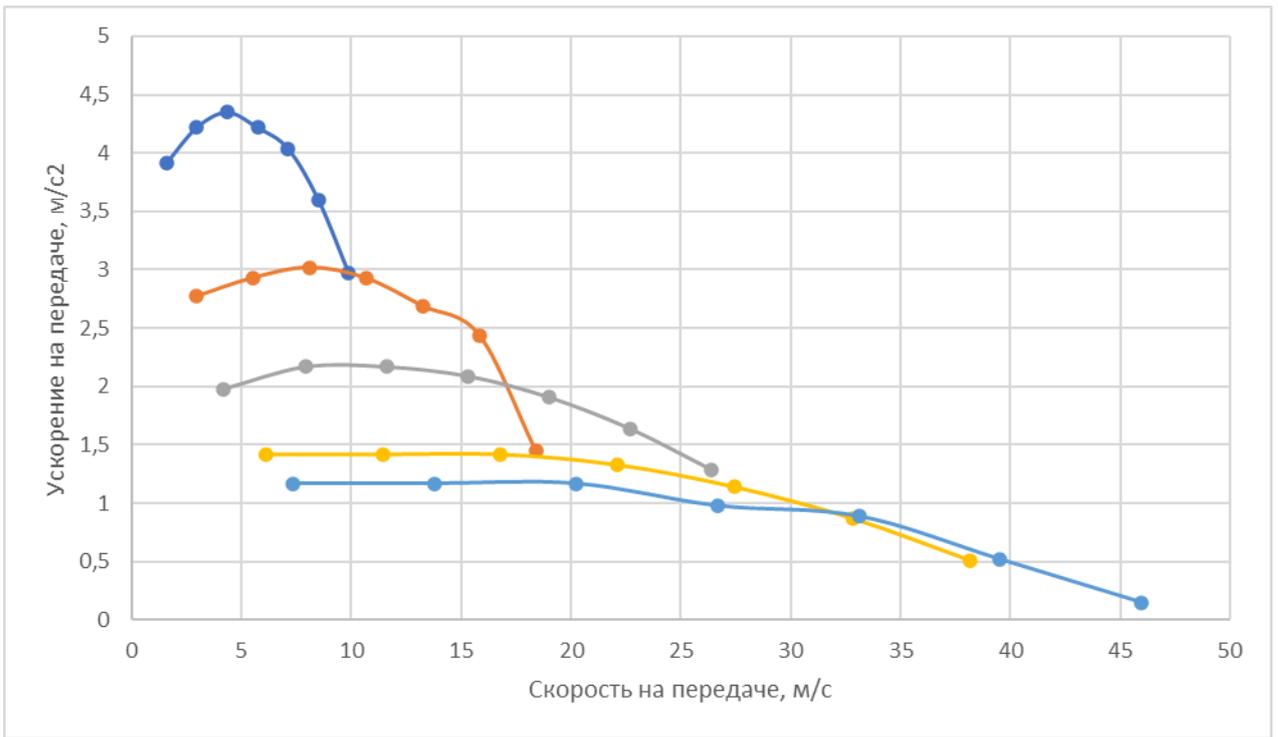
«Результаты расчётов ускорений и обратных ускорений сведены в таблицы 16-17 и построены графики на рисунках 24, 25, 26, 27:

Таблица 16 - Ускорение и величина, обратная ускорению на передачах автомобиля

| n, об/мин | «Ускорение на передаче, м/с ² » | | | | | Величина, обратная ускорению на передаче, с ² /м | | | | |
|--------------|--|------|------|------|------|---|------|------|------|----------|
| | I | II | III | IV | V | I | II | III | IV | V |
| 955 | 3,91 | 2,77 | 1,98 | 1,42 | 1,17 | 0,26 | 0,36 | 0,51 | 0,70 | 0,85 |
| 1796 | 4,22 | 2,93 | 2,17 | 1,42 | 1,17 | 0,24 | 0,34 | 0,46 | 0,70 | 0,85 |
| 2637 | 4,35 | 3,02 | 2,17 | 1,42 | 1,17 | 0,23 | 0,33 | 0,46 | 0,70 | 0,85 |
| 3478 | 4,22 | 2,93 | 2,09 | 1,33 | 0,98 | 0,24 | 0,34 | 0,48 | 0,75 | 1,02 |
| 4318 | 4,04 | 2,69 | 1,91 | 1,14 | 0,89 | 0,25 | 0,37 | 0,52 | 0,88 | 1,12 |
| 5159 | 3,60 | 2,44 | 1,64 | 0,87 | 0,52 | 0,28 | 0,41 | 0,61 | 1,15 | 1,92 |
| 6000 | 2,97 | 1,45 | 1,29 | 0,51 | 0,15 | 0,34 | 0,69 | 0,78 | 1,96 | 6,67»[1] |

«Таблица 17 - Ускорение и величина, обратная ускорению на передачах автомобиля с прицепом»[17]

| n, об/мин | «Ускорение на передаче, м/с ² » | | | | | Величина, обратная ускорению на передаче, с ² /м | | | | |
|--------------|--|------|------|------|-------|---|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | I | II | III | IV | V |
| 955 | 0,35 | 0,21 | 0,14 | 0,05 | 0,021 | 2,86 | 4,76 | 7,14 | 20 | 41,11 |
| 1796 | 0,35 | 0,21 | 0,14 | 0,05 | 0,021 | 2,86 | 4,76 | 7,14 | 20 | 41,11 |
| 2637 | 0,35 | 0,21 | 0,14 | 0,05 | 0,021 | 2,86 | 4,76 | 7,14 | 20 | 41,11 |
| 3478 | 0,41 | 0,40 | 0,14 | 0,05 | 0,021 | 2,45 | 2,5 | 7,14 | 20 | 41,11 |
| 4318 | 0,54 | 0,46 | 0,14 | 0,05 | 0,021 | 1,85 | 2,17 | 7,14 | 20 | 41,11 |
| 5159 | 0,72 | 0,46 | 0,23 | 0,15 | 0,06 | 1,39 | 2,17 | 4,35 | 6,67 | 16,67 |
| 6000 | 0,60 | 0,40 | 0,23 | 0,05 | 0,021 | 1,67 | 2,5 | 4,35 | 20 | 41,11»[1] |



«Рисунок 24 - Зависимость ускорения от скорости автомобиля

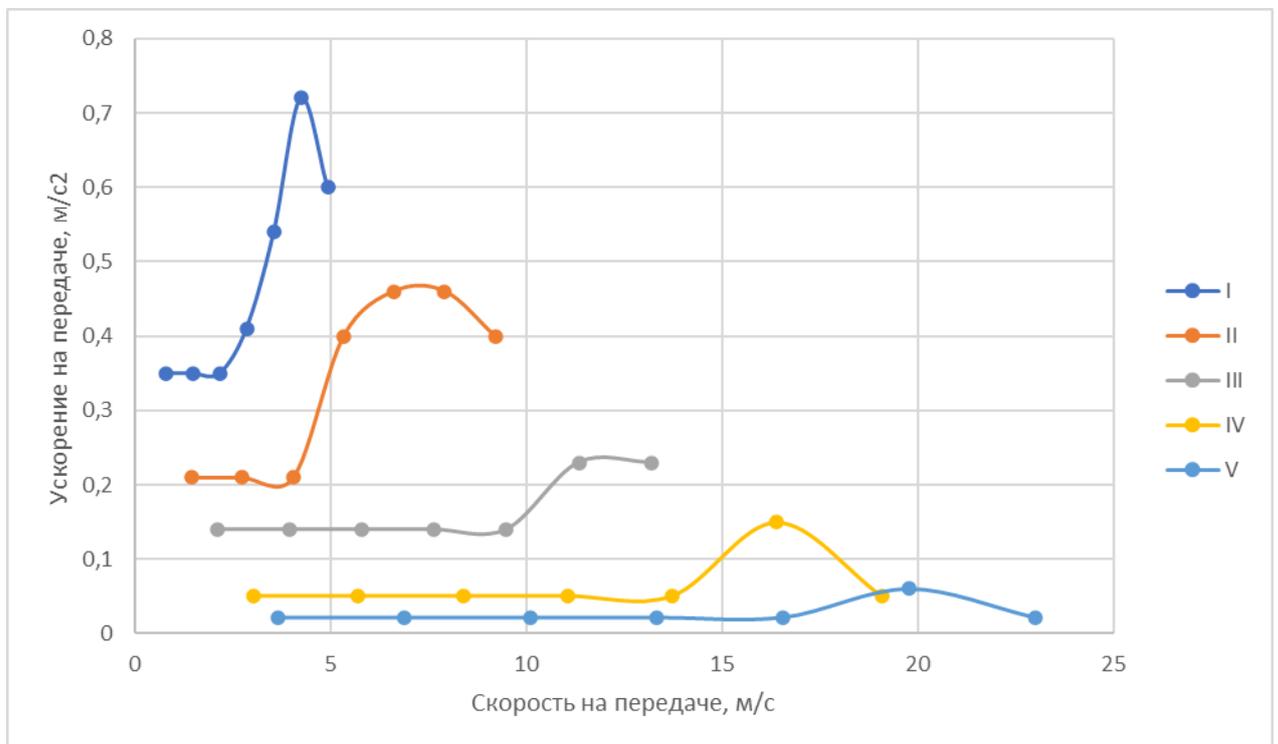
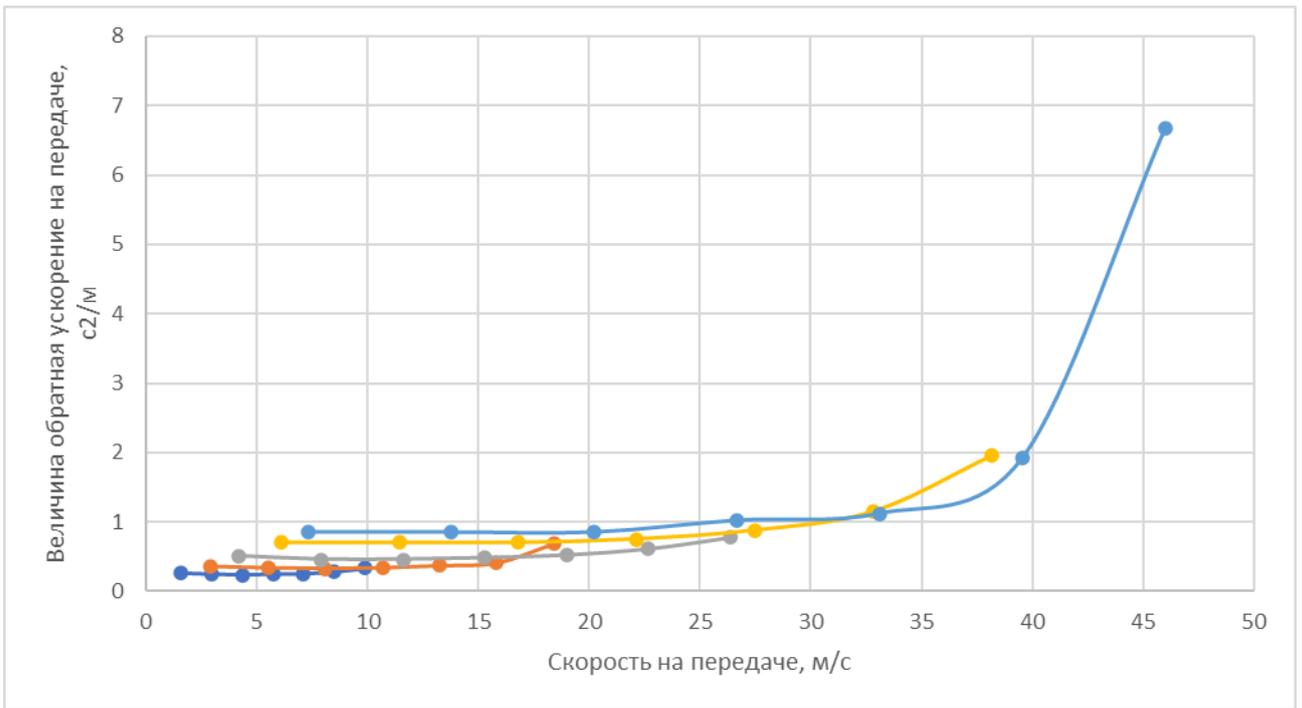


Рисунок 25 - Зависимость ускорения от скорости автомобиля с прицепом» [1]



«Рисунок 26 - Зависимость величины, обратной ускорению от скорости автомобиля»

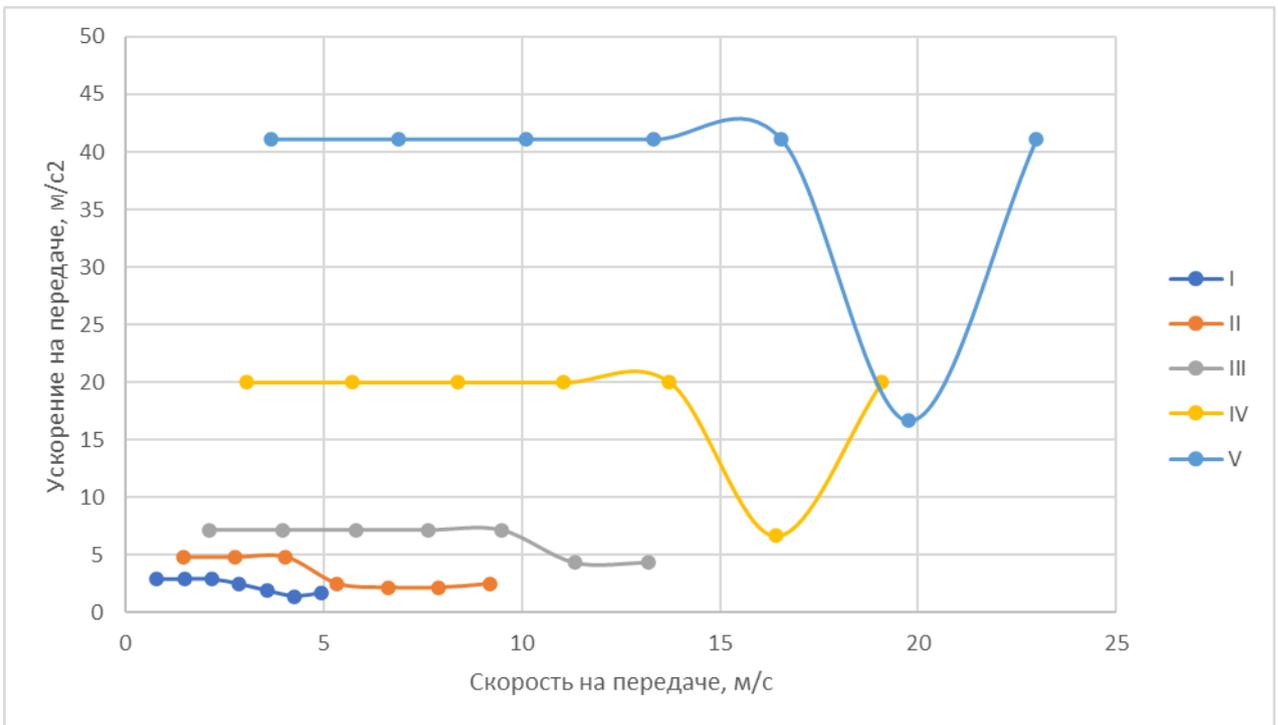


Рисунок 27 - Зависимость величины, обратной ускорению от скорости автомобиля с прицепом»[1]

4.8.2 Время и путь разгона

«Время и путь разгона автомобиля можно определить графоаналитическим способом. Смысл этого способа в замене интегрирования суммой конечных величин.» [18]

$$\Delta t = \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{j} \cdot dv \approx \left(\frac{1}{j}\right)_2 \cdot (V_2 - V_1) \quad (36)$$

$$t_1 = \Delta t_1; t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2; t_n = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k \quad (37)$$

где t_1 – «время разгона от скорости V_0 до скорости V_1 ;

t_2 – время разгона до скорости V_2 ;

t_n – время разгона до скорости V_n ;

V_0 – минимальная устойчивая скорость автомобиля. [28]

Результаты сведены в таблицы 18-19 и построены графики на рисунках 28, 29.»[1]

Таблица 18 – «Таблица сводных значений для автомобиля

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| V, м/с | 0 | 1,57 | 5,73 | 10,66 | 15,29 | 22,68 | 27,46 | 33,10 | 45,98 |
| 1/j | 0 | 0,26 | 0,24 | 0,34 | 0,48 | 0,61 | 0,88 | 1,12 | 6,67 |
| t, с | 0 | 0,41 | 1,41 | 3,09 | 5,31 | 9,82 | 14,03 | 20,35 | 106,26 |

Таблица 19 – Таблица сводных значений для автомобиля с прицепом

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------|------|------|-------|-------|-------|--------|------------|
| V, м/с | 0 | 0,79 | 2,86 | 5,33 | 7,64 | 11,34 | 13,73 | 16,55 | 22,99 |
| 1/j | 0 | 2,86 | 2,45 | 2,5 | 7,14 | 4,35 | 20 | 41,11 | 41,11 |
| t, с | 0 | 2,26 | 4,33 | 9,77 | 21,85 | 46,31 | 95,32 | 153,17 | 203,26»[1] |

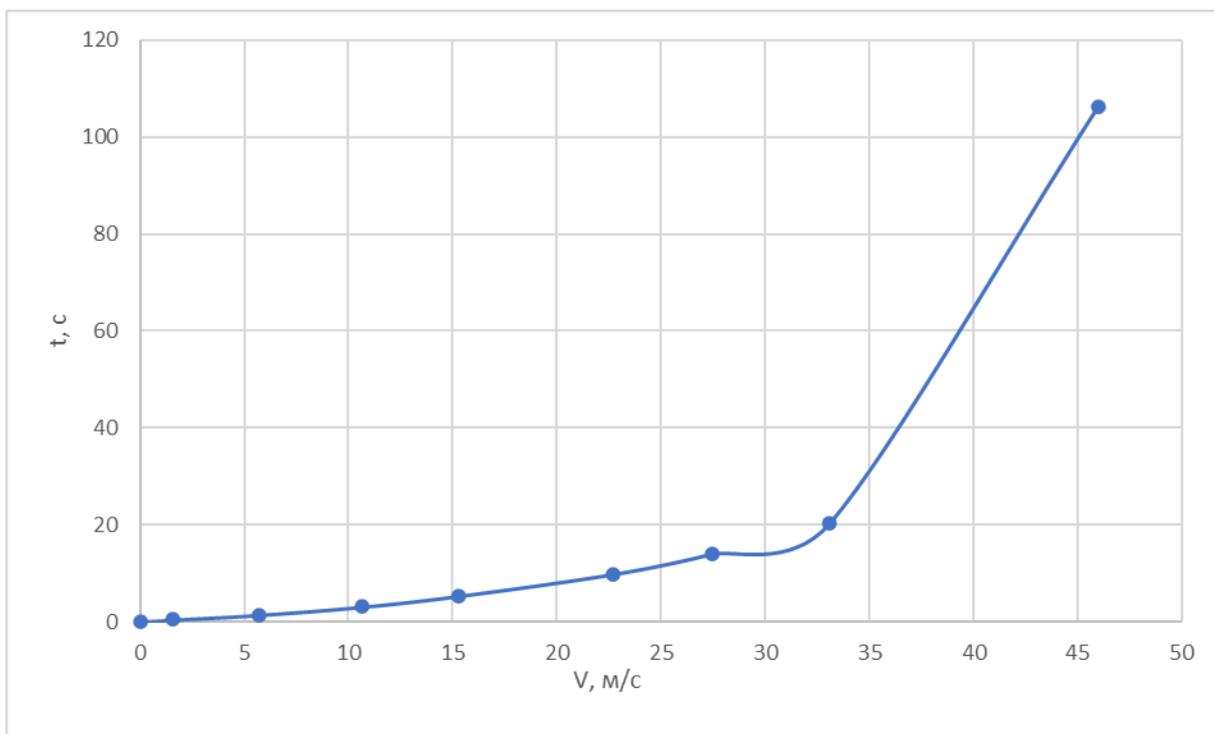


Рисунок 28 Зависимость скорости от времени автомобиля

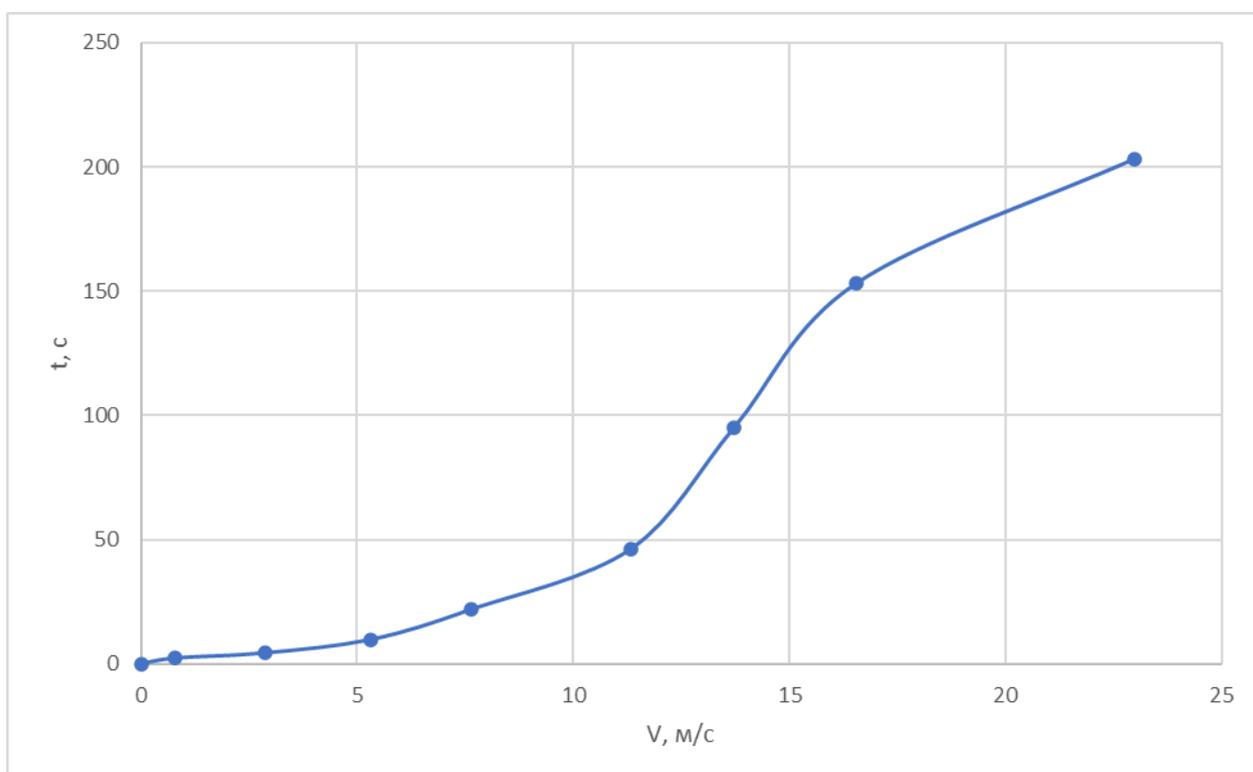


Рисунок 29 Зависимость скорости от времени автомобиля с прицепом

«Аналогичным образом проводится графическое интегрирование зависимости $t=f(V)$ для получения зависимости пути разгона S от скорости автомобиля. Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом.» [18]

$$\Delta S_k = V_k \cdot (t_k - t_{k-1}) = V \cdot \Delta t \quad (38)$$

«Путь разгона от скорости V_n

$$S_n = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \dots + \Delta S_n = \sum_{k=1}^n \Delta S_k \quad (39)$$

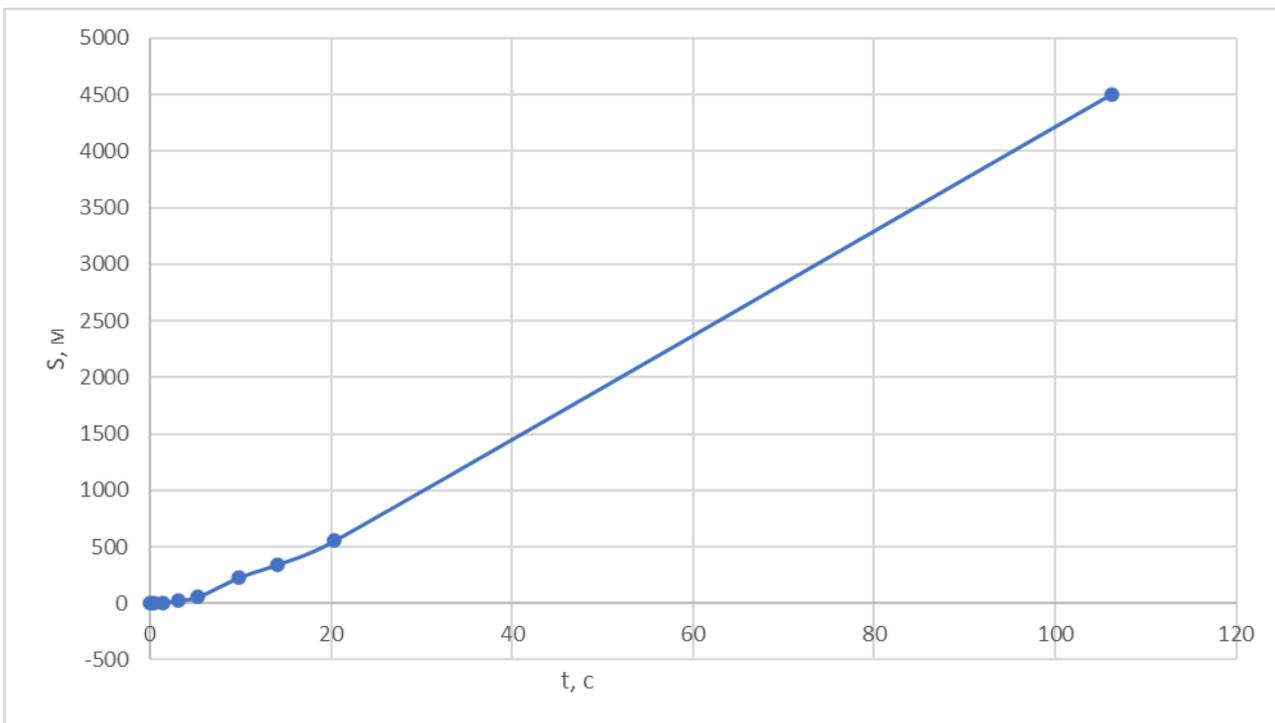
Результаты сведены в таблицы 20-21 и построены графики на рисунках 30, 31, 32, 33.

Таблица 20 - Таблица сводных значений для автомобиля

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------|------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| V, м/с | 0 | 1,57 | 5,73 | 10,66 | 15,29 | 22,68 | 27,46 | 33,10 | 45,98 |
| t, с | 0 | 0,41 | 1,41 | 3,09 | 5,31 | 9,82 | 14,03 | 20,35 | 106,26 |
| ΔS | 0 | 0,64 | 5,73 | 17,91 | 33,94 | 170,33 | 115,61 | 209 | 3950,14 |
| S | 0 | 0,64 | 6,37 | 24,28 | 59,22 | 229,55 | 345,16 | 554,35 | 4504,49 |

Таблица 21 - Таблица сводных значений для автомобиля с прицепом

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|-----------|
| V, м/с | 0 | 0,79 | 2,86 | 5,33 | 7,64 | 11,34 | 13,73 | 16,55 | 22,99 |
| t, с | 0 | 2,26 | 4,33 | 9,77 | 21,85 | 46,31 | 95,32 | 153,17 | 203,26 |
| ΔS | 0 | 1,79 | 12,38 | 52,07 | 166,93 | 525,33 | 1308,74 | 2534,96 | 4673,95 |
| S | 0 | 1,79 | 14,17 | 66,24 | 233,17 | 758,50 | 2067,24 | 4602,20 | 9276» [1] |



«Рисунок 30 - Зависимость пройденного пути от времени для автомобиля

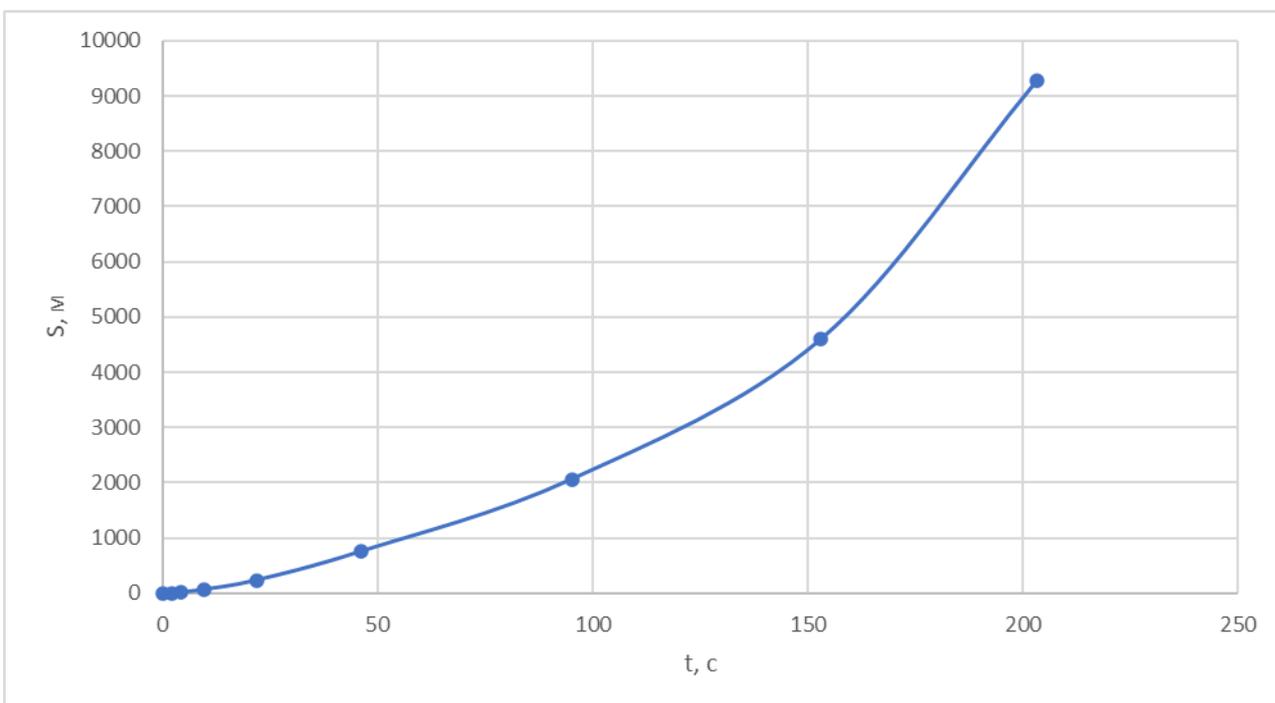


Рисунок 31 - Зависимость пройденного пути» [1] «от времени для автомобиля с прицепом

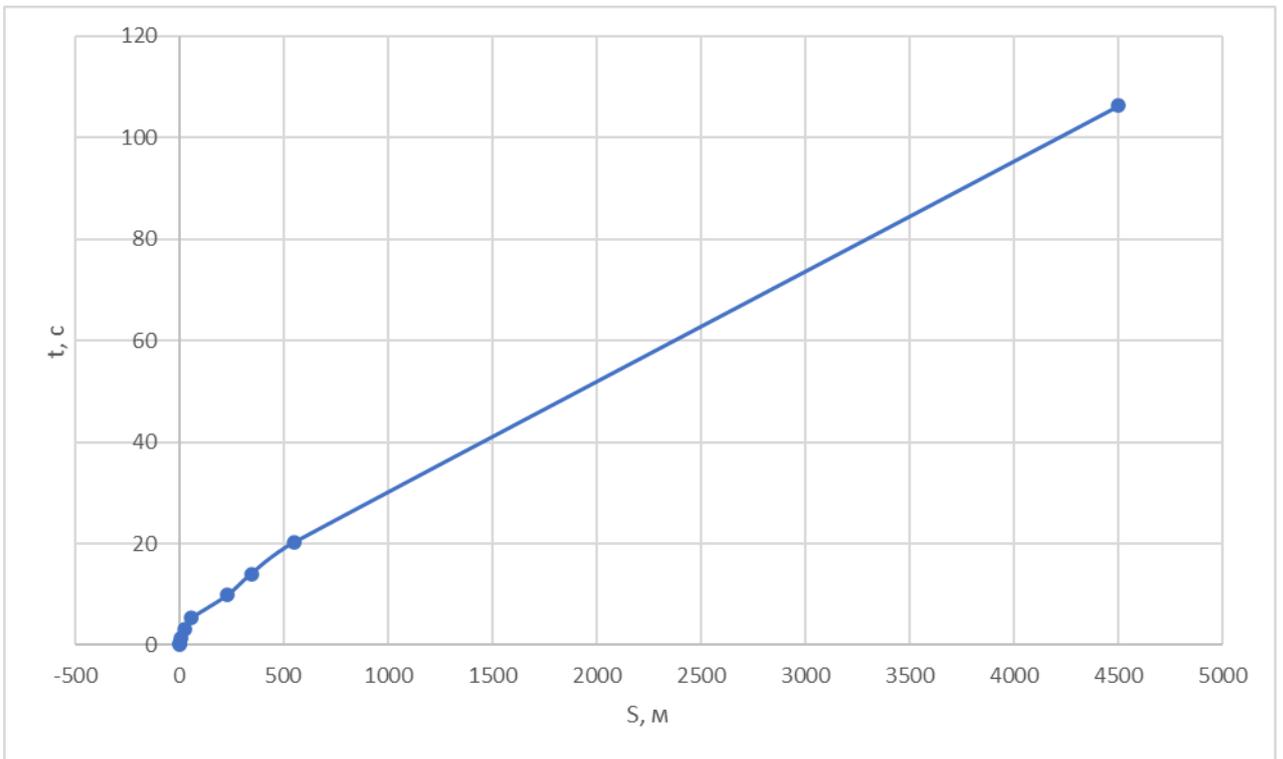


Рисунок 32 - Интенсивность разгона автомобиля

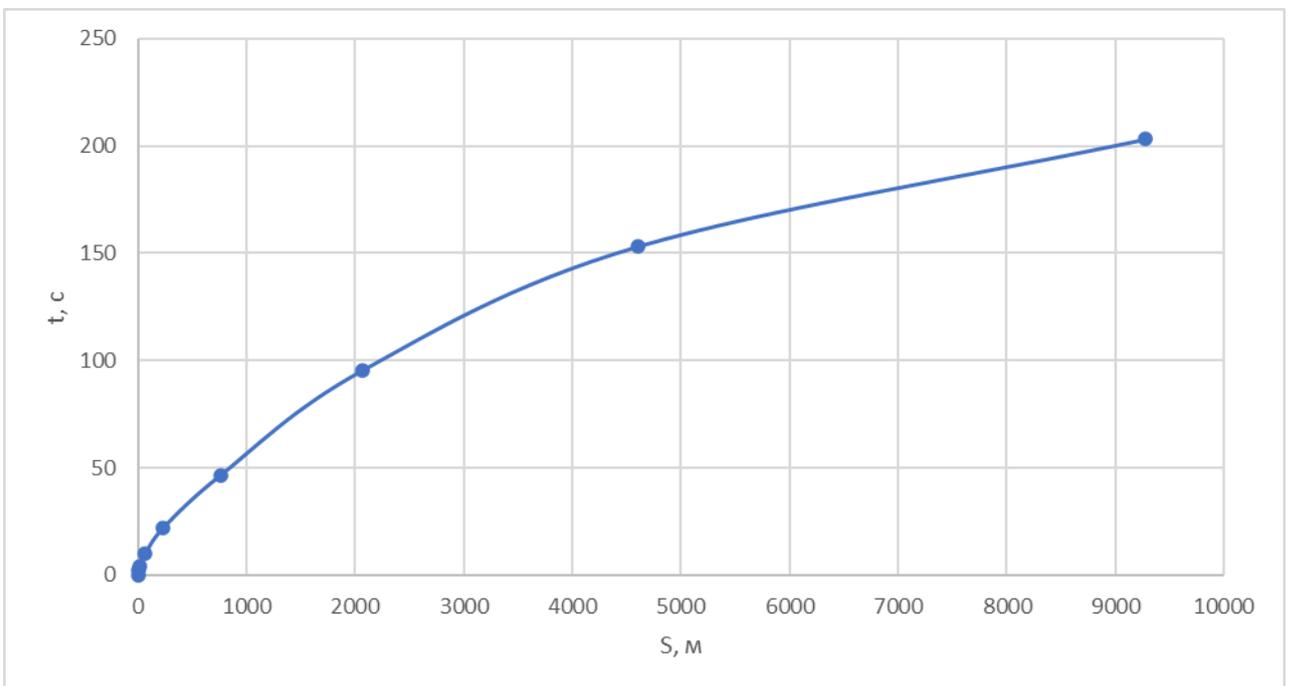


Рисунок 33 - Интенсивность разгона автомобиля с прицепом» [1]

4.9 Мощностной баланс

«По аналогии с уравнением силового баланса записывается уравнение мощностного баланса: [47]

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_{\Pi} + N_B + N_{И}, \quad (40)$$

где N_T — тяговая мощность, или мощность, подводимая к ведущим колесам;

$N_{тр} = N_e \cdot (1 - \eta_{тр})$ — мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии;

$N_f = F_f \cdot V = G_a \cdot f \cdot V$ — мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес;

$N_{\Pi} = F_{\Pi} \cdot V$ — мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему;

$N_B = F_B \cdot V$ — мощность, затраченная на преодоление силы сопротивления воздуха; $N_{И} = F_{И} \cdot V = m_a \cdot \delta \cdot g_a \cdot V = N_T - (N_f + N_B)$ — мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля;»[17]

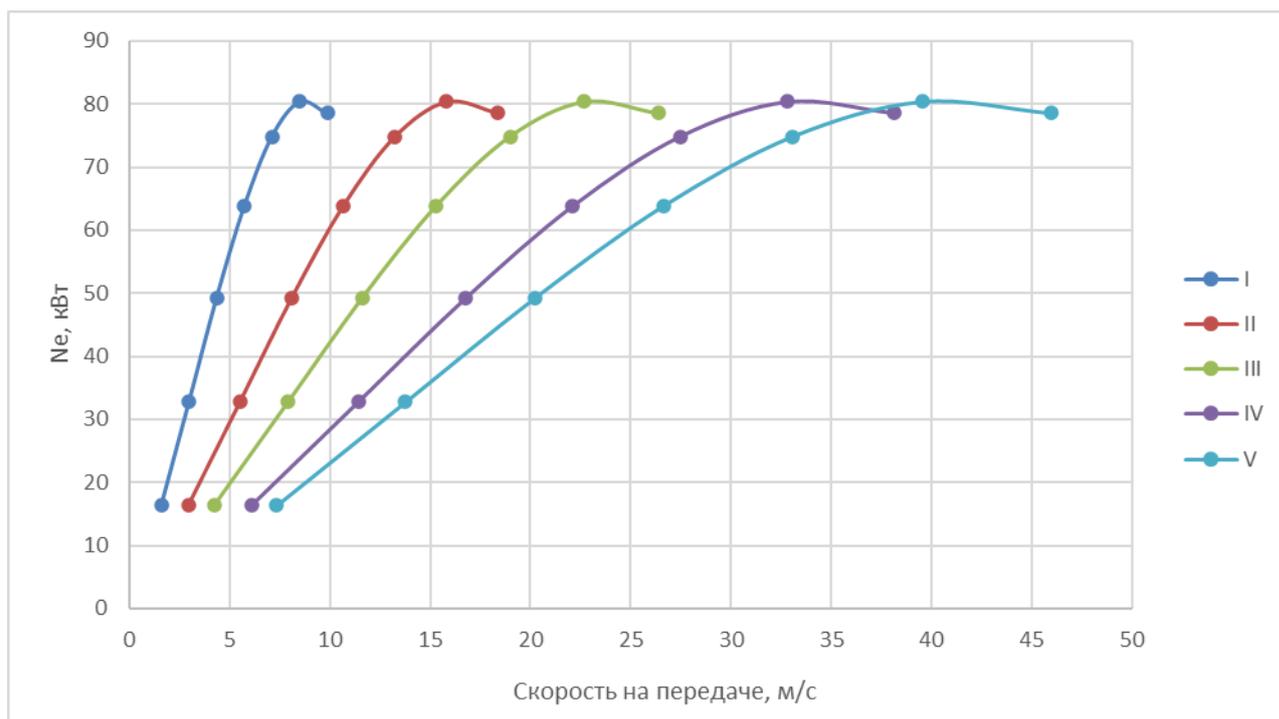
«Результаты расчётов сводим в таблицы 22-23 для V передачи и рисуем график для мощности на всех передачах, обеспечивающей максимальную скорость автомобиля, считая при этом сопротивление подъёму равное нулю и строим график мощностей на разных передачах на рисунках 34, 35»[17]

«Таблица 22 – Таблица сводных значений для автомобиля

| | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| V, м/с | 7,32 | 13,77 | 20,21 | 26,65 | 33,10 | 39,54 | 45,98 |
| N_B, кВт | 0,21 | 1,41 | 4,46 | 10,23 | 19,61 | 33,43 | 52,56 |
| N_И, кВт | 14,63 | 28,54 | 40,59 | 48,25 | 48,92 | 40,13 | 19,29 |
| N_f, кВт | 0,21 | 0,24 | 0,27 | 0,30 | 0,35 | 0,38 | 0,43 |
| N_T, кВт | 15,05 | 30,19 | 45,32 | 58,78 | 68,88 | 73,94 | 72,28 |
| N_e, кВт | 16,36 | 32,81 | 49,26 | 63,89 | 74,87 | 80,37 | 78,56 |
| N_{тр}, кВт | 1,31 | 2,62 | 3,94 | 5,11 | 5,99 | 6,43 | 6,28» [1] |

«Таблица 23 – Таблица сводных значений для автомобиля с прицепом

| | | | | | | | |
|---------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| V, м/с | 3,66 | 6,88 | 10,10 | 13,33 | 16,55 | 19,77 | 22,99 |
| N_в, кВт | 0,03 | 0,35 | 0,56 | 1,28 | 2,45 | 4,18 | 6,57 |
| N_ш, кВт | 0,05 | 0,18 | 0,18 | 0,31 | 0,11 | 1,13 | 1,84 |
| N_г, кВт | 1,01 | 1,89 | 2,78 | 3,66 | 4,56 | 5,45 | 6,33 |
| N_т, кВт | 1,09 | 2,06 | 3,16 | 4,63 | 6,90 | 10,74 | 11,06 |
| N_е, кВт | 1,18 | 2,24 | 3,44 | 5,03 | 7,50 | 11,67 | 12,02 |
| N_{тр},кВт | 0,09 | 0,18 | 0,28 | 0,40 | 0,60 | 0,93 | 0,96» [1] |



«Рисунок 34 - Зависимость мощности от скорости автомобиля

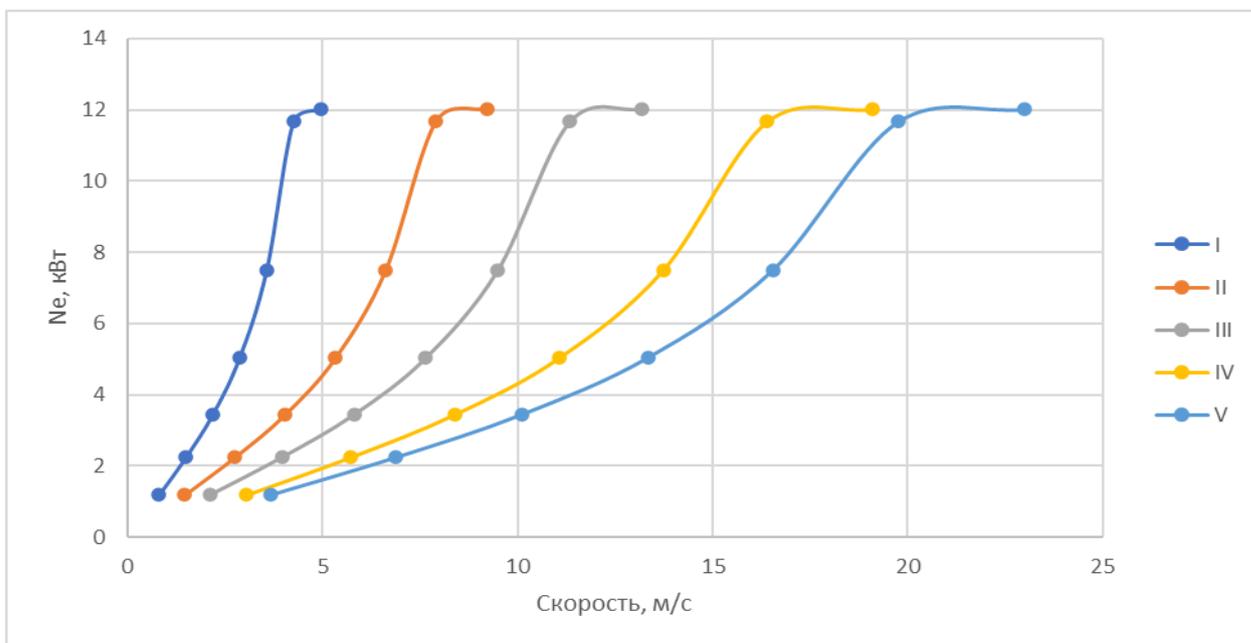


Рисунок 35 - Зависимость мощности от скорости автомобиля с прицепом» [1]

«При анализе мощностного баланса необходимо уметь рассчитывать степень использования мощности двигателя I . Посчитаем это значение для V передачи, силу сопротивления подъёму, также примем за ноль.

При равномерном движении Результаты расчётов сводим в таблицы 24-25:»[17]

$$I = \frac{I_d + N_v}{N_T} \quad (41)$$

Таблица 24 – Таблица сводных значений для автомобиля

| | | | | | | | |
|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| « $V, м/с$ | 7,32 | 13,77 | 20,21 | 26,65 | 33,10 | 39,54 | 45,98 |
| I | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,32 | 0,39 | 0,57 | 0,79 |

Таблица 25 – Таблица сводных значений для автомобиля с прицепом

| | | | | | | | |
|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| $V, м/с$ | 3,66 | 6,88 | 10,10 | 13,33 | 16,55 | 19,77 | 22,99 |
| I | 0,11 | 0,14 | 0,19 | 0,23 | 0,35 | 0,42 | 0,55» [1] |

4.10 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля

«Для получения топливно-экономической характеристики следует рассчитать расход топлива при движении автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге с заданными постоянными скоростями от минимально устойчивой до максимальной» [18].

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

$$q_{\Pi} = 100 \cdot Q/S. \quad (42)$$

«Измерителем топливной экономичности автомобильного двигателя служат часовой расход топлива G_T (кг/ч) и удельный эффективный расход топлива g_e [г/(кВт·ч)].» [18]

$$G = g_e \cdot N / 10^6. \quad (43)$$

«Путевой расход топлива в литрах на 100 км пути q_{Π} выражается через удельный эффективный расход топлива g_e [г/(кВт·ч)]:

$$q_{\Pi} = \frac{g_e \cdot N_e}{36 \cdot \rho_T \cdot V} \quad (44)$$

где ρ_T – плотность топлива, кг/л;

V – скорость автомобиля, м/с.

Для бензина $\rho_T = 0,71 \dots 0,73$ кг/л

Принимаем $\rho_T = 0,71$ » [17]

«Эффективный расход топлива (г/кВт·ч) по формуле

$$g_e = k_E \cdot k_{II} \cdot g_{e \min} \cdot 1,1, \quad (45)$$

где $k_{СК}$ и k_{II} – коэффициенты, учитывающие соответственно изменения величины g_e в зависимости от E и II двигателя они считаются по формуле:

$$K_E = 0,53E^2 - 0,754E + 1,227 \quad (46)$$

$$K_{II} = 1,152I^2 \quad (47)$$

$g_{e \min}$ – минимальный удельный эффективный расход топлива (г/кВт·ч).

« Для карбюраторных двигателей и двигателей со впрыском $g_{e \min} = 290 \dots 380$ г/кВт·ч, принимаем $g_{e \min} = 290$

Степень использования частоты вращения:»[17]

$$E = \frac{\omega_e}{\omega_{en}} \quad (48)$$

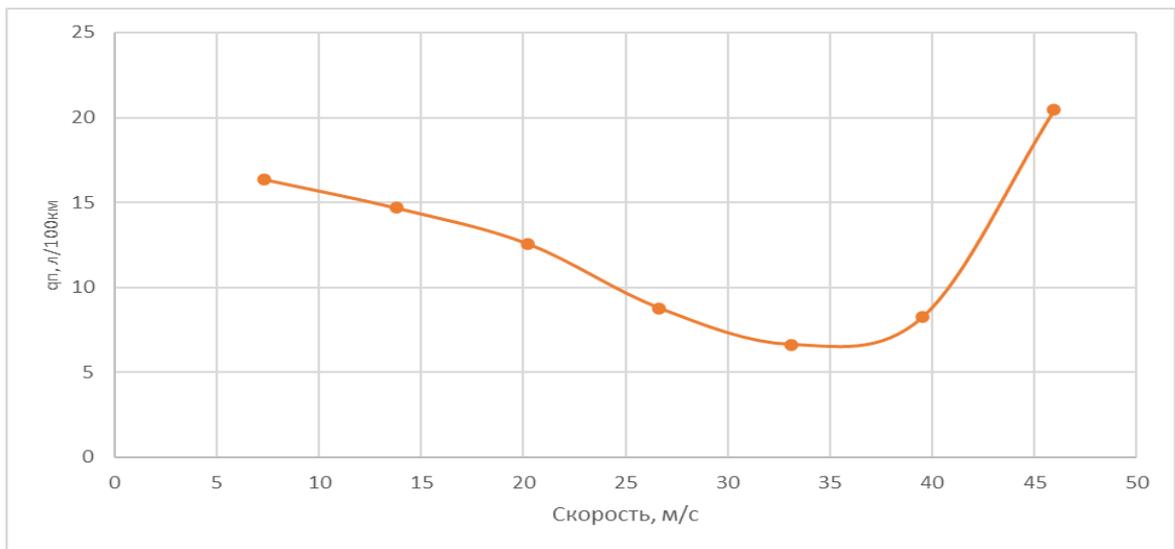
Результаты расчётов сведём в таблицы «26-27, графики предствлены на рисунках 36,37.

Таблица 26 – «Таблица сводных значений для автомобиля

| | | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| V, м/с | 7,32 | 13,77 | 20,21 | 26,65 | 33,10 | 39,54 | 45,98 |
| И | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,32 | 0,39 | 0,57 | 0,79 |
| K_и | 1,50 | 1,43 | 1,40 | 1,30 | 1,20 | 1,14 | 1,06 |
| E | 0,16 | 0,30 | 0,44 | 0,58 | 0,72 | 0,86 | 1,00 |
| K_E | 1,12 | 1,05 | 1,00 | 0,97 | 0,96 | 0,97 | 1,00 |
| q_и | 16,36 | 14,68 | 12,567 | 8,78 | 6,64 | 8,26 | 20,46 |

Таблица 27 - Таблица сводных значений для автомобиля с прицепом

| | | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| V, м/с | 3,66 | 6,88 | 10,10 | 13,33 | 16,55 | 19,77 | 22,99 |
| И | 0,11 | 0,14 | 0,19 | 0,23 | 0,35 | 0,42 | 0,55 |
| K_и | 1,35 | 1,3 | 1,2 | 1,12 | 1 | 0,98 | 0,8 |
| E | 0,36 | 0,45 | 0,54 | 0,64 | 0,73 | 0,82 | 0,92 |
| K_E | 1,1 | 0,95 | 0,88 | 0,8 | 0,79 | 0,8 | 0,9 |
| q_и | 24,41 | 20,84 | 16,82 | 14,88 | 12,02 | 11,48 | 10,32» [1] |



«Рисунок 36 - Топливо - экономическая характеристика двигателя автомобиля на V передаче

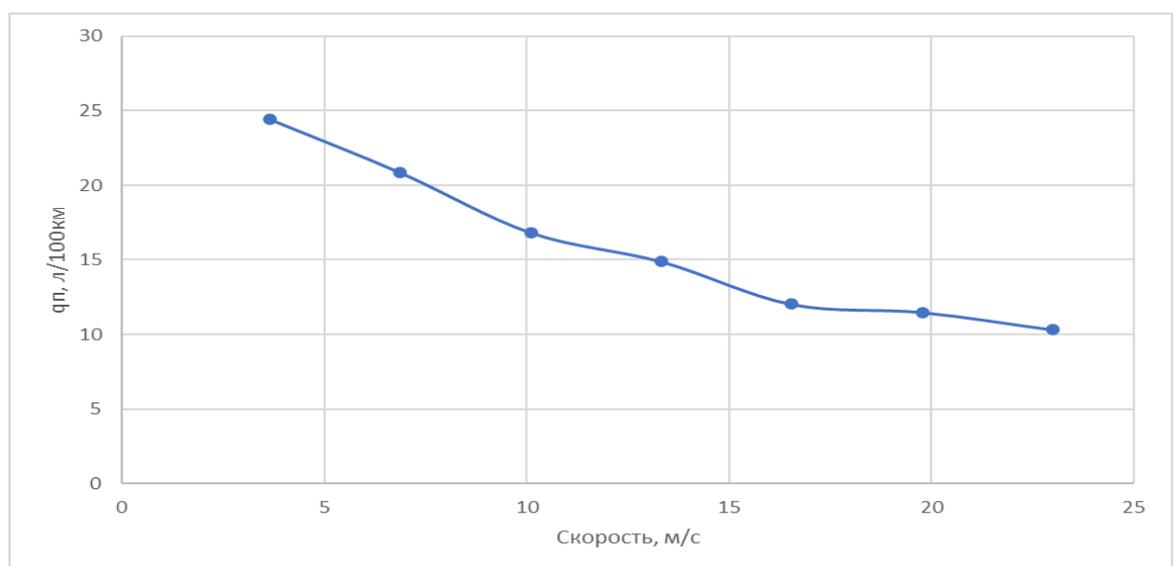


Рисунок 37 - Топливо - экономическая характеристика двигателя автомобиля с прицепом на V передаче» [1]

Вывод по разделу:

В связи с небольшими скоростями движения, для автомобиля с прицепом, коэффициент сопротивления качения принимается постоянным.

5 Безопасность объекта дипломного проектирования. Безопасность участка сборки

5.1 Краткая техническая характеристика объекта дипломного проектирования

В дипломном проекте рассматривается вопрос проектирования узла транспортного средства. Для запуска разрабатываемого изделия в производство требуется проведение сборочных работ установочной партии. В условиях среднесерийного производства подобные работы производятся на участках механической сборки опытно-промышленного производства (ОПП). Результатом является доведение технологичности конструкции и разработка технологии сборки в привязке к реальной оснастке сборочного производства. В данном разделе дипломного проекта нами рассматривается комплекс вопросов обеспечения производственной и экологической безопасности участка сборки, на котором производится сборка установочного изделия, разрабатываемого в рамках дипломного проекта. [25]

Рассмотрим особенности разрабатываемой конструкции. Изделие представляет собой сложный технический объект, доработанный и модернизированный в рамках дипломного проекта. Изделие выполнено преимущественно из стали конструкционной, обрабатываемой и свариваемой на оборудовании, не требующем применения специальных материалов и сред. В конструкции изделия применяются комбинированные материалы и их сочетания, например металл-полимер и композитные материалы, механическая обработка которых требует применения средств индивидуальной защиты (СИЗ).

«В рамках раздела исследуется сборочный участок, на котором осуществляется технологический процесс сборки узлов 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. [23]

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.» [19]

«В таблице 1\28 приведены общие характеристики участка механической сборки ОПП.

Таблица 28 – Общие технические характеристики участка

| «Наименование технической характеристики участка | Значение характеристики |
|--|-------------------------|
| Класс функциональной пожарной опасности | Ф1.3 |
| Степень огнестойкости | I |
| Класс конструктивной пожарной опасности | С0 |
| Степень долговечности здания | II |
| Уровень ответственности здания | II |
| Электроснабжение участка | трехфазная, 400В |
| Выделенная мощность, кВА | 40» [1] |

В таблице 29 приводится перечень технологических операций, осуществляемых на исследуемом участке.»[17]

Таблица 29 – «Осуществляемые на участке технологические процессы и операции»

| Наименование технологического процесса | Наименование технологической операции и, вида выполняемых работ | Должность работника, выполняющего технологический процесс | Оборудование устройство, приспособление | Материал, вещества |
|--|---|---|---|--|
| Заготовительные операции | Резка металла, раскрой профтрубы | Слесарь 5-го разряда | Ленточная пила ПЛ-3500, торцевая абразивная пила PRN-320 | Сталь конструкционная в ассортименте |
| Операции механической обработки | Опиловка торцев, токарные работы, фрезерные работы, шлифовка | Слесарь 6-го разряда | Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPRON FVV-210 38301300»[17] | «Сталь конструкционная в ассортименте |
| Сварочная операция | Сварка труб каркаса | Сварщик 6-го разряда | Аргонодуговой сварочный инвертор Auroga PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet | Сталь конструкционная в ассортименте |
| Сборочная операция | Сборка | Слесарь-механик 6-го разряда | Пост сборки узлов и агрегатов | - |
| Подготовка к окраске | Шпатлевка, зачистка, шлифовка | Маляр 6-го разряда | Шлифовальная машина, » [1] круги шлифовальные различной зернистости | Круги войлочные, пасты шлифовальные и полировочные |
| Окраска изделия | Нанесение лакокрасочного покрытия | Маляр 6-го разряда | Краскопульт безвоздушного распыления Graco | Нитроэмаль быстросохнущая |

«Далее определяем перечень опасных факторов, вызываемых производимыми работами.» [1]

5.2 Профессиональные риски объекта дипломного проектирования

Идентификация профессиональных рисков на участке механической сборки включает в себя систематический анализ всех потенциальных опасностей, которые могут привести к травмам, заболеваниям или другим негативным последствиям для здоровья работников. Этот процесс должен учитывать специфику выполняемых работ, используемое оборудование, материалы и рабочую среду.

Проведение регулярной идентификации профессиональных рисков является важнейшим элементом системы управления охраной труда и позволяет создать безопасные условия труда для работников и предотвратить несчастные случаи и профессиональные заболевания. [49]

В таблице 30 приведены «профессиональные риски для участка механической сборки.

Таблица 30 – Профессиональные риски для участка механической сборки

| Технологическая операция, вид выполняемых работ» [1] | Опасный и вредный производственный фактор | Источник опасного и вредного производственного фактора |
|--|---|--|
| «Механическая обработка деталей и изделий из металла | Повышенный уровень шума, | Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPRON FVV-210 38301300 |
| | Карборундовая пыль | Материал шлифовальных камней и дисков |
| | Возгорание пыли при обработке деталей и изделий | Искры» [1] |
| | Статическая нагрузка | Торцевая абразивная |

| | | |
|--------------------------------|--|--|
| | | пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPRON FVV-210 38301300 |
| | Шум | Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPRON FVV-210 38301300 |
| | Ультразвук | Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPRON FVV-210 38301300 |
| | Вибрации | Торцевая абразивная пила PRN-320, |
| «Сварка» | Интенсивное ультрафиолетовое излучение сварочной дуги | Сварочный аппарат |
| | Искры, брызги расплавленного металла | Материал детали |
| | Электромагнитные поля | Сварочный аппарат |
| | Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества | Материал детали |
| | Шум | Сварочный аппарат |
| | Ультразвук | Сварочный аппарат |
| | Статическая нагрузка | Сварочный аппарат |
| Подготовка к окраске и окраска | Испарение токсичных веществ | Нитроэмаль быстросохнущая |
| | Статическая нагрузка | Краскопульт безвоздушного распыления Graco»[17] |

Результатом идентификации профессиональных рисков является формирование методов для снижения или нейтрализации негативного воздействия на рабочих. [21]

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Снижение профессиональных рисков на участке механической сборки – это комплекс мер, направленных на минимизацию вероятности возникновения опасных ситуаций и уменьшение тяжести последствий в случае их возникновения. Выбор методов и средств зависит от конкретных выявленных рисков.

В качестве методов снижения профессиональных рисков можно определить следующие основные категории: [52]

- Инженерно-технические методы и средства, к которым относятся автоматизация процессов с заменой ручного труда на механизированный и автоматизированный, выбор инструмента, минимизирующего физическую нагрузку на работника, оптимизация последовательности операций, использование более безопасных методов сборки, внедрение технологий, уменьшающих выделение вредных веществ и т.д.;

- Организационные методы и средства, к которым относятся разработка инструкций по охране труда, обучение и инструктаж работников, контроль за соблюдением правил охраны труда, регулярное техническое обслуживание и ремонт оборудования, проверка систем безопасности, оценка рисков при внедрении новых технологий, оборудования или изменении технологических процессов и т.д.;

- Средства индивидуальной защиты (СИЗ), к которым относятся респираторы, маски для защиты от пыли, газов и паров, защита органов зрения, защита органов слуха, защита рук, защита ног и т.д.;

- Медико-профилактические мероприятия, к которым относятся предварительные и периодические медицинские осмотры.

«Методы снижения выявленных профессиональных рисков представлены в таблице 31.» [1]

«Таблица 31 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

| Опасный и вредный производственный фактор | Методы и средства защиты, снижения, устранения » [1] опасного и вредного производственного фактора | Средства индивидуальной защиты работника |
|--|--|--|
| «Ультрафиолетовое излучение сварочной дуги | Использования специальной одежды. Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) | Сварочная маска, сварочные перчатки |
| Искры, брызги расплавленного металла | Использования специальной одежды. Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания. | Спецовка, защитные очки, защитные перчатки, специальные ботинки. |
| Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества. Мелкодисперсная пыль. Наличие в воздухе рабочей зоны вредных веществ | Проветривание помещения. Применение средств индивидуальной защиты. | Респиратор, фильтрующая маска. |
| Шум | Уменьшение акустики помещения за счёт специальных материалов, наложенных на стены или крупные металлические предметы. | Беруши |
| Ультразвук | Использование изолирующих корпусов и экранов. Недопущение длительного воздействия. Обеспечение технических перерывов в работе | Противошумы. Резиновые и хлопчато-бумажные перчатки надетые совместно. » [1] |

«Важно помнить, что снижение профессиональных рисков – это непрерывный процесс, требующий постоянного внимания и совершенствования. Необходимо регулярно проводить оценку рисков, контролировать эффективность применяемых мер и корректировать их при необходимости. [45]

5.4 Обеспечение пожарной безопасности» [1] участка сборки

Обеспечение пожарной безопасности на участке сборки — это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения пожара и обеспечение безопасности людей и имущества в случае его возникновения. [41]

«В таблице 32 приведена идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара, с разработкой технических средств.» [19]

«Таблица 32 – Идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара

| Наименование участка | Оборудование | Класс пожара | Опасные факторы пожара | Сопутствующие проявления факторов пожара |
|----------------------|---|------------------------|---|---|
| Сборочный участок | Инверторный аппарат дуговой сварки MMA-200S | А – твёрдые материалы. | Дым, искра, открытый огонь, интенсивное тепловое излучение. | Низкая влага, наличие рядом с источником возгорания хлопчатобумажных изделий, древесины, и др. горючих материалов |
| | Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115 | А – твёрдые материалы. | Дым, искра, открытый огонь, интенсивное тепловое излучение. | Низкая влага, наличие рядом с источником возгорания хлопчатобумажных изделий, древесины, и др. горючих материалов |
| | Краскопульт безвоздушного распыления Graco | В – горение жидкостей | Натуральные и синтетические масла, лакокрасочные изделия. | Пары легковоспламеняющихся жидкостей, которые взрываются при смешении с воздухом» [1] |

«В соответствии с видами выполняемых заготовительных, обрабатывающих и сборочных работ в здании и с учетом типа и особенностей реализуемых технологических процессов, в таблице 33 указаны эффективные

организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара.» [19]

«Таблица 33 – Организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара

| Наименование технологического процесса, вид объекта | Наименование видов работ | Требования по обеспечению пожарной безопасности |
|---|--------------------------|---|
| Сваривание металлических труб | Сварка | Отсутствие рядом с электродами сварки легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей. |
| Шлифование сварных соединений | Шлифовка | Отсутствие рядом с работающей шлифовальной машиной легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей. |
| Нанесение защитного слоя на металлическую раму | Окраска | Отсутствие рядом открытого огня» [1] |

Организационные мероприятия для участка механической сборки включают следующие мероприятия:

- назначение ответственных лиц за пожарную безопасность;
- разработка инструкций по пожарной безопасности;
- проведение противопожарных тренировок;
- сотрудничество с пожарной охраной.

Примеры таких мероприятий будет являться:

- установка огнетушителей класса А, В, С и Е вблизи мест хранения горючих материалов и электрооборудования;
- обучение персонала правилам пользования огнетушителями;
- размещение планов эвакуации на видных местах;
- регулярная проверка состояния электропроводки и электрооборудования.

-

5.5 «Обеспечение экологической безопасности»

Обеспечение экологической безопасности сборочного участка – это комплекс мер, направленных на минимизацию негативного воздействия производственной деятельности на окружающую среду и здоровье человека.» [15]

«В таблице 34 приведена идентификация негативных экологических факторов, возникающих при создании проектируемого объекта. На основании идентификации разработаны мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом.» [19]

«Таблица 34 – Идентификация негативных экологических факторов»

| Наименование технического объекта разработки | Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса | Воздействие объекта на атмосферу | Воздействие объекта на гидросферу | Воздействие объекта на литосферу |
|--|---|---|--|---|
| Агрегат транспортного средства | Сталь конструкционная в ассортименте, сплавы цветных металлов, полимерные материалы, шлифовальные материалы, окрасочные материалы | Испарений из емкостей для хранения химических веществ. Газообразные выделения сварки. Пыль с поверхности, сыпучих строительных материалов | Изменение качества воды, вызванное выбросами нефтепродуктов и тяжелых металлов | Загрязнение. Вторичное засоление и заболачивание. Отчуждение земель производства» [1] |

Внедрение комплексных мер по обеспечению экологической безопасности сборочного участка позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду, сохранить природные ресурсы и улучшить условия труда работников. Кроме того, это способствует повышению имиджа предприятия и его конкурентоспособности. [39]

Вывод:

В данном разделе разработаны мероприятия обеспечения безопасности на участке механической сборки автомобильных агрегатов, относящихся к опытно-промышленному производству и предназначенному для сборки установочной партии автомобильных агрегатов, разработанных в ходе выполнения конструкторского раздела дипломного проекта. [11]

В разделе «Безопасность объекта дипломного проектирования» были рассмотрены вопросы обеспечения промышленной безопасности, «пожарной безопасности и экологической безопасности проектируемого участка механической сборки. В результате анализа профессиональных рисков были выявлены потенциальные опасности, связанные с работой на станках, использованием ручного инструмента и перемещением грузов. Для снижения этих рисков предусмотрены установка защитных ограждений на станках, использование средств индивидуальной защиты,»[13] обучение персонала безопасным методам работы и организация эргономичных рабочих мест. Для обеспечения пожарной безопасности предусмотрены установка автоматической системы пожаротушения, организация эвакуационных выходов и обучение персонала действиям в случае пожара. В целях минимизации негативного воздействия на окружающую среду предусмотрены система очистки сточных вод и организация сбора и утилизации отходов производства. Принятые меры соответствуют требованиям ГОСТ 12.0.004-2015 и обеспечивают допустимый уровень риска для работников и окружающей среды. Таким образом, проект участка механической сборки редукторов разработан с учетом всех необходимых требований безопасности и обеспечивает безопасные условия труда, пожарную безопасность и охрану окружающей среды.

6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки

6.1 Описание участка и производимых работ

Рассматриваемый в данном разделе дипломного проекта участок сборочных работ – это специализированная зона на автомобильном предприятии, где осуществляется сборка различных агрегатов, таких как двигатели, коробки передач, мосты, рулевые механизмы и другие. Организация и оснащение участка зависят от типа собираемых агрегатов, объема производства и степени автоматизации, поскольку предполагает предсерийную штучную сборку. В дипломном проекте мы рассматриваем участок сборки автомобильных агрегатов, на котором производится предсерийная сборка автомобильных узлов, в том числе сборка узла, принятого к разработке в рамках дипломного проекта.

Участок организован по принципу поточности, где каждый рабочий пост выполняет определенную операцию в процессе сборки. Это может быть линейная, U-образная или другая конфигурация, обеспечивающая оптимальное перемещение деталей и агрегатов. Важным аспектом является эргономика рабочих мест, обеспечивающая удобство и безопасность работы персонала. Участок должен быть хорошо освещен, вентилируем и иметь достаточное пространство для маневрирования оборудования и перемещения работников. [50]

Оборудование участка включает в себя следующие позиции:

- сборочные станды и конвейеры, которые обеспечивают фиксацию агрегата в процессе сборки и его перемещение между рабочими постами. Могут быть стационарными или подвижными, ручными или автоматизированными;
- подъемно-транспортное оборудование: Краны, тельферы, штабелеры, транспортировочные тележки используются для перемещения крупногабаритных и тяжелых деталей и агрегатов;

- инструмент и приспособления: Специализированный ручной и пневматический инструмент (гайковерты, шуруповерты, ключи), а также специальные приспособления, обеспечивающие точность и эффективность сборочных операций;

- контрольно-измерительное оборудование: Приборы для контроля параметров собираемых агрегатов (например, динамометрические ключи, индикаторы часового типа, измерительные приборы для проверки зазоров и натягов).

В соответствии с технологическим процессом, на участке производятся следующие виды работ, связанные с предсерийной сборкой автомобильных агрегатов:

- очистка, мойка, контроль качества и комплектности деталей;
- соединение деталей в соответствии с технологической документацией, что может включать в себя запрессовку, сварку, пайку, резьбовые соединения и другие операции;

- проверка соответствия собранного агрегата техническим требованиям, что может включать в себя проверку геометрических параметров, герметичности, функционирования и т.д.;

- проверка работоспособности агрегата на специальных стендах в условиях, близких к реальным;

- подготовка собранного агрегата к хранению и транспортировке.

На участке сборочных работ заняты квалифицированные рабочие (слесари-сборщики), контролеры, наладчики. [33]

6.2 Расчет затрат на расходные материалы, используемые на сборочном участке

К расходным материалам относят различные материалы и малоценные быстроизнашивающиеся изделия, используемые в работе сборочного участка. В работе принимаем их количество, усредненное в годовом исчислении.

Перечень материалов приводится в таблице 35. Составные элементы павильона представлены на рисунках А.1, А.2 и А.3 приложения А.

Таблица 35 – Расходные материалы сборочного участка

| «Наименование материалов | Используемое количество | Цена за единицу, руб | Сумма, руб. » [1] |
|--|-------------------------|----------------------|-------------------|
| Прокат стальной в ассортименте, кг | 7500 | 75 | 562 500 |
| Металл листовой в ассортименте | 7500 | 73 | 547 500 |
| Вода технологическая, м ³ | 1200 | 5,0 | 6 000 |
| Герметик силиконовый, кг | 25 | 1750 | 43 750 |
| Крепеж в ассортименте | 25 | 250 | 6 250 |
| Масло моторное, л | 400 | 650 | 260 000 |
| Обтирочный материал, кг | 75 | 50 | 3 750 |
| Паста шлифовальная, кг | 5 | 2250 | 11 250 |
| Подшипники, шт | 750 | 75 | 56 250 |
| Прокладочный материал, кг | 10 | 15 | 150 |
| Круги абразивные зачистные, шт | 550 | 95 | 52 250 |
| Круги абразивные отрезные, шт | 1250 | 35 | 43 750 |
| Растворитель, л | 12 | 350 | 4 200 |
| Шкурка абразивная в ассортименте, м ² | 40 | 325 | 13 000 |
| Проволока сварочная, кг | 750 | 130 | 97 500 |
| Прочее | - | - | 15 000 |
| ИТОГО | | | 1 723 100 |

Расчет количества расходных материалов производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^m V_M^i \cdot C_M^i \quad (49)$$

где V_M^m – используемое количество m -ного вида материала, ед.;

C_M^m – цена за единицу m -ного вида материала, руб.

Расчет по всем видам материалов также приводится в таблице 1.

6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления на сборочном участке

Расчет амортизационных отчислений на сборочном участке производится для учета износа оборудования, используемого в процессе сборки. Амортизация отражает постепенное перенесение стоимости основных средств на себестоимость выпускаемой продукции. Существует несколько методов расчета амортизации, и выбор конкретного метода зависит от учетной политики предприятия. В нашем случае будет применен линейный метод, как наиболее простой метод, при котором годовая сумма амортизации рассчитывается путем деления первоначальной стоимости на срок полезного использования. [51]

Срок полезного использования устанавливается для каждого объекта основных средств индивидуально, исходя из ожидаемого срока его эксплуатации, с учетом физического и морального износа. Срок полезного использования определяется в соответствии с Классификацией основных средств, включаемых в амортизационные группы.

Для расчета общей суммы амортизационных отчислений на сборочном участке необходимо рассчитать амортизацию для каждого объекта основных средств, используемого на участке, и затем суммировать полученные значения.

«Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка приводится в таблице 36.

Таблица 36 – Амортизационные отчисления участка сборки

| Наименование оборудования | Марка | Стоимость, руб | Число единиц оборудования | Норма отчислений, % | Отчисления, руб. » [1] |
|---------------------------|------------|----------------|---------------------------|---------------------|------------------------|
| Стапель сборочный | с/и | 3 500 000 | 4 | 14,3 | 2 002 000 |
| Станок токарный | JET BD-11G | 3 700 000 | 1 | 10,5 | 388 500 |

| | | | | | |
|--------------------------------------|---|-----------|---|------|-----------|
| Станок фрезерный | VISPROM FVV-210 38301300 | 2 800 000 | 1 | 10,5 | 294 000 |
| Настольно-сверлильный станок | 2M112 | 275 000 | 1 | 14,3 | 39 325 |
| Пресс гидравлический | ПГ-10000 | 75 000 | 1 | 14,3 | 10 725 |
| Кран-балка | 75-256 | 150 000 | 1 | 10,0 | 15 000 |
| Аргонодуговой сварочный инвертор | Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet | 95 000 | 2 | 10,0 | 19 000 |
| Стол сварочный | с/и | 125 000 | 2 | 8,0 | 20 000 |
| Верстак слесарный | Сорокин | 25 000 | 8 | 14,5 | 29 000 |
| Краскопульт безвоздушного распыления | Graco | 35 000 | 1 | 10,0 | 3 500 |
| Камера окрасочная | Сорокин | 650 000 | 1 | 15,0 | 97 500 |
| ИТОГО | | | | | 2 918 550 |
| Амортизация площади участка | $A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * Н_а}{100}$ $A_{пл} = \frac{160 * 15000 * 2,5}{100}$ | | | | 60 000 |
| ИТОГО | | | | | 2 978 550 |

Важно учитывать, что в зависимости от выбранного метода начисления амортизации и учетной политики предприятия, расчет может отличаться. Необходимо руководствоваться действующим законодательством и внутренними положениями организации.

6.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки

Расчет затрат на электроэнергию на сборочном участке включает в себя несколько этапов и зависит от потребляемой мощности оборудования, режима

его работы и тарифов на электроэнергию. В процессе передачи и распределения электроэнергии возникают потери. Величина потерь зависит от состояния электросети и может составлять от 5% до 15%. Для расчета затрат необходимо учесть эти потери, умножив суммарное потребление электроэнергии на коэффициент потерь. [43]

Стоимость электроэнергии рассчитывается исходя из установленных тарифов. Тарифы могут быть дифференцированными в зависимости от времени суток, дня недели и объема потребления.

«Расчет затрат на электроэнергию рассчитывается по формуле

$$\text{Эл} = \sum_{i=1}^m \frac{M_i \cdot T_{\text{маш}}^i \cdot K_{\text{од}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \text{Ц}_э}{\eta_i \cdot 60} \quad (50)$$

где M_i – потребляемая электрическая мощность единицы оборудования, кВт;

$T_{\text{маш}}^i$ – годовой фонд машинного времени работы оборудования, ч;

$K_{\text{од}}$ – коэффициент одновременной работы электродвигателей;

$K_{\text{м}}$ – коэффициент загрузки двигателей по мощности;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент загрузки двигателей по времени;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент потерь в сети;

$\text{Ц}_э$ – цена за электроэнергию, руб/кВт;

КПД – электрический КПД единицы оборудования

Расчет затрат на электроэнергию приводится в таблице» [1] 37.

Таблица 37 – Расчет затрат на электроэнергию участка сборки.

| Наименование оборудования | Марка | Мощность, кВт | Число единиц оборудования | КПД | Сумма, руб |
|---------------------------|--------|---------------|---------------------------|-----|------------|
| Ленточная пила 0 | ПЛ-350 | 2,0 | 1 | 0,8 | 3 325,14 |

| | | | | | |
|--------------------------------------|---|------|---|------|-----------|
| Торцевая абразивная пила | PRN-320 | 3,5 | 1 | 0,8 | 5 819,00 |
| Станок токарный | JET BD-11G | 7,5 | 1 | 0,7 | 14 250,60 |
| Станок фрезерный | VISPROM FVV-210 38301300 | 5,5 | 1 | 0,7 | 10 450,44 |
| | | | | | |
| Пресс гидравлический | ПГ-10000 | 0,5 | 1 | 0,8 | 831,29 |
| Кран-балка | 75-256 | 0,75 | 1 | 0,8 | 1 246,93 |
| Аргонодуговой сварочный инвертор | Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet | 6,5 | 2 | 0,7 | 24 701,04 |
| Краскопульт безвоздушного распыления | Graco | 0,5 | 1 | 0,85 | 782,39 |
| Камера окрасочная | Сорокин | 4,5 | 1 | 0,85 | 7 041,47 |
| ИТОГО | | | | | 70 903,77 |

Расход на электроэнергию на освещение помещения рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{M_{св} \cdot n \cdot T \cdot K_{од} \cdot K_{с} \cdot K_{п} \cdot \mathcal{U}_{э}}{\eta} \quad (51)$$

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{0,25 \cdot 65 \cdot 2440 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1,04 \cdot 4,5}{0,8} = 111337,2$$

Общие расходы на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{л} + \mathcal{E}_{св} \quad (52)$$

$$\mathcal{E} = 70 903,77 + 111 337,2 = 182240,97 \text{ руб}$$

Для более точного расчета затрат на электроэнергию рекомендуется использовать данные счетчиков электроэнергии. При планировании бюджета следует учитывать возможное изменение тарифов на электроэнергию. Внедрение энергосберегающих технологий может помочь снизить затраты на электроэнергию. [35]

Выполненный расчет демонстрирует базовые навыки калькуляции издержек, в реальных условиях могут быть дополнительные факторы, которые необходимо учитывать. Для получения более точной информации следует обратиться к специалистам по энергетике.

6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала

«Расчет затрат на заработную плату рабочих на сборочном участке включает несколько составляющих и зависит от системы оплаты труда, количества рабочих, их квалификации и других факторов. Основная заработная плата рассчитывается путем умножения тарифной ставки на количество отработанных часов.» [1]

«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.» [18]

«Расчет заработной платы персонала приводится в таблице 38.

Таблица 38 – Расчет заработной платы персонала на участке сборки» [1]

| Вид персонала | Численность персонала, чел | Часовая тарифная ставка, руб | Годовой фонд рабочего времени, чел/час | Сумма, руб |
|------------------------------|----------------------------|------------------------------|--|---------------|
| Слесарь-механик 5-го разряда | 12 | 350 | 1840 | 9 660 000,00 |
| Слесарь-механик 6-го разряда | 8 | 385,5 | 1840 | 7 093 200,00 |
| Сварщик 6-го разряда | 2 | 410 | 1810 | 1 855 250,00 |
| Мастер участка | 2 | 470 | 1840 | 2 162 000,00 |
| Маляр | 2 | 410 | 1810 | 1 855 250,00 |
| ИТОГО | | | | 22 625 700,00 |

«Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле:

$$Дзп = Озп \cdot Кд / 100, \quad (53)$$

где» [1] «Кд - коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, Кд = 8%.» [18]

$$Дзп = 22\,625\,700 \cdot \frac{8}{100} = 1\,810\,056 \text{ руб}$$

«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.» [18]

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{Соц}}, \quad (54)$$

где «Ксоц – норма отчислений на страховые взносы, Ксоц = 0,3.» [18]

$$O_{\text{ФМС}} = (22\,625\,700 + 1\,810\,056) \cdot 0,3 = 7\,330\,726,8 \text{ руб}$$

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

$$O_{\text{Т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (55)$$

$$O_{\text{Т}} = 22\,625\,700 + 1\,810\,056 + 7\,330\,726,8 = 31\,766\,482,8 \text{ руб}$$

Суммарные издержки на участке»[7] сборки складываются по совокупности затрат, рассчитанных выше. Сводная калькуляция затрат приводится в таблице 39.

Таблица 39 – Затраты на участке сборки

| Наименование статьи затрат | Сумма | Доля затрат, % |
|---|----------------------|-----------------|
| Расходные материалы сборочного участка | 1 723 100 | 3,30 |
| Амортизационные отчисления участка сборки | 2 978 550 | 5,71 |
| Общие расходы на электроэнергию | 182 240,97 | 0,35 |
| Затраты на оплату труда | 31 766 482,8 | 60,91 |
| «Расходы на административно-управленческий персонал | 15 500 000 | 29,72 |
| ИТОГО | 49 171 823,77 | 100» [1] |

«Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 10.

$$НЧ = C_{\text{общ}} / T_{\text{уч,}} \text{ » [1]} \quad (55)$$

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

$T_{\text{уч,}}$ – фонд рабочего времени составит для участка сборки, чел-ч,» [18]

$$НЧ = 49\,171\,823,77 / 57\,500 = 855,16 \text{ руб.}$$

Вывод:

В данном разделе была проведена работа по определению себестоимости нормо-часа на участке сборки автомобильных агрегатов в рамках предсерийной подготовки производственного процесса с целью обоснования экономической эффективности проекта. Расчет себестоимости нормо-часа выполнен калькуляционным методом с учетом всех статей затрат, связанных с работой участка сборки. Основными статьями затрат являются заработная плата основных производственных рабочих (60,91%), отчисления на социальные нужды (15%), расходы на административно-управленческий персонал (29,72%) и амортизационные отчисления участка сборки (5,71%). Остальные расходы приходятся на цеховые и общезаводские расходы. В результате расчетов определена себестоимость нормо-часа на участке сборки, которая составила 855,16 рублей. Полученное значение себестоимости нормо-часа обусловлено прежде всего высокой стоимостью специализированного оборудования и высокой квалификацией слесарей-сборщиков. Рассчитанное значение себестоимости нормо-часа будет использовано для определения экономической эффективности проекта. На основании выполненных расчетов можно сделать выводы о выполнении задачи в рамках текущего раздела дипломного проекта. [34]

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе «спроектирован передвижной павильон на базе автомобильного прицепа, именуемый в зарубежье как фудтрак.

В начале работы были представлены различные варианты подвижного состава и даже существования мобильной точки питания в целом как самостоятельно передвигающегося транспортного средства. Затем объединив конструкторский и технологический раздел можно сказать, что была создана рама прицепа на основе сваренных различных металлических трубок и затем создан прицеп уже в сборе, по средствам добавления к раме: тормозной системы, дышла, тягово-сцепного устройства и тормоза наката, подвески состоящей из рессоры и амортизатора, колёс, балки моста и ступиц, а также прицеп был обшит снаружи фанерой, вставлены окна и установлено внутреннее оборудование. [40]

Также было произведен анализ подобных бизнес-проектов, итоги которого показали, что мобильная продажа кофе действительно востребована. Из примера использования похожего павильона, найденного в сети «Интернет», были выявлены ошибки ведения такого бизнеса, что позволит при создании собственного прицепа их не повторить. Сравнение похожих конструкций, где были выявлены преимущества и недостатки каждого прицепа, по итогу которого составлена циклограмма и найден лучший вариант, основываясь на который и был составлен павильон проекта.

Тягово-динамический расчёт автомобиля показал, что в связи с небольшим весом самого прицепа, технические характеристики состава, то есть автомобиля с прицепом, не сильно отличаются от автомобиля взятого отдельно, как показано на чертеже общего вида, что позволяет без каких-либо дополнительных усилий эксплуатировать его на российских дорогах. » [1]

Список используемых источников

- 1 Аверьянов, Е.А. Технология машиностроения. - М.: Машиностроение, 1985.
- 2 Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин. - М.: Наука, 1988.
- 3 Андреев, Ю.Я. Антикоррозийная защита в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1986.
- 4 Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
- 5 Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин. - М.: Машиностроение, 1993 – 217 с.
- 6 Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
- 7 Бродский В. В. – М: Наука, 1976. – 224 с.
- 8 Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей / И. А. Бухарин. – М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отд-ние, 1950. – 292 с.
- 9 Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 240 с.
- 10 Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
- 11 Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Колос, 1973. – 195 с.
- 12 Величко А. В. Анализ процесса торможения автотранспортного средства / А. В. Величко // Транспортные средства Сибири: Материалы межвузовской научно-практической конференции. – Красноярск: КГТУ, 1995. – с. 83-89

- 13 Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.
- 14 Гаджинский, А.М. Логистика. - М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 2000 – 234 с.
- 15 Гернер В.С. Исследование режимов контроля эффективности действия тормозных механизмов: дис. канд. техн. наук/ В. С. Гернер. - Харьков, 1970. – 153 с.
- 16 Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей. – М. Транспорт. 1970.
- 17 Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.
- 18 Горлатов С.Е. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Методические указания к курсовой работе. – Оренбург: ОГУ, 2002 – 28 с.
- 19 ГОСТ Р 52302–2004. Автотранспортные средства. Устойчивость и управляемость. Технические требования. Методы испытания. – М. : Изд-во стандартов, 2005.
- 20 Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.
- 21 Гредескул А. Б. Динамика торможения автомобиля: дис. ... докт. техн. наук / А. Б. Гредескул. – Харьков, 1963. – 271 с.
- 22 Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
- 23 Грузинов В.П. Экономика предприятия. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 152 с.
- 24 Гурьянов С. И. Повышение точности диагностирования тормозных свойств автопоездов на стенде / С. И. Гурьянов. // Диагностика автомобилей: III всесоюзная научно-техническая конференция: тезисы докладов. - Улан-Удэ, 1989. – с. 147-148.

25 Дик А. Б. Описание характеристик проскальзывания тормозящего колеса / А. Б. Дик // Надежность и активная безопасность автомобиля : сб. науч. тр. / МАМИ. – М, 1985. – с. 205-216.

26 Димов Н. Н. Оценка возможности воспроизведения реальных режимов торможения автомобиля на стендах с беговыми барабанами : автореферат / Н. Н. Димов. - Харьков, 1987. – 20 с.

27 Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / А. А. Хачатуров [и др.]; под ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.

28 Джонсон М. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке/ М. Джонсон, Ф. М. Лион. – Мир, 1981. – 610 с.

29 Енаев А. А. Основы теории колебаний автомобиля при торможении и ее приложения. – М.: Машиностроение, 2002. – 341 с.

30 Ечеистов Ю. А. Неустановившееся торможение автомобильного колеса / Ю. А. Ечеистов, В. В. Бернацкий // Безопасность и надежность автомобиля : сб. науч. тр. – М: МАМИ, 1981. – с. 16-23.

31 Козлов, Б.А., Ушаков, И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. - М.: Советское радио, 1975. – 224 с.

32 Котлер Ф. Маркетинг менеджмент. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.

33 Лахтин, Ю.М. Материаловедение. - М.: Машиностроение, 1990.

34 Николаев, Г.А. Сварка в машиностроении: Справочник: В 4 т. - М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.

35 Писаренко, Г.С., Лебедев, А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. - Киев: Наукова думка, 1976. – 640 с.

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

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

38 Ременцов А. Н. Типаж и эксплуатация технологического оборудования : учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки бакалавров "Эксплуатация транспортно-технол. машин и комплексов" / А. Н. Ременцов, Ю. Г. Сапронов, С. Г. Соловьев. - Гриф УМО. - Москва : Академия, 2015. - 302, [1] с. : ил.

39 Стенды тормозные силовые «СТС». Руководство по эксплуатации 10У. 14.00.00.000. - Великий Новгород, 2007. – с. 52.

40 Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.

41 Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963 – 263 с.

42 Феодосьев В.И. «Соппротивление материалов». – М: Наука, 1986. – 512 с.

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

44 Gethoffen H. Einsatz von Mikroprozessoren in der Nachrichtentechnik. Mikroprozessoren und ihre Anwendungen. / H. Gethoffen // Hrsg. von W. Hiibert und R. Piloty. Munchen, Wien, R. Oldenbourg Verlag, 1977.

45 Johnson M. Statistics and experiment planning in engineering and science/ M. Johnson, F. M. Lyon. – Mir, 1981. – 610 p.

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

47 Pacejka H.B. Some recent investigations into dynamics and frictional behavior of pneumatic tires / H.B. Pacejka// Phys. Tire tract: Theory and Exp. -New - York - London, 1974.

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

48. Creating food trucks. Электронный ресурс URL: <https://www.touchbistro.com/blog/the-history-of-the-food-truck/>

49. Description of food trucks. Электронный ресурс URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Food_truck
50. Food van. Электронный ресурс URL: <https://suntrustblog.com/food-truck-layouts/>
51. Seven Steps of Food Truck Design to Build an Empire on Wheels. Электронный ресурс URL: <https://www.bdtask.com/blog/food-truck-design>
52. Trailer improvement. Электронный ресурс URL: <https://foodtruckempire.com/how-to/build-a-food-truck/>

Приложение А Спецификация

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|--------------------------|------------|---------|------------------------------|----------------------------------|------|------------------|
| | | | | | | |
| <i>Документация</i> | | | | | | |
| A1 | | | 25.ДППЭА.110.6100.000СБ | Сборочный чертеж | | |
| <i>Сборочные единицы</i> | | | | | | |
| | | 1 | 25.ДППЭА.110.6101.000 | Верхняя обвязка бокового борта | 2 | |
| | | 2 | 25.ДППЭА.110.6102.000 | Верхняя обвязка заднего борта | 1 | |
| | | 3 | 25.ДППЭА.110.6103.000 | Верхняя обвязка переднего борта | 1 | |
| | | 4 | 25.ДППЭА.110.6104.000 | Лонжерон | 2 | |
| | | 5 | 25.ДППЭА.110.6105.000 | Нижняя обвязка бокового борта | 1 | |
| | | 6 | 25.ДППЭА.110.6106.000 | Поперечина | 4 | |
| | | 7 | 25.ДППЭА.110.6107.000 | Стойка бокового борта | 7 | |
| | | 8 | 25.ДППЭА.110.6108.000 | Стойка бокового борта утолщенная | 2 | |
| | | 9 | 25.ДППЭА.110.6109.000 | Стойка заднего борта | 2 | |
| | | 10 | 25.ДППЭА.110.6110.000 | Стойка переднего борта | 3 | |
| | | 11 | 25.ДППЭА.110.6111.000 | Траверса | 1 | |
| | | | 25.ДППЭА.110.6101.000 | | | |
| Инв. № подл. | Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | |
| | Разраб. | Круглоб | | | | Лит. |
| | Проб. | Турбин | | | | Лист |
| | Н.контр. | Турбин | | | | Листов |
| Утв. | Бабровский | | | | | 1 |
| Рама прицепа | | | | | | ТГУ, АТС-2001а |
| <i>Копировал</i> | | | | | | <i>Формат А4</i> |

Рисунок А1 - Спецификация рамы прицепа

