

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 стенда исследования свойств шин при движении по  
мягким грунтам

Обучающийся

С.О. Сизенцов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. пед. наук, доцент Л.А. Угарова

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

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

канд. пед. наук, доцент А.В. Кириллова (Егорова)

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

канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Тольятти 2024

## Аннотация

В расчетно-пояснительной записке представлен дипломный проект на тему «Разработка стенда исследования свойств шин при движении по мягким грунтам».

Актуальность темы «Разработка стенда исследования свойств шин при движении по мягким грунтам» обосновывается рядом значимых факторов. В последние годы наблюдается значительный рост спроса на транспортные средства, способные эффективно передвигаться по мягким грунтам. Это включает сельскохозяйственные машины, строительную технику, военные и экспедиционные транспортные средства. Разработка более эффективных и устойчивых шин для таких условий эксплуатации является насущной задачей. Мягкие грунты, такие как песок, глина и рыхлая земля, представляют собой сложную и непредсказуемую среду для передвижения. Традиционные методы проектирования шин часто не учитывают специфические особенности взаимодействия шин с такими грунтами, что приводит к снижению эффективности и увеличению износа. В настоящее время существует ограниченное количество специализированных стендов и методов для исследования свойств шин на мягких грунтах. Существующие методики часто недостаточно точны или адаптированы к конкретным типам грунтов. Это затрудняет проведение качественных испытаний и разработку оптимальных решений.

Разработка нового исследовательского стенда позволяет внедрять инновационные подходы и технологии в испытания шин. Это включает использование современных датчиков, систем сбора данных и программного обеспечения для анализа результатов. Такой подход позволяет получать более точные и репрезентативные данные, что способствует улучшению качества разрабатываемых шин.

Структура дипломного проекта разделена на несколько связанных между собой разделов, а именно: введение, шесть глав, раскрывающих тему

проекта, заключение и список использованных источников, включая иностранные. Инженерно-графический раздел выпускной квалификационной работы изложен на 10 листах формата А1.

Цель данного дипломного проекта — разработка стенда для исследования свойств шин при движении по мягким грунтам. Такой стенд позволит моделировать реальные условия эксплуатации, измерять ключевые параметры взаимодействия шин с грунтом и анализировать полученные данные для улучшения конструкции и материалов шин. В рамках проекта будет проведен анализ существующих методик и оборудования для испытания шин, разработаны технические требования и конструкция стенда, а также проведены экспериментальные исследования с использованием различных типов шин и грунтов.

Логическая структура дипломного проекта представляет совокупность ряда проведенных исследований, а именно:

- анализ конструкции стендов для испытания шин транспортных средств;
- формирование предложений по конструкции испытательного стенда;
- проведение необходимых конструкторских расчетов;
- разработка необходимых технологических операций сборки узлов стенда;
- разработка требований по безопасности организации и проведению сборочных работ;
- расчет экономического эффекта от внедрения конструкции в производство;
- формирование заключения по результатам проделанной работы.

Таким образом, разработка стенда для исследования свойств шин при движении по мягким грунтам является актуальной и важной задачей, имеющей большое значение для различных отраслей промышленности, науки и техники.

## **Abstract**

The calculation and explanatory note presents a graduation project on the topic «Development of a stand for studying the properties of tires when driving on soft soils.»

The relevance of the topic «Development of a stand for studying the properties of tires when driving on soft soils» is justified by a number of significant factors. In recent years, there has been a significant increase in demand for vehicles that can move efficiently on soft ground. This includes agricultural vehicles, construction equipment, military and expeditionary vehicles. Developing more efficient and resilient tires for these operating conditions is an urgent task. Soft soils such as sand, clay and loose earth provide a challenging and unpredictable environment for movement. Traditional tire design methods often do not take into account the specific interaction of tires with such soils, which leads to reduced performance and increased wear. Currently, there is a limited number of specialized stands and methods for studying the properties of tires on soft soils. Existing techniques are often not accurate enough or adapted to specific soil types. This makes it difficult to conduct quality testing and develop optimal solutions.

The development of a new research stand allows for the introduction of innovative approaches and technologies in tire testing. This includes the use of advanced sensors, data acquisition systems and software to analyze the results. This approach allows for more accurate and representative data to be obtained, which helps improve the quality of tires being developed.

The structure of the diploma project is divided into several interconnected sections, namely: introduction, six chapters revealing the topic of the project, conclusion and list of sources used, including foreign ones. The engineering and graphic section of the final qualifying work is presented on 10 sheets of A1 format.

The goal of this diploma project is to develop a stand for studying the properties of tires when driving on soft soils. Such a stand will allow simulating real operating conditions, measuring key parameters of tire interaction with the ground and

analyzing the data obtained to improve the design and materials of tires. The project will analyze existing methods and equipment for testing tires, develop technical requirements and stand design, and conduct experimental studies using various types of tires and soils.

The logical structure of the diploma project represents the totality of a number of studies conducted, namely:

- analysis of the design of stands for testing vehicle tires;
- generation of proposals for the design of the test bench;
- carrying out the necessary design calculations;
- development of the necessary technological operations for assembling stand components;
- development of requirements for the safety of the organization and assembly work;
- calculation of the economic effect from introducing the design into production;
- drawing up a conclusion based on the results of the work done.

Thus, the development of a stand for studying the properties of tires when driving on soft soils is a relevant and important task, which is of great importance for various branches of industry, science and technology.

## Содержание

Введение .....	8
1 Анализ факторов, определяющих эксплуатационные характеристики автомобильных шин .....	11
1.1 Анализ различных методик проведения испытаний автомобильных шин .....	11
1.1.1 Определение коэффициента сцепления в продольном направлении с помощью буксирования автомобиля .....	12
1.1.2 Определение коэффициента сцепления на испытательном стенде .....	14
1.2 Характеристика коэффициента сцепления и его влияние на параметры автомобильных шин .....	17
1.3 Характеристика площади пятна контакта и его влияние на параметры автомобильных шин .....	20
1.4 Анализ влияния нагружения шины нормальной нагрузкой на характеристики шины .....	23
1.5 Анализ влияния нагружения шины боковой силой на характеристики шины .....	25
1.6 Анализ влияния бокового смещения и угла увода на характеристики шины .....	29
2 Анализ прототипов разрабатываемой конструкции испытательного стенда .....	35
2.1 Анализ патентных аналогов разрабатываемой конструкции испытательного стенда .....	35
2.2 Анализ промышленных образцов разрабатываемой конструкции испытательного стенда .....	39
3 Конструкторский раздел .....	46
3.1 Тяговый расчет транспортного средства .....	46
3.1.1 Расчет массо-габаритных параметров транспортного средства ..	46

3.1.2	Расчет внешней скоростной характеристики двигателя .....	48
3.1.3	Определение передаточного числа главной передачи и коробки передач .....	50
3.1.4	Тяговый баланс автомобиля .....	52
3.1.5	Время и путь разгона автомобиля .....	56
3.1.6	Мощностной баланс автомобиля .....	58
3.1.7	Топливоно-экономическая характеристика транспортного средства .....	58
3.2	Разработка конструкции стенда для испытания шин внедорожных автомобилей .....	59
3.2.1	Техническое задание на разработку .....	59
3.2.2	Техническое предложение на разработку .....	60
3.2.3	Расчет конструкции стенда .....	65
4	Технологический процесс сборки узлов стенда испытаний шин .....	70
5	Безопасность и экологичность участка механической сборки .....	71
5.1	Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технического объекта .....	71
5.2	Идентификация профессиональных рисков .....	75
5.3	Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	76
5.4	Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	78
5.5	Обеспечение экологической безопасности технического объекта ...	82
6	Экономический раздел дипломного проекта .....	84
6.1	Технико-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта .....	84
6.2	Расчет затрат и экономической эффективности .....	85
6.3	Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции .....	92
	Заключение .....	96
	Список используемой литературы и используемых источников .....	103
	Приложение А Графики тягового расчета .....	106

## Введение

Современное развитие автомобильной и сельскохозяйственной техники предъявляет высокие требования к проходимости и устойчивости транспортных средств на различных типах покрытий, включая мягкие грунты. Это особенно актуально для условий эксплуатации в сельском хозяйстве, строительстве и военной технике, где эффективность и безопасность передвижения напрямую зависят от свойств шин и их взаимодействия с грунтом.

Мягкие грунты, такие как песок, глина и рыхлая земля, представляют собой сложные среды для передвижения транспортных средств. Их механические свойства сильно варьируются в зависимости от влажности, плотности и структуры, что существенно влияет на сцепление шин с поверхностью. Для оптимизации конструкции шин и повышения проходимости техники в таких условиях необходимо глубокое понимание процессов взаимодействия шины с грунтом, а также разработка методов и стендов для экспериментального исследования этих процессов.

Цель данного дипломного проекта — разработка стенда для исследования свойств шин при движении по мягким грунтам. Такой стенд позволит моделировать реальные условия эксплуатации, измерять ключевые параметры взаимодействия шин с грунтом и анализировать полученные данные для улучшения конструкции и материалов шин. В рамках проекта будет проведен анализ существующих методик и оборудования для испытания шин, разработаны технические требования и конструкция стенда, а также проведены экспериментальные исследования с использованием различных типов шин и грунтов.

«Актуальность рассматриваемой темы заключается в том, что в настоящее время автомобилестроению принадлежит самая ведущая роль в развитии и машиностроения вообще, и транспортного машиностроения в частности. Автомобильная промышленность мира - это емкий и весьма



значительный сектор мировой экономики и международного бизнеса, ведь это не только собственно автомобили, но и разнообразные товары по обслуживанию автомобиля, а также, в значительной мере, рынок производства и продажи автозапчастей. Рынок автомобилей имеет ряд смежных рынков и отраслей: от наиболее тесно прилегающих (рынка деталей и блоков автомобилей и нефтедобывающей промышленности) до менее очевидных (строительство дорог, производство аксессуаров для автомобилей и т.п.). Автомобиль обеспечивает высокую мобильность человека, эффективность труда, определяет современный образ жизни общества. Он является показателем уровня обеспеченности материальными средствами как отдельного человека (его владельца), так и общества или государства в целом (в данном случае речь идет об автообеспеченности населения страны).» [3]

Разработка нового исследовательского стенда позволяет внедрять инновационные подходы и технологии в испытания шин. Это включает использование современных датчиков, систем сбора данных и программного обеспечения для анализа результатов. Такой подход позволяет получать более точные и репрезентативные данные, что способствует улучшению качества разрабатываемых шин. Оптимизация конструкции шин с учетом их взаимодействия с мягкими грунтами может привести к значительной экономии ресурсов и снижению эксплуатационных затрат. Улучшенные шины не только повышают проходимость и устойчивость техники, но и уменьшают износ грунта, что важно для сохранения окружающей среды.

Исследование взаимодействия шин с мягкими грунтами является важной задачей в рамках научно-технического прогресса. Полученные результаты могут быть использованы для разработки новых материалов и конструкций шин, что открывает новые возможности для инженерных решений и повышает общий уровень технологий в данной области.

Исследования характеристик автомобильных шин играют ключевую роль в автомобильной промышленности и обеспечивают несколько важных аспектов, влияющих на безопасность, экономичность и общую

производительность транспортных средств. Исследования позволяют оценить сцепление шин с дорожным покрытием при различных условиях (сухая, мокрая, снежная или ледяная поверхность). Статистика ДТП свидетельствует о том, что значительная часть аварий происходит из-за потери сцепления шины с дорогой в сложных условиях. Проведение исследований позволит объективно и многофакторно оценить сцепные характеристики шины.

Оптимизация характеристик шин позволяет сократить тормозной путь автомобиля, что критично для предотвращения аварийных ситуаций. Изучение поведения шин при различных маневрах помогает улучшить устойчивость и управляемость автомобиля, что важно для безопасного вождения.

Исследования помогают разработать шины с увеличенным сроком службы, что снижает частоту их замены и уменьшает эксплуатационные расходы. Шины с оптимизированным сопротивлением качению способствуют снижению расхода топлива, что экономит средства владельцев автомобилей и уменьшает воздействие на окружающую среду. Исследования характеристик шин позволяют снизить уровень шума, что повышает комфорт при вождении. Анализ деформаций и амортизационных свойств шин позволяет улучшить плавность хода автомобиля, обеспечивая более комфортную поездку для пассажиров.

Разработка шин, оптимизированных для различных климатических условий (например, зимние и летние шины), повышает безопасность и эффективность эксплуатации автомобилей в разных регионах. Шины, разработанные с учетом специфических дорожных условий (грунтовые дороги, асфальт, трассы и т.д.), улучшают проходимость и эксплуатационные характеристики транспортных средств. Исследования способствуют разработке новых материалов и конструкций шин, что позволяет создавать более прочные и эффективные решения.

# **1 Анализ факторов, определяющих эксплуатационные характеристики автомобильных шин**

## **1.1 Анализ различных методик проведения испытаний автомобильных шин**

Автомобильные шины — это кольцевые эластичные конструкции, устанавливаемые на обод колеса транспортного средства. Они служат для обеспечения сцепления с дорожной поверхностью, передачи усилий от двигателя и тормозной системы на дорогу, амортизации ударов и вибраций, возникающих при движении, а также обеспечения устойчивости и управляемости автомобиля.

Основные характеристики автомобильных шин включают ряд наиболее характерных параметров:

- состав резиновой смеси, определяющий износостойкость, сцепление и долговечность шины;
- параметры рисунка и глубины протектора, влияющие на сцепление с дорогой, эффективность отвода воды и шума;
- конструкция каркаса шины, определяющая прочность, гибкость и сопротивление деформации шины;
- размерность шины, которая включает ряд взаимозависимых характеристик, таких как, диаметр, ширину и профиль шины, что влияет на совместимость с ободом и ходовые качества автомобиля;
- скоростной и нагрузочный индекс, который характеризует максимально допустимую скорость и нагрузку для безопасной эксплуатации шины.

Функционал автомобильных шин также связан с их назначением:

- сцепление с дорогой обеспечивает передачу силы тяги, торможения и боковых сил от автомобиля на дорожное покрытие;
- амортизация сглаживает неровности дороги, поглощая удары и

вибрации, что повышает комфорт и защищает подвеску автомобиля;

- устойчивость и управляемость поддерживает стабильное положение автомобиля и позволяет точно управлять направлением движения;
- грузоподъемность, это способность нести вес автомобиля, включая пассажиров и груз, и равномерно распределять его на дорожное покрытие.

Автомобильные шины являются критическим элементом, от которого зависят безопасность, эффективность и комфорт эксплуатации транспортного средства.

Рассмотрим различные методики испытания автомобильных шин, применяемые в автомобилестроении.

### **1.1.1 Определение коэффициента сцепления в продольном направлении с помощью буксирования автомобиля**

Определение коэффициента сцепления в продольном направлении путем буксирования автомобиля представляет собой один из методов, который позволяет оценить сцепные свойства шин с дорожной поверхностью. Этот метод применяется для исследования поведения шин при различных условиях эксплуатации, таких как сухая, мокрая или заснеженная дорога.

Методика проведения испытаний представляет собой последовательность следующих процедур:

- подготовьте автомобиль-испытатель и буксировочное устройство (например, тягач или другой автомобиль);
- установите измерительное оборудование, такое как датчики тягового усилия и скорости;
- проверьте исправность тормозной системы и состояние шин;
- выберите ровную и однородную поверхность для испытаний;
- убедитесь, что дорожное покрытие соответствует условиям, которые будут исследоваться (сухое, мокрое, ледяное и т.д.);
- установите датчики для измерения продольного усилия и скорости движения автомобиля;
- проверьте правильность работы датчиков и системы сбора данных;

- закрепите буксировочный трос между автомобилем-испытателем и тягачом;
- запустите буксирование, постепенно увеличивая скорость до требуемого значения, при этом автомобиль-испытатель должен двигаться накатом без включенного двигателя;
- зафиксируйте значения продольного усилия и скорости в процессе буксирования;
- проведите серию испытаний, изменяя условия буксирования (скорость, дорожное покрытие и т.д.);
- запишите данные о продольном усилии и скорости движения для каждого испытания;
- проанализируйте собранные данные, вычислив коэффициент сцепления для каждого испытания.

Иллюстрация методики проведения испытаний представлена на рисунке 1.

Коэффициент сцепления ( $\mu$ ) рассчитывается как отношение продольного тягового усилия ( $F$ ) к вертикальной нагрузке ( $N$ ) на шину:

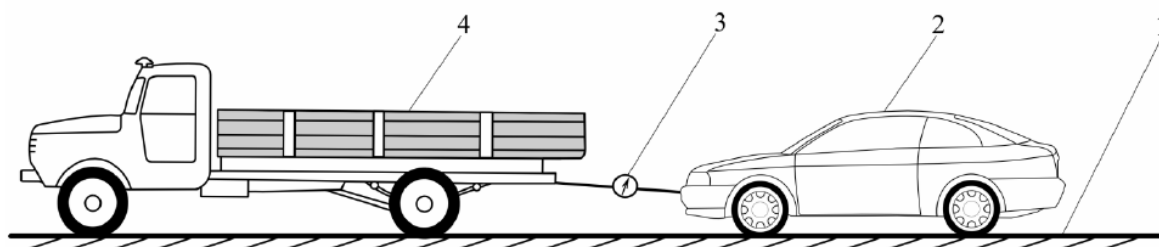
$$\mu = F / N \quad (1)$$

где  $F$  – продольное тяговое усилие, измеренное датчиками;

$N$  – вертикальная нагрузка на шину, которая может быть известна заранее или измерена отдельно.

Для получения достоверных результатов проведите несколько повторных испытаний в одинаковых условиях и усредните полученные значения. Учитывайте температуру окружающей среды и дорожного покрытия, так как они могут влиять на результаты. Убедитесь, что шины находятся в хорошем состоянии и соответствуют требованиям испытаний (износ, давление и т.д.).

Эта методика позволяет получить точные данные о коэффициенте сцепления шин в продольном направлении, что важно для оценки их эксплуатационных характеристик и обеспечения безопасности дорожного движения.



1 – опорная поверхность; 2 – испытуемый автомобиль; 3 – динамометр; 4 – тягач

Рисунок 1 – Измерение силы сцепления автомобильных шин с дорогой

Н.С. Соломатин пишет: «При проведении испытаний на опорной поверхности с низкой несущей способностью песок, снег, пашня, размокший грунт и т. д. автомобиль-тягач нужно подбирать таким образом, чтобы шины испытуемого автомобиля не попадали в колею тягача. Каждый заезд выполняется на свежем участке опорной поверхности» [10].

### **1.1.2 Определение коэффициента сцепления на испытательном стенде**

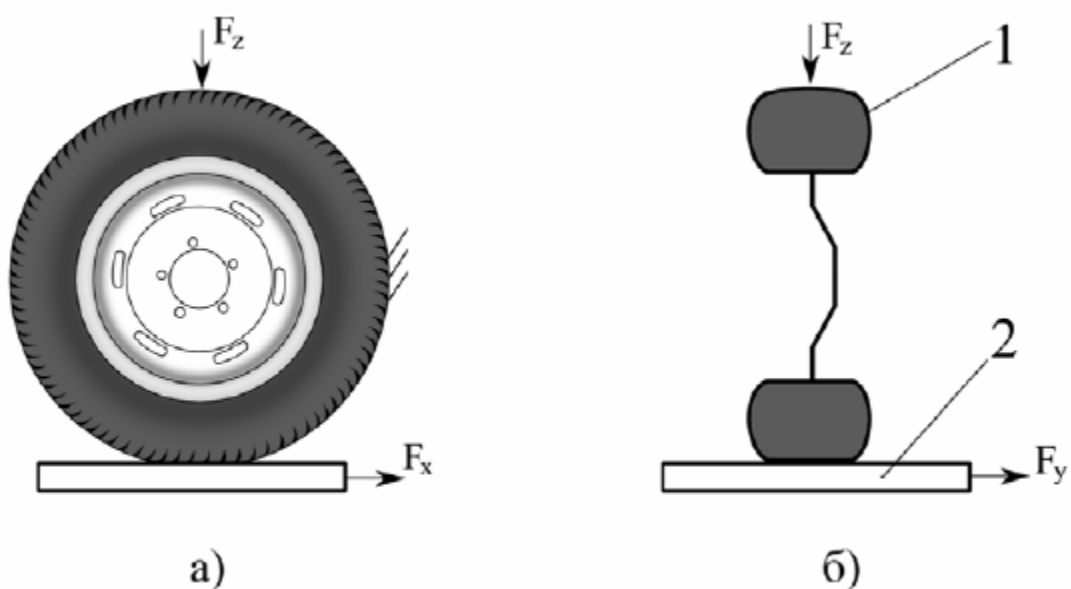
Использование испытательного стенда для определения коэффициента сцепления шин позволяет получить точные и воспроизводимые данные в контролируемых условиях. Рассмотрим методику, включающую основные этапы подготовки и проведения испытаний, а также обработки данных.

На рисунке 2 представлена принципиальная схема стенда.

«Автомобильная шина в сборе с колесом прижимается к опорной поверхности с силой  $F_z$ , которая определяется из развесовки автомобиля, если иное не задано программой исследования. Колесо блокируется во избежание

прокручивания. Для определения коэффициента сцепления в продольном направлении к опорной плите прикладывается сила в соответствующем направлении и, в момент начала проскальзывания, замеряется максимальная сила  $F_x$  в соответствии с рисунком 2а.

Для измерения коэффициента сцепления в поперечной плоскости, к автомобильной шине в сборе с колесом прикладывается вертикальная нагрузка  $F_z$ , соответствующая развесовке автомобиля или программе исследования. К опорной плите стенда, в поперечной плоскости, прикладывается сила  $F_y$  и, в момент начала проскальзывания шины по опорной поверхности, замеряется величина силы  $F_y$  в соответствии с рисунком 2б.» [2]



1 – исследуемая шина; 2 – опорная поверхность

Рисунок 2 – Принципиальная схема стенда для определения коэффициента сцепления автомобильной шины

Методика проведения испытаний представляет собой последовательность следующих процедур:

- убедитесь, что стенд оборудован необходимыми датчиками и

устройствами для измерения тяговых усилий, скорости и вертикальной нагрузки;

- проведите калибровку всех датчиков, чтобы обеспечить точность измерений;

- установите тестируемые шины на стенд, проверив их состояние и соответствие требованиям испытаний (давление, износ и т.д.);

- подготовьте различные типы поверхностей, на которых будут проводиться испытания (асфальт, бетон, мокрая или заснеженная поверхность и т.д.);

- убедитесь, что поверхность однородная и чистая для предотвращения искажений результатов;

- определите параметры испытаний, такие как скорость, угол наклона поверхности (если применимо), нагрузка на шину;

- примените вертикальную нагрузку на шину, соответствующую реальным условиям эксплуатации;

- запустите стенд, чтобы шина начала движение по испытательной поверхности;

- в процессе движения измеряйте продольное тяговое усилие, которое требуется для преодоления сопротивления сцепления;

- записывайте данные о продольном усилии, вертикальной нагрузке и скорости движения;

- проведите статистический анализ данных, усредняя результаты повторных испытаний для повышения точности;

- сравните полученные коэффициенты сцепления для различных условий испытаний (типы поверхностей, скорости, нагрузки);

- сделайте выводы о сцепных свойствах шин и их пригодности для различных условий эксплуатации, подготовьте рекомендации для дальнейшего улучшения характеристик шин.

Для повышения надежности результатов проведите несколько повторных испытаний в идентичных условиях. Следите за температурой



окружающей среды и испытательной поверхности, так как это может значительно влиять на результаты сцепления. Убедитесь, что шины находятся в одинаковом состоянии при каждом испытании (давление, износ и т.д.).

Методика определения коэффициента сцепления на испытательном стенде позволяет проводить точные и контролируемые испытания шин, что важно для оценки их сцепных свойств и разработки новых моделей шин с улучшенными характеристиками.

## **1.2 Характеристика коэффициента сцепления и его влияние на параметры автомобильных шин**

Коэффициент сцепления ( $\mu$ ) представляет собой безразмерную величину, которая характеризует способность шины передавать силы сцепления с дорожным покрытием. Он определяется как отношение максимальной силы сцепления (тягового усилия) к нормальной (вертикальной) нагрузке на шину:

$$\mu = \frac{T_{max}}{G_k} \quad (2)$$

«Различают два вида коэффициента сцепления при качении колеса в плоскости вращения: без буксования или скольжения; при буксовании или юзе, а также коэффициент сцепления в поперечной плоскости при боковом скольжении колеса.

Коэффициент сцепления при отсутствии буксования или скольжения можно считать коэффициентом сцепления покоя. Когда буксование и скольжение равны оптимальным значениям коэффициент сцепления становится равен коэффициенту трения покоя. Однако, в этом случае присутствует проскальзывание элементов протектора вблизи контурной линии пятна контакта.» [1], [4]

«Рассмотрим рисунок 3, на котором показано некоторое скольжение между резиной и неровной поверхностью. Если шина восстанавливает своё первоначальное состояние медленно, проходя через неровности, как в рассмотренном выше случае с высоким гистерезисом, то она не может давить на нижнюю часть поверхности неровностей, так как она давит на поверхность в верхней части неровностей. Эта разница давления между верхними и нижними краями неровностей приводит к силам трения даже когда поверхности смазаны. Механизм, о котором идет речь, показан на рисунке 3, первоначально взятом из книги Хэйни.» [12]

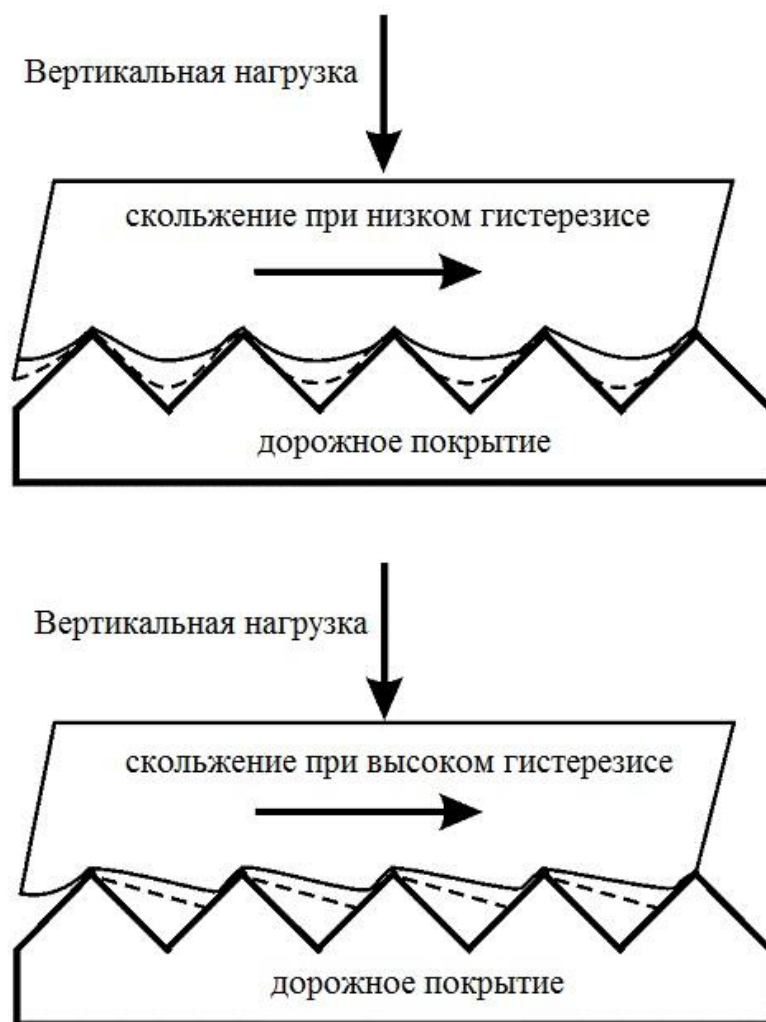


Рисунок 3 – Гистерезис при скольжении шины

Высокий коэффициент сцепления способствует сокращению тормозного пути, что критически важно для предотвращения аварий. Шины с хорошим сцеплением обеспечивают более эффективное замедление автомобиля. Стабильность и управляемость: Улучшенное сцепление способствует лучшей устойчивости автомобиля при маневрах и поворотах, уменьшая риск заноса и потери управления.

Шины с высоким коэффициентом сцепления обеспечивают более эффективную передачу тягового усилия от двигателя на дорожное покрытие, что улучшает разгонные характеристики автомобиля. Особенно важно для внедорожных автомобилей, где высокий коэффициент сцепления позволяет преодолевать сложные участки, такие как грязь, песок и снег.

Хорошее сцепление способствует равномерному распределению нагрузки на протектор шины, что уменьшает вероятность неравномерного износа и увеличивает срок службы шины. Шины с оптимизированным сцеплением могут уменьшать сопротивление качению, что влияет на износостойкость и топливную экономичность.

Шины с правильным балансом сцепления и амортизационных свойств обеспечивают более плавный ход, улучшая комфорт при движении. Шум, генерируемый шинами, может быть уменьшен при правильном выборе резиновой смеси и рисунка протектора, что также связано с характеристиками сцепления.

Оптимальное сцепление снижает сопротивление качению, что напрямую влияет на расход топлива. Шины с низким сопротивлением качению и хорошим сцеплением позволяют экономить топливо без потери эксплуатационных характеристик. Шины с адаптированным коэффициентом сцепления обеспечивают безопасное и эффективное передвижение в различных условиях — от сухого и мокрого асфальта до заснеженных и ледяных дорог.

Коэффициент сцепления является ключевым параметром, определяющим многие эксплуатационные характеристики автомобильных

шин. Высокое сцепление улучшает безопасность, управляемость, и комфорт, а также способствует топливной эффективности и долговечности шин. При разработке и выборе шин важно учитывать коэффициент сцепления для обеспечения оптимальной работы автомобиля в различных условиях эксплуатации.

«С увеличением нормальной нагрузки на колесо на твёрдых сухих покрытиях происходит снижение коэффициента сцепления, так как коэффициент трения резины уменьшается с ростом давления. На обледенелой и заснеженной дорогах относительное изменение коэффициента сцепления при увеличении нагрузки больше, чем на дорогах с асфальтобетонным покрытием. На мокрых и грязных дорогах возрастание нормальной нагрузки обеспечивает увеличение коэффициента сцепления» [23].

### **1.3 Характеристика площади пятна контакта и его влияние на параметры автомобильных шин**

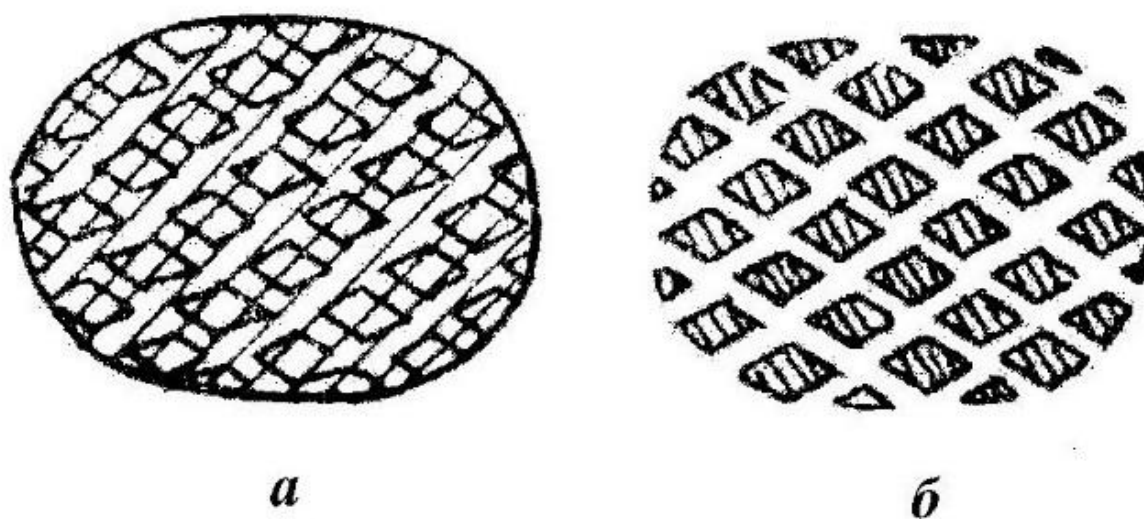
Площадь пятна контакта — это область поверхности шины, непосредственно соприкасающаяся с дорожным покрытием в любой момент времени. Эта площадь зависит от нескольких факторов, включая давление в шине, конструкцию шины, нагрузку на шину и состояние дорожного покрытия.

Основные факторы, влияющие на площадь пятна контакта:

- давление в шине: более низкое давление увеличивает площадь пятна контакта, в то время как более высокое давление уменьшает её;
- нагрузка на шину: увеличение вертикальной нагрузки на шину также увеличивает площадь пятна контакта;
- конструкция шины: различные конструкции шин (радиальные, диагональные) и типы протектора могут влиять на форму и размер пятна контакта;
- тип дорожного покрытия: Состояние и структура поверхности

дороги (гладкая, шероховатая, мокрая и т.д.) также влияют на площадь контакта.

«Давление колеса на опорную поверхность равно отношению нормальной реакции  $R_z$  к площади пятна контакта  $A$ . Различают контурную площадь  $A_k$  и площадь контакта по выступам рисунка протектора  $A_{пр}$  в соответствии с рисунком 4.» [2]



а- контурная; б – по выступам рисунка протектора

Рисунок 4 – Площадь пятна контакта с опорной поверхностью

Среднее давление колеса в пятне контакта равно:

$$p_k = R_z / A_k \quad (3)$$

Среднее давление колеса по выступам рисунка протектора равно:

$$p_{пр} = R_z / A_{пр} \quad (4)$$

Коэффициент насыщенности протектора рассчитывается по следующей формуле:

$$K_H = A_{\text{пр}} / A_k \quad (5)$$

«Средние давления  $p_k$  и  $p_{\text{пр}}$  оказывают влияние на проходимость автомобиля, прежде всего при движении по деформируемым поверхностям. С уменьшением давления становится меньше глубина колеи и, соответственно, сопротивление движению» [23].

Во избежание быстрого и сильного износа дороги ограничивают верхний предел давления. По отечественным нормам  $p_k \leq 0,6$  МПа и  $p_{\text{пр}} \leq 0,85$  МПа. Данные значения, прежде всего, обеспечивают подбором давления воздуха  $p_v$ , так как существует соотношение:

$$p_k = k_k \cdot p_v, \quad (6)$$

где  $k_k$  – коэффициент, учитывающий жёсткость покрышки, равный 1,1...1,2.

Площадь пятна контакта влияет на сопротивление качению шины. Более широкое пятно контакта может увеличить сопротивление качению, что приводит к увеличению расхода топлива. Однако правильный баланс площади контакта и давления в шинах может оптимизировать топливную эффективность. Большая площадь пятна контакта улучшает проходимость на мягких грунтах (песок, грязь) за счет распределения нагрузки и предотвращения глубокой посадки шины в грунт.

Площадь пятна контакта является критическим параметром, оказывающим значительное влияние на эксплуатационные характеристики автомобильных шин. Оптимальная площадь пятна контакта способствует улучшению сцепления, равномерному износу, лучшей управляемости, комфорту и проходимости. При разработке и эксплуатации шин важно

учитывать влияние площади пятна контакта для обеспечения безопасности, эффективности и долговечности шин.

#### **1.4 Анализ влияния нагружения шины нормальной нагрузкой на характеристики шины**

«Под действием приложенной к колесу нормальной нагрузки шина деформируется, площадь её контакта с опорной поверхностью увеличивается до тех пор, пока не наступит равновесие между нормальной реакцией дороги и нагрузкой. Это происходит почти при неизменном внутреннем давлении воздуха в шине» [20], [25]

Распределение веса автомобиля по осям можно рассчитать по формулам.

- для передней оси:

$$R_{ZNF} = mg \cdot b / L, \quad (7)$$

- для задней оси:

$$R_{ZNR} = mg \cdot a / L \quad (8)$$

где  $a$  – расстояние от центра масс до передней оси;

$b$  – расстояние от центра масс до задней оси;

$L$  – колёсная база автомобиля в метрах равная сумме  $a$  и  $b$ .

«Итак, шина под действием вертикальной нагрузки  $F_z$  деформируется. У шины, в статическом состоянии, давление по площади пятна контакта распределяется неравномерно и примерно равно нормальной деформации шины. Эпюра распределения давления показана на рисунке 5. Распределение давлений в набегающей 1-2 и сбегающей 2-3 частях одинаково, поэтому равнодействующая давлений по контактной поверхности, равная реакции  $R_z$ , приложена в точке 2, середине контактной линии.

При движении колеса, каждый элемент шины испытывает цикл нагрузки и разгрузки за один оборот. В набегающей части происходит сжатие, а в сбегающей восстановление прежней формы элемента шины. В каждой точке пятна контакта действует нормальная реакция  $\Delta R_z$ . Зависимость  $\Delta R_z$  от нормальной деформации  $h_z$  показана на рисунке 6. Как мы можем видеть из рисунка, линия нагрузки 1-2 проходит выше линии разгрузки 2-3, что характеризуется гистерезисными потерями шины. Заштрихованная часть образует петлю гистерезиса, которая показывает потери энергии при деформации шины за один оборот. Эта энергия идёт на нагрев покрышки. При длительном движении температура шины может достигать 100...120 градусов.» [5], [24]

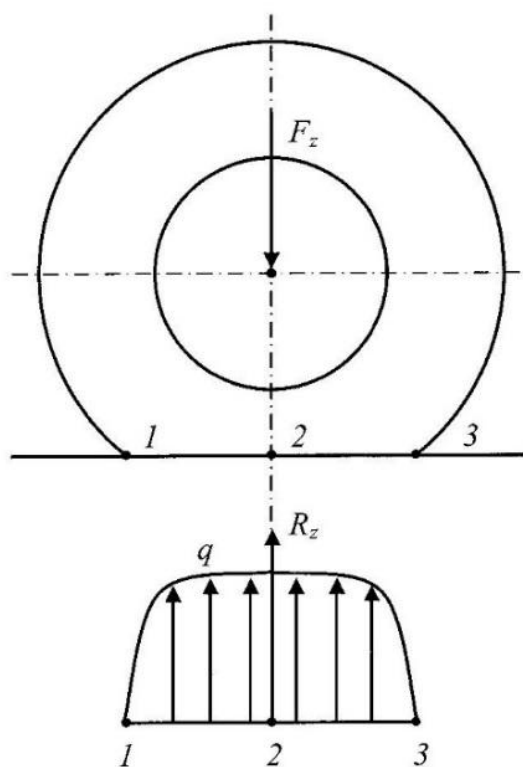
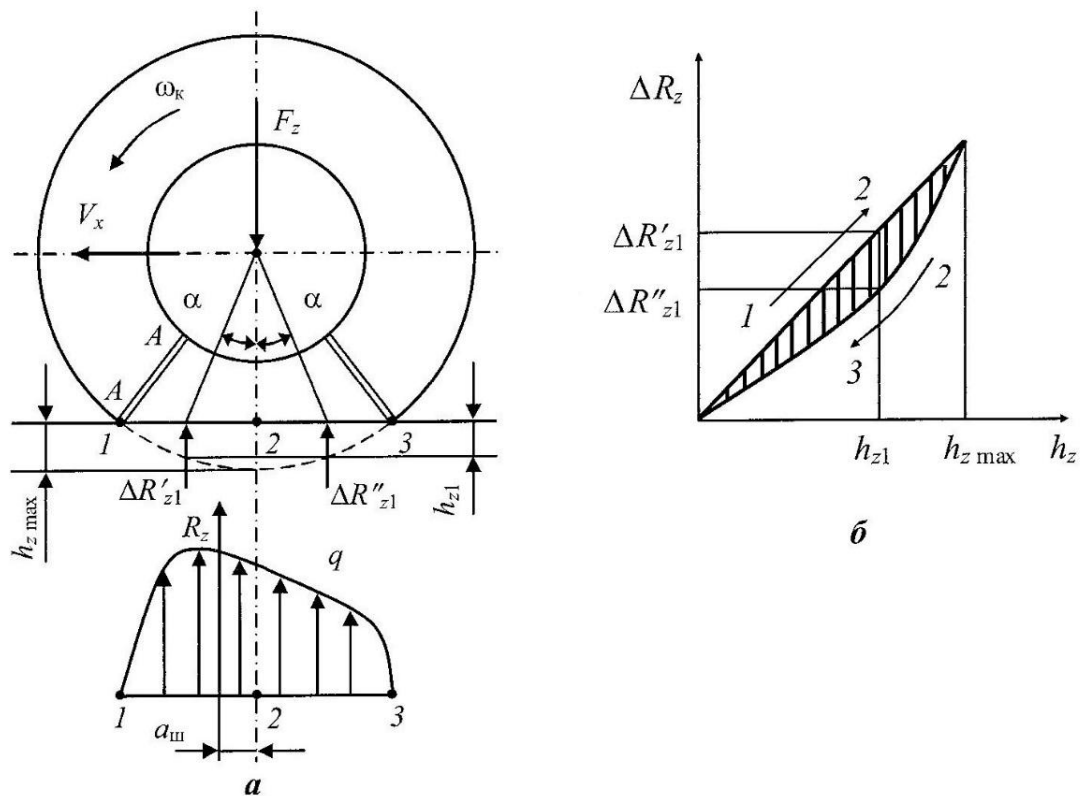


Рисунок 5 – Эпюра давлений в пятне контакта шины неподвижного колеса с опорной поверхностью





а – эпюра давлений в контакте; б – упругая характеристика шины

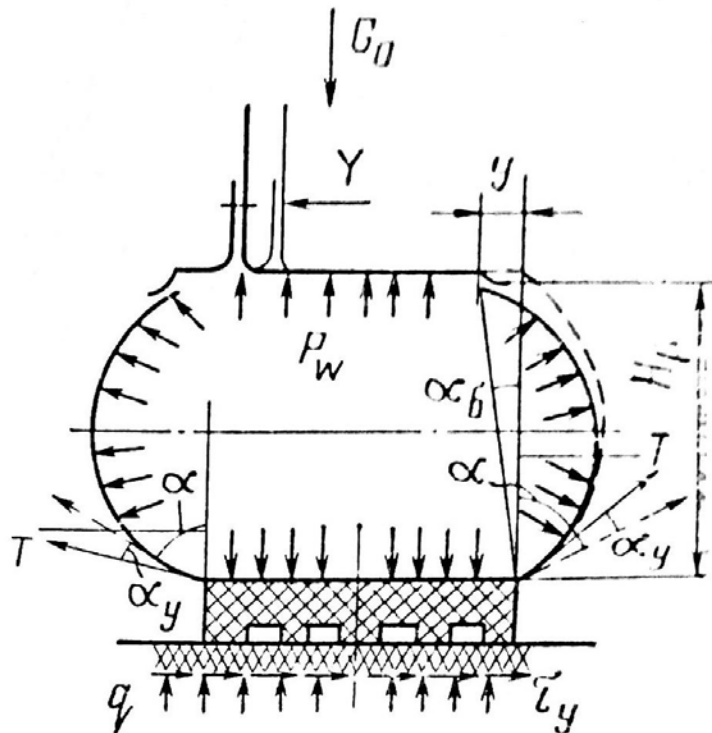
Рисунок 6 – Взаимодействие катящегося колеса с опорной поверхностью

### 1.5 Анализ влияния нагружения шины боковой силой на характеристики шины

Боковая сила (или боковое усилие) — это сила, действующая перпендикулярно направлению движения автомобиля и шины. Она возникает при выполнении маневров, таких как повороты, изменения полосы движения и при боковом ветре. Боковая сила играет важную роль в оценке поведения шин в условиях динамической нагрузки.

«На работу шины, управляемость и устойчивость автомобиля большое влияние оказывает податливость шины в боковом направлении. Боковое

деформирование шины представляет собой довольно сложный процесс, представленный на рисунке 7.» [3], [22]



$T$  – сила натяжения нити корда;  $\alpha_b$  – угол смещения обода;  $y$  – боковое смещение обода

Рисунок 7 – Поперечное сечение шины при наличии нормальной и боковой силы

«При воздействии боковой силы  $F_y$  поперечный профиль шины перекашивается и становится несимметричным относительно вертикальной плоскости, проходящей через центр пятна контакта и перпендикулярной оси колеса. Проекция натяжения в нитях левой и правой стенок шины на горизонтальную плоскость в результате такого перекоса становятся неравными друг другу. Поэтому, боковая сила уравнивается разностью проекций натяжений  $T$  на горизонтальную ось, то есть:» [6]

$$F_y = T \cdot \sin(\alpha + \alpha_y) - T \sin(\alpha - \alpha_y) \quad (9)$$

учитывая, что

$$\alpha y = y/H \quad (10)$$

где  $H$  – высота профиля, а

$$T = p_w \cdot r \quad (11)$$

где  $p_w$  – давление воздуха в шине,

$r$  – радиус колеса.

$$F_y = 2p_w \cdot (y / H) \cdot r \cdot \cos\alpha \quad (12)$$

«Боковая жёсткость шины определяется зависимостью бокового смещения колеса от боковой силы, в соответствии с рисунком 8.» [3], [21]

Причины возникновения боковой силы:

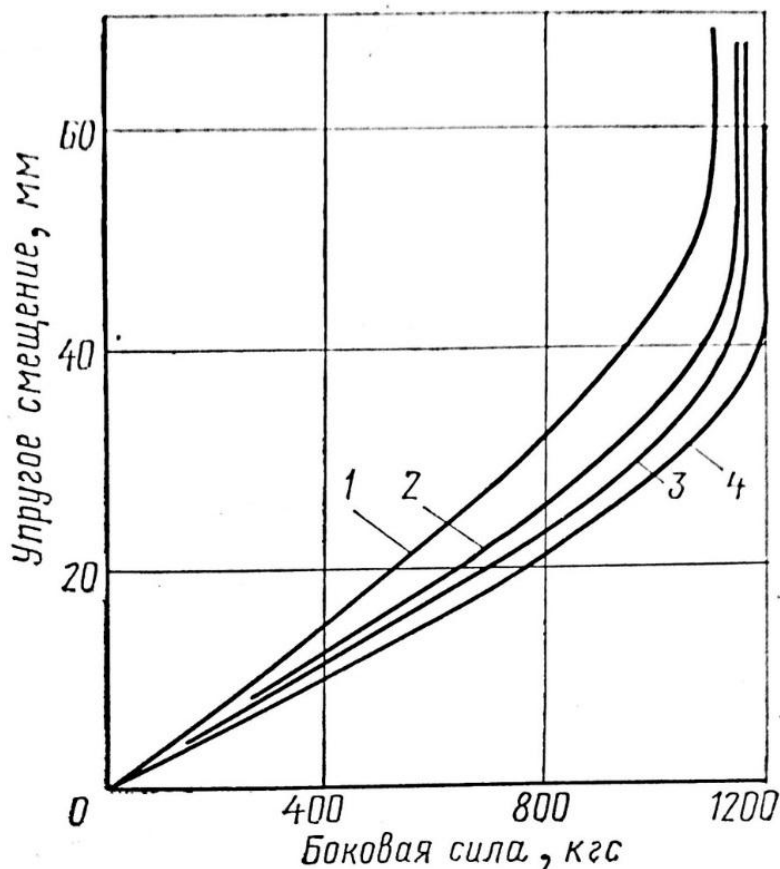
- при прохождении поворотов на шину действует центробежная сила, которая стремится выдвинуть автомобиль наружу поворота;
- при выполнении резких маневров (изменение полосы, объезд препятствий) возникают боковые силы;
- сильные боковые порывы ветра могут создавать значительные боковые нагрузки на шины.

Влияние боковой силы на параметры шины:

- под действием боковой силы шина деформируется, что влияет на её контактное пятно и сцепные свойства;
- нерегулярное нагружение боковой силой может приводить к неравномерному износу протектора, особенно на плечевых зонах шины;
- боковые силы вызывают дополнительное трение и, соответственно, выделение тепла, что может привести к перегреву шины и ускоренному износу.

«Боковая жёсткость шины представляет собой тангенс угла наклона кривой, то есть производную зависимости боковой нагрузки от бокового смещения. Эта зависимость линейна до момента проскальзывания. Таким

образом боковая жёсткость колеса является постоянной величиной, практически независимая от бокового смещения, рисунок 8.» [3], [18]



1 -  $p_w = 3,5$  кгс/см<sup>2</sup>; 2 -  $p_w = 4,5$  кгс/см<sup>2</sup>;  
3 -  $p_w = 5,0$  кгс/см<sup>2</sup>; 4 -  $p_w = 6,0$  кгс/см<sup>2</sup>;

Рисунок 8 – Зависимость бокового упругого смещения колеса от боковой силы при нагрузке 2300 кгс и различных значениях давления воздуха

Нагружение шины боковой силой является важным аспектом, определяющим её эксплуатационные характеристики, такие как управляемость, устойчивость, комфорт и износостойкость. Оценка и оптимизация боковых сцепных свойств шин необходимы для обеспечения безопасности и эффективности транспортных средств.

## 1.6 Анализ влияния бокового смещения и угла увода на характеристики шины

Боковое смещение (иногда называемое боковым скольжением) — это перемещение шины относительно ее исходной траектории под действием боковой силы. Боковое смещение происходит из-за деформации шины, которая возникает, когда автомобиль движется по кривой или при выполнении маневра. Это смещение влияет на стабильность и управляемость автомобиля.

Угол увода ( $\alpha$ ) — это угол между направлением движения шины и направлением, в котором шина фактически движется. Он возникает из-за эластичности шины и является результатом боковой силы, действующей на шину. Угол увода измеряется в градусах и является важным параметром для оценки поведения шины в поворотах.

«На рисунке 9 показано, как будет выглядеть покрышка после деформации. Слева показана шина в условиях прямолинейного движения при нулевом скольжении, а справа шина, деформированная после бокового отклонения, вызванного инерционными силами.» [7], [17]

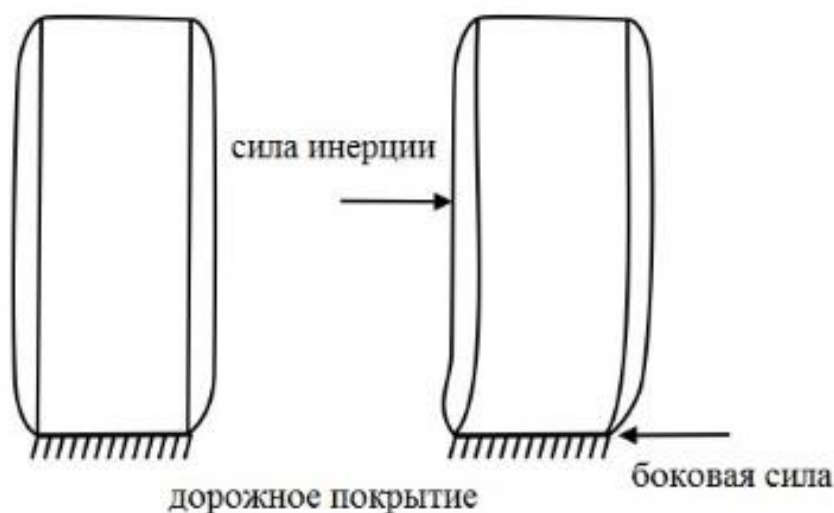


Рисунок 9 – Деформация шины при повороте

Когда автомобиль входит в поворот, на шины действует центробежная сила, вызывающая боковую нагрузку. Шина деформируется под действием этой силы, создавая боковое смещение. Это боковое смещение приводит к возникновению угла увода, так как шина отклоняется от своего исходного направления движения.

При увеличении угла увода сцепные свойства шины могут уменьшаться, что может привести к проскальзыванию и снижению устойчивости автомобиля. Малый угол увода обычно свидетельствует о хорошем сцеплении и стабильности автомобиля, тогда как большой угол может указывать на потерю сцепления и опасность заноса.

Угол увода влияет на точность и отзывчивость рулевого управления. Меньший угол увода обеспечивает более точное управление и лучшее ощущение дороги. Оптимальный угол увода способствует комфортному и предсказуемому управлению автомобилем, снижая необходимость корректирующих движений рулем. Постоянное воздействие больших углов увода может привести к неравномерному износу протектора, особенно на внешних краях шины. Оптимизация угла увода помогает распределить нагрузку равномерно, увеличивая срок службы шин.

Большие углы увода вызывают повышенное трение и, как следствие, увеличение температуры шины. Это может привести к перегреву и снижению эксплуатационных характеристик шины.

На рисунке 10 показана деформация, происходящая до, во время и после прикосновения частиц к дороге, взятого из книги Кларка.

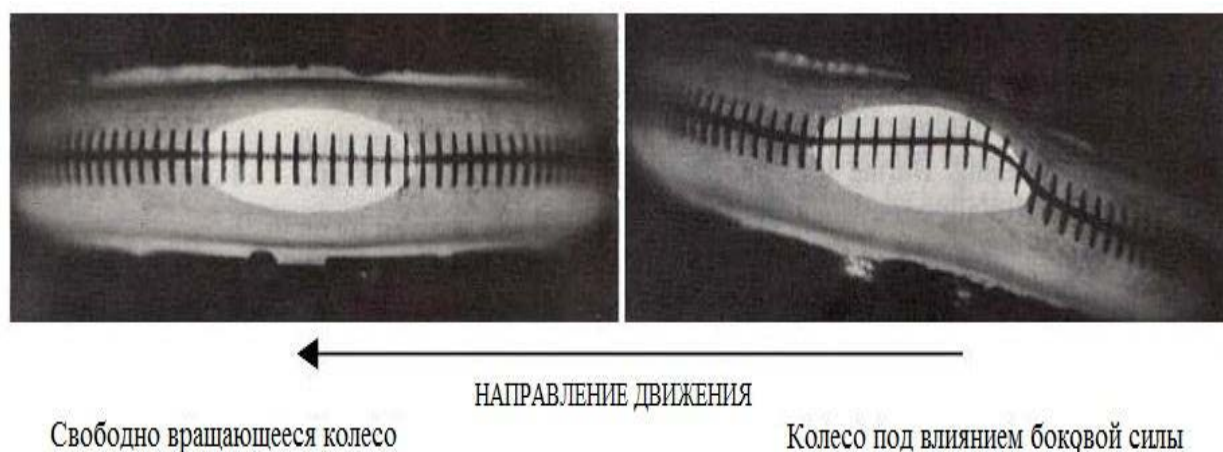


Рисунок 10 – Боковая деформация в пятне контакта

Специальные стенды могут моделировать боковые силы и измерять угол увода шины в контролируемых условиях.

Реальные испытания на треках позволяют оценить угол увода в динамических условиях, аналогичных реальной эксплуатации автомобиля. Современные системы могут измерять угол увода в реальном времени, используя датчики, установленные на шинах и подвеске автомобиля. Изменение конструкции каркаса и протектора шины для уменьшения деформации и улучшения боковых сцепных свойств.

Боковое смещение и угол увода являются ключевыми параметрами, определяющими поведение шин при боковых нагрузках. Оптимизация этих параметров важна для обеспечения устойчивости, управляемости и долговечности шин. Тщательный контроль угла увода и его влияние на сцепные свойства шин способствует повышению безопасности и комфорта при вождении автомобиля.

Если боковая сила отсутствует при качении колеса, то точки, лежащие на средней линии колеса, будут ложиться на дорогу в плоскости вращения и боковой увод будет отсутствовать, как показано на рисунке 11.

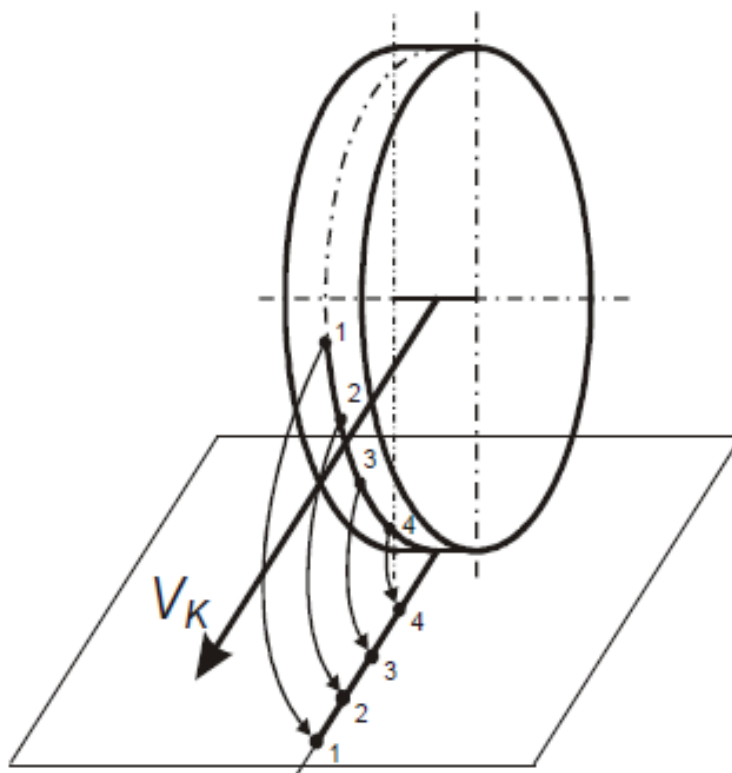


Рисунок 11 – Схема качения колеса при отсутствии боковой силы

При малых углах увода, скольжение в пятне контакта практически отсутствует, поэтому пятно контакта, не меняя формы разворачивается на величину угла увода. Угол увода зависит от боковой жёсткости колеса и пути релаксации  $\tau_r$ .

### 1.7 Характеристики шин, влияющие на управляемость автомобиля

Характеристики шин играют ключевую роль в определении управляемости автомобиля. Стоит отметить следующие характеристики:

- глубина протектора и его дизайн влияют на сцепление с дорогой, особенно в условиях дождя, снега или на скользких поверхностях;
- жесткость боковой стенки, влияющая на устойчивость боковой части



шины при поворотах и сильных боковых нагрузках;

- ширина и диаметр, которые влияют на площадь контакта шины с дорогой и распределение веса автомобиля;
- радиальная или диагональная конструкция влияет на управляемость и комфорт езды;
- материал и состав резины определяет сцепление с дорогой, износостойкость и характеристики торможения;
- жесткость каркаса влияет на переход боковых нагрузок от дороги к шине и формирование общего управляемого воздействия;
- сопротивление качению имеет важное значение для экономии топлива и управляемости автомобиля.

Учитывая эти факторы и выбирая шины с учетом специфики дорожных условий и стиля вождения, можно значительно повлиять на управляемость автомобиля.

«Упругая податливость шин в боковом направлении приводит к увеличению стабилизирующего момента в рулевом управлении при действии на передних управляемых колёсах тяговых сил. Возникающий вследствие этого дополнительный упругий поворот колёс меняет поворачиваемость в сторону недостаточной» [16], [23].

В первом разделе выпускной квалификационной работы были рассмотрены различные факторы, влияющие на параметры автомобильных шин. Были проанализированы методики проведения испытаний автомобильных шин, включая как дорожные испытания, так и стендовые. Рассмотрены различные факторы, такие как пятно контакта, нагружение вертикальной нагрузкой, влияние боковой нагрузки и угла увода.

Исследование факторов, определяющих эксплуатационные характеристики автомобильных шин, позволило сделать следующие выводы:

- Профиль шины играет ключевую роль в оптимизации сцепления шины с дорожным покрытием в различных условиях. Шины с агрессивным протектором лучше подходят для бездорожья и грунтовых покрытий, в то

время как шины с низким профилем обеспечивают более высокую устойчивость на асфальте.

- Материалы и конструкция шин, такие как состав резины и архитектура корда, существенно влияют на сопротивление качению и износ шин. Оптимизация этих параметров способствует улучшению экономичности и долговечности шин.

- Жесткость боковин и протектора напрямую влияют на управляемость автомобиля. Более жесткие боковины обеспечивают устойчивость при поворотах и лучшее сцепление на крутых поворотах.

- Геометрические параметры шин, такие как ширина и диаметр, влияют на общую площадь контакта шины с дорогой и ее поведение при ускорении, торможении и поворотах. Оптимальный выбор этих параметров зависит от специфики эксплуатации транспортного средства.

- Влияние климатических условий на характеристики шин подчеркивает важность адаптации конструкции шин к различным климатическим и дорожным условиям.

Учитывая вышеизложенные факторы, разработка и производство современных автомобильных шин требуют комплексного подхода, который учитывает баланс между управляемостью, комфортом, безопасностью и экономической эффективностью. Дальнейшие исследования в этой области могут направиться на создание инновационных материалов и технологий производства, чтобы улучшить общую производительность шин и снизить их эксплуатационные затраты.

## **2 Анализ прототипов разрабатываемой конструкции испытательного стенда**

### **2.1 Анализ патентных аналогов разрабатываемой конструкции испытательного стенда**

В качестве прототипа разрабатываемой конструкции, среди патентов, находящихся в открытом доступе, был обнаружен стенд для испытания пневматических шин, в соответствии с описанием устройство к авторскому свидетельству № 1195210, Россия.

«На рисунке 12 схематически изображен стенд, общий вид; на рисунке 13 – то же, вид сбоку; на рисунке 14 – грунтовая ванна на рисунке 15 – схема взаимодействия шины с грунтовой ванной; на рисунке 16 — гидравлическая схема; на рисунке 17 — резинотканевая емкость.

Стенд содержит силовую раму 1, на которой установлена верхняя рама 2 с направляющими роликами 3, на которых установлен поворотный круг 4. В поворотном круге 4 размещается объект испытания - шина на колесе 5, устанавливаемая на измерительной оси 6, соединяемая с поворотным кругом 4 при помощи силоизмерительных датчиков 7. Крутящий момент к шине 5 подводится при помощи привода 8 от высокомоментного гидромотора 9. Поворотный круг поворачивается в верхней раме 2 при помощи привода (на рисунке 2.1 и 2.2 не показан) и служит для установки углов увода колеса относительно направления перемещения грунтовой ванны 10. Грунтовая ванна 10 установлена на столе 11 и опирается на направляющие ролики 12. Для перемещения грунтовой ванны служит гидроцилиндр 13. Грунтовая ванна 10 поднимается и прижимается к колесу при помощи гидроцилиндра 14. Направление перемещения подъема стола 11 обеспечивается направляющими 15 и роликами 16. На рисунке 2.3 изображена грунтовая ванна 10, состоящая из корпуса 17, на дне которой уложены резинотканевые емкости 18 (резинотканевые емкости 18 за счет давления со стороны грунта 19

уменьшают свой объем и обозначены 18, поверх которых насыпан грунт 19. На рисунке 4 показано взаимодействие шины 5 с грунтовой ванной 10, где грунт 19 обжат под шиной в зоне контакта 20.» [14], [20]

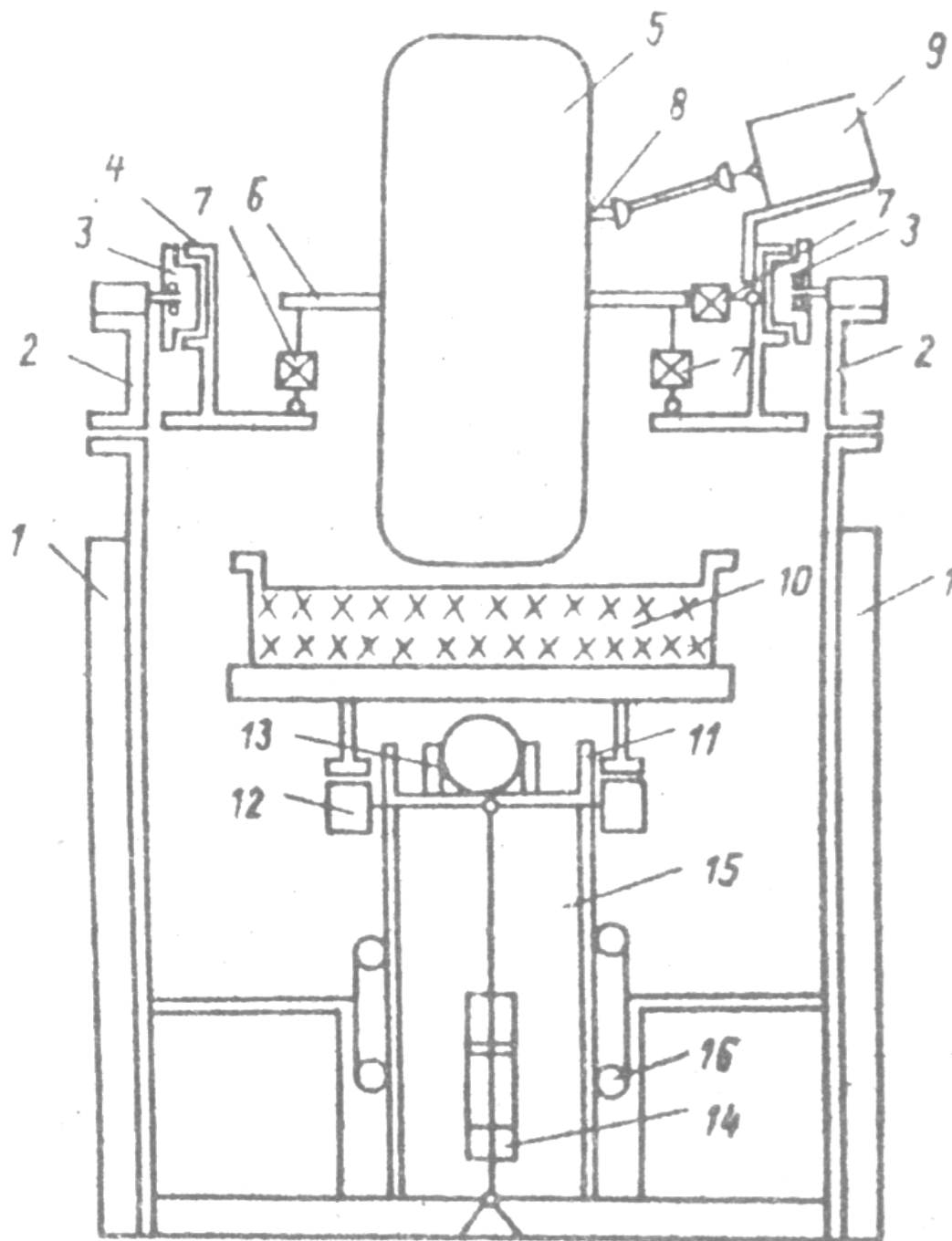


Рисунок 12 – Стенд для исследования пневматических шин, общий вид

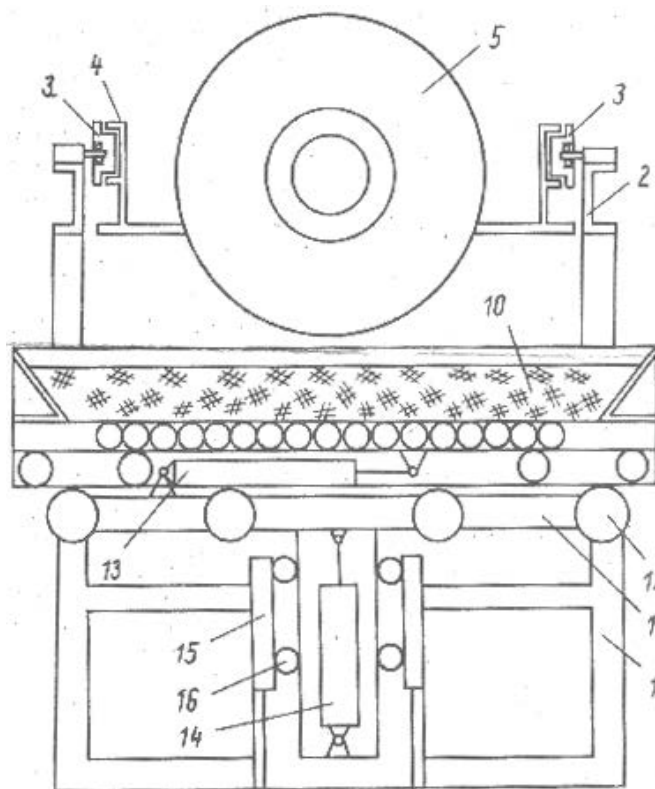


Рисунок 13 – Стенд для исследования пневматических шин, вид сбоку

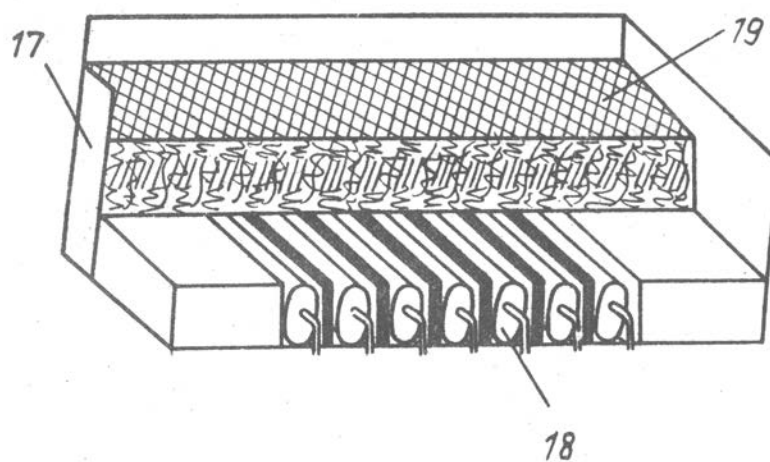


Рисунок 14 – Грунтовая ванна

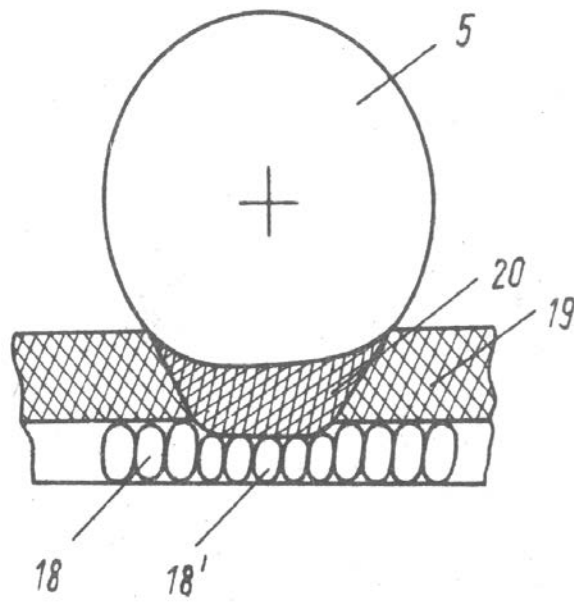


Рисунок 15 – Схема взаимодействия шины с грунтовой ванной

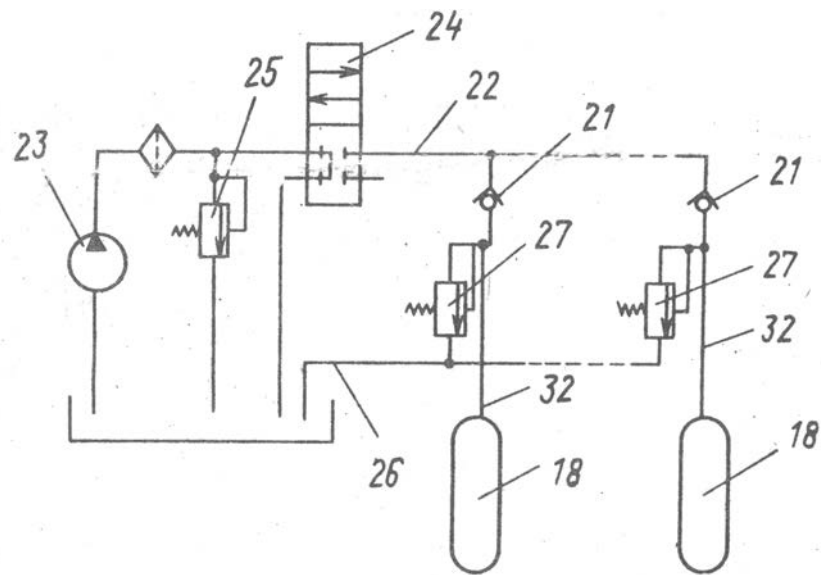


Рисунок 16 – Гидравлическая схема

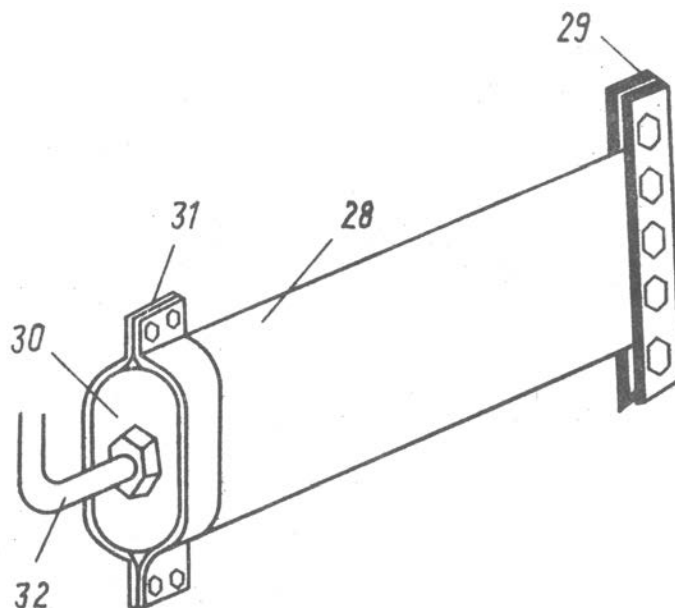


Рисунок 17 – Резинотканевая емкость

Предполагается, что предложенный стенд будет использоваться для испытаний шин специальных транспортных средств и автомобилей повышенной проходимости. Общая конструкция стенда предусматривает имитацию различных режимов движения этих автомобилей.

Стенд предназначен для исследования всех возможных режимов работы пневматических шин, включая:

- режим имитации качения ведущего колеса;
- режим имитации качения ведомого колеса;
- режим торможения

## **2.2 Анализ промышленных образцов разрабатываемой конструкции испытательного стенда**

Кроме патентных образцов, в ходе поиска были обнаружены промышленные образцы, предназначенные для проведения лабораторных испытаний автомобильных шин.

«Как было определено ранее, работу шины во многом определяют ее упругие или жесткостные характеристики, в частности характеристики радиальной, тангенциальной, боковой и угловой жесткостей, представляющих собой отношение соответственно радиального, тангенциального, бокового усилий, а также момента в месте контакта шин с дорогой к вызываемым ими деформациям шины в соответствующих направлениях.» [13], [15]

«Для определения радиальной жесткости обычно используют пресс, имеющий механизм нагружения и систему отсчета деформаций. В шинной промышленности для этой цели применяют стенд ОПШ-30, предназначенный для испытаний металлических образцов на разрыв. Стенд ОПШ-30 (рисунок 18) имеет неподвижную траверсу 3, на которой установлен гидроцилиндр 4.» [1], [13]

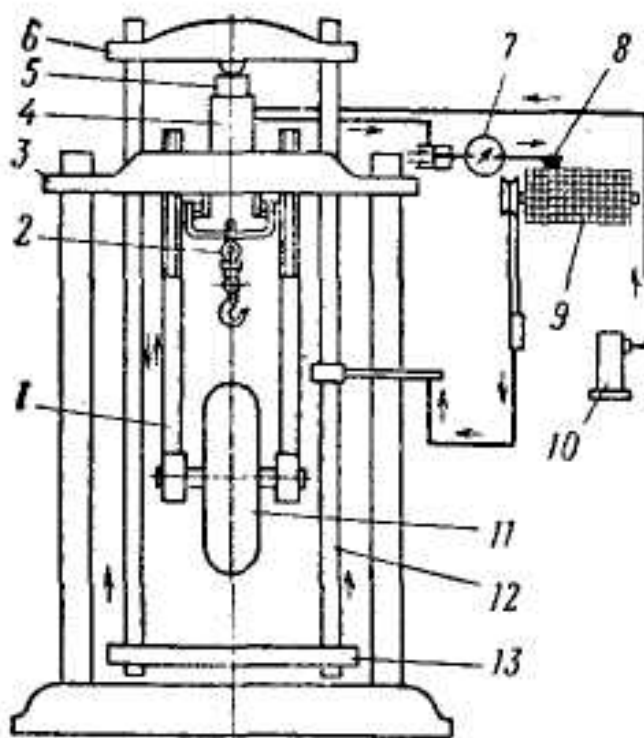


Рисунок 18 – Испытательный стенд ОПШ-30

«Плунжер стенда 5 через подвижную траверсу 6 и тяги 12 перемещает стол 13, воздействующий на шину 11, которая подвешена с помощью тег 1 к



траверсе 3. На этой траверсе укреплен крюк 2 подъемной тали для установки колеса. Давление в гидроцилиндре создается насосом 10 и измеряется силоизмерительным прибором 7, показания которого пропорциональны действующей нагрузке. Стенд оборудован записывающим устройством, барабан которого соединен тросиком с тягой 12 и поворачивается на угол, пропорциональный деформации шины, а перо 8 в зависимости от действующей нагрузки перемещается по образующей барабана 9 и автоматически вычерчивает кривые в координатах усилие - радиальная деформация шины. На стенде кроме характеристик радиальной жесткости определяют площади отпечатков и статические радиусы шин, а также прочность каркаса методом продавливания шины наконечником соответствующей формы с последующим подсчетом работы. Тангенциальную, или окружную, жесткость шины определяют на установках, принципиальная схема одной из которых дана на рисунке 19» [1]

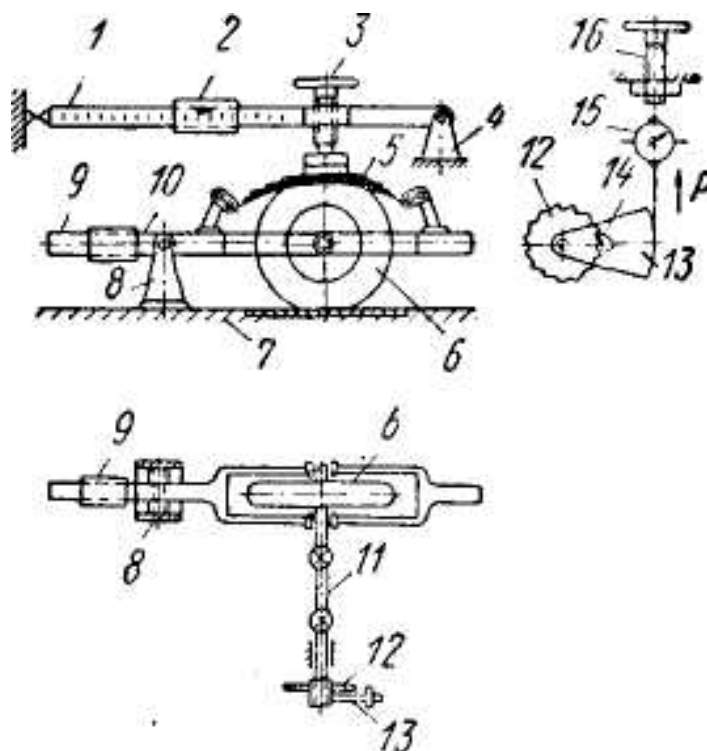


Рисунок 19 – Установка для определения тангенциальной жесткости шин

«По верхней штанге 1 установки перемещается груз 2. Это позволяет регулировать вертикальное усилие, прикладываемое к испытываемому колесу 6, путем изменения момента груза 2 относительно опоры 8. Винт 3 служит для поддержания рычага в горизонтальном положении и непосредственно передает усилие через рессору 5 на балку 10, закрепленную на оси стойки 8 и имеющую груз 9, служащий для вывешивания колеса относительно опорной плиты 7. Карданный вал 11 соединяет колесо с храповым устройством 12, собачка 14 которого через сектор 13 и трос связана с винтом 16. По осевому перемещению винта 16 с учетом передаточного отношения определяют угол закручивания, а по динамометру 15 усилие, которое создается на колесе. Отношение этого усилия к углу поворота колеса - тангенциальная, или окружная, жесткость шины.»

Боковую жесткость шины определяют на установках, схема одной из которых изображена на рисунке 20.» [1]

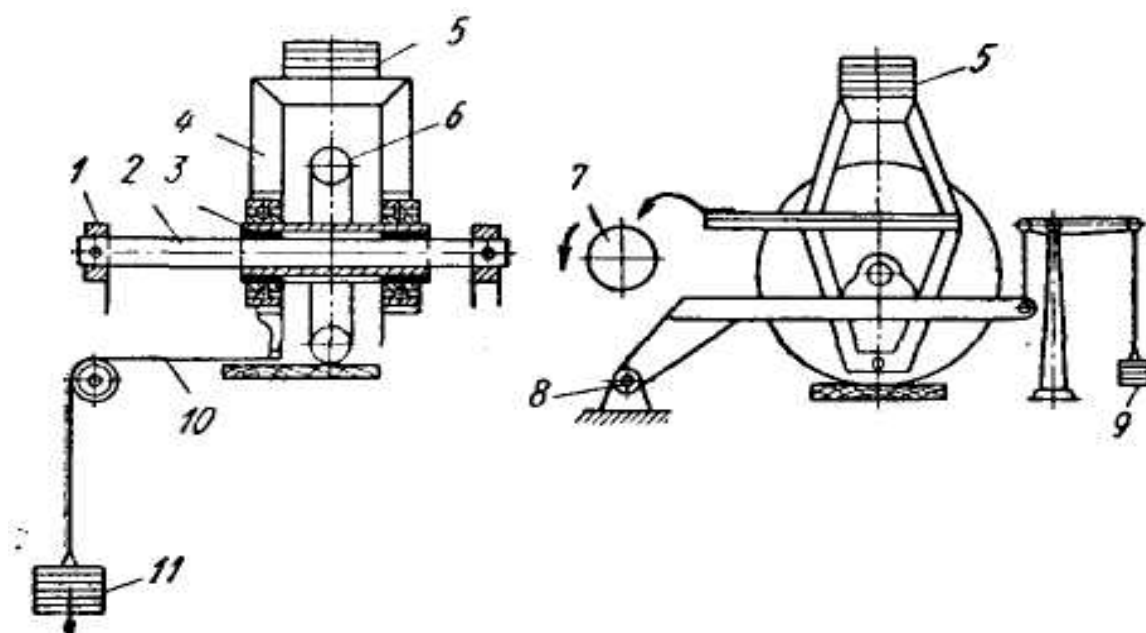


Рисунок 20 – Установка для определения боковой жесткости шин

«Испытуемое колесо 6 жестко связано с трубой 3, свободно посаженной на оси, вследствие чего труба может перемещаться вдоль оси и вращаться

вокруг нее. Через подшипники труба связана с рамой 4, на которую воздействуют груз 5, прижимая шину к основанию. Груз 11 через блок и трос 10 создает боковое усилие на колесе. Ось 2 жестко связана со станиной 1, последняя может качаться на шарнире 8, что необходимо для первоначального вывешивания колеса, которое осуществляется с помощью противовеса 9. Боковая деформация шины фиксируется самопишущим устройством 7. По величине отношения боковой силы к боковой деформации шины определяют ее боковую жесткость.» [1]

«Сопrotивление качению в лабораторных условиях определяется на стендах с беговым барабаном или вращающимся в горизонтальной плоскости диском. Принципиальная схема стенда с беговым барабаном приведена на рисунке 21.» [1]

«Колесо с испытуемой шиной 1 опирается на беговой барабан 2 и имеет привод от электродвигателя 3, а барабан соединен с генератором 4. Разность мощностей электродвигателя и генератора (за вычетом мощности, обусловленной вентиляционными потерями при вращении шины) определит мощность, затрачиваемую на преодоление сопротивления качению колеса, а коэффициент сопротивления качению колеса 1 может быть вычислен по формуле:» [1]

$$f = \frac{N}{Q_u} \quad (20)$$

где: N - мощность, затрачиваемая на качение колеса по барабану;

Q - нагрузка на колесо;

u - окружная скорость.

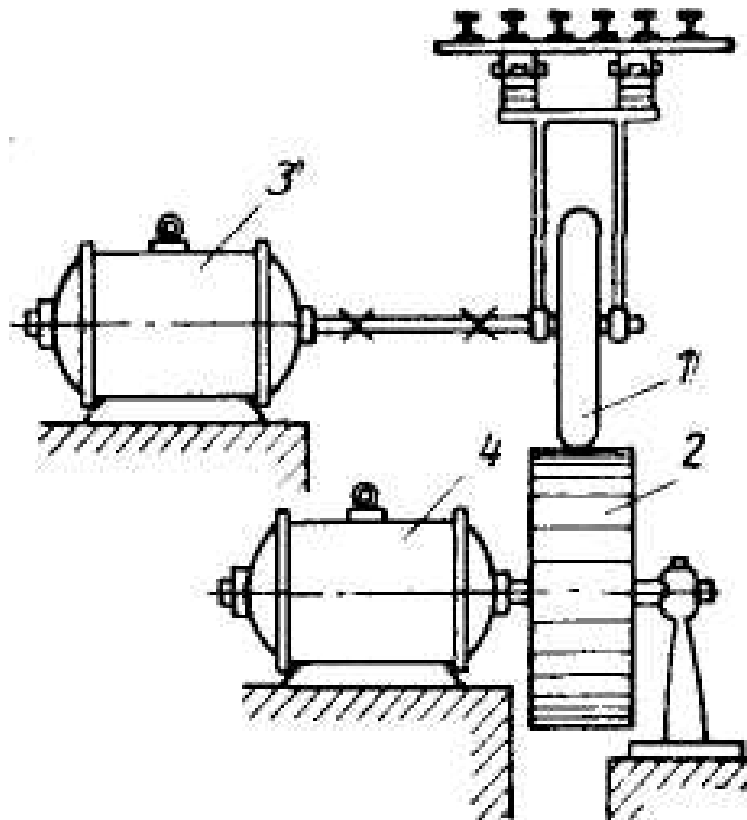


Рисунок 21 – Стенд для определения сопротивления качению шин

«Испытания шин на долговечность, включая усталостную прочность каркаса и износостойкость протектора, проводят на шинообкатных станках, схема одного из которых приведена на рисунке 22.» [1]

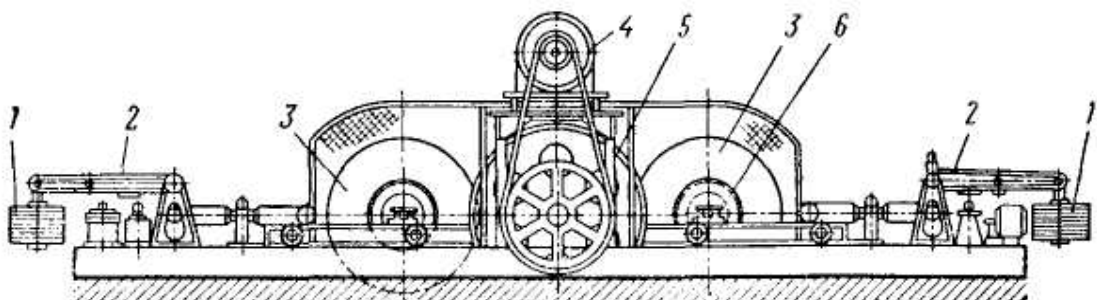


Рисунок 22 – Шинообкатный станок

«Беговой барабан 5 получает привод от электродвигателя 4 и приводит во вращение две испытуемые шины 3. Они установлены на каретках 6, которые,

перемещаясь на роликах по направляющим станины, прижимают шины к беговому барабану под действием грузов 1 через угловые рычаги 2. Станок является универсальным, на нем можно проводить испытания шин диаметром до 1400 мм при нагрузке до 45 кН и скорости качения 25-150 км/ч. Для проверки прочности каркаса при воздействии динамических нагрузок на рабочей поверхности барабана укрепляют различных размеров препятствия.» [1]

В результате проведения анализа прототипов разрабатываемой конструкции испытательного стенда были сделаны следующие выводы.

Прототипы стендов демонстрируют разнообразие подходов к имитации условий эксплуатации шин внедорожных автомобилей. Они включают в себя возможность моделирования различных типов дорожных покрытий и изменения наклона поверхности для воссоздания различных углов наклона и неровностей. Прототипы обладают различными конструктивными решениями, направленными на обеспечение стабильности и прочности платформы стенда. Особое внимание уделяется системам регулировки наклона и устойчивости при различных нагрузках. Были выявлены различия в интерфейсе и системах управления прототипов. Оптимальные решения включают интуитивно понятный интерфейс для настройки параметров испытания и системы сбора данных для мониторинга и анализа результатов.

Все прототипы удовлетворяют требованиям безопасности, однако различия в уровне автоматизации и системах защиты от аварийных ситуаций могут влиять на общую надежность работы стенда.

Основываясь на проведенном анализе, дальнейшее развитие конструкции испытательного стенда должно учитывать оптимизацию функциональных возможностей, улучшение конструктивных решений с целью повышения устойчивости и надежности, а также совершенствование интерфейса и системы управления для повышения эффективности проведения испытаний шин внедорожных автомобилей.

### 3 Конструкторский раздел

#### 3.1 Тяговый расчет транспортного средства

Произведем тяговый расчет для транспортного средства, шины которого могут быть испытаны на разрабатываемом стенде. Расчет позволит определить силы и моменты на колесе, возникающие в процессе движения транспортного средства. Исходные данные для проведения расчета сводятся в таблицу 1

Таблица 1 – Исходные данные для тягового расчета транспортного средства

Колесная формула	4 x 4
Длина, мм	4440
Ширина, мм	2100
Высота, мм	2101
Колесная база, мм	2300
Дорожный просвет, мм	220
Глубина преодолеваемого брода, мм	500
Масса снаряженного ам, кг	1950
Полная масса, кг	2790
Грузоподъёмность, кг	850
Коробка передач	механическая, 5-ступенчатая
Шины	195/80 R16

##### 3.1.1 Расчет массо-габаритных параметров транспортного средства

Полная масса автомобиля находится по формуле:

$$m_a = m_0 + (m_n + m_б) \cdot n_p, \quad (13)$$

«где  $m_0$  - снаряженная масса автомобиля;

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

$m_б$  - масса багажа, приходящегося на одного пассажира,  $m_б = 10$  кг;

$n_{\text{п}}$  - число мест пассажиров, включая водителя,  $n_{\text{п}} = 5$  чел.;» [6], [10]

$$m_a = 1950 + (75 + 10) \cdot 5 = 2375 \text{ кг}$$

«Классическая компоновка предполагает распределение массы по осям автомобиля в пропорции 50 на 50 процентов. Следовательно, вес автомобиля, приходящийся на каждую ось, определяется по формуле:

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{2} \cdot m_a \cdot g, \quad (14)$$

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

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

$g$  - ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ М/с}^2$ ;» [10]

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{2} \cdot 2375 \cdot 9,81 = 8215,875 \text{ Н.}$$

Шины выбираем бескамерные радиальные, размерностью 195/80 R16. Зная размер шин, определяем статический радиус колеса:

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (15)$$

где  $d$  - посадочный диаметр шины:

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

$H$  - высота профиля шины,  $H = 0,8 \cdot 195 = 152 \text{ мм}$ ;

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot 330,2 + 0,85 \cdot 152 = 277,3 \text{ мм.}$$

На дорогах с твёрдым покрытием:

$$r_{\text{ст}} = r_{\text{д}} = r_{\text{к}}, \quad (16)$$

где  $r_d$  - динамический радиус колеса, м;

$r_k$  - радиус качения колеса, м;

### 3.1.2 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя

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

$$N_V = \frac{N_K + N_\epsilon}{1000 \cdot \eta_T} = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi_V \cdot V_{\max} + K_\epsilon \cdot A_a \cdot V_{\max}^3}{1000 \cdot \eta_T}, \quad (17)$$

«где  $m_a$  - полная масса автомобиля;

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

$\psi_V$  - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля:» [6]

$$\psi_V = f_V = f_K \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V_{\max}^2) \quad (18)$$

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

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

$\eta_T$  - КПД трансмиссии:  $\eta_T = 0,98^0 \cdot 0,97^1 \cdot 0,98^3 = 1 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,91$ ;

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

Максимальная мощность двигателя определяется по формуле:

$$N_e = \max \frac{N_v}{\frac{\omega_v}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_v}{\omega_N}\right)^2 - \left(\frac{\omega_v}{\omega_N}\right)^3} \quad (19)$$



где  $\omega_N$  - угловая скорость коленчатого вала при максимальном значении мощности:

$$\omega_N = \frac{\pi \cdot n_N}{30}, \quad (20)$$

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

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

$\omega_v$  - коленчатого вала двигателя, при которой достигается максимальная скорость автомобиля:

$$\omega_v = 1,1 \cdot \omega_N, \quad (21)$$

«По полученным значениям  $N_e^{max}$ ,  $N_v$  и формуле (9) рассчитывают внешнюю скоростную характеристику двигателя выбрав 6 значений в диапазоне  $\omega_{max} \omega_{min}$ . Полученные данные сводим в таблицу 2:» [6]

Таблица 2 – Внешняя скоростная характеристика автомобиля

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

$$N_e = N_e^{max} \left[ \frac{\omega_e}{\omega_N} + \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (22)$$

«где  $\omega_e$  - текущие значения угловой скорости коленчатого вала рад/с;

$N_e$  - текущее значение эффективной мощности двигателя, кВт;» [2]

Для построения кривой эффективного момента  $M_e$  применяем формулу:

$$M_e = 1000 \cdot \frac{N_e}{\omega_e}, \quad (23)$$

Расчеты мощности и крутящего момента представлены в Приложении А.

### 3.1.3 Определение передаточного числа главной передачи и коробки передач

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

$$U_0 = \frac{\omega_{Kmax}}{U_K^B \cdot V_{max}}, \quad (24)$$

где  $\omega_{max}$  - максимальная угловая скорость коленчатого вала двигателя;

$$U_K^B = U_{K4} = 1,0;$$

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

«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.:» [6]

$$\frac{MT_{01max}}{r_{Ka} \cdot 1 \cdot \frac{G_a \cdot \psi_{Kmax}}{MT_{0max} \cdot m}} \quad (25)$$

где  $U_0$  - передаточное число главной передачи;

« $U_1$  - передаточное число коробки передач при включенной первой передаче;

$\psi_{max}$  - коэффициент сопротивления дороги:» [6]

$$\psi_{Kmax,max} = \frac{MT_{01max}}{r_{Ka} \cdot 1 \cdot \frac{G_a \cdot \psi_{Kmax}}{MT_{0max} \cdot m}} \quad (26)$$

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

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

$$\frac{MT_{01max}}{r_{K_{сц}} \frac{G_{сц} \cdot \phi \cdot r_K}{MT_{0max}}} \quad (27)$$

где  $G_{сц}$  - сцепной вес автомобиля;

$\phi$  - коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой;

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

Для пятиступенчатой коробки передач:

принимаем  $U_{K1} = 4,0$ ;

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

$$U_{K3} = \sqrt[3]{U_{K1}} = \sqrt[3]{4} = 1,58; \quad (28)$$

принимаем  $U_{K4} = 1,0$ ;

принимаем  $U_{K5} = 0,8$ .

### 3.1.4 Тяговый баланс автомобиля

Рассчитаем тяговый баланс автомобиля на каждой передаче выбрав 6 значений в диапазоне  $\omega_{max, min}$ . Полученные данные по всем передачам сведем в таблицу 3.

Скорость автомобиля:

$$V = \frac{\omega_e \cdot r_k}{U_k \cdot U_{гп}}, \quad (29)$$

«где  $\omega_e$  - текущее значение угловой скорости коленчатого вала, рад/с;  
 $r_k$  - радиус качения колеса, м;  
 $U_{к1}$  - передаточное число коробки передача при включенной передаче;  
 $U_{гп}$  - передаточное число главной передачи;» [8]

Коэффициент учета вращающихся масс:

$$\delta_j = 1,05 + 0,05 \cdot U_k^2, \quad (30)$$

Сила тяги:

$$F_k = \frac{M_e \cdot U_k \cdot U_{гп} \cdot \eta_T}{r_g}, \quad (31)$$

«где  $M_e$  - текущее значение эффективного крутящего момента, Н · м;  
 $U_{к1}$  - передаточное число коробки передача при включенной передаче;  
 $U_{гп}$  - передаточное число главной передачи;  
 $\eta_T$  - КПД трансмиссии;  
 $r_k$  - радиус качения колеса, м;» [8]

Сила сопротивления воздуха:

$$F_B = K_B \cdot A_a \cdot V^2, \quad (32)$$

где  $K_B$  - коэффициент сопротивления воздуха,  $K_B = 0,35$ ;  
 $A_a$  - лобовая площадь;  
 $V$  - текущая скорость автомобиля;

Коэффициент сопротивления дороги:

$$\psi_v = f_k \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V^2), \quad (33)$$

где  $f_k$  - коэффициент сопротивления качению;

Сила сцепления колес с дорогой:

$$F_{\psi v} = F_a \cdot \psi_v, \quad (34)$$

где  $F_a$  - сила тяжести, действующая на колеса автомобиля;

$\psi_v$  - коэффициент сопротивления дороги;

Динамический фактор:

$$D_1 = \frac{F_K - F_B}{F_a}, \quad (35)$$

где  $F_K$  - сила тяги;

$F_B$  - сила сопротивления воздуха;

$F_a$  - вес автомобиля;

Ускорение автомобиля:

$$j_a = \frac{D - \psi_v}{\delta_j} \cdot g, \quad (36)$$

«где  $D$  - динамический фактор;

$\psi_v$  - коэффициент сопротивления дороги;

$\delta_j$  - коэффициент учета вращающихся масс;

$g$  - ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ М/с}^2$ » [8]

Таблица 3 - Тяговый баланс автомобиля на различных (I – V передача)

1-я передача							
$\omega_e$		83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6
Ne		11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,6
Me		133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57
1-я передача, $U_{к1}=4,0$ ; $\delta j = 1,85$	V, м/с	1,36	3,23	5,1	6,97	8,84	9,73
	Fк, Н	7481	8157	8239	7727	6623	5853
	Fв, Н	1,45	8,17	20,39	38,08	61,26	74,22
	$F_{\psi_v} + F_B$	165,75	172,47	186,29	205,68	230,46	245,02
	D,	0,45	0,49	0,5	0,46	0,39	0,35
	ja	2,33	2,55	2,59	2,38	2,01	1,8
	1/ja	0,42	0,39	0,38	0,42	0,49	0,55
	$\psi_v$	0,01	0,01	0,0101	0,0102	0,0103	0,0104
2-я передача							
$\omega_e$		83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6
Ne		11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,6
Me		133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57
2-я передача, $U_{кII}=2,58$ ; $\delta j = 1,36$	V, м/с	2,16	5,15	8,13	11,11	14,09	15,5
	Fк, Н	4694	5119	5170	4848	4156	3673
	Fв, Н	3,65	20,79	51,81	96,77	155,64	188,35
	$F_{\psi_v} + F_B$	167,95	186,69	221,01	270,87	334,74	369,05
	D,	0,28	0,31	0,31	0,28	0,24	0,21
	ja	1,94	2,16	2,16	1,94	1,65	1,43

Продолжение таблицы 3

	1/ja	0,51	0,46	0,46	0,51	0,6	0,69
	$\psi_v$	0,01	0,0101	0,0103	0,0106	0,0109	0,011
3-я передача							
	$\omega_e$	83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6
	Ne	11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,6
	Me	133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57
3-я передача, УкП=1,58; $\delta j = 1,17$	V, м/с	3,44	8,18	12,92	17,66	22,39	24,63
	Fк, Н	2955	3222	3254	3052	2616	2312
	Fв, Н	9,27	52,45	130,87	244,51	393,02	475,6
	$F_{\psi_v} + F_B$	173,57	221,65	308,27	425,21	590,12	689,2
	D,	0,17	0,19	0,19	0,17	0,13	0,11
	ja	1,49	1,5	1,5	1,33	0,98	0,81
	1/ja	0,67	0,66	0,66	0,75	1,02	1,23
	$\psi_v$	0,01	0,0103	0,0108	0,011	0,012	0,013
4-я передача							
	$\omega_e$	83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6
	Ne	11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,6
	Me	133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57
4-я передача, УкП=4,0; $\delta j = 1,36$	V, м/с	5,44	12,93	20,41	27,9	35,38	38,92
	Fк, Н	1870	2039	2059	1931	1655	1463
	Fв, Н	23,2	131	326,5	610	981	1187
	$F_{\psi_v} + F_B$	189,1	308,4	523,6	823,6	1243,9	1466,3
	D,	0,11	0,11	0,1	0,08	0,04	0,017
	ja	0,89	0,89	0,78	0,59	0,21	0

Продолжение таблицы 3

	1/ja	1,12	1,12	1,28	1,69	4,76	0
	$\psi_v$	0,0101	0,0108	0,012	0,013	0,016	0,017
5-я передача							
	$\omega_e$	83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6
	Ne	11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,6
	Me	133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57
5-я передача, Укв=0,8; $\delta j = 1,08$	V, м/с	6,08	16,16	25,52	34,87	-	-
	Fк, Н	1496	1631	1647	1545	-	-
	Fв, Н	29	204	510	953	-	-
	$F_{\psi_v} + F_B$	196,6	384,7	723,6	1215,9	-	-
	D,	0,089	0,086	0,069	0,036	-	-
	ja	0,71	0,68	0,5	0,18	-	-
	1/ja	1,4	1,47	2	5,55	-	-
	$\psi_v$	0,0102	0,011	0,013	0,016	-	-

### 3.1.5 Время и путь разгона автомобиля

«Время и путь разгона определяют графоаналитическим способом. При расчете используем значения из высшей IV передачи. Полученные данные занесем в таблицу 4.

Время разгона автомобиля:» [10]

$$t_p = \left( \frac{1}{j_{cp}} \right) \cdot \Delta V, \quad (37)$$

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

$\Delta V$  - разница скорости между двумя участками IV передачи;



Время разгона от скорости  $V_{min}$  :

$$t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k, \quad (38)$$

Путь разгона автомобиля:

$$S_p = V_{cp} \cdot t_p, \quad (39)$$

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

$t_p$  - разница времени разгона автомобиля между двумя участками IV передачи;» [8]

Путь разгона от скорости  $V_{min}$  :

$$S_n = \sum_{k=1}^n \Delta S_k, \quad (40)$$

Расчет времени и пути разгона сведем в таблицу 4. Также расчеты представлены в Приложении А

Таблица 4 - Время и путь разгона автомобиля

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

### 3.1.6 Мощностной баланс автомобиля

Тяговая мощность автомобиля:

$$N_T = N_e \cdot \eta_{TP}, \quad (41)$$

где  $N_e$  - эффективная мощность двигателя;

$\eta_{TP}$  - КПД трансмиссии;

Используемая мощность двигателя на IV передаче:

$$N = \frac{(F_{\psi v} + F_B) \cdot V_a}{\eta_{TP}}, \quad (42)$$

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

$F_B$  - сила сопротивления воздуха;

$V_a$  - текущая скорость автомобиля;

$\eta_{TP}$  - КПД трансмиссии;» [11]

Расчет тяговой мощности на колесах представлен на графике в Приложении А

### 3.1.7 Топливо-экономическая характеристика транспортного средства

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

$$Q_S = \frac{K_{\omega} \cdot K_n \cdot g_e^{\min(F_{\psi v} + F_B)}}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_T} \quad (43)$$

«где  $K_{\omega}$  и  $K_n$  - коэффициенты, учитывающие соответственно изменения величины  $g_e$  в зависимости от угловой скорости и мощности двигателя;

$g_e^{\min}$  - минимальный удельный эффективный расход топлива

$g_e^{\min}$  гп/кВт·ч;

$\rho_T$  - плотность топлива,  $\rho_T = 0,72$  кг/л;» [11]

Расчет топливной экономичности на различных режимах движения представлен на графике в Приложении А.

## **3.2 Разработка конструкции стенда для испытания шин внедорожных автомобилей**

### **3.2.1 Техническое задание на разработку**

Цель проекта заключается в разработке стенда для комплексного испытания шин внедорожных автомобилей с целью оценки их производительных характеристик в различных условиях эксплуатации.

В техническом задании нами сформулированы требования к стенду.

Функциональные возможности стенда:

- имитация различных типов дорожных покрытий (асфальт, грунт, песок, гравий и т.д.);
- возможность изменения угла наклона поверхности стенда для моделирования восхождений и спусков;
- имитация различных скоростных режимов движения (от низких до высоких скоростей);
- возможность варьирования нагрузки на шины;
- мониторинг и запись ключевых параметров испытания (сцепление, износ, температура и т.д.).

Платформа стенда должна быть достаточно прочной и устойчивой для размещения и тестирования шин внедорожных автомобилей. Система регулировки наклона платформы должна быть точной и легко управляемой оператором.

Конструкция стенда должна быть простой в обслуживании и иметь возможность быстрой замены деталей, подверженных износу.

Интерфейс и управление должен быть интуитивно понятным для настройки параметров испытания и мониторинга процесса.

Для сбора данных стенд должен быть оборудован цифровой системой сбора данных для записи и анализа результатов испытаний. Стенд должен иметь возможность удаленного управления и мониторинга через компьютер или мобильное устройство.

Безопасность стенда должна включать следующие параметры.

- системы защиты от аварийных ситуаций и контроль безопасности оператора;
- соблюдение всех стандартов безопасности при работе с тяжелым оборудованием.

Ожидаемые результаты проектирования конструкции стенда.

- готовность функционирующего прототипа стенда с возможностью проведения комплексных испытаний шин внедорожных автомобилей;
- техническая документация, включающая инструкцию по эксплуатации, технические чертежи и спецификации компонентов.

Разработка стенда должна учитывать специфику тестирования шин в условиях, близких к реальным эксплуатационным условиям внедорожных автомобилей. В стенде следует предусмотреть возможность будущего модернизирования и расширения функциональных возможностей стенда.

### **3.2.2 Техническое предложение на разработку**

В соответствии с техническим заданием на разработку стенда для испытания шин внедорожных автомобилей требуется провести разработку вариантов компоновки стенда.

Рассмотрим возможные варианты компоновки изделия и проведем их анализ для выявления наиболее приемлемого варианта, рисунок 23, рисунок 24.

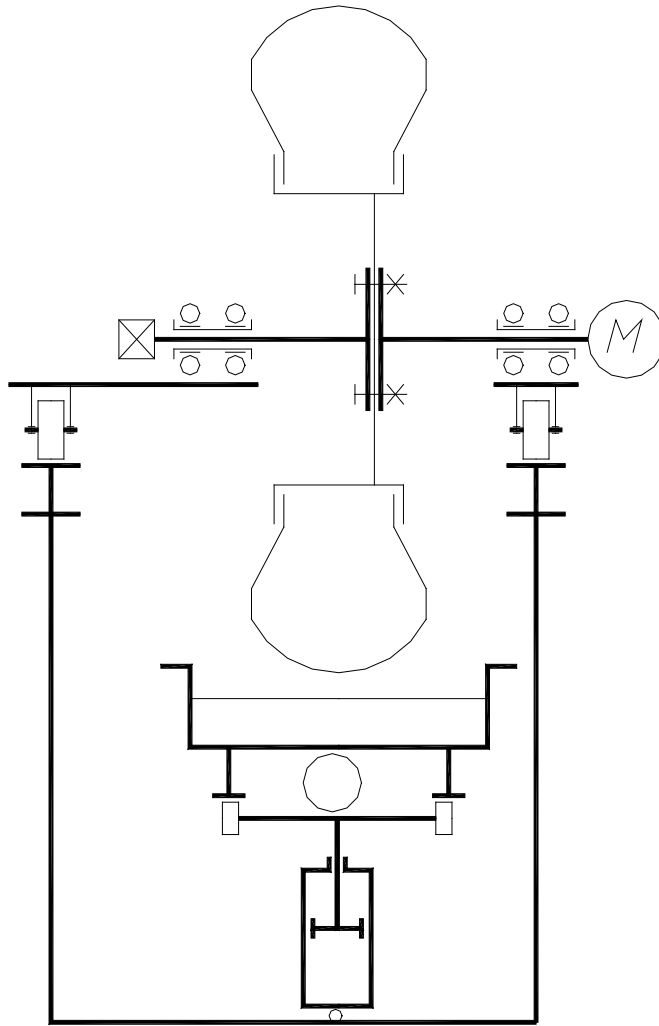


Рисунок 23 – Первый вариант компоновки

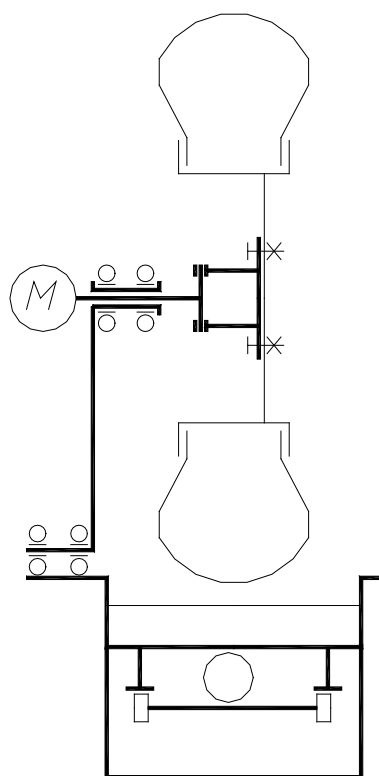


Рисунок 24 – Второй вариант компоновки

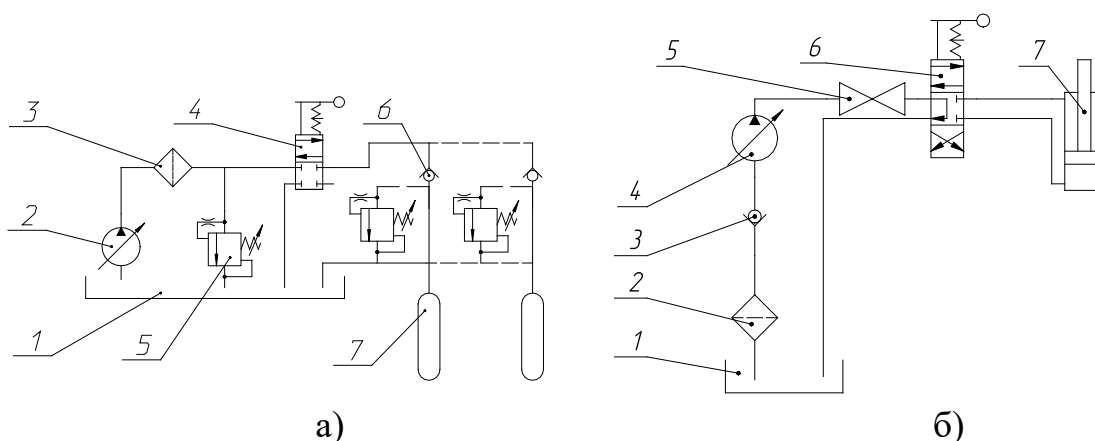
«Первый вариант компоновки предполагает выполнение изделия по описанию изобретения, когда в качестве механизма задания угла поворота колеса с шиной используется поворотный круг, а само колесо закрепляется на паре полуосей. Недостатком подобной компоновки является неудобство закрепления колеса, так как в этом случае приходится производить смещение одной из полуосей в сторону, что потребует дополнительных затрат по организации шлицевого узла. Подъемная ванна требует сложного механизма подъема, с применением цилиндра или другого узла подъема, кроме того, достаточно неудобно производить тарировку системы нагружения для каждой из марок колес. Также стоит отметить большую металлоемкость конструкции, что является причиной более высокой стоимости изготовления и сборки.

Второй вариант компоновки предполагает изделие, выполненное с возможностью закрепления колеса с шиной консольно на оси. В этом случае значительно упрощается процесс монтажа-демонтажа испытуемого объекта. В

качестве механизма задания угла поворота колеса для имитации режима торможения с уводом предполагается использовать винтовой механизм (не показан), а само колесо закрепить с возможностью поворота относительно вертикальной оси. Подобная мера позволит значительно снизить металлоемкость стенда, так как нет необходимости выполнения беговой дорожки под поворотное устройство. Колесо закрепляется на штанге с возможностью поворота, что во-первых позволит закреплять шины различного размера, а во-вторых позволит имитировать различные режимы нагружения используя гидроцилиндр меньшей мощности.» [15]

Окончательно принимается второй вариант компоновки.

Рассмотрим гидравлическую схему установки, так как предполагается применение в конструкции гидроцилиндра, ввиду малых габаритов и развиваемых им больших усилий.



а) контур закачки резиноканевых емкостей: 1 – масляный бак; 2 – насос; 3 – фильтр; 4 – кран-переключатель; 5 – перепускной клапан; 6 – обратный клапан; 7 – резиноканевая емкость.

б) контур гидроцилиндров: 1 – масляный бак; 2 – фильтр; 3 – обратный клапан; 4 – насос; 5 – вентиль; 6 – кран переключатель; 7 – гидроцилиндр.

Рисунок 25 – Гидравлическая схема установки

На рисунке 253 изображена гидравлическая схема установки. Гидросистема состоит из нескольких независимо работающих контуров – контура закачки резиноканевых емкостей и контуров гидроцилиндров.

Контур закачки резиноканевых емкостей позволяет подключать любое их количество, ограничиваясь лишь подачей насоса. Выполнение предполагается по замкнутой схеме.

«Подключение цилиндра предполагается также по замкнутой схеме, для компенсации гидropотерь из-за протяженности рукавов предполагается применение бака, закрытого от внешней среды. Тип насоса в техническом предложении не обговаривается, но предположительно будет применяться шестеренный гидронасос.» [15]

На рисунке 26 изображена кинематическая схема изделия с указанными на ней наиболее характерными для данного изделия разрезами.

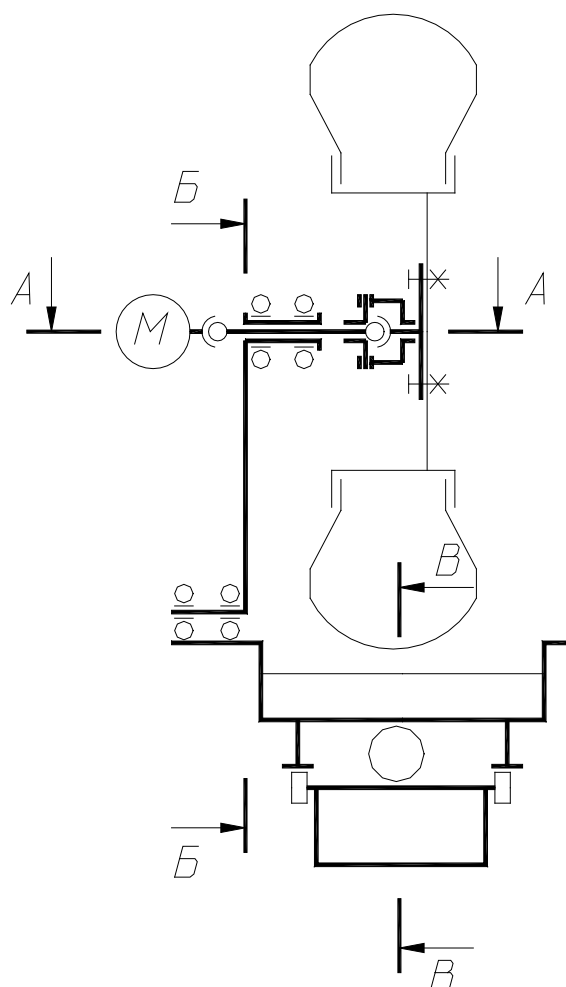


Рисунок 26 – Кинематическая схема станда.



### 3.2.3 Расчет конструкции стенда для испытания шин внедорожных автомобилей

«Наибольшая величина нагрузки будет соответствовать автомобилю с полной нагрузкой, так как предполагается проводить испытания колес автомобилей этой марки. Максимальная нагрузка на колесо, исходя их полной массы автомобиля 2800 кг составит 700 кг, для расчетов, с учетом возможных условий имитации с перегрузкой, а также неравномерности развесовки по осям, принимаем 750 кг.» [15]

Расчетная схема узла представлена на рисунке 27.

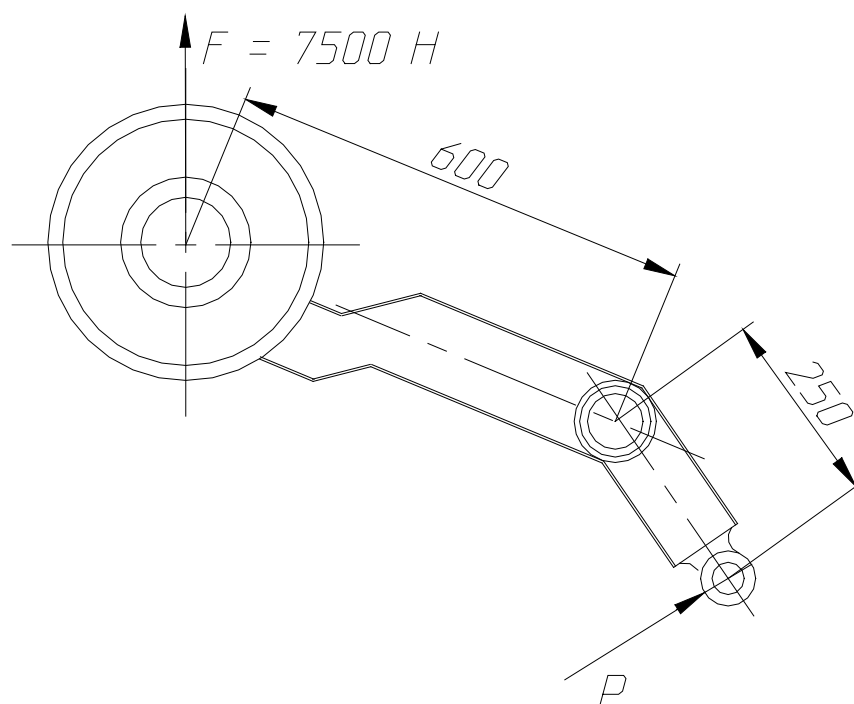


Рисунок 27 – Схема узла имитации колесной нагрузки

«Произведем расчет усилия на штоке гидроцилиндра и его габаритные размеры. Сила от воздействия приложенной силы  $P$  определяется из соотношения:» [15]

$$W = \frac{P \cdot 0.25}{0.6} \quad (44)$$

Зная что сила  $W = 7500$  Н, определим силу  $P$

$$P = \frac{W \cdot 0.6}{0.25} \quad (45)$$

$$P = \frac{7500 \cdot 0.6}{0.25} = 18000 \text{ Н}$$

«Произведем расчет основных параметров гидроцилиндра, исходя из максимального усилия на штоке 18000 Н (1800 кгс).

Площадь поршня определяется из выражения:» [15]

$$F = P / p \quad (46)$$

где  $p$  – давление нагнетания, кгс/см<sup>2</sup>,  $p = 15$  МПа = 150 кгс/см<sup>2</sup>

$$F = 1800 / 150 = 12 \text{ см}^2$$

Диаметр цилиндра определяется из условия.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \quad (47)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 12}{3,14}} = 3,91 \text{ см}$$

Принимаем диаметр гидроцилиндра  $D = 40$  мм.

Толщина стенки определяется из условия

$$S \geq p \cdot D / (2 \cdot [\sigma_p]) \quad (48)$$

$$S \geq 15 \cdot 0,04 / (2 \cdot [51]) = 0,006 \text{ м}$$

«Из соображений обеспечения запаса прочности в 1,2 раза принимаем толщину стенки гидроцилиндра, равную  $S = 6 \cdot 1,2 = 7,2$  мм. Окончательно принимаем для данного элемента толщину стенки 7 мм.

Подача насоса определяется из условия перемещения колеса с шиной на величину, достаточную для проведения монтажно-демонтажных работ, принимается из предварительной компоновки 0,17 м за 0,5 мин, при этом ход поршня составляет 170 мм. Таким образом, подача насоса должна составлять:» [15]

$$G = V / t \quad (49)$$

где  $V$  – объем заполняемой полости,  $\text{м}^3$

$t$  – время заполнения полости, мин

$$G = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4 \cdot t} \quad (50)$$

$$G = \frac{3,14 \cdot 0,04^2 \cdot 0,17}{4 \cdot 0,5} = 0,0004$$

«Величина подачи для данного гидроцилиндра составляет 0,4 л/мин, этому условию соответствует шестеренный насос на основании полученной минутной подачи и рабочего давления. Этим условиям соответствует шестеренный насос НШ4Е: рабочий объем –  $4 \text{ см}^3$ , подача – 0,46 л/мин, давление нагнетания 15 МПа, частота вращения – 1500 об/мин, мощность насоса – 2,93 кВт, объемный КПД – 0,85.

Минимальный внутренний диаметр трубопровода для жидкости определяется по формуле:» [15]

$$d = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q}{v}}, \text{ мм} \quad (51)$$

$$d = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 0,46}{6}} = 1,63 \text{ мм}$$

По сортаменту выбираем рукава с внутренним диаметром 5 мм.

Толщина плоского доньшка гидроцилиндра:

$$b = 0,405 \sqrt{P_{MAX} / [\sigma_P]}. \quad (52)$$

где  $P_{max} = 15$  МПа – максимальное давление масла в приводе

$$b = 0,405 \sqrt{15/80} = 17.5 \text{ мм}$$

Принимаем толщину плоского доньшка гидроцилиндра 18 мм

Результатом выполнения конструкторского раздела дипломного проекта явилось выполнение тягового расчета, а также разработка технического задания и технического предложения на разрабатываемую конструкцию стенда. Тяговый расчет является ключевым этапом в проектировании автомобиля, поскольку он определяет способность транспортного средства развивать необходимую мощность для обеспечения требуемой производительности. В рамках дипломного проекта он выполняется для подтверждения заявленных тягово-мощностных характеристик автомобиля, взятого для модернизации. Для автомобиля КамАЗ тяговый расчет позволяет определить оптимальные характеристики двигателя и трансмиссии, учитывая массу автомобиля, коэффициент сопротивления движению, уклоны дороги и другие параметры.

Результаты тягового расчета демонстрируют не только технические возможности автомобиля, но и его эксплуатационные характеристики, такие как динамика разгона, максимальная скорость, экономичность и поведение на различных участках дороги. Важно учитывать не только тяговые характеристики двигателя, но и передачи, дифференциала и других компонентов трансмиссии, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между мощностью и моментом на колесах.

Проведенная расчетная работа играет важную роль в проектировании и оптимизации ходовых качеств автомобиля, что в конечном итоге повлияет на его эффективность, надежность и удовлетворенность пользователей. Определены основные цели и требования к стенду испытаний шин внедорожных автомобилей. Важными аспектами были функциональные возможности, конструктивные особенности, интерфейс и управление, а также требования к безопасности. Техническое задание является основой для последующего проектирования и разработки стенда.

Предложенная конструкция стенда учитывает все требования технического задания и включает в себя инновационные решения для имитации различных условий эксплуатации шин. Конструктивные особенности стенда направлены на обеспечение стабильности, прочности и безопасности при проведении испытаний.

Были выполнены расчеты нагрузок, прочности материалов, а также определены параметры систем управления и мониторинга. Результаты расчетов подтверждают выполнимость проекта с точки зрения технических и эксплуатационных характеристик.

Итоговый конструкторский раздел является основой для дальнейшей разработки прототипа стенда испытаний шин внедорожных автомобилей. Важно продолжать работу по оптимизации конструкции, уточнению технических решений и подготовке к изготовлению функционирующего оборудования, способного эффективно проводить комплексные испытания шин в реалистичных условиях эксплуатации.

#### 4 Технологический процесс сборки узлов стенда испытаний шин

Разработка технологического процесса является неотъемлемой частью выполнения выпускной квалификационной работы, в ходе которой необходимо продемонстрировать навыки проектирования процесса сборки модернизированного узла. В разделе разработана технология сборки привода колеса разработанного стенда испытания шин. Особенностью технологического процесса будет являться тот факт, что процесс сборки будет производиться из компонентов, которые поступают на сборку в уже готовом виде и на рабочем месте производится только их соединение, согласно технологической карте.

Разработанный технологический процесс сборки и монтажа узла представлен в таблице 5. Технологическая схема сборки представлена на листе графической части дипломного проекта.

Таблица 5 – Технологический процесс сборки

№ пер	Наименование операции / перехода	Содержание операций, переходов	Используемое оборудование и инструмент	Время, чел-мин
1. Сборка оси колеса				
005	Сборка оси колеса	1. Установить ось колеса в оправку 2. Запрессовать подшипник 3. Запрессовать втулку 4. Запрессовать подшипник 5. Установить прокладку 6. Надеть крышку оси	Стенд сборочный Пресс 20т Смазка – масло трансмиссионное	2,45
2 Сборка узла				
010	Сборка кронштейна	1. Установить кронштейн в оправку 2. Закрепить кронштейн заклепками	Стенд сборочный Пресс 20т Смазка – масло трансмиссионное	1,50
015	Сборка колеса	1. Надеть колесо на собранную ось 2. Установить ось в кронштейн 3. Закрепить ось гайками	Комплект слесарного инструмента	2,12

В процессе разработки технологии сборки разработанного механизма были учтены основные этапы и последовательность операций для эффективной и качественной сборки. Были оптимизированы методы и инструменты с учетом особенностей конструкции и требований к надежности приводной системы.

Разработанная технология направлена на обеспечение высокой точности сборки деталей разработанного приводного механизма для исключения возможных дефектов и системы на протяжении всего срока эксплуатации. Были разработаны рекомендации по контролю качества на различных этапах сборки для предотвращения возможных ошибок и повышения надежности работы тормозов.

Технология сборки приводного механизма разработана с учетом экономических аспектов, направленных на оптимизацию времени и затрат на процесс сборки. Были предложены рекомендации по рационализации рабочих операций и использованию ресурсов с целью повышения эффективности и экономичности процесса сборки. В целом, разработанная технология сборки приводного механизма представляет собой важный этап в создании качественного и надежного стенда, обеспечивая качество производимых испытаний.

## **5 Безопасность и экологичность участка механической сборки**

### **5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технического объекта**

В рамках выполнения дипломного проекта рассматривается технологический процесс сборки узлов и агрегатов транспортного средства, а также операции связанные с заготовительными и сборочно-сварочными работами по раме транспортного средства. Для осуществления данного технологического процесса, для его безопасной организации при производстве необходимо рассмотреть комплекс факторов, оказывающих влияние на рабочих, занятых при осуществлении комплексного технологического процесса сборки. Рассмотрим основные моменты, связанные с особенностями проведения технологического процесса, а также характеристики участка, на котором осуществляется технологическая операция.

Рама изделия, проектируемого в рамках дипломного проекта, представляет собой, изготовленную из стального проката различного сортамента. Материал труб – сталь 20 и сталь 20кп.

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

Зоны выполнения работ, связанных с избыточным тепловыделением, выделением продуктов горения или ультрафиолетового излучения, таких как



сварка на стапеле, зона термической обработки металла отделяются от основного помещения защитными экранами и оснащаются вытяжкой. Те же ограждения применяются для групп оборудования, чья работа связана с повышенным шумом, например абразивно-режущие станки.

Половое покрытие на всем участке выполнено из каучуковой плитки. Термические зоны имеют половое покрытие из наливного термостойкого полимера.» [19]

Общие технические характеристики участка приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Общие технические характеристики сборочного 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, 380В
Выделенная мощность, кВА	25

Основные технологические операции, осуществляемые на сборочном участке, осуществляются в рамках технологического процесса. Основными этапами процесса сборки будут являться:

- заготовительные операции;
- операции черновой механической обработки;
- операции чистовой механической обработки;
- сварочные операции;
- сборочные операции из корпусных изделий и сборочных единиц;
- окрашивание или нанесение защитных покрытий.

В таблице 7 приводится перечень технологических операций, осуществляемых на исследуемом участке.

Таблица 7 – Осуществляемые на участке технологические процессы и операции

Наименование технологического процесса	Наименование технологической операции и, вида выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование, устройство, приспособление	Материал, вещества
Заготовительная операция	Резка профильной трубы	Слесарь 5-го разряда	Торцевая абразивная пила PRN-320	Сталь 3, Сталь 20, Сталь 20кп
Черновая механическая обработка	Подрезка стыков	Слесарь 5-го разряда	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115	Сталь 3, Сталь 20, Сталь 20кп
Чистовая механическая обработка	Шлифовка	Слесарь 5-го разряда	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115	Сталь 3, Сталь 20, Сталь 20к
Сварочная операция	Сварка труб каркаса	Сварщик	Инверторный аппарат дуговой сварки MMA-200S	Сталь 3, Сталь 20, Сталь 20кп
Сборочная операция	Сборка	Слесарь-сборщик	Стапель сборки	Сталь 3, Сталь 20, Сталь 20кп
Нанесение защитного слоя на металлическую раму	Окраска	Маляр	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	Эмаль ЭЦ

Таким образом, определен перечень технологических операций, осуществляемых на участке. Далее следует определить перечень опасных и

вредных факторов, воздействующих на работников, исходя из означенного перечня технологических операций.

## 5.2 Идентификация профессиональных рисков

Процесс механической обработки заготовок, изготовления узловых конструкций и окончательная сборка сопряжены с различными профессиональными рисками для работников. Рассмотрим основные угрозы, с которыми сталкиваются сотрудники на участке механической сборки, и выявим способы их предотвращения для обеспечения безопасности и здоровья персонала на производстве. Идентификация профессиональных рисков приведена в таблице 8.

Таблица 8 - Идентификация профессиональных рисков

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
Заготовительные работы и механическая обработка	Повышенный уровень шума,	Угловая шлифовальная машина
	Карборундовая пыль	Материал шлифовальных камней и дисков
	Возгорание пыли при обработке деталей и изделий	Искры
	Статическая нагрузка	Угловая шлифовальная машина
	Шум	Угловая шлифовальная машина
	Ультразвук	Угловая шлифовальная машина
	Вибрации	Угловая шлифовальная машина

Продолжение таблицы 8

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
Чистовая механическая обработка	Повышенный уровень шума,	Угловая шлифовальная машина
	Металлическая и абразивная пыль	Материал детали и шлифовального диска
	Возгорание пыли при обработке деталей и изделий	Искры
	Статическая нагрузка	Угловая шлифовальная машина
	Шум	Угловая шлифовальная машина
	Ультразвук	Угловая шлифовальная машина
Нанесение защитного слоя на металлическую раму	Испарение токсичных веществ	Эмаль ЭЦ
	Статическая нагрузка	Краскопульт безвоздушного распыления Graco

Выявленные профессиональные риски позволят разработать методы для их минимизации или нейтрализации, а также произвести подбор необходимых средств индивидуальной защиты (СИЗ).

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В современных условиях охраны труда и производственной безопасности важно не только осознавать возможные профессиональные риски на рабочем месте, но и активно принимать меры по их снижению и предотвращению. Рассмотрим разнообразные методы и средства, которые могут быть использованы для сокращения возможных опасностей на участке

механической сборки. Будут определены как технические аспекты, включающие внедрение безопасного оборудования и технологий, так и организационные меры, такие как обучение персонала, разработка процедур безопасной работы и поощрение соблюдения правил безопасности. Определим средства персональной защиты, необходимость профилактических медицинских осмотров и других методов, направленных на создание безопасной и здоровой рабочей среды для сотрудников участка механической сборки.

«Приказ Министерства труда и социальной защиты российской федерации от 19 августа 2016 г. № 438н «Об утверждении типового положения о системе управления охраной труда». Методы, приведённые в таблице 9, соответствуют приказу. Они были специально разработаны, как и средства индивидуальной и коллективной защиты, для снижения воздействия каждого опасного и вредного производственного фактора. Соответственно всё было проверено на практике и только после этого утверждено, следует они являются эффективными.» [19]

Таблица 9 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасный и вредный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения, устранения 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.

Продолжение таблицы 9

Электромагнитные поля	Использование согласованных нагрузок и поглотителей мощности, снижающих напряженность и плотность потока энергии электромагнитных волн;	Очки и спецодежда, выполненная из металлизированной ткани.
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	Противошумные наушники, беруши. Резиновые и хлопчато-бумажные перчатки надеты совместно.

Обозначенные методы снижения профессиональных рисков позволяют значительно снизить воздействие на работающих и повысить общий уровень безопасности на производстве.

#### **5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта**

В обеспечении пожарной безопасности технического объекта заключается один из важнейших аспектов обеспечения надежной и безопасной работы предприятия. Пожарная безопасность является неотъемлемой частью общей системы безопасности и требует комплексного подхода и постоянного контроля. Понимание и строгое соблюдение мер по обеспечению пожарной безопасности являются ключевым элементом для защиты жизни и имущества на техническом объекте.

«В таблице 10 приведена идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара, с разработкой технических средств.» [19]

Таблица 10 – 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	A – 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	A – 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	B – горение жидкостей	Натуральные и синтетические масла, лакокрасочные изделия.	Пары легко воспламеняющихся жидкостей, которые взрываются при смешении с воздухом

«В таблице 11 приведены первичные и мобильные средства пожаротушения, средства пожарной автоматики и индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, пожарное оборудование и инструмент.» [19]

Таблица 11 – Средства пожаротушения и противопожарное оборудование

Первичные средства пожаротушения	Огнетушитель, бочка с водой, ткань асбестовая, ящики с песком
Мобильные средства пожаротушения	Пожарный автомобиль
Установки пожаротушения	Автоматические установки пожаротушения
Средства пожарной автоматики	приборы приемно-контрольные пожарные приборы управления пожарные технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные системы передачи извещений о пожаре
Пожарное оборудование	Модуль порошкового пожаротушения
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	средства защиты органов дыхания (респираторы, противогазы, самоспасатели изготовленные из подручных средств, противопыльные тканевые маски и марлевые повязки), средства защиты кожного покрова (защитные костюмы, резиновые сапоги и др.)
Пожарный инструмент (механизированный и не механизированный)	Немеханизированный: пожарная багра, топор, лом. Механизированный: гидронасос, силовой режущий узел.
Пожарная сигнализация, связь и оповещение	Система оповещения о пожаре, сигнализация

«В соответствии с видами выполняемых заготовительных,



обрабатывающих и сборочных работ в здании и с учетом типа и особенностей реализуемых технологических процессов, в таблице 12 указаны эффективные организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара.» [19]

Таблица 12 – 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.

Обеспечение пожарной безопасности на техническом объекте является фундаментальным аспектом правильной эксплуатации и защиты от чрезвычайных ситуаций. Ключевыми мерами являются обучение персонала безопасным методам действий в случае пожара, регулярные проверки систем пожарной сигнализации и тушения, а также строгое соблюдение норм и требований пожарной безопасности. Важно помнить о необходимости планирования и проведения учений по эвакуации персонала для минимизации потенциальных угроз. Обеспечение пожарной безопасности на техническом объекте требует постоянного внимания, проактивного подхода и готовности к действиям в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

## 5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Экологическая безопасность участка сборки должна обеспечиваться в рамках общей экологической безопасности всего предприятия. Обеспечение экологической безопасности на техническом объекте является необходимым условием для соблюдения экологических стандартов, минимизации отрицательного воздействия на окружающую среду и предотвращения экологических чрезвычайных ситуаций.

«В таблице 13 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.» [9], [19]

Таблица 13 – 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
Рама сборочного стапеля	Сталь 20. Сварка, шлифовка, окраска.	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

Обеспечение безопасности и экологичности на предприятии сегодня становится все более неотъемлемой частью успешной деятельности компании. Успешная реализация мероприятий по безопасности и экологичности требует постоянного контроля, обучения персонала, использования современных технологий и систем управления. Важно также формирование экологической культуры среди работников и внедрение принципов ответственного потребления ресурсов.

В разделе определены технологические операции, осуществляемые на сборочном участке. На основании перечня технологических операций, были идентифицированы профессиональные риски и определен перечень воздействующих на работников вредных и опасных производственных факторов. Выявленные профессиональные риски позволили выполнить разработку методов для их минимизации или нейтрализации, а также произвести подбор необходимых средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Определены факторы пожарной опасности, на основании чего разработан комплекс организационно-технических мероприятий по предотвращению пожара. Также выполнена идентификация негативных экологических факторов, что также позволило разработать мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом.

На основании изложенного, можно сделать вывод о выполнении задач в рамках выполнения раздела безопасность и экологичности участка.

## **6 Экономический раздел дипломного проекта**

### **6.1 Техничко-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта**

Техничко-экономическое обоснование является важной частью любого проекта, включая проектирование технического устройства в рамках дипломного проекта. Оно включает в себя анализ технической и экономической целесообразности выполняемого проекта.

Объектом дипломного проектирования является новый тип испытательного стенда, который обладает уникальным функционалом и улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Разрабатываемый стенд представляет собой сложное техническое устройство, предназначенное для проведения ресурсных испытаний с целью улучшения его технических и эксплуатационных характеристик, а также функциональности. Проектируемый в рамках дипломного проекта стенд обладает новыми техническими возможностями, такими как эффективность работы, повышенная производительность, позволяющая уменьшить затраты на проведение испытаний, надежность и долговечность. Разрабатываемый в рамках дипломного проекта испытательный стенд дает возможность применения нового функционала, который включает дополнительные режимы работы, расширенные возможности управления процессом испытаний, интеграцию с другими системами и устройствами проведения процесса обкатки. Последующая разработка стенда может иметь потенциал для дальнейшего развития и модернизации, что сделает испытательные лаборатории, оснащенные данным техническим устройством, более конкурентоспособными на рынке. Таким образом, разработка и внедрение нового испытательного стенда с улучшенными характеристиками имеет потенциал для создания продукта, который будет выделяться на рынке

технической новизной и обладать привлекательностью как для пользователей, так и для эксплуатантов испытательных устройств.

Техническая целесообразность разработки нового вида конструкции продиктована требованиями, предъявляемым к современным образцам техники. Так, в конструкции стенда применены конструкторские решения, которые позволяют снизить вес конструкции, в первую очередь за счет применения более легких материалов и за счет конструкторских решений, позволяющих уменьшить массу детали без снижения ее прочностных характеристик. Также общий вес конструкции удалось уменьшить за счет более рациональной компоновки деталей.

Расширение функционала испытательного стенда произведено за счет реализации в ходе конструкторской разработки функционала, ранее не применявшегося в данном типе устройств стендовых испытаний.

## **6.2 Расчет затрат и экономической эффективности**

В рамках раздела экономической эффективности дипломного проектирования требуется произвести расчет себестоимости конструкции стенда и расчет отпускной цены проектируемой конструкции. Расчет стоимости изготовления конструкции рассчитывается по формуле:

$$C = M + \Pi_{и} + Z_{осн} + Z_{доп} + СС + И_{цех} + И_{зав} + НР \quad (1)$$

где  $M$  – затраты на материалы конструкции стенда, руб.;

$\Pi_{и}$  – затраты на покупные стенда, используемые в конструкции, руб.;

$Z_{осн}$  – основная заработная плата рабочих, руб.;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата рабочих, руб.;

$CC$  – отчисления на социальное страхование,  $CC = 30\%$ ;

$И_{цех}$  – общецеховые издержки,  $И_{цех} = 85\%$ ;

$И_{зав}$  – общезаводские издержки,  $И_{зав} = 110\%$ ;

$НР$  – накладные расходы,  $НР = 7,5\%$

Выполним расчет затрат по каждой из статей расходов на изготовление проектируемой конструкции. Расчет затрат на материалы, используемые в конструкции стенда, рассчитаны в таблице 14. Расчет материальных затрат производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n \quad (2)$$

где  $M_n$  – количество материала, ед;

$C_n$  – цена материала за единицу, руб.;

$k_3$  – коэффициент затрат на транспортировку и доставку,  $k_3 = 0,15$

Таблица 14 – Расчет затрат на материалы

Наименование материала	Количество материала	Цена единицы материала, руб	Сумма, руб
Заготовка поковка	16	230,20	3683,20
Чугун литейный	35	180,00	6300,00
Грунтовка	3,5	150,00	525,00
Краска	4	725,00	2900,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 120	10	125,00	1250,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 40	12	120,00	1440,00
Круг горячекатанный, d = 25	12	120,00	1440,00
Круг, бронза	3	750,50	2251,50
Листовой металл, h = 6	8	110	880,00
Листовой металл, h = 2	18	110	1980,00
Литол	1	125	125,00
Масло промышленное И-20	0,5	145,00	72,50
Сетка	0,8	350,00	280,00
Трубный прокат, d = 25x20	10	300,00	3000,00
Швеллер гнутый	20	160	3200,00
Прочие			2500,00
ИТОГО			31 827,20
Транспортно-заготовительные расходы			4 774,08
ВСЕГО			36 601,28

Статья, учитывающая затраты на покупные станда и полуфабрикаты, используемые в изготавливаемой конструкции, рассчитываются по формуле:

$$\text{Пи} = \sum_{i=1}^n \text{Пи}_n \cdot \text{С}_n + k_3 \sum_{i=1}^n \text{Пи}_n \cdot \text{С}_n \quad (3)$$

где  $\text{Пи}_n$  – количество покупных изделий, ед;

$\text{С}_n$  – цена за единицу покупного станда, руб.;

$k_3$  – коэффициент затрат на транспортировку и доставку,  $k_3 = 0,1$

Для удобства проведения расчетов по затратам на закупку и доставку покупных изделий конструкции, сведем их в таблицу 15.

Таблица 15 – Расчет затрат на покупные станда

Наименование и вид покупного станда	Количество покупных изделий	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Болты М10	40	8,00	320,00
Болты М6х15	24	6,50	156,00
Болт фундаментный	4	350,00	1 400,00
Винты М10	50	10,00	500,00
Вал карданный	2	2 200,00	4 400,00
Выключатель автоматический	4	450,00	1 800,00
Датчик ЭИИ-35 ТУ 38769 - 85	2	3 500,00	7 000,00
Двигатель 4А160М6УЗ ГОСТ 19523-81	2	32 500,00	65 000,00
Кольцо стопорное	8	0,80	6,40
Кнопка пусковая	2	250,00	500,00
Лампа контрольная	4	85,00	340,00
Манжеты для гидравлических устройств по ГОСТ 14896-78 d = 52	6	125,00	750,00
Мост ВАЗ-2106 с редуктором в сборе		8 200,00	0,00
Муфта МУВП ГОСТ 13254-75	2	780,00	1 560,00
Подшипник 305 ГОСТ 5720-75	8	750,00	6 000,00
Подшипник 302	6	550,00	3 300,00
Подшипник 46310 ГОСТ 8338-75	12	750,00	9 000,00

Продолжение таблицы 15

Пульт управления	1	11 200,00	11 200,00
Редуктор КЦ1 - 250 - I - 3 - ЦУ2	2	7 500,00	15 000,00
Цепь зубчатая	2	9 500,00	19 000,00
Прочие			6 000,00
ИТОГО			153 232,40
Транспортно-заготовительные расходы			4 596,97
ВСЕГО			157 829,37

Наряду с затратами на материалы и покупные станда, при изготовлении новой конструкции предприятие несет издержки также на заработную плату, как основную, так и дополнительную. Расчет заработной платы производится по формуле:

$$Z_o = \sum_{i=1}^n (T_i \cdot C_{Ti} \cdot k_{чi} \cdot k_{пр}) \quad (4)$$

где  $T_i$  – трудоемкость выполнения  $i$ -той операции, чел-час;

$C_{Ti}$  – часовая тарифная ставка рабочего, занятого на выполнении  $i$ -той операции, руб.;

$k_{чi}$  – коэффициент доплат заработной платы до часового фонда работающих,  $k_{чi} = 1,05 \dots 1,15$ ;

$k_{пр}$  – коэффициент премирования,  $k_{пр} = 1,24$ .

Расчет основной заработной платы рабочих приводится в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы

Виды операций	Трудоемкость, чел-час	Часовая тарифная ставка, руб	Тарифная зарплата, руб
Литейная	18,00	210,30	4 050,38
Гибочная	12,50	210,30	2 812,76



Продолжение таблицы 16

Сварочная	10,50	210,30	2 362,72
Токарная	8,25	250,50	2 211,29
Фрезерная	16,00	250,50	4 288,56
Шлифовальная	6,00	250,50	1 608,21
Долбежная	4,50	210,30	1 012,59
Термическая	12,00	210,30	2 700,25
Сверлильная	8,00	185,25	1 585,74
Слесарная	12,50	185,25	2 477,72
Сборочная	22,50	185,25	4 459,89
Окрасочная	6,00	160,45	1 030,09
Испытательная	12,00	210,30	2 700,25
ИТОГО			33 300,46
Премияльные доплаты			7 992,11
Основная заработная плата			41 292,57

Наряду с основной заработной платой, рассчитывается размер дополнительной заработной платы. Дополнительная заработная плата – это переменная часть общей заработной платы, которая выплачивается рабочему, например за определенные условия труда и как определенная гарантия от работодателя. Расчет заработной платы производится по формуле:

$$З_{доп} = З_о \cdot k_{доп}, \quad (5)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы,  $k_{доп} = 0,25$ .

$$З_{доп} = 41\,292,57 \cdot 0,25 = 10\,323,14 \text{ руб}$$

Отчисления в фонд социального страхования являются важным компонентом формирования фонда оплаты труда. В отличие от основной и дополнительной заработной платы, эта часть фонда оплаты труда не выплачивается работнику, а оплачивается работодателем в фонд социального страхования напрямую. Расчет величины отчислений в фонд социального страхования рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{ФСС}} = (Z_0 + Z_{\text{доп}}) \cdot 0,3 \quad (6)$$

$$Z_{\text{ФСС}} = (41\,292,57 + 10\,323,14) \cdot 0,3 = 15\,484,71 \text{ руб}$$

Также предприятие несет издержки, связанные с ремонтом оборудования и его обслуживанием. Соответственно, эта статья затрат должна находить свое отношение в структуре себестоимости. Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования определяется как процент от затрат на основную заработную плату. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на содержание и эксплуатацию 104% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$P_{\text{об}} = Z_0 \cdot 1,04 \quad (7)$$

$$P_{\text{об}} = 41\,292,57 \cdot 1,04 = 42\,944,27 \text{ руб}$$

Общехозяйственные расходы – это расходы по цеху, занятого в производственном процессе. Как правило, это расходы, связанные с поддержанием работоспособности цеха, транспортировкой и технологическими перемещениями внутри цеха и заработной плату вспомогательного персонала. Расчет общехозяйственных расходов производится как процент от затрат на основную заработную плату. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общехозяйственные расходы 25% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$P_{\text{ох}} = Z_0 \cdot 0,25 \quad (8)$$

$$P_{\text{ох}} = 41\,292,57 \cdot 0,25 = 10\,323,14 \text{ руб}$$

Общепроизводственные расходы – это расходы предприятия, связанные с выпуском продукции и осуществлением хозяйственной и коммерческой деятельности. Как правило, общепроизводственные расходы включают в себя комплекс расходов, связанных с функционированием предприятия, включая затраты на заработную плату инженерно-технического и административно-управленческого персонала. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общепроизводственные расходы 30% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$R_{оп} = Z_о \cdot 0,30 \quad (9)$$

$$R_{оп} = 41\,292,57 \cdot 0,30 = 12\,387,77 \text{ руб}$$

Сведение всех статей расходов в общую сумму, даст величину производственной себестоимости продукции. Это затраты предприятия на производство продукции. Добавление к производственной себестоимости внепроизводственных расходов, связанных с продвижением продукции на рынке, позволит рассчитать величину полной себестоимости. Для простоты и удобства восприятия, все статьи расходов сведем в таблицу 17.

Таблица 17 – Расчет себестоимости конструкции

Наименование статьи затрат	Сумма, руб	%
Затраты на материалы	2 875,00	0,95%
Затраты на покупные стенда	157 829,37	52,22%
Зарплата основная	41 292,57	13,66%
Зарплата дополнительная	10 323,14	3,42%
Отчисления на соцстрах	15 484,71	5,12%

Продолжение таблицы 17

Расходы на содержание оборудования	42 944,27	14,21%
Общепроизводственные расходы	10 323,14	3,42%
Общехозяйственные расходы	12 387,77	4,10%
Производственная себестоимость	293 459,98	97,09%
Внепроизводственные расходы	8 803,80	2,91%
Полная себестоимость	302 263,78	100,00%

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены станда и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем подразделе экономического раздела дипломного проекта.

### **6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции**

Экономический эффект от разработки новой конструкции является комплексным показателем, свидетельствующим об общей успешности разработанной конструкции. Экономический эффект выражается в получении дополнительной прибыли от увеличения отпускной цены. Отчасти это может объясняться большими затратами на изготовление конструкции, а отчасти повышенным спросом со стороны потребителя на разработанную конструкцию, что объясняется лучшими эксплуатационными показателями.

Для определения экономического эффекта необходимо рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи станда, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Предполагается уровень рентабельности на уровне 15%, а НДС 20%. Расчет производится по формуле:

$$Ц_{и} = C_{п} + C_{п} \cdot 0,15 + C_{п} \cdot 0,20 \quad (10)$$

$$Ц_{и} = 302\,263,78 + 302\,263,78 \cdot 0,15 + 302\,263,78 \cdot 0,20 = 408\,056,10$$

Принимаем отпускную цену  $Ц_{и} = 410\,000$  руб. Как было отмечено ранее, экономический эффект будет достигнут за счет увеличения цены для конечного потребителя, за счет чего и будет получена прибыль предприятия. Расчет производится по формуле:

$$\mathcal{Э} = Ц_{и} - Ц \quad (11)$$

где  $Ц$  – средняя цена стенда до модернизации, руб

В соответствии с произведенным анализом, выявлена цена на изделие на рынке у разных продавцов. Анализ средней стоимости приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет средней цены стенда

Наименование фирмы	Цена стенда, руб
ООО «Авангард», Тольятти	320 000
ООО «РемтехКомплект», Тольятти	350 000
ООО «Аверс», Тольятти	300 000
Средняя цена по компаниям	323 333

Исходя из определенной средней цены, выполним расчет экономического эффекта для одного стенда.

$$\mathcal{Э} = 4\,333\,350 - 323\,333 = 86\,667,00 \text{ руб}$$

Предполагается объём реализации в количестве не менее 50 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит:

$$Эг = Э \cdot N$$

где N – объём реализации продукции, ед.

$$Эг = 86\,667,00 \cdot 50 = 4\,333\,350 \text{ руб}$$

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения стенда, которое позволит рассчитать срок окупаемости проекта, социальный эффект и ряд иных показателей, которые лежат вне рамок выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы.

Результатом выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы явился расчет стоимости изготовления конструкции нового вида и определения величины экономического эффекта.

Объектом дипломного проектирования является новый тип испытательного стенда, который обладает уникальным функционалом и улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Разрабатываемый стенд представляет собой сложное техническое устройство, предназначенное для проведения ресурсных испытаний с целью улучшения его технических и эксплуатационных характеристик, а также функциональности. Разработанный в рамках дипломного проекта испытательный стенд дает возможность применения нового функционала, который включает дополнительные режимы работы, расширенные возможности управления процессом испытаний, интеграцию с другими системами и устройствами проведения процесса обкатки. Последующая разработка стенда может иметь потенциал для дальнейшего развития и модернизации, что сделает испытательные лаборатории, оснащенные данным

техническим устройством, более конкурентоспособными на рынке. Таким образом, разработка и внедрение нового испытательного стенда с улучшенными характеристиками имеет потенциал для создания продукта, который будет выделяться на рынке технической новизной и обладать привлекательностью как для пользователей, так и для эксплуатантов испытательных устройств.

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены стенда и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем подразделе экономического раздела дипломного проекта. В результате произведенных расчетов определена себестоимость стенда,  $C_{п} = 302\,263,78$  руб. Определение себестоимости позволило рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи стенда, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Принимаем отпускную цену  $C_{и} = 410\,000$  руб.

Экономический эффект от разработки новой конструкции является комплексным показателем, свидетельствующим об общей успешности разработанной конструкции. Экономический эффект выражается в получении дополнительной прибыли от увеличения отпускной цены. Отчасти это может объясняться большими затратами на изготовление конструкции, а отчасти повышенным спросом со стороны потребителя на разработанную конструкцию, что объясняется лучшими эксплуатационными показателями. Предполагается объем реализации в количестве не менее 50 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит,  $\mathcal{E}_{г} = 4\,333\,350$  руб.

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения стенда, которое позволит рассчитать срок окупаемости проекта. На основании всего вышеизложенного, можно сделать вывод о выполнении задач, поставленных в рамках выполнения экономического раздела.

## Заключение

Цель данного дипломного проекта — разработка стенда для исследования свойств шин при движении по мягким грунтам. Такой стенд позволит моделировать реальные условия эксплуатации, измерять ключевые параметры взаимодействия шин с грунтом и анализировать полученные данные для улучшения конструкции и материалов шин. В рамках проекта будет проведен анализ существующих методик и оборудования для испытания шин, разработаны технические требования и конструкция стенда, а также проведены экспериментальные исследования с использованием различных типов шин и грунтов.

В первом разделе выпускной квалификационной работы были рассмотрены различные факторы, влияющие на параметры автомобильных шин. Были проанализированы методики проведения испытаний автомобильных шин, включая как дорожные испытания, так и стендовые. Рассмотрены различные факторы, такие как пятно контакта, нагружение вертикальной нагрузкой, влияние боковой нагрузки и угла увода.

Исследование факторов, определяющих эксплуатационные характеристики автомобильных шин, позволило сделать следующие выводы:

- Профиль шины играет ключевую роль в оптимизации сцепления шины с дорожным покрытием в различных условиях. Шины с агрессивным протектором лучше подходят для бездорожья и грунтовых покрытий, в то время как шины с низким профилем обеспечивают более высокую устойчивость на асфальте.

- Материалы и конструкция шин, такие как состав резины и архитектура корда, существенно влияют на сопротивление качению и износ шин. Оптимизация этих параметров способствует улучшению экономичности и долговечности шин.



- Жесткость боковин и протектора напрямую влияют на управляемость автомобиля. Более жесткие боковины обеспечивают устойчивость при поворотах и лучшее сцепление на крутых поворотах.

- Геометрические параметры шин, такие как ширина и диаметр, влияют на общую площадь контакта шины с дорогой и ее поведение при ускорении, торможении и поворотах. Оптимальный выбор этих параметров зависит от специфики эксплуатации транспортного средства.

- Влияние климатических условий на характеристики шин подчеркивает важность адаптации конструкции шин к различным климатическим и дорожным условиям.

Учитывая вышеизложенные факторы, разработка и производство современных автомобильных шин требуют комплексного подхода, который учитывает баланс между управляемостью, комфортом, безопасностью и экономической эффективностью. Дальнейшие исследования в этой области могут направиться на создание инновационных материалов и технологий производства, чтобы улучшить общую производительность шин и снизить их эксплуатационные затраты.

В результате проведения анализа прототипов разрабатываемой конструкции испытательного стенда были сделаны следующие выводы.

Прототипы стендов демонстрируют разнообразие подходов к имитации условий эксплуатации шин внедорожных автомобилей. Они включают в себя возможность моделирования различных типов дорожных покрытий и изменения наклона поверхности для воссоздания различных углов наклона и неровностей. Прототипы обладают различными конструктивными решениями, направленными на обеспечение стабильности и прочности платформы стенда. Особое внимание уделяется системам регулировки наклона и устойчивости при различных нагрузках. Были выявлены различия в интерфейсе и системах управления прототипов. Оптимальные решения включают интуитивно понятный интерфейс для настройки параметров испытания и системы сбора данных для мониторинга и анализа результатов.

Все прототипы удовлетворяют требованиям безопасности, однако различия в уровне автоматизации и системах защиты от аварийных ситуаций могут влиять на общую надежность работы стенда.

Основываясь на проведенном анализе, дальнейшее развитие конструкции испытательного стенда должно учитывать оптимизацию функциональных возможностей, улучшение конструктивных решений с целью повышения устойчивости и надежности, а также совершенствование интерфейса и системы управления для повышения эффективности проведения испытаний шин внедорожных автомобилей.

Результатом выполнения конструкторского раздела дипломного проекта явилось выполнение тягового расчета, а также разработка технического задания и технического предложения на разрабатываемую конструкцию стенда. Тяговый расчет является ключевым этапом в проектировании автомобиля, поскольку он определяет способность транспортного средства развивать необходимую мощность для обеспечения требуемой производительности. В рамках дипломного проекта он выполняется для подтверждения заявленных тягово-мощностных характеристик автомобиля, взятого для модернизации. Для автомобиля КамАЗ тяговый расчет позволяет определить оптимальные характеристики двигателя и трансмиссии, учитывая массу автомобиля, коэффициент сопротивления движению, уклоны дороги и другие параметры.

Результаты тягового расчета демонстрируют не только технические возможности автомобиля, но и его эксплуатационные характеристики, такие как динамика разгона, максимальная скорость, экономичность и поведение на различных участках дороги. Важно учитывать не только тяговые характеристики двигателя, но и передачи, дифференциала и других компонентов трансмиссии, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между мощностью и моментом на колесах.

Проведенная расчетная работа играет важную роль в проектировании и оптимизации ходовых качеств автомобиля, что в конечном итоге повлияет на

его эффективность, надежность и удовлетворенность пользователей. Определены основные цели и требования к стенду испытаний шин внедорожных автомобилей. Важными аспектами были функциональные возможности, конструктивные особенности, интерфейс и управление, а также требования к безопасности. Техническое задание является основой для последующего проектирования и разработки стенда.

Предложенная конструкция стенда учитывает все требования технического задания и включает в себя инновационные решения для имитации различных условий эксплуатации шин. Конструктивные особенности стенда направлены на обеспечение стабильности, прочности и безопасности при проведении испытаний.

Были выполнены расчеты нагрузок, прочности материалов, а также определены параметры систем управления и мониторинга. Результаты расчетов подтверждают выполнимость проекта с точки зрения технических и эксплуатационных характеристик.

Итоговый конструкторский раздел является основой для дальнейшей разработки прототипа стенда испытаний шин внедорожных автомобилей. Важно продолжать работу по оптимизации конструкции, уточнению технических решений и подготовке к изготовлению функционирующего оборудования, способного эффективно проводить комплексные испытания шин в реалистичных условиях эксплуатации.

В процессе разработки технологии сборки разработанного механизма были учтены основные этапы и последовательность операций для эффективной и качественной сборки. Были оптимизированы методы и инструменты с учетом особенностей конструкции и требований к надежности приводной системы.

Разработанная технология направлена на обеспечение высокой точности сборки деталей разработанного приводного механизма для исключения возможных дефектов и системы на протяжении всего срока эксплуатации. Были разработаны рекомендации по контролю качества на различных этапах

сборки для предотвращения возможных ошибок и повышения надежности работы тормозов.

Технология сборки приводного механизма разработана с учетом экономических аспектов, направленных на оптимизацию времени и затрат на процесс сборки. Были предложены рекомендации по рационализации рабочих операций и использованию ресурсов с целью повышения эффективности и экономичности процесса сборки. В целом, разработанная технология сборки приводного механизма представляет собой важный этап в создании качественного и надежного стенда, обеспечивая качество производимых испытаний.

Обеспечение безопасности и экологичности на предприятии сегодня становится все более неотъемлемой частью успешной деятельности компании. Успешная реализация мероприятий по безопасности и экологичности требует постоянного контроля, обучения персонала, использования современных технологий и систем управления. Важно также формирование экологической культуры среди работников и внедрение принципов ответственного потребления ресурсов.

В разделе определены технологические операции, осуществляемые на сборочном участке. На основании перечня технологических операций, были идентифицированы профессиональные риски и определен перечень воздействующих на работников вредных и опасных производственных факторов. Выявленные профессиональные риски позволили выполнить разработку методов для их минимизации или нейтрализации, а также произвести подбор необходимых средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Определены факторы пожарной опасности, на основании чего разработан комплекс организационно-технических мероприятий по предотвращению пожара. Также выполнена идентификация негативных экологических факторов, что также позволило разработать мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом.

На основании изложенного, можно сделать вывод о выполнении задач в рамках выполнения раздела безопасность и экологичности участка.

Результатом выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы явился расчет стоимости изготовления конструкции нового вида и определения величины экономического эффекта.

Объектом дипломного проектирования является новый тип испытательного стенда, который обладает уникальным функционалом и улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Разрабатываемый стенд представляет собой сложное техническое устройство, предназначенное для проведения ресурсных испытаний с целью улучшения его технических и эксплуатационных характеристик, а также функциональности. Разработанный в рамках дипломного проекта испытательный стенд дает возможность применения нового функционала, который включает дополнительные режимы работы, расширенные возможности управления процессом испытаний, интеграцию с другими системами и устройствами проведения процесса обкатки. Последующая разработка стенда может иметь потенциал для дальнейшего развития и модернизации, что сделает испытательные лаборатории, оснащенные данным техническим устройством, более конкурентоспособными на рынке. Таким образом, разработка и внедрение нового испытательного стенда с улучшенными характеристиками имеет потенциал для создания продукта, который будет выделяться на рынке технической новизной и обладать привлекательностью как для пользователей, так и для эксплуатантов испытательных устройств.

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены стенда и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем подразделе экономического раздела дипломного проекта. В результате произведенных расчетов определена себестоимость стенда,  $C_{п} = 302\,263,78$  руб. Определение себестоимости позволило рассчитать отпускную цену на

разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи станда, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Принимаем отпускную цену  $C_{и} = 410\,000$  руб.

Экономический эффект от разработки новой конструкции является комплексным показателем, свидетельствующим об общей успешности разработанной конструкции. Экономический эффект выражается в получении дополнительной прибыли от увеличения отпускной цены. Отчасти это может объясняться большими затратами на изготовление конструкции, а отчасти повышенным спросом со стороны потребителя на разработанную конструкцию, что объясняется лучшими эксплуатационными показателями. Предполагается объём реализации в количестве не менее 50 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит,  $Эг = 4\,333\,350$  руб.

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения станда, которое позволит рассчитать срок окупаемости проекта, социальный эффект и ряд иных показателей, которые лежат вне рамок выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы. На основании всего вышеизложенного, можно сделать вывод о выполнении задач, поставленных в рамках выполнения экономического раздела.

## Список используемой литературы и используемых источников

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

Приложение А  
Графики тягового расчета

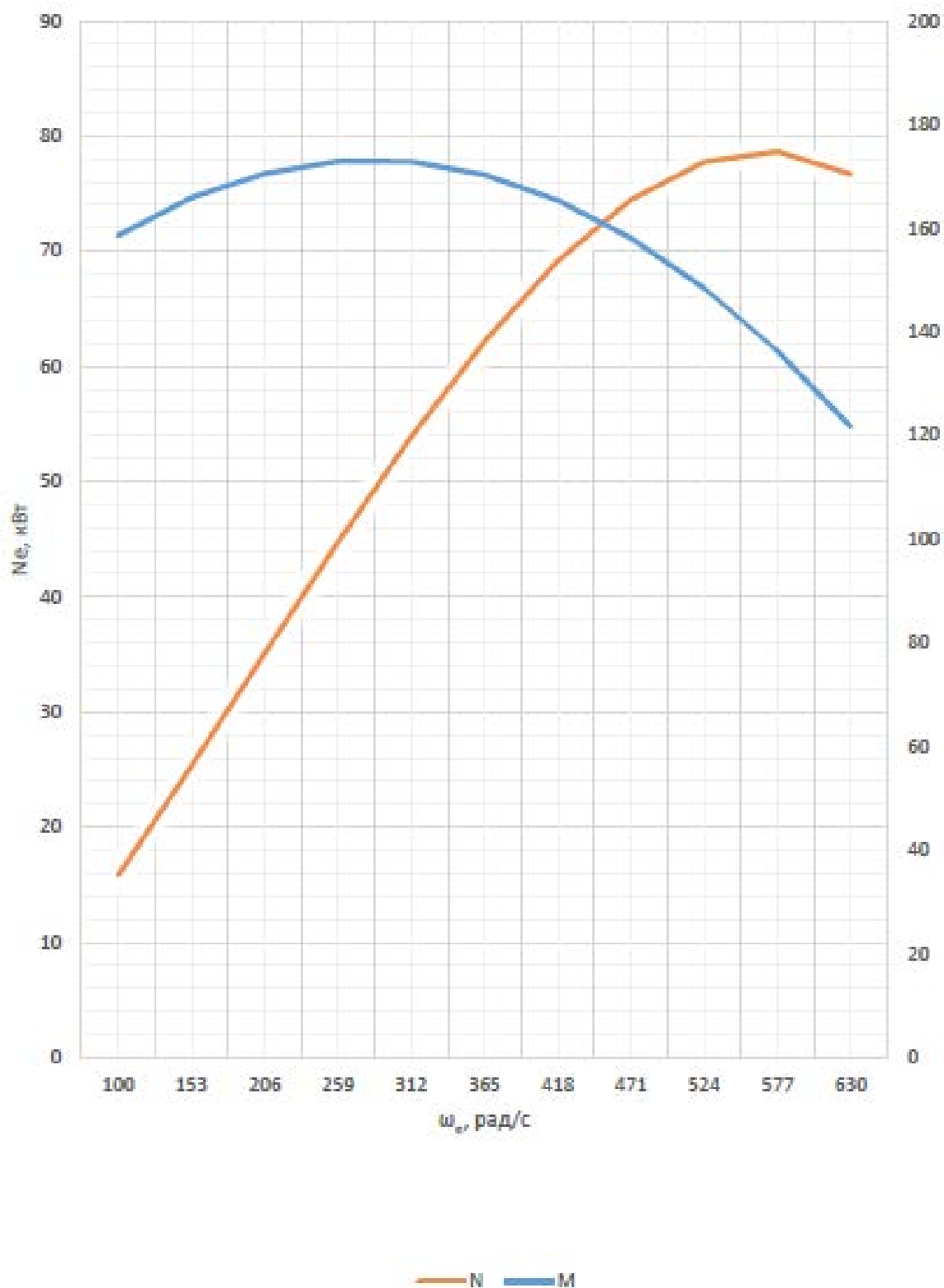


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика

Продолжение Приложения А

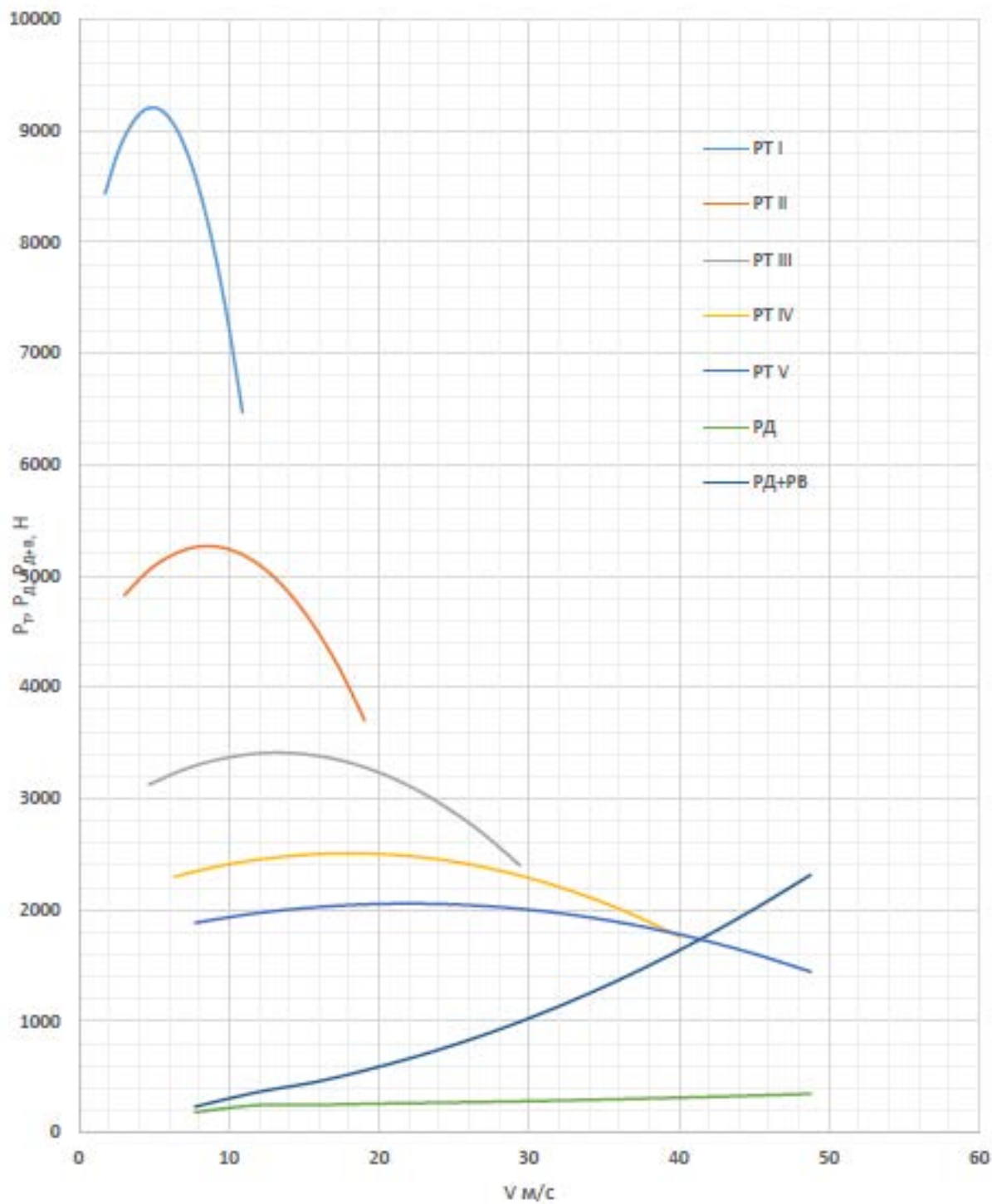


Рисунок А2 – Тяговый баланс автомобиля

Продолжение Приложения А

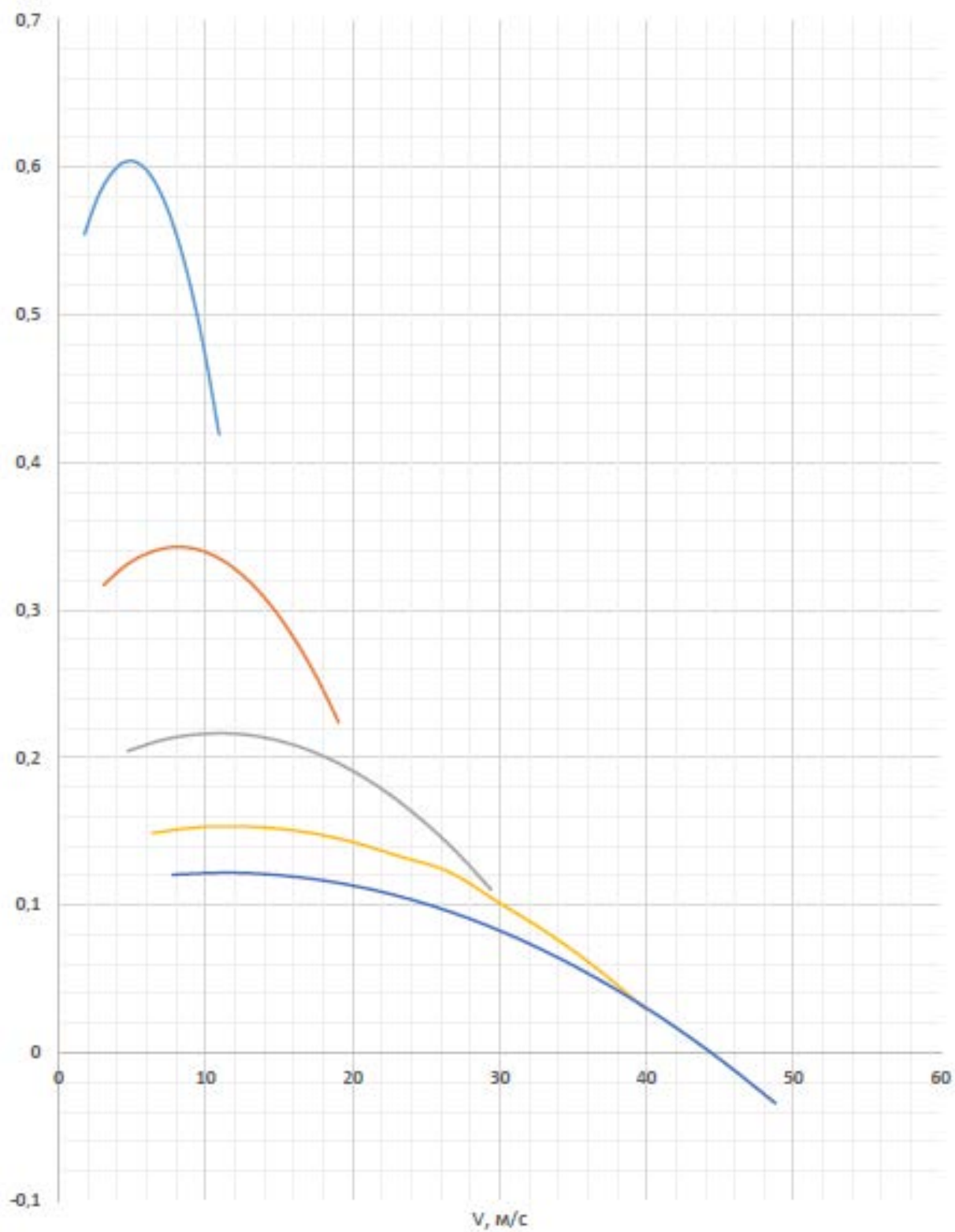


Рисунок А3 – Динамическая характеристика

## Продолжение Приложения А

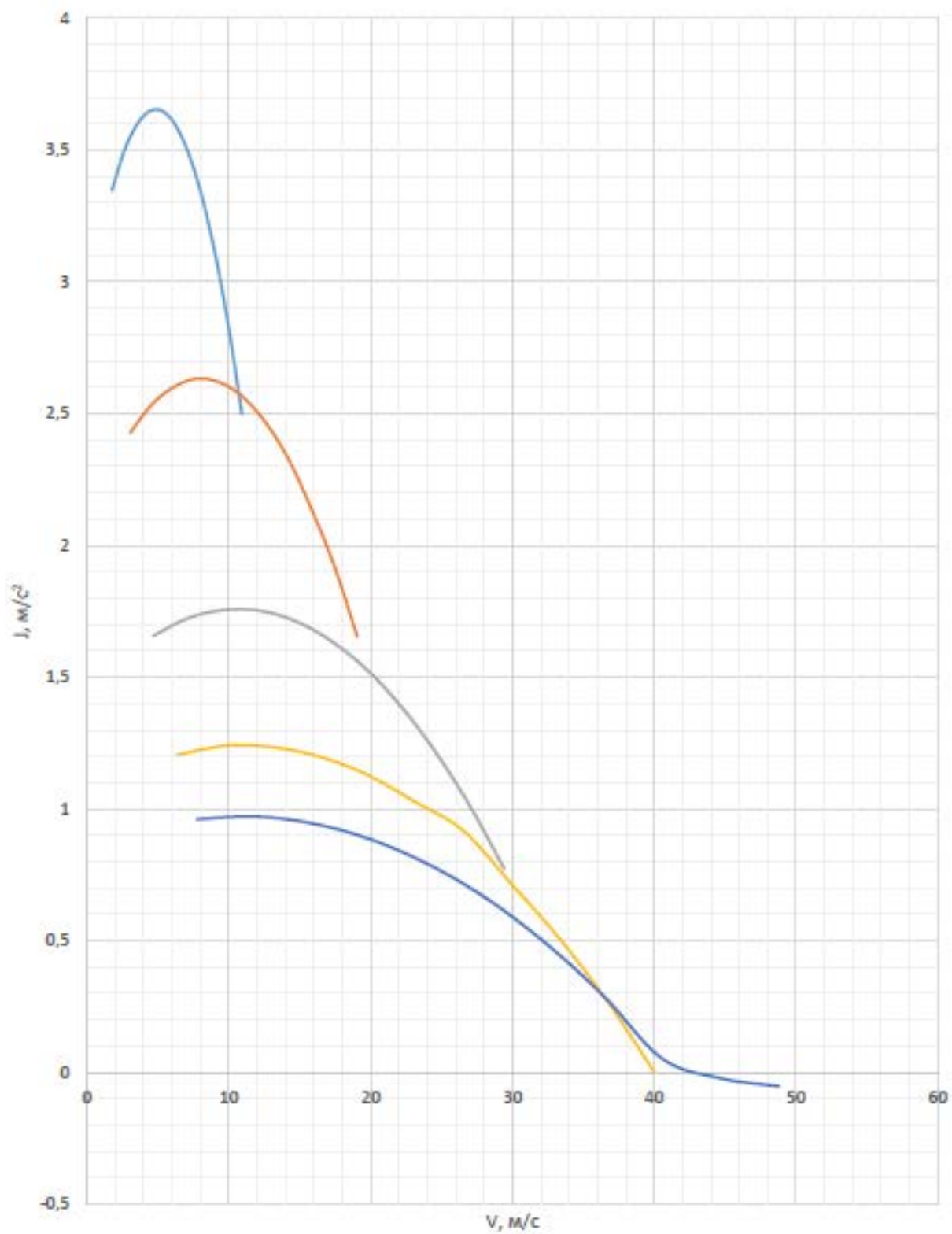


Рисунок А4 – Ускорения автомобиля

Продолжение Приложения А

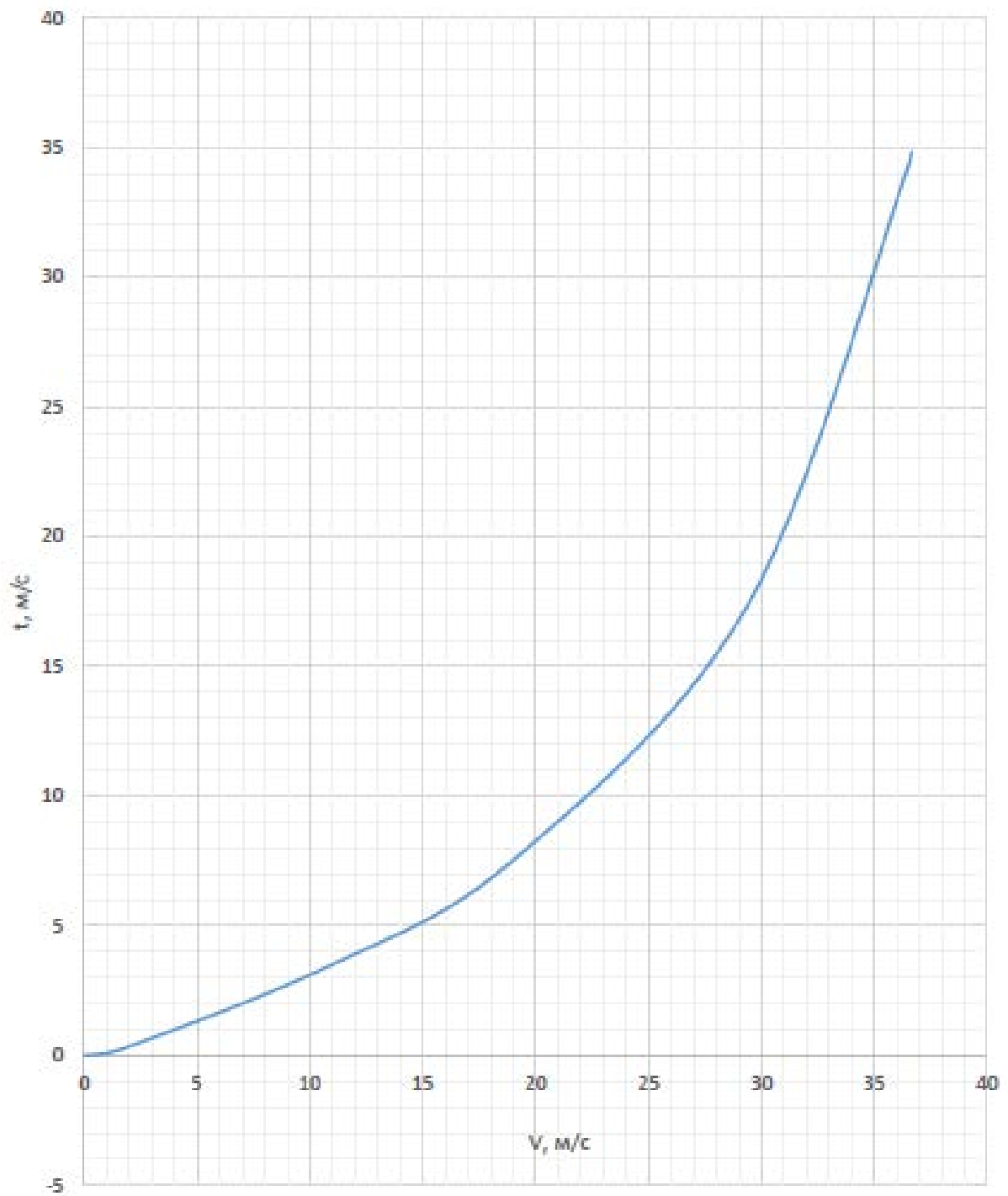


Рисунок А5 – Время разгона автомобиля

Продолжение Приложения А

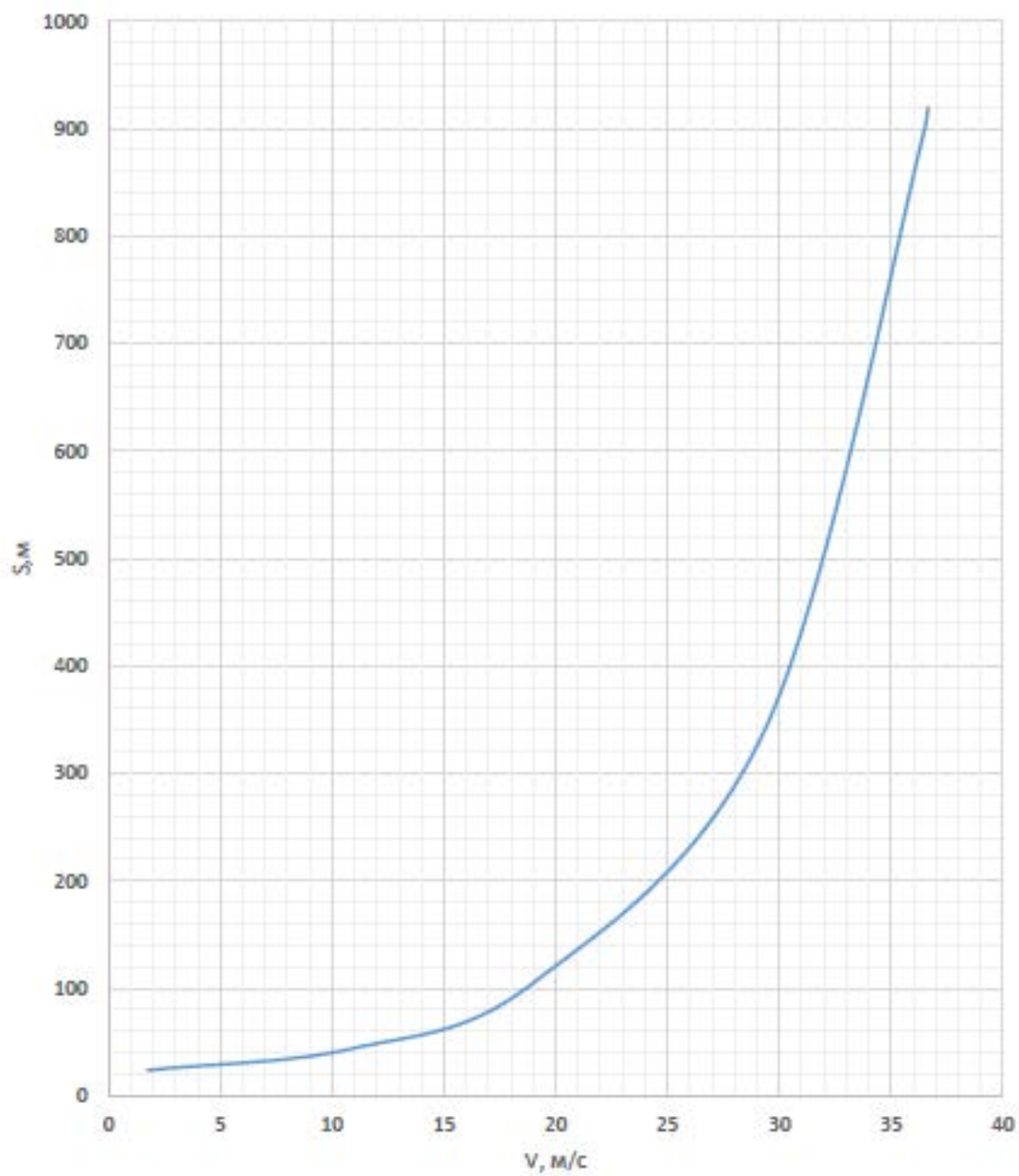


Рисунок А6 – Путь разгона автомобиля

Продолжение Приложения А

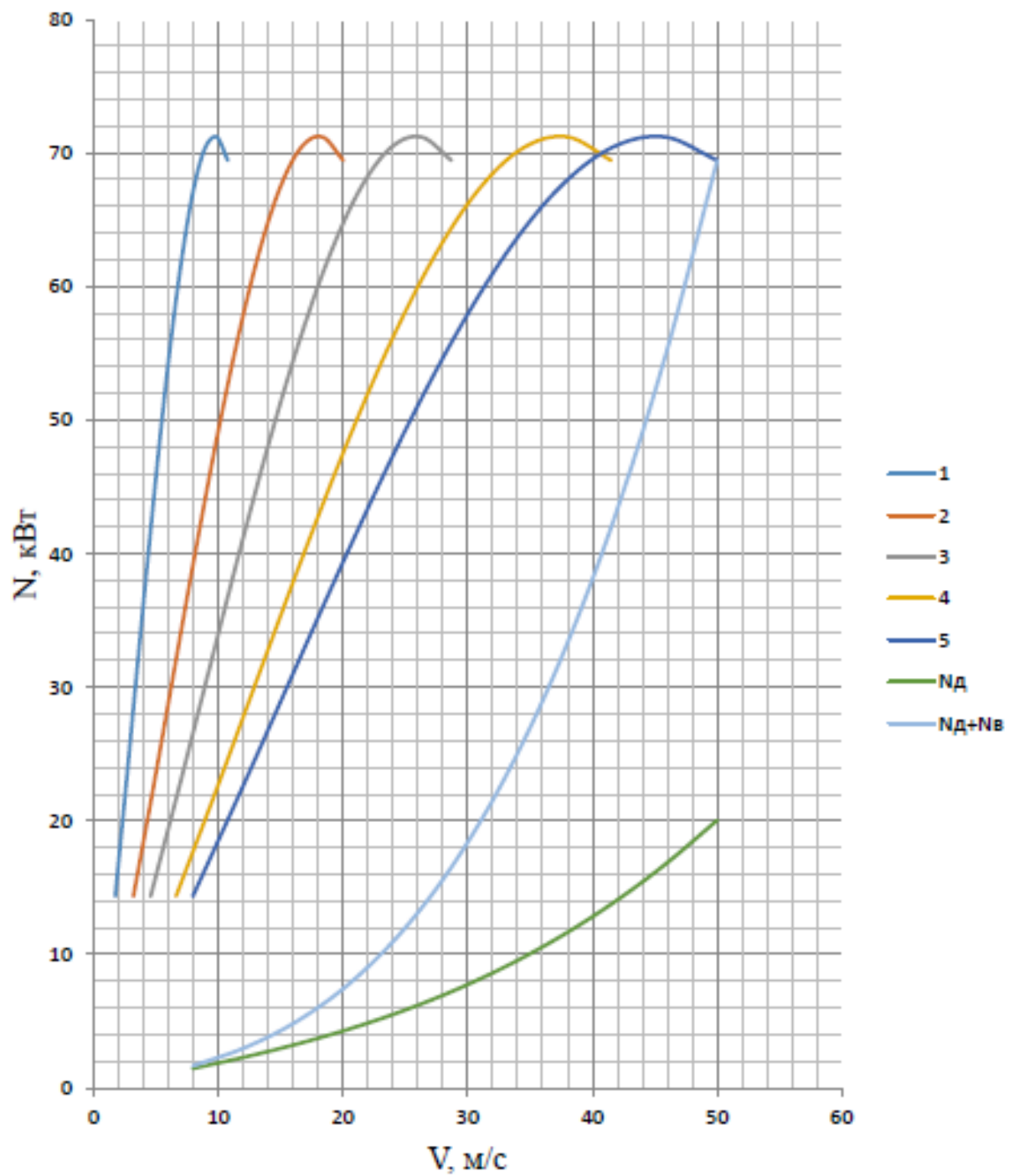


Рисунок А7 – Мощностной баланс



Продолжение Приложения А

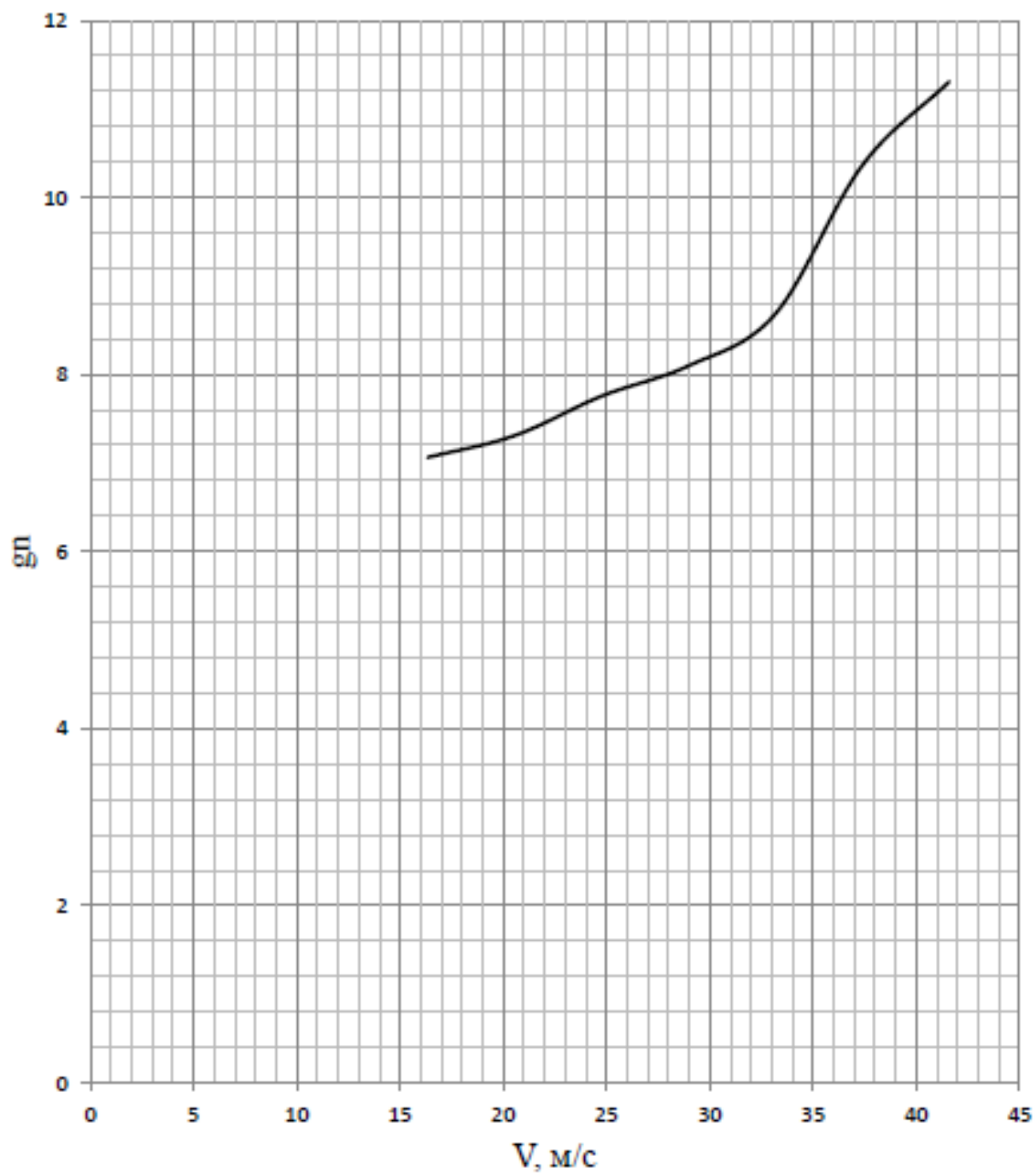


Рисунок А8 – Топливо-экономическая характеристика