

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 для ресурсных испытаний двигателей  
внутреннего сгорания

Обучающийся

М.В. Коротков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

(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 представлена дипломная работа на тему «Разработка стенда для ресурсных испытаний двигателей внутреннего сгорания».

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) остаются одним из наиболее распространенных типов силовых агрегатов, используемых в автомобильной промышленности, судостроении, энергетике и других отраслях. В условиях современного мира, характеризующегося высокими требованиями к надежности, эффективности и экологической безопасности, разработка стенда для ресурсных испытаний ДВС приобретает особую актуальность. Современные ДВС должны выдерживать высокие нагрузки и продолжительное время эксплуатации без потери рабочих характеристик. Ресурсные испытания позволяют выявлять слабые места в конструкции двигателя, оценивать его долговечность и вносить необходимые коррективы на этапе разработки. Это способствует снижению количества отказов и увеличению срока службы двигателя.

Разработка и использование стенда для ресурсных испытаний способствует развитию новых технологий и инноваций в области ДВС. Это включает в себя использование новых материалов, оптимизацию конструкций и внедрение современных систем управления и диагностики. Испытания двигателей на специализированных стендах позволяют выявлять и устранять потенциальные неисправности до их появления в реальных условиях эксплуатации. Это снижает расходы на ремонт и обслуживание, а также уменьшает простои техники.

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 ресурсных испытаний двигателей внутреннего сгорания. Такой стенд позволит моделировать реальные условия эксплуатации, измерять ключевые параметры работы двигателя и анализировать полученные данные для улучшения конструкции двигателей внутреннего сгорания. В рамках проекта будет проведен анализ существующих методик и оборудования для ресурсных испытаний двигателей внутреннего сгорания, разработаны технические требования и конструкция стенда.

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

- анализ конструкции стендов;
- 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.

Актуальность разработки стенда для ресурсных испытаний двигателей внутреннего сгорания обусловлена рядом факторов, включая необходимость повышения надежности и долговечности двигателей, улучшения топливной экономичности, соблюдения экологических стандартов, обеспечения конкурентоспособности на рынке, содействия научно-техническому прогрессу, снижения эксплуатационных расходов и обеспечения безопасности. Реализация такого проекта имеет значительный потенциал для улучшения характеристик ДВС и повышения их соответствия современным требованиям.

## **Abstract**

The calculation and explanatory note presents a thesis on the topic “Development of a stand for life tests of internal combustion engines.”

Internal combustion engines (ICE) remain one of the most common types of power units used in the automotive industry, shipbuilding, energy and other industries. In the modern world, characterized by high requirements for reliability, efficiency and environmental safety, the development of a stand for endurance testing of internal combustion engines is of particular relevance. Modern internal combustion engines must withstand high loads and long periods of operation without loss of performance characteristics. Life tests make it possible to identify weak points in the engine design, evaluate its durability and make the necessary adjustments at the development stage. This helps reduce failure rates and increase engine life.

The development and use of a stand for endurance testing contributes to the development of new technologies and innovations in the field of internal combustion engines. This includes the use of new materials, optimization of designs and the introduction of modern control and diagnostic systems. Testing engines on specialized stands allows us to identify and eliminate potential faults before they appear in real operating conditions. This reduces repair and maintenance costs and reduces equipment downtime.

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 life testing of internal combustion engines. Such a stand will allow simulating real operating conditions, measuring key parameters of engine operation and analyzing the data obtained to improve the design of internal combustion engines. As part of the project, an analysis

of existing methods and equipment for life tests of internal combustion engines will be carried out, technical requirements and stand design will be developed.

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

- analysis of stand design;
- 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.

The relevance of developing a stand for life testing of internal combustion engines is due to a number of factors, including the need to increase the reliability and durability of engines, improve fuel efficiency, comply with environmental standards, ensure competitiveness in the market, promote scientific and technological progress, reduce operating costs and ensure safety. The implementation of such a project has significant potential for improving the characteristics of internal combustion engines and increasing their compliance with modern requirements.

## Содержание

Введение .....	8
1 Технико-экономическое обоснование объекта дипломного проектирования .....	11
1.1 Анализ существующих методов и технологий проведения ресурсных испытаний ДВС .....	11
1.2 Обзор технических средств для проведения ресурсных испытаний двигателей внутреннего сгорания .....	15
2 Тяговый расчёт автомобиля .....	20
2.1 Исходные данные для тягового расчета .....	20
2.2 Расчет тягово-динамических характеристик автомобиля .....	22
3 Разработка конструкции стенда ресурсных испытаний двигателя внутреннего сгорания .....	40
3.1 Техническое задание на разработку стенда ресурсных испытаний двигателя внутреннего сгорания .....	40
3.2 Техническое предложение на разработку стенда ресурсных испытаний двигателя внутреннего сгорания .....	43
3.3 Силовые и прочностные расчеты узлов и деталей конструкции .....	50
4 Технологический процесс сборки узла стенда испытаний двигателя внутреннего сгорания .....	58
5 Безопасность и экологичность участка механической сборки .....	60
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технического объекта .....	60
5.2 Идентификация профессиональных рисков .....	63
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	64
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	66
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта ...	70

6 Экономический раздел дипломного проекта .....	72
6.1 Технико-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта .....	72
6.2 Расчет затрат и экономической эффективности .....	73
6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции .....	80
Заключение .....	84
Список используемой литературы и используемых источников .....	91
Приложение А Графики тягового расчета .....	94

## Введение

В условиях стремительного научно-технического прогресса и ужесточения требований к качеству и надежности автомобильной техники, двигатели внутреннего сгорания (ДВС) остаются ключевым элементом транспортных средств. Эти агрегаты широко применяются не только в автомобильной промышленности, но и в судостроении, энергетике и других отраслях, где требуется высокая мощность и эффективность. С ростом требований к экологичности, топливной экономичности и долговечности двигателей, возрастает необходимость в проведении всесторонних испытаний для оценки их эксплуатационных характеристик.

Ресурсные испытания двигателей внутреннего сгорания являются важным этапом в процессе их разработки и модернизации. Они позволяют выявить потенциальные проблемы на ранних стадиях, обеспечить соответствие двигателей высоким стандартам качества и долговечности, а также оптимизировать их конструкцию для достижения лучших эксплуатационных характеристик. В этом контексте создание специализированного стенда для ресурсных испытаний приобретает особую актуальность.

Ресурсные испытания двигателей внутреннего сгорания (ДВС) — это комплекс мероприятий, направленных на оценку долговечности, надежности и эксплуатационных характеристик двигателей в условиях, максимально приближенных к реальной эксплуатации. Эти испытания позволяют выявить слабые места конструкции, определить потенциальные причины отказов и подтвердить соответствие двигателя заданным техническим требованиям и стандартам. Испытания проводятся в условиях, максимально приближенных к реальным эксплуатационным. Это могут быть различные режимы работы двигателя, включая холостой ход, частичные и полные нагрузки, а также экстремальные условия (высокие и низкие температуры, влажность и т.д.). Для сокращения времени проведения испытаний применяются методы

ускоренного износа, которые включают работу двигателя при повышенных нагрузках и экстремальных условиях. Испытания включают в себя как механические, так и термодинамические и химические нагрузки, что позволяет оценить влияние всех возможных факторов на состояние двигателя. Обычно испытания начинаются с работы двигателя в штатных режимах, постепенно переходя к более сложным и экстремальным условиям. В процессе испытаний происходит периодическое увеличение нагрузок, температур и других факторов для ускорения процесса износа. При испытании, при помощи средств сбора информации, осуществляется непрерывная регистрация и мониторинг всех рабочих параметров двигателя: температура, давление, вибрация, уровень выбросов, мощность, крутящий момент и другие.

Ресурсные испытания ДВС являются неотъемлемой частью процесса разработки и совершенствования двигателей внутреннего сгорания. Они позволяют гарантировать, что двигатель будет надежно работать на протяжении всего срока службы, соответствовать экологическим нормам и удовлетворять потребности пользователей. Создание специализированного стенда для таких испытаний способствует улучшению качества двигателей, снижению эксплуатационных расходов и повышению общей безопасности и эффективности транспортных средств.

Целью данного дипломного проекта является разработка стенда для ресурсных испытаний двигателей внутреннего сгорания, который будет соответствовать современным требованиям по точности, надежности и функциональности. Предполагается, что новый стенд позволит проводить комплексные испытания, имитирующие реальные условия эксплуатации, обеспечивая при этом высокую точность измерений и анализ параметров работы двигателей.

Проектирование стенда для испытания двигателей внутреннего сгорания потребует достижения комплекса задач:

- проведение анализа существующих методов и технологий проведения ресурсных испытаний ДВС;

- разработка технических требований к разрабатываемому стенду на основе проведенного анализа;
- проектирование и конструирование стенда с учетом разработанных требований;
- разработка системы управления и программного обеспечения для проведения испытаний;
- разработка технологической карты проведения ресурсных испытаний на разработанном стенде;
- проведение тестовых испытаний и верификация разработанного стенда;
- подготовка рекомендаций по эксплуатации и обслуживанию стенда.

Разработка в рамках дипломного проекта стенда для ресурсных испытаний двигателей внутреннего сгорания позволит существенно повысить качество и надежность двигателей, сократить затраты на их разработку и обслуживание, а также обеспечить соответствие продукции современным экологическим и экономическим требованиям.

# **1 Технико-экономическое обоснование объекта дипломного проектирования**

## **1.1 Анализ существующих методов и технологий проведения ресурсных испытаний ДВС**

Ресурсные испытания двигателей внутреннего сгорания (ДВС) являются важным инструментом для оценки долговечности, надежности и эффективности двигателей. Существуют различные методы и технологии проведения таких испытаний, которые позволяют моделировать реальные условия эксплуатации и выявлять потенциальные проблемы. Рассмотрим основные подходы, используемые в современной практике. Различают несколько разновидностей ресурсных испытаний двигателей.

Полномасштабные ресурсные испытания. Эти испытания проводятся на двигателях в условиях, максимально приближенных к реальной эксплуатации. Двигатели устанавливаются на испытательные стенды, где подвергаются длительным циклам работы под различными нагрузками и в различных режимах.

Акселерационные испытания. Метод заключается в испытании двигателя в экстремальных условиях для ускоренного износа компонентов. Это позволяет сократить время испытаний и быстрее выявить возможные дефекты и слабые места. На практике этот тип испытания производится при полной нагрузке и при полностью открытой дроссельной заслонке.

Использование компьютерных моделей для симуляции работы двигателя под различными условиями. Это позволяет прогнозировать поведение двигателя без проведения физических испытаний, что экономит время и ресурсы. Метод набирает все большую популярность в последнее время, с развитием технологии создания цифровых двойников. Недостатком метода является сложность моделирования процессов работы двигателя и, как следствие, высокая стоимость.

Испытания отдельных компонентов. Ресурсные испытания могут проводиться не только для всего двигателя, но и для его отдельных компонентов (поршней, цилиндров, клапанов и т.д.). Это помогает детально изучить поведение и износ конкретных деталей. Недостатком подобного метода является необходимость создания испытательных стендов для каждой отдельной детали или узла двигателя.

Рассмотрим разновидности испытательных стендов, применяемых для проведения ресурсных испытаний.

Динамические стенды являются наиболее широко распространенным типом испытательного оборудования, применяемого как в лабораториях, так и в производственных условиях испытательных цехов. Эти стенды позволяют моделировать различные режимы работы двигателя, включая ускорение, торможение и стабилизацию на определенных скоростях. Они оснащены датчиками для измерения параметров работы двигателя (мощность, крутящий момент, температура, давление и т.д.).

Термокамеры используются для проведения испытаний в экстремальных температурных условиях. Двигатели тестируются при различных температурах окружающей среды, что позволяет оценить их поведение при высоких и низких температурах. Применение термокамер ограничено, ввиду их большой громоздкости и энергоемкости.

Гидравлические и пневматические стенды применяются для создания нагрузок и вибраций, имитирующих реальные условия эксплуатации. Это помогает оценить устойчивость двигателя к вибрациям и нагрузкам, возникающим в процессе работы.

Датчики температуры и давления, присутствующие в стенде, устанавливаются в критических точках двигателя для мониторинга термодинамических параметров. Это позволяет отслеживать изменения температуры и давления в реальном времени. Вибрационные датчики используются для измерения вибраций, возникающих в двигателе при работе. Анализ вибраций помогает выявить несоосность, дисбаланс и другие

механические проблемы. Системы анализа отработавших газов позволяют измерять состав выбросов и контролировать эффективность сгорания топлива. Это важно для оценки экологических характеристик двигателя.

Во всех методах испытаний двигателя внутреннего сгорания используются различные виды программного обеспечения для автоматизации процесса испытаний, включая сбор данных, анализ и визуализацию результатов. Это обеспечивает точное воспроизведение испытательных условий и облегчает обработку данных. Программное обеспечение и компьютерное моделирование CFD (Computational Fluid Dynamics), так называемое моделирование потоков жидкости и газа внутри двигателя, позволяет предсказать поведение топливной смеси и отработавших газов. Это помогает оптимизировать процессы сгорания и уменьшить выбросы. При использовании метода компьютерных моделей находит свое применение FEA (Finite Element Analysis) или метод конечных элементов. Метод применяется для моделирования механического напряжения и деформации компонентов двигателя. Это помогает оценить прочность и долговечность конструктивных элементов.

Рассмотрим преимущества и недостатки каждого из методов проведения ресурсных испытаний двигателя.

К преимуществам полномасштабных ресурсных испытаний можно отнести следующие характеристики:

- высокая точность и реалистичность испытаний;
- возможность выявления комплексных проблем, связанных с взаимодействием различных систем двигателя.

К недостаткам полномасштабных ресурсных испытаний относят следующее:

- высокая стоимость и длительность испытаний;
- необходимость в специализированном оборудовании и квалифицированном персонале.

К преимуществам акселерационных испытаний можно отнести следующие факторы:

- быстрое получение результатов;
- выявление критических проблем на ранних стадиях разработки.

Недостатками метода является:

- риск появления нехарактерных для реальной эксплуатации дефектов<sup>4</sup>
- проводимые испытания требуют точной настройки для адекватного моделирования реальных условий.

Преимуществами метода моделирования и компьютерной симуляции является:

- снижение затрат на физические испытания;
- возможность многократного повторения и вариации условий испытаний.

Недостатками данного метода, помимо описанных ранее, является:

- потребность в высокопроизводительных вычислительных ресурсах;
- ограниченная точность и необходимость валидации моделей с помощью реальных данных.

Анализ существующих методов и технологий проведения ресурсных испытаний ДВС показывает, что каждый метод имеет свои преимущества и недостатки. Полномасштабные испытания обеспечивают наиболее точные и реалистичные результаты, но являются дорогими и длительными. Акселерационные испытания и моделирование позволяют сократить время и затраты, но требуют тщательной настройки и валидации. Испытания отдельных компонентов дают детальный анализ, но не всегда отражают системные проблемы. Для достижения наилучших результатов часто используется комбинация различных методов и технологий. Это позволяет получить комплексную оценку долговечности и надежности двигателей,

оптимизировать их конструкцию и улучшить эксплуатационные характеристики.

## **1.2 Обзор технических средств для проведения ресурсных испытаний двигателей внутреннего сгорания**

Ресурсные испытания двигателей внутреннего сгорания (ДВС) требуют применения различных технических средств, которые позволяют моделировать эксплуатационные условия, собирать и анализировать данные о работе двигателя. В этом разделе рассмотрим основные типы оборудования и технологий, используемых для проведения таких испытаний.

Испытательные стенды являются основным оборудованием для проведения ресурсных испытаний ДВС. Они позволяют создавать различные нагрузки и условия, которые имитируют реальные эксплуатационные ситуации.

Динамические стенды обеспечивают моделирование работы двигателя в различных режимах, включая ускорение, торможение и работу на постоянной мощности. Эти стенды оснащены электродвигателями или гидравлическими приводами, которые создают необходимые нагрузки. Динамические стенды являются наиболее широко распространенным типом испытательного оборудования, применяемого как в лабораториях, так и в производственных условиях испытательных цехов. Эти стенды позволяют моделировать различные режимы работы двигателя, включая ускорение, торможение и стабилизацию на определенных скоростях. Они оснащены датчиками для измерения параметров работы двигателя (мощность, крутящий момент, температура, давление и т.д.).

Примером такого стенда является комплекс AVL Dynamic Testbed, рисунок 1.



Рисунок 1 – Комплекс динамических испытаний двигателя AVL  
Dynamic Testbed

Компания AVL разработала интегрированный испытательный стенд разнотопливных двигателей внутреннего сгорания, чтобы обеспечить высокоэффективное и точное тестирование при минимизации усилий по интеграции. Использование в конструкции стенда надежных и проверенных модулей и перенос опыта по испытаниям ДВС и опыта исследований и разработок в компактное решение имели решающее значение. Это решение также подходит для максимизации будущих возможностей тестирования. Большинство соответствующих модулей интегрированы в один корпус, например комбинированный блок подачи и измерения кондиционирования (CCSM).

AVL Dynamic Testbed предлагает комплексные системы и специализированные решения для ресурсных испытаний ДВС, которые включают в себя все необходимые компоненты для проведения тестов. Эти системы включают в себя динамические стенды, измерительные приборы и

программное обеспечение для полного цикла испытаний. Они предназначены для проведения как базовых, так и продвинутых испытаний.

Климатические камеры позволяют проводить испытания двигателей в различных температурных условиях. Двигатели могут быть протестированы при экстремально низких или высоких температурах, что помогает оценить их производительность и надежность в разных климатических условиях.

На рисунке 2 представлена климатическая камера Weiss Umwelttechnik Thermal Chambers с динамометрическим стендом для испытания транспортного средства.



Рисунок 2 - Климатическая камера Weiss Umwelttechnik Thermal Chambers с динамометрическим стендом

Испытательная камера Weiss Technik в камере климатических испытаний с динамометром для автомобилей с роликовыми катками позволяет тестировать транспортные средства целиком в различных климатических и

погодных условиях для проверки управляемости, долговечности, уровня выбросов и других ключевых факторов транспортного средства.

Испытательные камеры для динамометрических испытаний взаимодействуют с динамометрической испытательной платформой и моделируют условия температуры и влажности для комплексного испытания транспортного средства. Отдельные виды испытаний (измерение мощности, токсичность выхлопных газов, расход топлива при различных условиях) проводятся в заранее заданных климатических условиях при имитации движения транспортного средства с различной нагрузкой. Температуру или климатические условия, необходимые для каждого испытания, можно установить с помощью системы управления для имитации окружающей среды.

Компания Weiss Technik построила три климатических туннеля с точным контролем температуры и влажности общей вместимостью более 1200 м<sup>3</sup>. Пользовательский интерфейс WEBSeason позволяет программировать, контролировать и отслеживать испытания внутри камеры для простоты использования.

Технические средства для проведения ресурсных испытаний двигателей внутреннего сгорания охватывают широкий спектр оборудования и технологий, от динамических стендов и термокамер до высокоточных датчиков и компьютерного моделирования. Современные испытательные комплексы позволяют проводить всесторонний анализ работы двигателя, выявлять потенциальные проблемы и оптимизировать конструкцию для повышения надежности, долговечности и эффективности. Использование передовых технических средств и методов является ключевым фактором для успешного проведения ресурсных испытаний и разработки высококачественных двигателей.

Разработка стенда для ресурсных испытаний двигателей внутреннего сгорания (ДВС) имеет значительное значение как с технической, так и с экономической точек зрения. Проведенный анализ позволил выделить

основные преимущества и перспективы, которые подтверждают актуальность и необходимость данного проекта. Разработка специализированного стенда позволяет проводить комплексные и точные ресурсные испытания, что способствует выявлению и устранению потенциальных проблем на ранних стадиях разработки двигателя. Это ведет к увеличению срока службы и надежности ДВС. Новый стенд обеспечит возможность тестирования двигателей в соответствии с современными экологическими и эксплуатационными стандартами, что особенно важно в условиях ужесточения норм выбросов и повышения требований к экономичности.

Внедрение передовых технологий, таких как компьютерное моделирование (CFD и FEA), автоматизация процесса испытаний и использование высокоточных датчиков, позволит улучшить качество и точность получаемых данных, а также ускорить процесс тестирования. Наличие современного испытательного стенда позволяет ускорить процесс разработки новых моделей двигателей, улучшить их характеристики и повысить качество продукции. Автоматизация и точный контроль параметров испытаний способствуют оптимизации производственных процессов, снижению количества дефектов и повышению общей эффективности производства.

Разработка стенда для ресурсных испытаний ДВС является важным и перспективным проектом, который обеспечивает значительные технические, экономические и социальные выгоды. Современные технологии и методы испытаний позволяют повысить качество и надежность двигателей, оптимизировать производственные процессы и сократить затраты. Это ведет к увеличению конкурентоспособности компании, снижению времени на вывод новых продуктов на рынок и улучшению экологической ситуации. Таким образом, реализация данного проекта является стратегически важным шагом для компании и соответствует современным тенденциям развития автомобильной промышленности.

## **2 Тяговый расчёт автомобиля**

### **2.1 Исходные данные для тягового расчета**

«Тяговый расчет транспортного средства выполняется для уточнения мощностных параметров транспортного средства. Также тяговый расчёт выполняется для выбора необходимых параметров для расчёта работы проектируемого стенда, чтобы уточнить мощностные характеристики тормоза системы нагружения.

Исходные данные для производимого в разделе расчета представим ниже. В качестве исходных данных приняты параметры базового автомобиля, взятого в качестве базы для проектирования стенда, принимаем автомобиль Лада Гранта (ВАЗ-2190).» [3], [16]

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

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

Трансмиссия на автомобиле Лада Гранта ВАЗ-2190 выполнена по переднеприводной схеме с приводами ведущих колес разной длины. Передняя подвеска независимая, пружинная, со стабилизатором поперечной устойчивости, с гидравлическими амортизаторными стойками.» [2], [17]

«Задняя подвеска полузависимая, с Н-образной поперечной балкой, с несъемным стабилизатором поперечной устойчивости, с гидравлическими амортизаторными стойками. Тормозные механизмы передних колес дисковые, с плавающей скобой, тормозные механизмы задних колес барабанные. В варианном исполнении автомобиля Лада Гранта ВАЗ-2190 могут быть оснащены антиблокировочной системой тормозов (ABS).» [1], [18]

Внешний вид автомобиля ВАЗ-2190 представлен на рисунке 3.

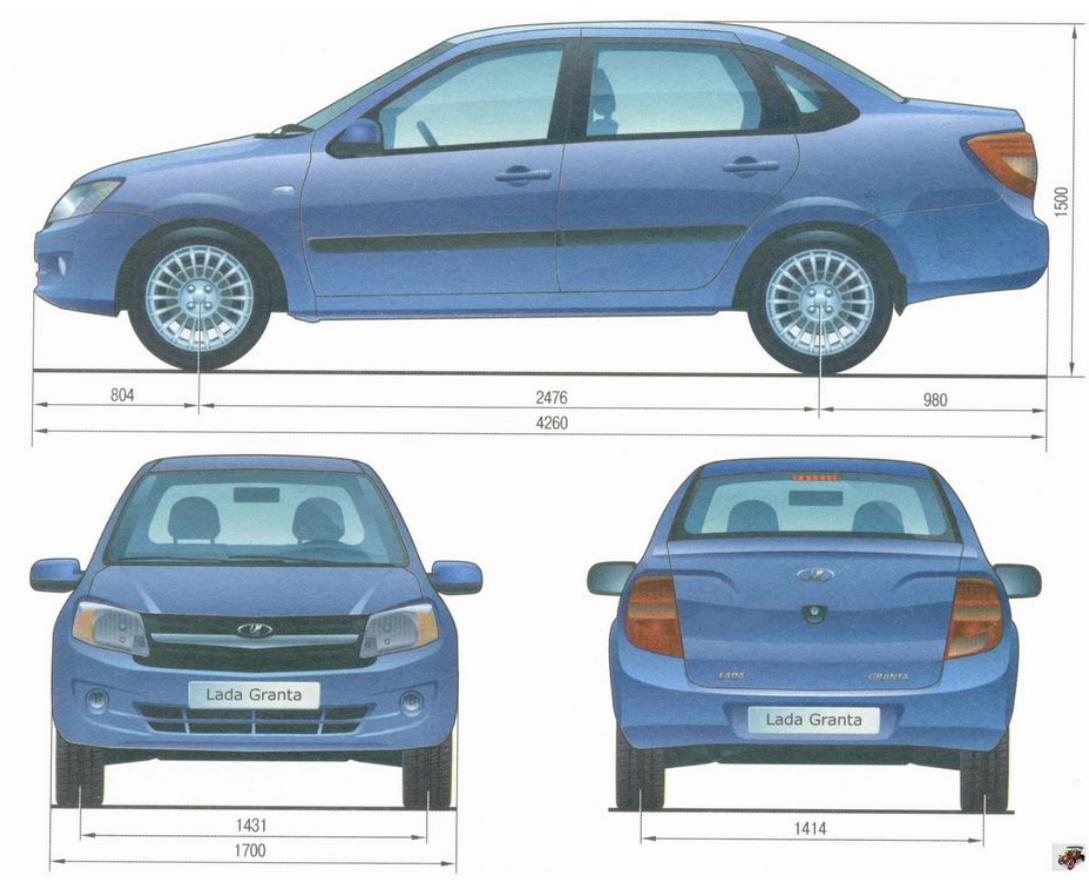


Рисунок 3 – Внешний вид и габаритные размеры автомобиля Лада Гранта ВАЗ-2190

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

## 2.2 Расчет тягово-динамических характеристик автомобиля

Полная масса автомобиля определяется следующим образом:

$$m_a = m_o + (m_{\text{ч}} + m_{\text{б}}) \cdot n_{\text{п}}, \quad (1)$$

«Где  $m_o$  – масса снаряженного автомобиля:  $m_o = 1075$  кг;

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

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

$n_{\text{п}}$  – количество пассажиров, включая водителя:  $n_{\text{п}} = 5$  человек.» [2], [19]

$$m_a = 1075 + (76 + 21) \cdot 5 = 1560 \text{ кг}$$

«При распределении нагрузки по осям легкового автомобиля с передним расположением двигателя и передним ведущим мостом на задний мост приходится 43...47% полной массы автомобиля.

Принимаем что на менее нагруженный задний мост приходится 45% полной массы. Тогда на передний мост приходится 55% полной массы.

Определим полный вес автомобиля:» [2], [21]

$$G_a = m_a \cdot g \quad (2)$$

$$G_a = 1560 \cdot 9,81 = 15304 \text{ Н}$$

Определим вес, приходящийся на переднюю ось автомобиля:

$$G_1 = \frac{m_a \cdot 55 \cdot g}{100} = \frac{1560 \cdot 55 \cdot 9,81}{100} = 8417 \text{ Н} \quad (3)$$

Определим вес, приходящийся на заднюю ось автомобиля:

$$G_2 = \frac{m_a * 45 * g}{100} = \frac{1560 * 55 * 9,81}{100} = 6887H \quad (4)$$

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

$$F_1 = \frac{G_1}{n} = \frac{8417}{2} = 4208,5H \quad (5)$$

$$F_2 = \frac{G_2}{n} = \frac{6887}{2} = 3443,5H \quad (6)$$

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

«Из ГОСТ 4754 – 97 «Шины пневматические для легковых автомобилей, прицепов к ним, легких грузовых автомобилей и автобусов особо малой вместимости» принимаем шину 165/80R14.

Определяем посадочный диаметр обода  $d$ , наружный диаметр  $D_n$  и статический радиус колеса  $r_{ст}$ :» [3], [22]

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

$$D_n = d + \frac{2 * k_u * B}{10^3} = 0,3556 + \frac{2 * 0,8 * 1,85}{10^3} = 0,35856 \quad (7)$$

«где  $k_{ш}$  – Н/В (Н и В – высота и ширина профиля): для шины 165/80R14  $k_{ш} = 0,8$ ;

$$B = 165 \text{ мм};$$

$$r_{ст} = \frac{d}{2} + \frac{k_u * \lambda * B}{10^3} = \frac{0,3556}{2} + \frac{0,8 * 0,95 * 165}{10^3} = 0,3036 \quad (8)$$

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

Определяем радиус качения колеса:

$$r_k = \frac{\frac{D_n}{2} + r_{cm}}{2} = \frac{\frac{0,6196}{2} + 0,3036}{2} = 0,3065 \quad (9)$$

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

$$F_{Bmax} = \frac{k_B * A_B * V_{max}^2}{3.6^2} = \frac{0,36 * 2,08022 * 167^2}{3.6^2} = 1,611,53H \quad (10)$$

где  $A_B$  – площадь лобового сопротивления;

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

$$A_B = C \cdot [(H_{\Gamma} - h) \cdot B_{\Gamma}] + n \cdot h \cdot B = 0.89 \cdot [(1,500 - 0,160) \cdot 1,700] + 2 \cdot 0,160 \cdot 0,165 = 2,08022 \quad (11)$$

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

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

$B_{\Gamma} = 0.160$  м;

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

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

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

Максимальная стендовая мощность двигателя

$$P_{\text{вmax ст}} = \frac{P_{\text{в max}}}{k_{\text{ст}}} = \frac{64}{0,95} = 67,37 \text{ кВт} \quad (12)$$

Определим максимальную мощность двигателя:

$$P_{\text{в max}} = P_{\text{е max}}^{cm} * k_{cm} = 64 \text{ кВт} \quad (13)$$

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

Мощность при максимальной скорости определяется на основании формулы:» [4], [24]

$$P_{\text{вVmax}} = P_{\text{вmax}} \cdot \left[ a * \left( \frac{n_{\text{еVmax}}}{n_p} \right) + b * \left( \frac{n_{\text{еVmax}}}{n_p} \right)^2 + c * \left( \frac{n_{\text{еVmax}}}{n_p} \right)^3 \right] = \quad (14)$$

$$= 64 * \left[ 0,7 * \left( \frac{4833,042}{5100} \right) + 1,6 * \left( \frac{4833,042}{5100} \right)^2 + (-1,3) * \left( \frac{4833,042}{5100} \right)^3 \right] = 63,61 \text{ кВт}$$

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

$n_p$  – обороты коленчатого вала двигателя при максимальной мощности:

$n_p = 5100$  об/мин;

$a, b, c$  – эмпирические коэффициенты.» [2], [25]

Для карбюраторного двигателя легкового автомобиля коэффициенты находим по формулам:

$$a = \frac{k_{\omega} * (k_M * k_{\omega} - 3) + 2}{(k_{\omega} - 1)^2} = \frac{1,34 * (1,17 * 1,34 - 3) + 2}{(1,34 - 1)^2} = 0,7 \quad (15)$$

$$b = \frac{k_{\omega}^2 * (3 - 2 * k_M) - 1}{(k_{\omega} - 1)^2} = \frac{1,34^2 * (3 - 2 * 1,17) - 1}{(1,34 - 1)^2} = 1,6 \quad (16)$$

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

где  $k_M$  – коэффициент приспособляемости по крутящему моменту;

$k_{\omega}$  – коэффициент приспособляемости по частоте вращения.

«Коэффициенты приспособляемости рассчитываем по стендовым параметрам двигателя:

$$K_M = \frac{I_{e \max}}{M_p^{cm}} = \frac{147,37}{126,21} = 1,17 \quad (18)$$

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

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

$$M_p^{cm} = \frac{30 * 10^3}{\pi * n_p} * P_{e \max}^{cm} = \frac{30 * 10^3}{3,14 * 5100} * 67,37 = 126,21 \text{ кВт} \quad (19)$$

$$k_{\omega} = \frac{n_p}{n_i} = \frac{5100}{3800} = 1,34 \quad (20)$$

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

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

Проверяем условие:

$$a + 2 \cdot b + 3 \cdot c = 0 \quad (21)$$

$$0.7+2\cdot 1.6+3\cdot(-1.3)=0$$

Условие выполняется:

Определим обороты коленчатого вала при максимальной скорости:

$$n_{eV_{\max}} = \frac{30 * U_o * U_{El} * V_{\max}}{3.6 * \pi * r_k} = \frac{30 * 3,9 * 0,857 * 167}{3.6 * 3,14 * 0,365} = 4833,042 \quad (22)$$

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

Определим дорожное сопротивление, которое может преодолеть данная модель автомобиля при максимальной скорости:» [2]

$$\Psi_v = \frac{\frac{3.6 * \eta_{mp} * P_{BV_{\max}} * 10^3}{V_{\max}} - F_{B_{\max}}}{G_a} = \frac{\frac{3.6 * 0,93 * 63,61 * 10^3}{167} - 1611,53}{15304} = 0,022 \quad (23)$$

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

$$\eta_{тр} = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4 = 0,93 \quad (24)$$

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

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

В расчетах принимаем:

$$\eta_1 = 0.982; \eta_2 = 0.99; \eta_3 = 0.97; \eta_4 = 0.99;$$
$$z_1 = 2; z_2 = 0; z_3 = 0; z_4 = 4.$$

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

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

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

$$V_{\max} = \frac{3,6 * \pi * n_{v_{\max}} * r_{\kappa}}{30 * U_o * U_{ВП}^A} = \frac{3,6 * 3,14 * 4833,042 * 0,3065}{30 * 3,9 * 0,857} = 167 \quad (25)$$

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

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

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

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

Для заданной модели автомобиля  $U_1 = 2,75$

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

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

$$\Psi_{\max} = \frac{M_{\max}^{cm} * k_n * U_o * U_1 * \eta_{mp}}{r_k * G_a} = \frac{147,37 * 0,95 * 3,9 * 2,75 * 0,93}{0,3065 * 15304} = 0,30 \quad (26)$$

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

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

$$\varphi_{\min} = \frac{M_{\epsilon \max} * k_n * U_o * U_1 * \eta_o}{r_k * G_1 * k_{r1}} = \frac{140 * 0,95 * 3,9 * 2,75 * 0,93}{0,3065 * 8417 * 0,9} = 0,571 \quad (27)$$

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

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

Определим минимальную устойчивую скорость движения автомобиля:

$$V_{\min} = \frac{3.6 * \pi * n_{\min} * r_k}{30 * U_o * U_1} = \frac{3.6 * 3,14 * 600 * 0,9065}{30 * 3,5 * 2,75} = 6,5 \text{ км/ч} \quad (28)$$

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

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

$$U_m = U_1^{\frac{n-m}{n-1}} * U_n^{\frac{m-1}{n-1}} \quad (29)$$

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

Рассчитанные и фактические значения передаточных чисел коробки передач приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Передаточные числа коробки передач

№ передачи	Обозначение	Фактическое значение	Рассчитанное значение
1	$U_1$	2.75	2.75
2	$U_2$	1.784	1.9
3	$U_3$	1.313	1.440
4	$U_4$	1.043	1.148
5	$U_5$	0.857	0.857

«Как видно из таблицы 1 фактические значения передаточных чисел промежуточных передач меньше рассчитанных значений. Таким образом, коробка передач заданного автомобиля не обеспечивает максимальной интенсивности разгона автомобиля. Поскольку фактические значения передаточных чисел промежуточных передач незначительно отличаются от рассчитанных значений можно сделать вывод, что данная коробка передач обеспечивает уместную интенсивность разгона автомобиля, при улучшенных показателях топливной экономичности.

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

Значения мощности при различной частоте вращения коленчатого вала определяем по формуле:» [1]

$$P_{Bv} = P_{B \max} \cdot \left[ a * \left( \frac{n_p}{n_{\epsilon V \max}} \right) + b * \left( \frac{n_p}{n_{\epsilon V \max}} \right)^2 + c * \left( \frac{n_p}{n_{\epsilon V \max}} \right)^3 \right] \quad (30)$$

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

Значение крутящего момента при различных оборотах рассчитываем по формуле:

$$M_B = \frac{30 * 10^3}{\pi * n_g} * P_g \quad (31)$$

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

$$P^{cm}_B = P_B / k_{CT} = P^{cm}_B = 7.3 / 0.95 \quad (32)$$

Далее расчеты производим аналогично

$$M^{cm}_B = M_B / k_{CT} = M^{cm}_B = 116.24 / 0.95 \quad (33)$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 2

Таблица 2 – Результаты расчетов внешней скоростной характеристики

п, об/мин	$P_{Bv}$ , кВт	$P^{cm}_B$ , кВт	$M_B$ , Н·м	$M^{cm}_B$ , Н·м
600	7.3	7.68	116.24	122.36
800	9.9	10.42	118.23	124.45
1000	12.9	13.57	123.25	129.79
1200	16.2	17.05	128.98	135.77
1400	19.5	20.52	133.08	140.08

Продолжение таблицы 2

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

По рассчитанным значениям строим внешнюю скоростную характеристику (рисунок 4).

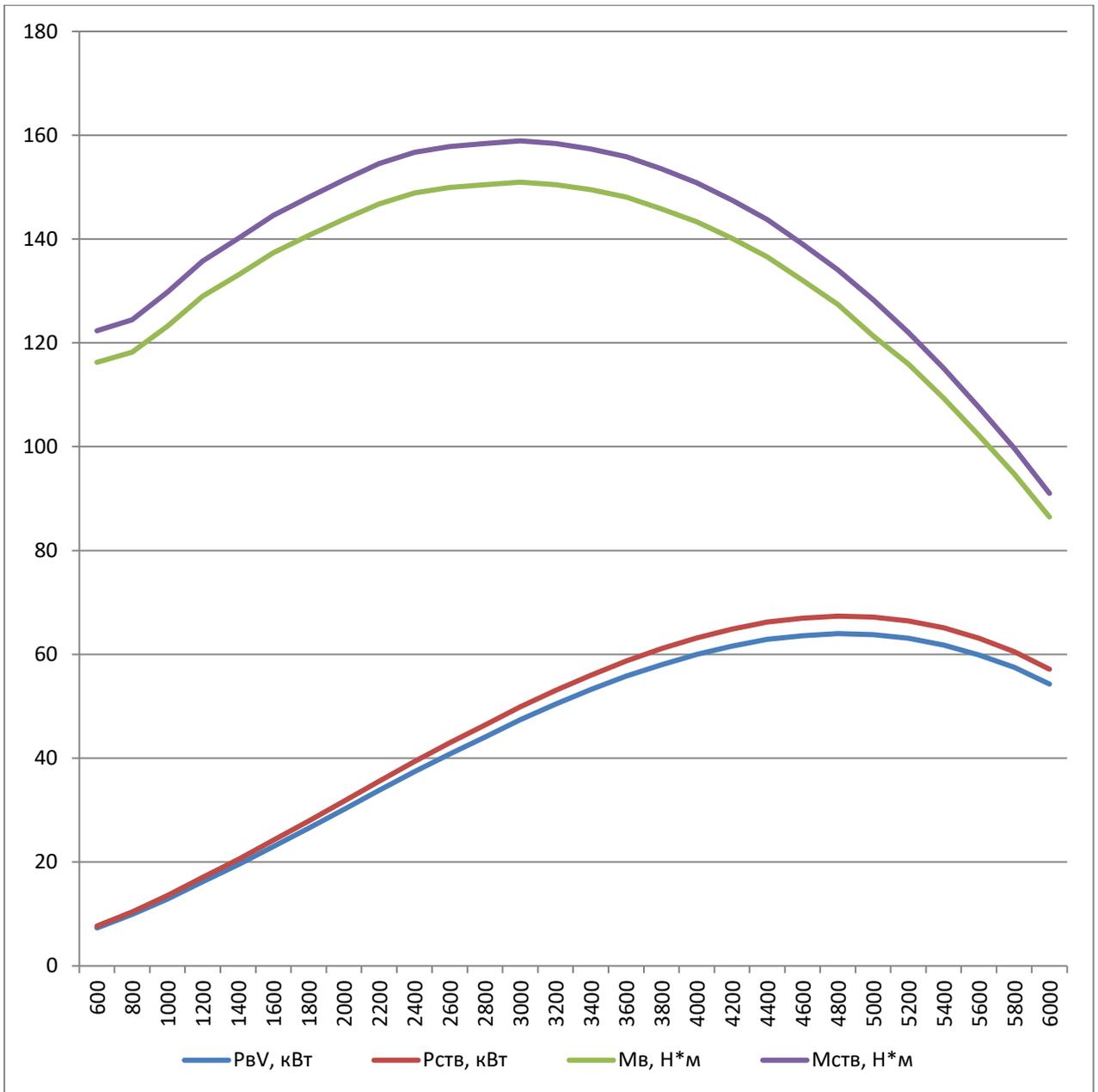


Рисунок 4 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

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

$$F_k = F_f + F_i + F_B + F_j \quad (34)$$

где  $F_k$  – сила тяги, приложенная к ведущим колесам;

$F_f$  – сила сопротивления качению;

$F_i$  – сила сопротивления подъема;

$F_B$  – сила сопротивления воздуха;

$F_j$  – сила сопротивления разгону.» [2]

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

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

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

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

$$F_{ki} = \frac{M_B \cdot U_o \cdot U_i \cdot \eta_{mp}}{r_k} \quad (35)$$

$$F_{ki} = \frac{116.24 \cdot 3.9 \cdot 2.75 \cdot 0.95}{0.3065} = 6.46$$

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

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

$$V_j = \frac{3.6 \cdot \pi \cdot n_e \cdot r_k}{30 \cdot U_o \cdot U_i} \quad (36)$$

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

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

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

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

$$F_f = G_a \cdot f_o \cdot (1 + (0,006 \cdot V)^2) \quad (37)$$

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

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

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

$$F_B = \frac{k_B \cdot A_B \cdot V^2}{3.6^2} \quad (38)$$

$$F_B = \frac{0.36 * 2.08 * 0^2}{3.6^2} = 0$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 3. Полученные значения наносим на тяговую характеристику.

Таблица 3 - Результаты расчетов окружной силы  $F_k$

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

Продолжение таблицы 3

n, об/мин	1-я передача		2-я передача		3-я передача		4-я передача		5-я передача	
	V <sub>1</sub> , км/ч	F <sub>k1</sub> , Н	V <sub>2</sub> , км/ч	F <sub>k2</sub> , Н	V <sub>3</sub> , км/ч	F <sub>k3</sub> , Н	V <sub>4</sub> , км/ч	F <sub>k4</sub> , Н	V <sub>5</sub> , км/ч	F <sub>k5</sub> , Н
4400	47,38	4444,64	68,57	3070,84	90,48	2327,38	113,49	1855,44	152,04	1385,11
4600	49,53	4298,52	71,69	2969,89	94,59	2250,87	118,66	1794,44	158,95	1339,57
4800	51,69	4145,58	74,81	2864,22	98,71	2170,78	123,82	1730,59	165,86	1291,91
5000	53,84	3967,25	77,93	2741,01	102,82	2077,39	128,97	1656,14	172,77	1236,34
5200	55,99	3772,97	81,05	2606,78	106,43	1975,66	134,13	1575,04	179,68	1175,79
5400	58,15	3558,19	84,16	2458,38	111,05	1863,19	139,29	1485,38	186,59	1108,86
5600	60,3	3325,51	87,28	2297,62	115,16	1741,36	144,45	1388,25	193,5	1036,35
5800	62,46	3082,42	90,39	2129,67	119,29	1614,07	149,61	1286,77	200,41	960,59
6000	64,61	2813,62	93,51	1943,95	123,39	1473,31	154,77	1174,56	207,32	876,83

Таблица 4 – Результаты расчетов сил сопротивления дороги (качения)  $F_f$  и воздуха  $F_B$

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

Продолжение таблицы 4

$V_a$ , км/ч	$F_f$ , Н	$F_B$ , Н	$F_f + F_B$ , Н
190	42,22	2085,78	2128
200	44,8	2311,11	2355,91
210	47,51	2548	2595,51
220	50,35	2796,44	2846,79

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

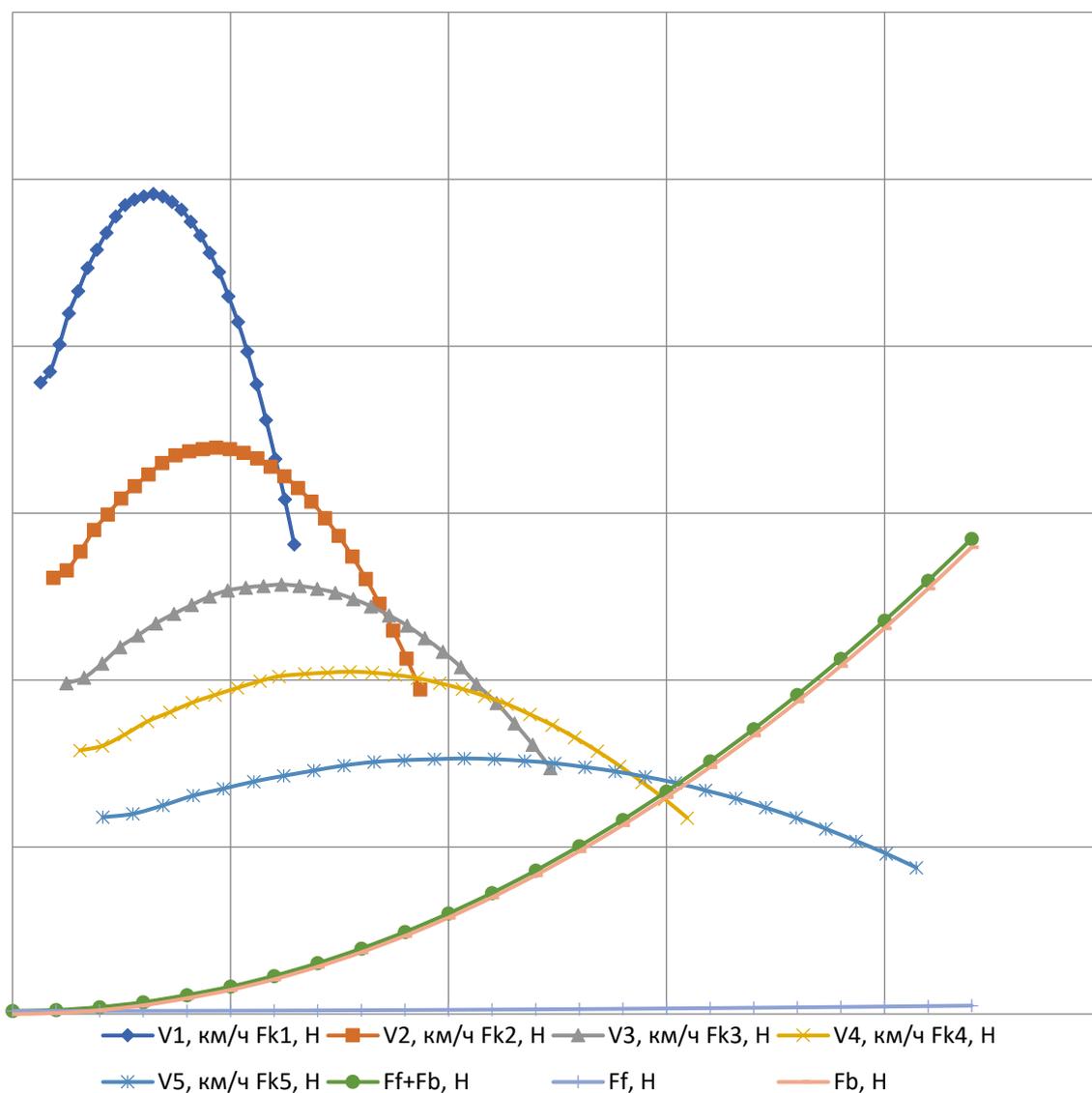


Рисунок 5 - Тяговая характеристика автомобиля

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 Лада Гранта 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.

Адекватный тяговый расчет позволяет оптимизировать параметры автомобиля, повысить его эффективность и эксплуатационные характеристики, что важно как для конструкторов, так и для конечных пользователей.

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. Регулярное совершенствование методов расчета и анализа проведенных расчетов позволит улучшить качество и конкурентоспособность автомобиля на современном рынке транспортных средств.

Результаты выполнения тягового расчета в виде графиков представлены в Приложении А и на листе графической части дипломного проекта.

### **3 Разработка конструкции стенда ресурсных испытаний двигателя внутреннего сгорания**

#### **3.1 Техническое задание на разработку стенда ресурсных испытаний двигателя внутреннего сгорания**

Повышение требований к надежности и долговечности двигателей, необходимость соответствия современным экологическим и эксплуатационным стандартам, оптимизация производственных процессов. Целью разработки является создание специализированного стенда для проведения всесторонних ресурсных испытаний ДВС, позволяющего оценивать долговечность, надежность и эксплуатационные характеристики двигателей в условиях, максимально приближенных к реальной эксплуатации.

Основными функциями стенда ресурсных испытаний двигателя внутреннего сгорания будет являться:

- проведение длительных ресурсных испытаний ДВС в различных режимах работы;
- моделирование эксплуатационных условий, включая температурные и нагрузочные воздействия;
- мониторинг и сбор данных о параметрах работы двигателя (температура, давление, вибрации, токсичность выхлопных газов и т.д.);
- анализ и обработка полученных данных для оценки состояния и характеристик двигателя.

Технические характеристики стенда должны соответствовать техническим характеристикам аналогичных устройств. Исходя из анализа, выполненного ранее, формируем технические характеристики разрабатываемого стенда:

- максимальная мощность двигателя: до 150 кВт.
- максимальный крутящий момент: до 1000 Нм.
- диапазон оборотов: от 500 до 8000 об/мин.

- питание стенда: 380 В, 50 Гц.
- потребляемая мощность: до 100 кВт.
- габаритные размеры: не более 3х2,5х2,5 м.
- масса: не более 10 тонн.
- гарантийный срок эксплуатации: не менее 5 лет.
- среднее время наработки на отказ: не менее 10 000 часов.
- температура окружающей среды: от +5°С до +40°С.
- относительная влажность: до 80% при +25°С.
- защита от пыли и влаги: IP54.

Дальнейшая разработка стенда должна производиться на основе указанных технических характеристик.

«В разрабатываемой конструкции следует предусмотреть возможность дальнейшего усовершенствования конструкции за счет расширения диапазона нагружения и возможности испытания амортизаторов других типов.

Рукоятки управления должны находиться на высоте 900-1000 мм от уровня пола, причем усилие нажатия на рычаг должно быть не более 100 Н, кнопку 15 Н. Все элементы управления должны находиться в зоне досягаемости рук оператора, без перемещения туловища. Рабочее положение оператора – стоя. Рукоятки управления и привода должны быть снабжены резиновыми накладками, для предотвращения соскальзывания рук при проведении работ. Кнопки управления выполнить из черного пластика. Кнопку экстренной остановки привода выполнить из красного пластика и большего размера, нежели остальные кнопки управления. Кнопки и рычаги управления предполагается сгруппировать и поместить на отдельную панель управления.» [11]

«Внешние очертания механизма должны отвечать требованиям технической эстетики и передавать функциональный характер изделия, острые углы рекомендуется скруглить, рекомендуется окрасить механизм в оранжевый цвет, раму можно окрасить в серый, либо черный цвет. Наружные плоскости перекрытия узлов и агрегатов окрасить в черный цвет с желтыми

полосами. То же относится к движущимся частям установки. Не допускаются выступающие за габариты стенда узлы и детали, если того не требует их функциональное предназначение. Внешняя форма изделия должна быть продиктована соображениями компоновки отдельных элементов в одно целое.» [16]

«Для безотказной и эффективной работы данного изделия ТО данного изделия должно проводиться не менее 1 раза в 3 месяца. Составные части конструкции легко должны подвергаться сборке-разборке при замене деталей или транспортировке. Для защиты от коррозии все основные металлические поверхности должны быть окрашены влаго-маслостойкими красками. Детали вращения должны быть смазаны и защищены от попадания пыли и грязи. Изделие транспортируется в разобранном виде.» [15]

«Предполагается транспортировка стенда в разобранном виде. Все узлы и агрегаты, снятые с рамы стенда должны быть упакованы в деревянные ящики, которые должны быть соответствующим образом промаркированы. На раме стенда следует указать места строповки, предполагается транспортировка рамы без упаковки.» [11]

Условием выполнения технического задания будет являться предоставление полного комплекта технической документации, включающего чертежи, инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию, а также отчеты по проведенным испытаниям.

Разработка стенда для ресурсных испытаний ДВС является стратегически важной задачей, направленной на повышение качества и надежности двигателей, оптимизацию производственных процессов и снижение эксплуатационных затрат. Новый стенд позволит проводить всесторонние испытания в различных режимах, обеспечивая высокую точность измерений и анализ данных, что приведет к улучшению характеристик двигателей и повышению их конкурентоспособности на рынке.

### **3.2 Техническое предложение на разработку стенда ресурсных испытаний двигателя внутреннего сгорания**

Данное техническое предложение описывает проектирование и создание стенда для ресурсных испытаний автомобильных двигателей. Целью проекта является разработка высокоточного и надежного стенда, способного моделировать реальные эксплуатационные условия и предоставлять точные данные для оценки ресурса двигателей внутреннего сгорания. Разработка стенда для ресурсных испытаний двигателей внутреннего сгорания (ДВС) представляет собой важный проект, направленный на повышение надежности, долговечности и эксплуатационных характеристик двигателей. Данный стенд будет использован для проведения комплексных испытаний, моделирующих реальные условия эксплуатации, что позволит выявить и устранить потенциальные проблемы на ранних стадиях разработки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить комплекс связанных задач:

- анализ требований к ресурсным испытаниям двигателей внутреннего сгорания;
- разработка технических требований к стенду;
- проектирование и конструирование стенда;
- разработка системы управления и программного обеспечения;
- проведение тестовых испытаний и верификация системы;
- подготовка документации и обучение персонала.

«На рисунке 6 изображен стенд для обкатки двигателя внутреннего сгорания, вид спереди; на рисунке 7 - стенд для обкатки двигателя, вид сверху при снятом двигателе и сложенном соединительном устройстве; на рисунке 8 - сечение А-А; на рисунке 9 - сечение Б-Б.» [7]

«Стенд для обкатки и испытания двигателя внутреннего сгорания 1 содержит основание 2 с закрепленными на нем продольными направляющими 3, нагрузочное устройство 4 и соединительное устройство 5. На продольные

направляющие 3 опираются балки 6, скрепленные с ними крепежными болтами 7. В балках 6 образованы поперечные направляющие 8. На балках 6 установлены стойки 9, в которые ввинчены винты 10. На винтах 10 закреплены ложементы 11 с прижимными болтами 12. Стойки 9 скреплены с поперечными направляющими 8 крепежными болтами 13. На валу 14 нагрузочного устройства 4 закреплен болтом 15 внешний цилиндр 16 соединительного устройства 5. Во внешнем цилиндре 16 установлен внутренний цилиндр 17, соединенный с ним посредством первого шлицевого соединения 18. Во внутреннем цилиндре 17 установлен вал 19, соединенный с ним посредством второго шлицевого соединения 20. На валу 19 образован центрирующий конус 21 и имеются зацепляющие зубья 22 для кинематического соединения с храповиком 23 двигателя 1. На внешнем цилиндре 16 и на внутреннем цилиндре 17 установлены фиксаторы 24, подпружиненные пружинами 25. На внутреннем цилиндре 17 и на валу 19 образованы выемки 26 для размещения фиксаторов 24.» [12]

«Стенд работает следующим образом.

Перед обкаткой двигателя 1 устанавливают ложементы 11 в положении, соответствующем расположению опор обкатываемого типоразмера двигателя 1 так, чтобы при установке двигателя 1 на ложементы 11 оси вращения храповика 23 двигателя 1 и вала 14 нагрузочного устройства 4 совпали. Для этого балки 6 перемещают по продольным направляющим 3 и крепят крепежными болтами 7. Стойки 9 перемещают по поперечным направляющим 8 и крепят крепежными болтами 13. Вращением винтов 10 устанавливают ложементы 11 на необходимой высоте. Обкатываемый двигатель 1 устанавливают на ложементы 11 и крепят прижимными болтами 12. Вал 19 и внутренний цилиндр 17 выдвигают по первому 18 и второму 20 шлицевым соединениям до зацепления зубьев 22 с храповиком 23 двигателя 1. При этом центрирование положения соединительного устройства 5 и зубьев 22 относительно оси храповика 23 производится центрирующим конусом 21. В момент зацепления зубьев 22 с храповиком 23 фиксаторы 24 западают в

выемки 24 под действием пружин 25, что предотвращает осевое смещение вала 19 и выход зубьев 22 из зацепления с храповиком 23. В таком положении производят обкатку и испытание двигателя 1.

После окончания обкатки выводят фиксаторы 24 из выемок 26 сгибанием пружин 25. Вал 19 вдвигают во внутренний цилиндр 17, выводят при этом зубья 22 из зацепления с храповиком 23, а внутренний цилиндр 17 вдвигают во внешний цилиндр 16. После открепления прижимных болтов 12 обкатанный двигатель 1 снимают.» [13]

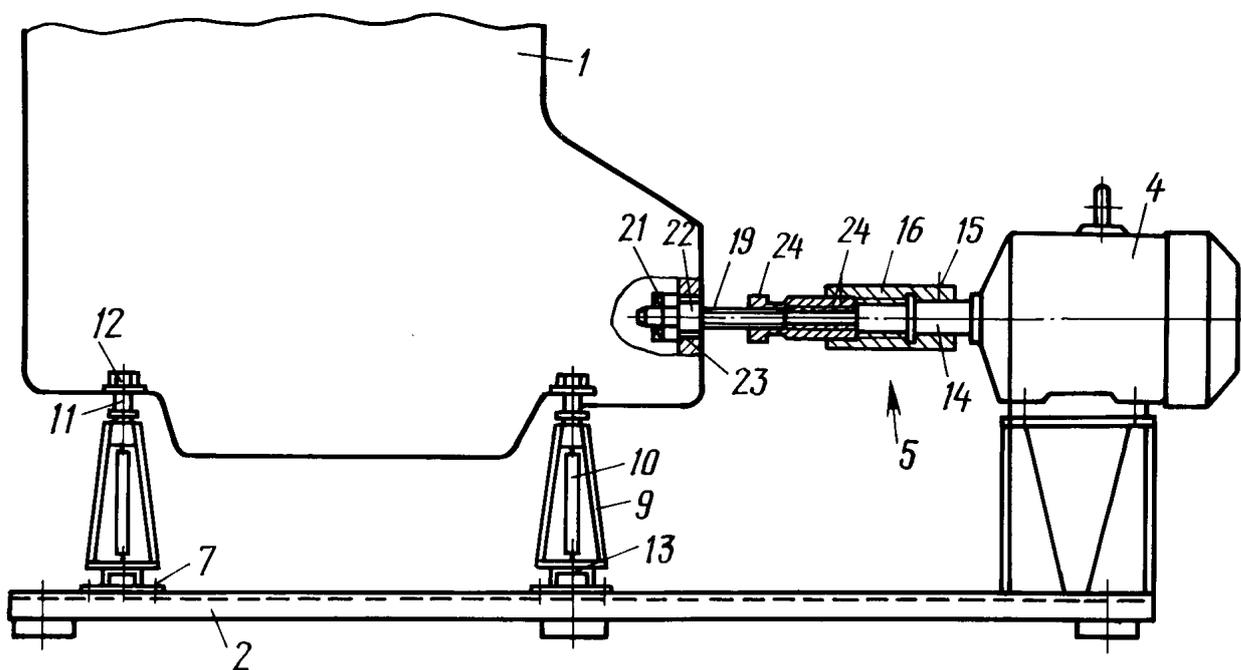


Рисунок 6 – Стенд для обкатки двигателя внутреннего сгорания, вид спереди

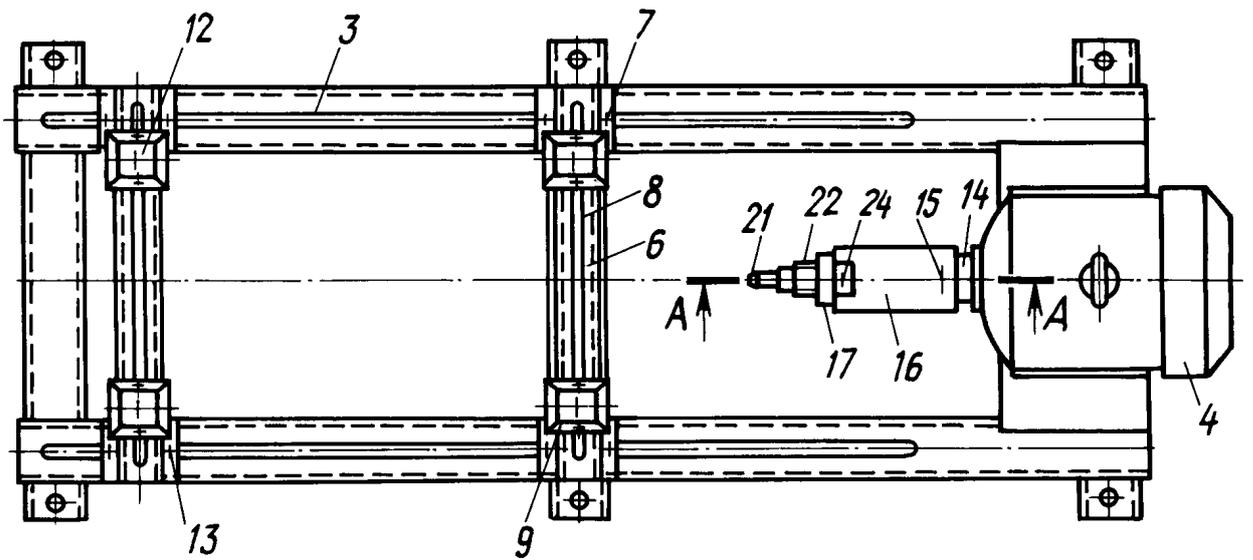


Рисунок 7 – Стенд для обкатки двигателя внутреннего сгорания, вид сверху при снятом двигателе и сложенном соединительном устройстве

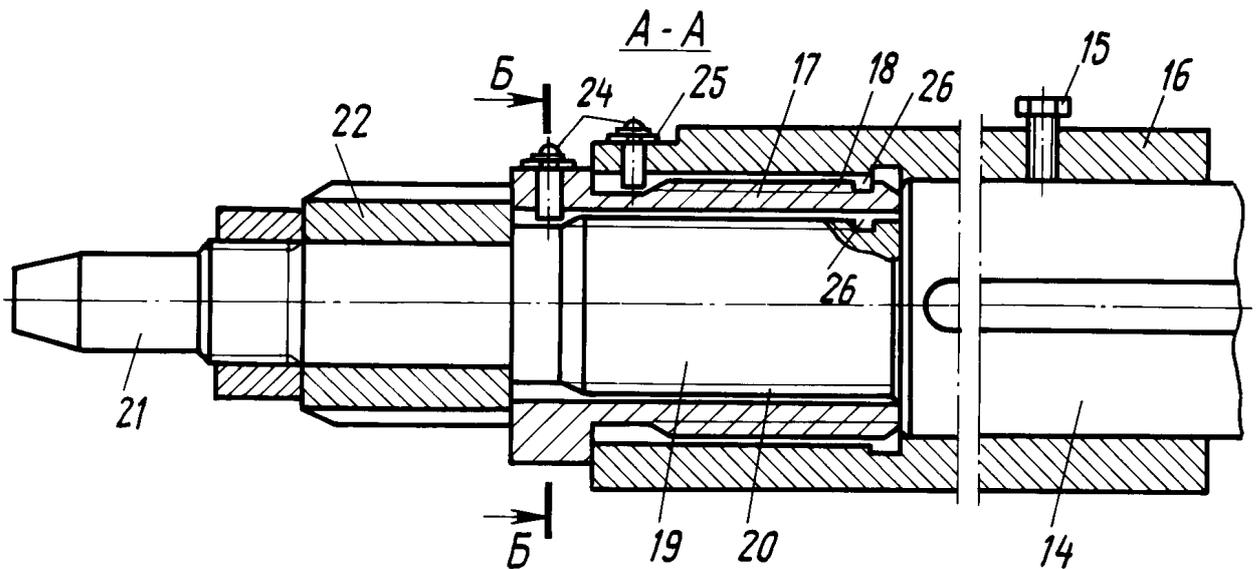


Рисунок 8 – Сечение А-А

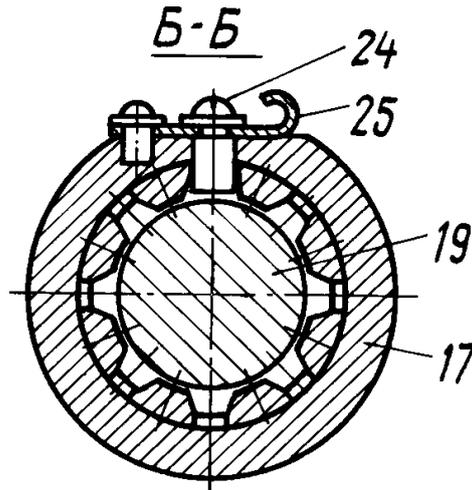


Рисунок 9 – Сечение Б-Б

«Наряду с предложенным к разработке вариантом были рассмотрены существующие аналоги. Одним из аналогов является стенд для обкатки двигателей внутреннего сгорания КС 276-04 (Россия). Стенд изображен на рисунке 10.

Стенд содержит раму, на опорной плите которой устанавливаются направляющие с четырьмя винтовыми опорами, предназначенными для закрепления ДВС, стойка для исполнительного механизма и соединительного устройства, стойка для радиатора с диффузором системы охлаждения. Винтовые направляющие могут перемещаться как в продольном, так и в поперечном направлениях. Приводной электродвигатель соединяется с маховиком обкатываемого двигателя с помощью соединительного устройства, состоящего из муфты, карданного вала и плиты, соединяемой с маховиком двигателя. Привод закрывается защитными кожухами.» [16]

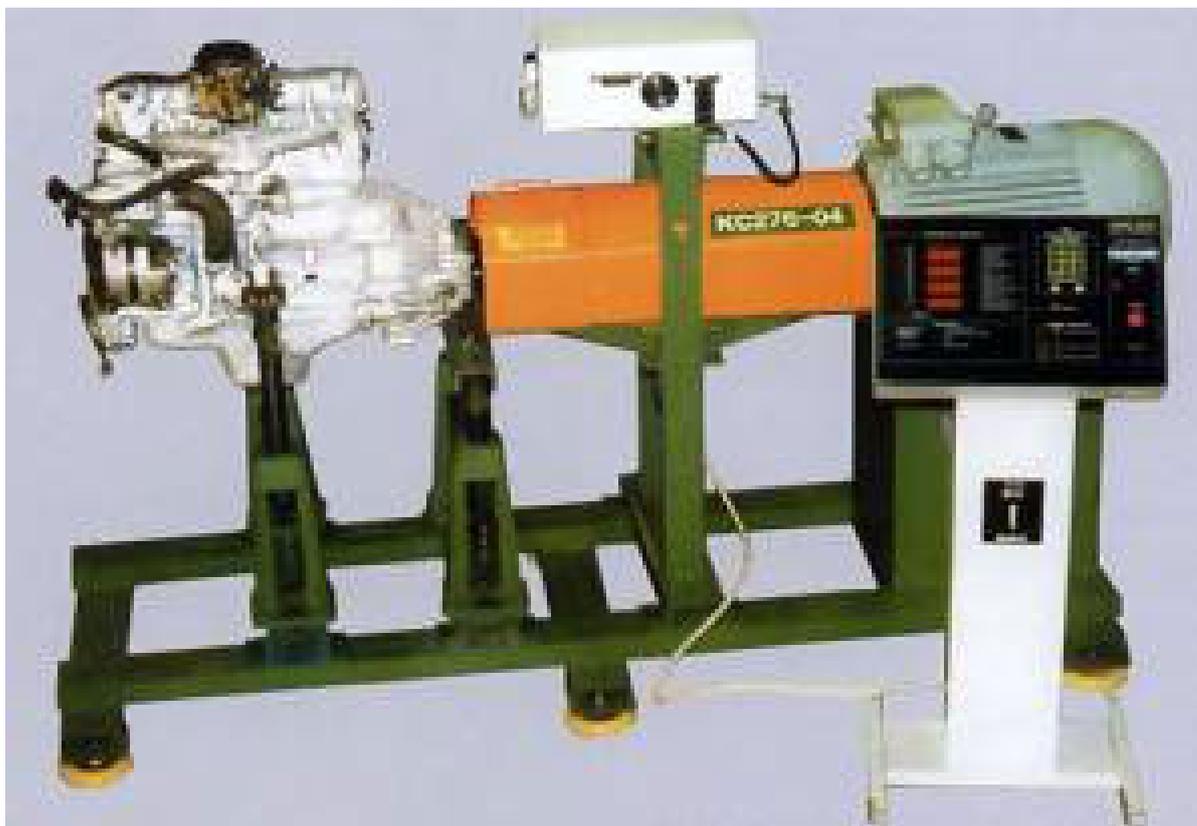


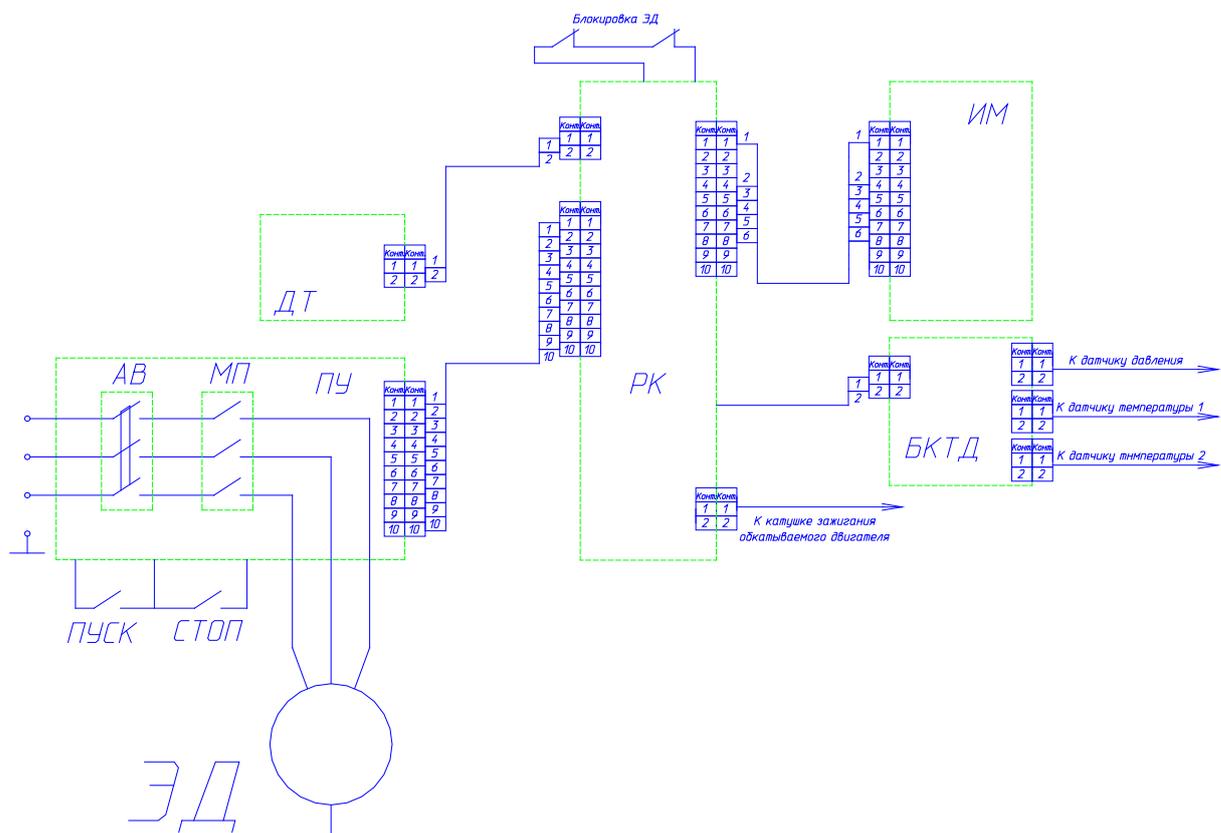
Рисунок 10 - Стенд для испытания двигателей КС 276-04

«Согласно полученному заданию, требуется разработать стенд, способный осуществлять обкатку ДВС как в режиме холодной обкатки, так и в режиме горячей обкатки. Кроме того, считается целесообразным применение в стенде режимов обкатки, позволяющих раскручивать двигатель в режиме горячей обкатки до оборотов выше 3000 об/мин, что в настоящее время не допускает стенд, приведенный в качестве аналога. Исходя из всего изложенного, делаем следующие выводы о конструктивных особенностях стенда.

В конструкции стенда будет применена коробка передач, устанавливаемая между испытуемым двигателем и электромотором. Это позволит существенно расширить диапазон нагружения и увеличить технологические возможности стенда.

Необходимо предусмотреть возможность горячей обкатки, для чего на стенд будет смонтирована система охлаждения, располагаемая стационарно.»  
[15]

Электрическая схема устройства представлена на рисунке 11.



ДТ – датчик тахометра, ПУ – пульт управления, ИМ – исполнительный механизм, ЭД – электродвигатель, БКТД – блок контроля температуры и давления, РК – распределительная коробка, МП – магнитный пускатель, АВ - автоматический выключатель, ПУСК – кнопка пуска, СТОП – кнопка остановки.

Рисунок 11 – Электрическая схема стенда для обкатки ДВС

Разработка стенда для ресурсных испытаний ДВС является стратегически важным проектом, который обеспечит значительные технические, экономические и социальные выгоды. Создание такого стенда

позволит проводить всесторонние и точные испытания двигателей, что приведет к улучшению их характеристик, повышению надежности и долговечности, а также снижению эксплуатационных затрат. Инвестиции в данный проект оправдают себя за счет увеличения конкурентоспособности компании и улучшения качества продукции.

### 3.3 Силовые и прочностные расчеты узлов и деталей конструкции

«Максимальный крутящий момент необходимо прикладывать при страгивании маховых масс с места. Тогда крутящий момент:

$$T_{кр} = G \cdot (L + f \cdot d) \cdot k, \quad (39)$$

где  $G = 1455,9 \text{ Н}$  – вес приходящийся на шатун

$L$  – длина шатуна;  $L = 0,0635 \text{ м}$

$f = 0,1$  – коэффициент трения в подшипниках оси

$d = 0,054 \text{ м}$  – диаметр вращения шатуна

$k = 1,2$  – коэффициент, учитывающий инерционное сопротивление при страгивании массы» [15]

$$T_{кр} = 1455,9 \cdot (0,0635 + 0,1 \cdot 0,054) \cdot 1,2 = 120,4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

«Тогда, необходимый крутящий момент двигателя определяется по формуле:

$$T = c \cdot T_{кр} / u \quad (40)$$

где  $c = 1,5$  – коэффициент запаса

$u = 2$  – передаточное отношение ременной передачи» [15]

$$T = 1,1 \cdot 120,4 / 2 = 66,22 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

«Произведем подбор электродвигателя привода по формуле расчета мощности:

$$N_B = \frac{T \cdot n}{9550}, \text{ кВт} \quad (41)$$

$$N_B = \frac{66,22 \cdot 750}{2 \cdot 9550} = 2,6 \text{ кВт}$$

Данному условию мощности соответствует электродвигатель 4А112МВ8УЗ,  $n = 750$  об/мин,  $N_e = 3,0$  кВт

Требуется определить минимальный требуемый диаметр оси привода, исходя из известных приложенных к ней нагрузок, т.е. изгибающего момента. Определяется по следующей формуле:» [17]

$$d = \sqrt[3]{10 * (T_{кр}^2 + T_u) / [\sigma]}, \quad (42)$$

где  $T_{кр} = 120,4 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$T_u = 73,4 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$[\sigma] = 112,5 \text{ Мпа}$

$$d = \sqrt[3]{10 * (120,4^2 + 73,4^2) / [112,5]}$$

$$d = 7,56 \text{ мм}$$

«Принимаем минимальный диаметр для оси привода 12 мм с условием обеспечения запаса прочности.

Произведем расчет ременной передачи.

На установке привод маховых масс производится клиновым ремнем с передаточным числом  $u = 2$ .

Произведем расчет ременной передачи.

Принимаем диаметр приводного шкива 60 мм.

Диаметр большего шкива:

$$d_{p2} = d_{p1} * u * (1 - \varepsilon), \text{ где} \quad (43)$$

$d_{p1}$  – диаметр меньшего шкива, мм

$d_{p2}$  – диаметр большего шкива, мм

$\varepsilon$  - коэффициент скольжения прорезиненного ремня» [17]

$$d_{p2} = 60 * 2 * (1 - 0.01) = 118.9$$

Скорость ремня:

$$v = \frac{\pi * d_{p1} * n}{60000} \quad (44)$$
$$v = \frac{3,14 * 60 * 750}{60000} = 2.36$$

«Для клиноременных передач межосевое расстояние принимается из соотношения:

$$a \geq 2 * (d_{p1} + d_{p2}) \quad (45)$$

$$a \geq 2 * (60 + 120) = 360$$

Таким образом минимальное расстояние между центрами 360 мм.

Произведем расчет на прочность швеллера рамы, исходя из рассчитанной величины изгибающего момента.

Балка рамы – швеллер № 8,  $W = 22,4 \cdot 10^{-6}$ » [15]

$$\sigma_{\max} = T_{\max} / W \quad (46)$$

$$\sigma_{\max} = 1455,9 \cdot 0,982 / 22,4 \cdot 10^{-6} = 63,8 \text{ МПа} < [\sigma_T] = 200 \text{ МПа}$$

Условия прочности удовлетворяют характеристикам материала.

«Произведем расчет винта прижима пружины, приняв в качестве исходных данных: максимальная нагрузка  $Q = 750 \text{ Н}$ , величина перемещения винта  $l_0 = 0,06 \text{ м}$ , для винта материал принимаем сталь 45,  $[\sigma] = 120 \text{ МПа}$ , для гайки принимаем материал Бр. 0Ф10-1,  $[\sigma_p] = 40 \text{ МПа}$ ,  $[\sigma_{см}] = 45 \text{ МПа}$ .

Допускаемое давление для пары сталь – бронза  $[q] = 9 \text{ Мпа}$ .

Поскольку нагрузка в передаче односторонняя, принимаем упорную резьбу с  $\psi_h = 0,75$ .

Конструкцию гайки принимаем цельную с  $\psi_n = 1,5$ .» [13]

Средний диаметр резьбы:

$$d_2 = \sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot \psi_n \cdot \psi_h \cdot [q]}} \quad (47)$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{750}{3,14 \cdot 1,5 \cdot 0,75 \cdot [9]}} = 4,86 \text{ мм}$$

«По ГОСТ 10177-82 принимаем однозаходную резьбу  $z_p = 1$ ,  $d = 40$ ,  $P = 3 \text{ мм}$ ,  $d_2 = 37,75 \text{ мм}$ ,  $d_3 = 34,794 \text{ мм}$ .» [15]

Угол подъема резьбы:

$$tg \gamma = \frac{P \cdot z_p}{\pi \cdot d_2} \quad (48)$$

$$tg \gamma = \frac{3 \cdot 1}{3,14 \cdot 37,75} = 0,0253$$

$$\gamma = 1^\circ 26''$$

Приведенный угол трения:

$$\phi' = \arctg \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \arctg \frac{0,1}{\cos 3^\circ} = 5^\circ 44'' \quad (49)$$

Так как  $\gamma \leq \phi$ , винтовая пара самотормозящая, следовательно условие проектирование соблюдено.

Высота гайки:

$$H_r = \psi_H \cdot d_2 \quad (50)$$

$$H_r = 1,5 \cdot 37,75 = 56,62 \text{ мм}$$

Принимаем минимальную высоту гайки 57 мм.

Число витков резьбы в гайке:

$$z = H_r / P \quad (51)$$

$$z = 57 / 3 = 19$$

Наружный диаметр гайки

$$D = \sqrt{\frac{5 \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma_p]} + d^2} \quad (52)$$

$$D = \sqrt{\frac{5 \cdot 750}{3,14 \cdot [40]} + 40^2} = 40,37$$

Принимаем  $D = 42$  мм

Высота фланца гайки:

$$a = (0,25 \dots 0,3) \cdot H_T = 0,27 \cdot 57 = 15,4 \text{ мм}$$

Проверяем высоту фланца на срез

$$\tau_{\text{ср}} = Q / \pi \cdot D \cdot a \quad (53)$$

$$\tau_{\text{ср}} = 750 / 3,14 \cdot 40 \cdot 15,4 = 0,4 < [\tau_{\text{ср}}] = 20 \dots 25 \text{ МПа}$$

Проверяем винт на устойчивость. Определяем длину сжатой части винта:

$$l = l_0 + 1,5 \cdot d + H_T / 2 = 50 + 1,5 \cdot 40 + 57 / 2 = 138,5 \text{ мм}$$

$$i_{\text{min}} = d_3 / 4 \quad (54)$$

$$i_{\text{min}} = 34,794 / 4 = 8,699$$

Момент трения в резьбе

$$T = Q \cdot (d_2 / 2) \cdot \text{tg} (\gamma + \varphi) \quad (55)$$

$$T = 750 \cdot (37,75 / 2) \cdot \text{tg} (1^\circ 26'' + 5^\circ 44'') = 1779,44 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Момент трения в опоре.

$$T_{\text{оп}} = 0,33 \cdot Q \cdot f \quad (56)$$

$$T_{\text{оп}} = 0,33 \cdot 750 \cdot 0,05 = 13 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Суммарный момент сопротивления

$$T_{\text{соп}} = T + T_{\text{оп}} \quad (57)$$

$$T_{\text{соп}} = 1779,44 + 13 = 1792,44 \text{ Н}\cdot\text{мм} \approx 1,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

В ходе выполнения конструкторского раздела дипломного проекта по проектированию стенда для обкатки двигателей внутреннего сгорания (ДВС) были достигнуты следующие основные результаты, по результатам которых сделаны следующие выводы.

Проведен тщательный анализ требований к стенду для обкатки ДВС, что позволило определить ключевые параметры и функции, необходимые для эффективной и безопасной обкатки двигателей. Разработаны несколько концептуальных вариантов конструкции стенда, из которых был выбран оптимальный с учетом технических и экономических факторов. Спроектирован испытательный модуль, обеспечивающий надежное крепление и работу двигателя в различных режимах обкатки. Учтены все необходимые требования по прочности, устойчивости и безопасности конструкции.

Спроектирована система создания нагрузок, включающая электродвигатели и гидравлические приводы. Эта система позволяет моделировать реальные эксплуатационные условия и проводить обкатку двигателя под различными нагрузками. Разработаны и интегрированы измерительные системы, включая датчики температуры, давления, вибраций и системы анализа отработавших газов. Эти системы обеспечивают точный контроль параметров работы двигателя в процессе обкатки.

Выбраны оптимальные материалы и компоненты для изготовления основных элементов стенда, что обеспечивает его надежность и долговечность. Учтены все современные требования к экологической и технической безопасности. Разработаны решения по автоматизации процесса обкатки, включая программное обеспечение для управления испытаниями,

сбора и анализа данных. Это позволяет существенно повысить точность и эффективность проведения обкатки двигателей.

Проведены необходимые расчеты и моделирование конструктивных элементов стенда, включая анализ прочности, устойчивости и тепловых процессов. Полученные результаты подтвердили соответствие конструкции заданным требованиям. Анализ экономической эффективности показал, что использование собственного стенда для обкатки ДВС позволяет существенно снизить затраты на проведение испытаний по сравнению с использованием сторонних услуг.

Внедрение нового стенда способствует сокращению времени на обкатку двигателей и повышению производительности производственного процесса, что положительно сказывается на общей эффективности работы предприятия. Рассмотрены возможности интеграции стенда с другими системами управления и мониторинга на предприятии, что обеспечивает комплексный подход к управлению качеством продукции.

Проектирование стенда для обкатки ДВС в рамках конструкторского раздела дипломного проекта позволило разработать эффективное и надежное решение, отвечающее современным требованиям к проведению ресурсных испытаний. Полученные результаты подтвердили обоснованность выбранных технических и технологических решений, что обеспечивает высокий уровень надежности, безопасности и экономической эффективности разработанного стенда. Внедрение данного стенда в производственный процесс позволит повысить качество и долговечность выпускаемой продукции, а также улучшить конкурентные позиции предприятия на рынке.

#### 4 Технологический процесс сборки узла стенда испытаний двигателя внутреннего сгорания

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 муфты привода нагрузочного устройства. 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 муфты				
005	Сборка оси рычага	1. Установить ось муфты 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

Продолжение таблицы 5

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 муфты	1. Надеть рычаг 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 16, 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 их 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 надетые 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 легковоспламеняющихся 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.» [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:

$$C = M + \Pi_{и} + Z_{осн} + Z_{доп} + СС + И_{цех} + И_{зав} + НР \quad (58)$$

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.;

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

$И_{цех}$  – 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:

$$M = \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n \quad (59)$$

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:

$$П_i = \sum_{i=1}^n П_{i_n} \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n П_{i_n} \cdot C_n \quad (60)$$

где  $П_{i_n}$  – количество покупных изделий, ед;

$C_n$  – 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:

$$Z_o = \sum_{i=1}^n (T_i \cdot C_{Ti} \cdot k_{чi} \cdot k_{пр}) \quad (61)$$

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:

$$З_{доп} = З_о \cdot k_{доп}, \quad (62)$$

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:

$$З_{\text{ФСС}} = (З_0 + З_{\text{доп}}) \cdot 0,3 \quad (63)$$

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

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:

$$Р_{\text{об}} = З_0 \cdot 1,04 \quad (64)$$

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

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 заработную 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:

$$Р_{\text{ох}} = З_0 \cdot 0,25 \quad (65)$$

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

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:

$$Р_{оп} = З_о \cdot 0,30 \quad (66)$$

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

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:

$$Ци = Сп + Сп \cdot 0,15 + Сп \cdot 0,20 \quad (67)$$

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

Принимаем отпускную цену  $C_{и} = 410\,000$  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:

$$\mathcal{E} = C_{и} - C \quad (68)$$

где  $C$  – средняя цена станда 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 станда

Наименование фирмы	Цена станда, 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 станда.

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

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

$$Эг = Э \cdot N \quad (69)$$

где  $N$  – объем 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 объём реализации в количестве не менее 50 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит,  $Э_{г} = 4\,333\,350$  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. На основании всего вышеизложенного, можно сделать вывод о выполнении задач, поставленных в рамках выполнения экономического раздела.

## Заключение

В условиях стремительного научно-технического прогресса и ужесточения требований к качеству и надежности автомобильной техники, двигатели внутреннего сгорания (ДВС) остаются ключевым элементом транспортных средств. Эти агрегаты широко применяются не только в автомобильной промышленности, но и в судостроении, энергетике и других отраслях, где требуется высокая мощность и эффективность. С ростом требований к экологичности, топливной экономичности и долговечности двигателей, возрастает необходимость в проведении всесторонних испытаний для оценки их эксплуатационных характеристик.

Ресурсные испытания двигателей внутреннего сгорания являются важным этапом в процессе их разработки и модернизации. Они позволяют выявить потенциальные проблемы на ранних стадиях, обеспечить соответствие двигателей высоким стандартам качества и долговечности, а также оптимизировать их конструкцию для достижения лучших эксплуатационных характеристик. В этом контексте создание специализированного стенда для ресурсных испытаний приобретает особую актуальность.

Разработка стенда для ресурсных испытаний двигателей внутреннего сгорания (ДВС) имеет значительное значение как с технической, так и с экономической точек зрения. Проведенный анализ позволил выделить основные преимущества и перспективы, которые подтверждают актуальность и необходимость данного проекта. Разработка специализированного стенда позволяет проводить комплексные и точные ресурсные испытания, что способствует выявлению и устранению потенциальных проблем на ранних стадиях разработки двигателя. Это ведет к увеличению срока службы и надежности ДВС. Новый стенд обеспечит возможность тестирования двигателей в соответствии с современными экологическими и

эксплуатационными стандартами, что особенно важно в условиях ужесточения норм выбросов и повышения требований к экономичности.

Внедрение передовых технологий, таких как компьютерное моделирование (CFD и FEA), автоматизация процесса испытаний и использование высокоточных датчиков, позволит улучшить качество и точность получаемых данных, а также ускорить процесс тестирования. Наличие современного испытательного стенда позволяет ускорить процесс разработки новых моделей двигателей, улучшить их характеристики и повысить качество продукции. Автоматизация и точный контроль параметров испытаний способствуют оптимизации производственных процессов, снижению количества дефектов и повышению общей эффективности производства.

Разработка стенда для ресурсных испытаний ДВС является важным и перспективным проектом, который обеспечивает значительные технические, экономические и социальные выгоды. Современные технологии и методы испытаний позволяют повысить качество и надежность двигателей, оптимизировать производственные процессы и сократить затраты. Это ведет к увеличению конкурентоспособности компании, снижению времени на вывод новых продуктов на рынок и улучшению экологической ситуации. Таким образом, реализация данного проекта является стратегически важным шагом для компании и соответствует современным тенденциям развития автомобильной промышленности.

Тяговый расчет, выполненный во втором разделе дипломной работы, 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. Регулярное совершенствование методов расчета и анализа проведенных расчетов позволит улучшить качество и конкурентоспособность автомобиля на современном рынке транспортных средств.

Результаты выполнения тягового расчета в виде графиков представлены в Приложении А и на листе графической части дипломного проекта.

В ходе выполнения конструкторского раздела дипломного проекта по проектированию стенда для обкатки двигателей внутреннего сгорания (ДВС) были достигнуты следующие основные результаты, по результатам которых сделаны следующие выводы.

Проведен тщательный анализ требований к стенду для обкатки ДВС, что позволило определить ключевые параметры и функции, необходимые для эффективной и безопасной обкатки двигателей. Разработаны несколько концептуальных вариантов конструкции стенда, из которых был выбран оптимальный с учетом технических и экономических факторов. Спроектирован испытательный модуль, обеспечивающий надежное крепление и работу двигателя в различных режимах обкатки. Учтены все необходимые требования по прочности, устойчивости и безопасности конструкции.

Спроектирована система создания нагрузок, включающая электродвигатели и гидравлические приводы. Эта система позволяет моделировать реальные эксплуатационные условия и проводить обкатку двигателя под различными нагрузками. Разработаны и интегрированы измерительные системы, включая датчики температуры, давления, вибраций и системы анализа отработавших газов. Эти системы обеспечивают точный контроль параметров работы двигателя в процессе обкатки.

Выбраны оптимальные материалы и компоненты для изготовления основных элементов стенда, что обеспечивает его надежность и долговечность. Учтены все современные требования к экологической и технической безопасности. Разработаны решения по автоматизации процесса обкатки, включая программное обеспечение для управления испытаниями, сбора и анализа данных. Это позволяет существенно повысить точность и эффективность проведения обкатки двигателей.

Проведены необходимые расчеты и моделирование конструктивных элементов стенда, включая анализ прочности, устойчивости и тепловых процессов. Полученные результаты подтвердили соответствие конструкции заданным требованиям. Анализ экономической эффективности показал, что использование собственного стенда для обкатки ДВС позволяет существенно снизить затраты на проведение испытаний по сравнению с использованием сторонних услуг.

Внедрение нового стенда способствует сокращению времени на обкатку двигателей и повышению производительности производственного процесса, что положительно сказывается на общей эффективности работы предприятия. Рассмотрены возможности интеграции стенда с другими системами управления и мониторинга на предприятии, что обеспечивает комплексный подход к управлению качеством продукции.

Проектирование стенда для обкатки ДВС в рамках конструкторского раздела дипломного проекта позволило разработать эффективное и надежное решение, отвечающее современным требованиям к проведению ресурсных

испытаний. Полученные результаты подтвердили обоснованность выбранных технических и технологических решений, что обеспечивает высокий уровень надежности, безопасности и экономической эффективности разработанного стенда. Внедрение данного стенда в производственный процесс позволит повысить качество и долговечность выпускаемой продукции, а также улучшить конкурентные позиции предприятия на рынке.

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 стенда.

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.

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.

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,  $Э_{г} = 4\,333\,350$  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. 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

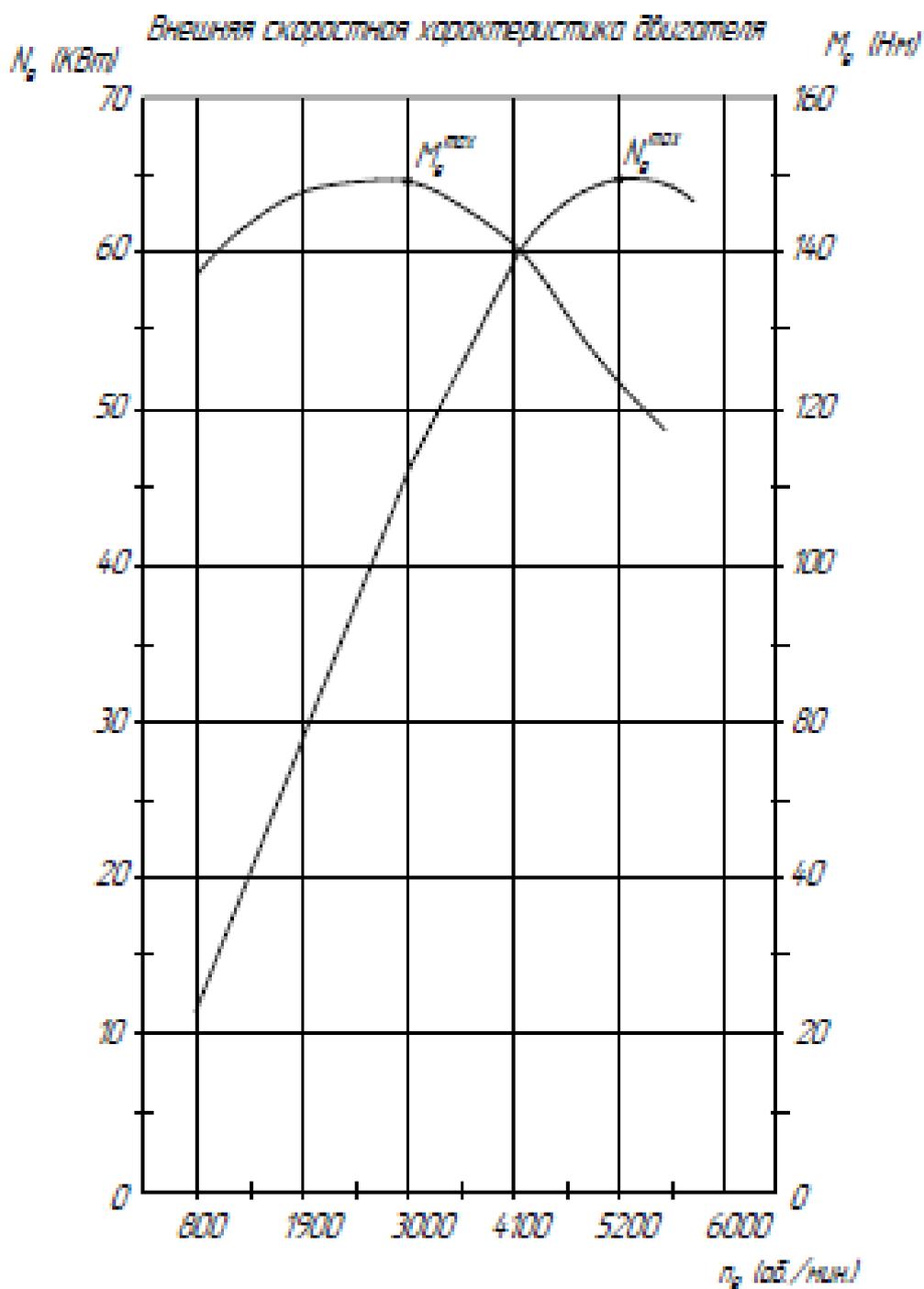


Рисунок А.1 – Внешняя скоростная характеристика

Продолжение Приложения А

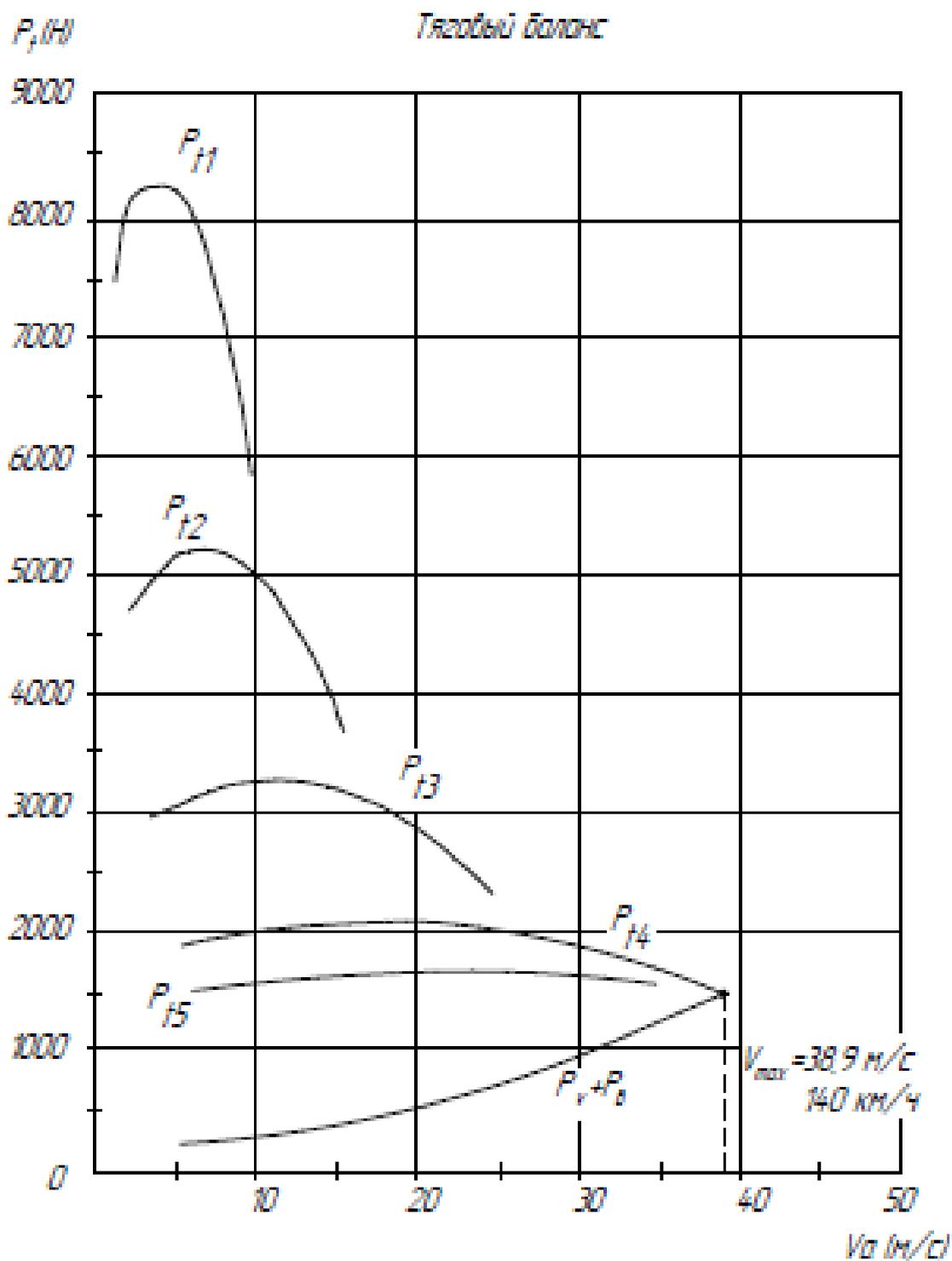


Рисунок А.2 – Тяговый баланс автомобиля

Продолжение Приложения А

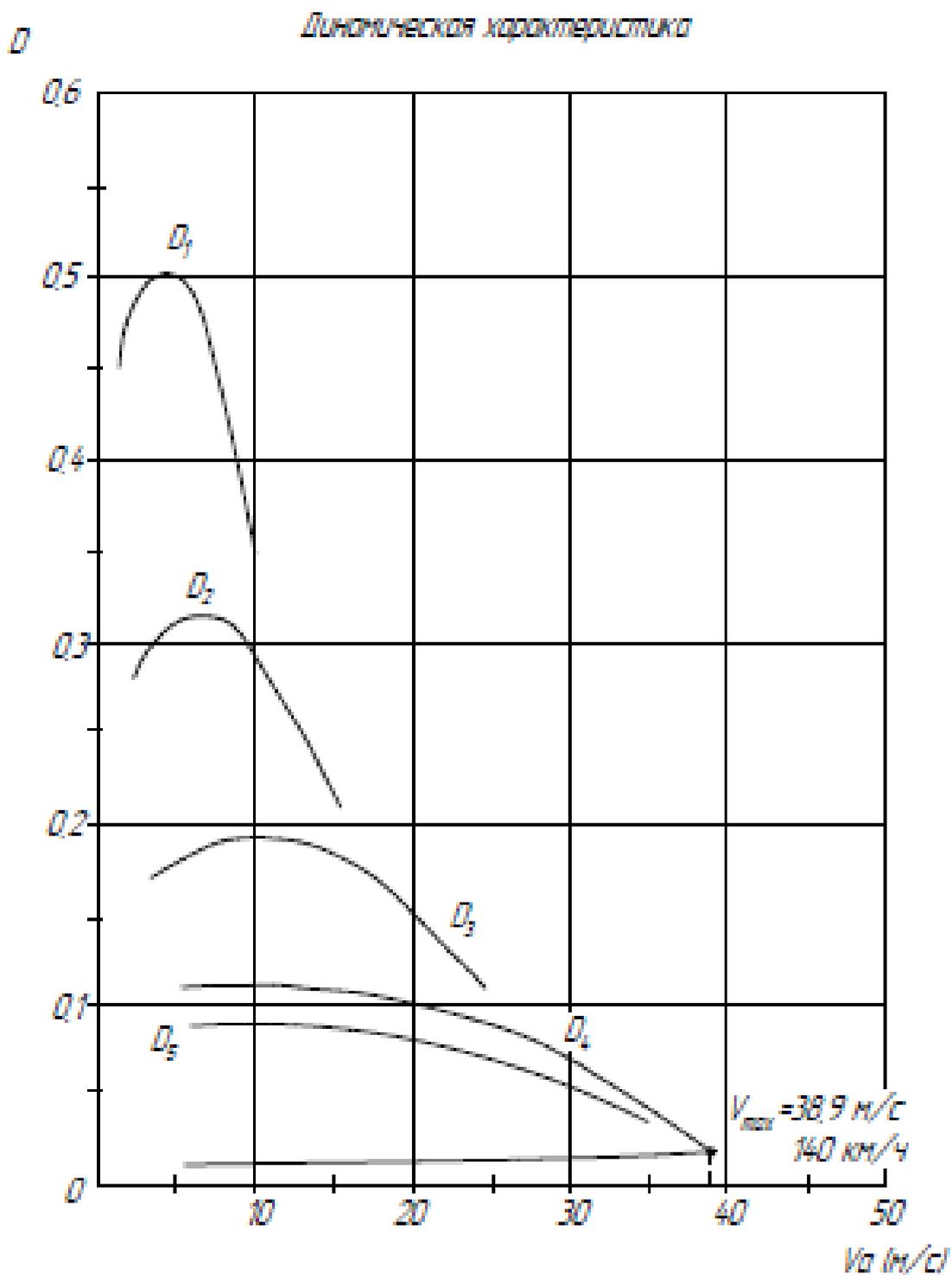


Рисунок А.3 – Динамическая характеристика

Продолжение Приложения А

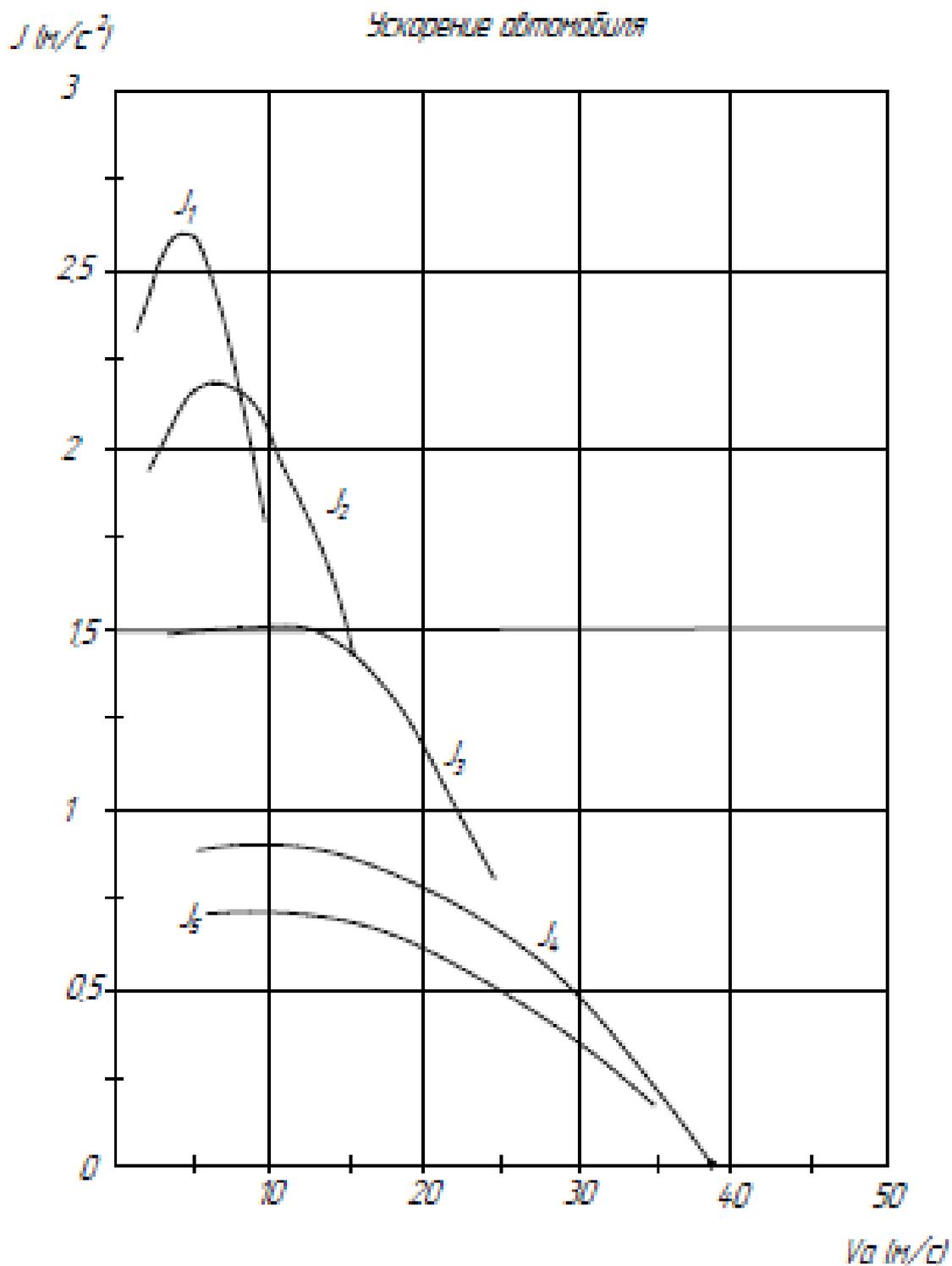


Рисунок А.4 – Ускорения автомобиля

Продолжение Приложения А

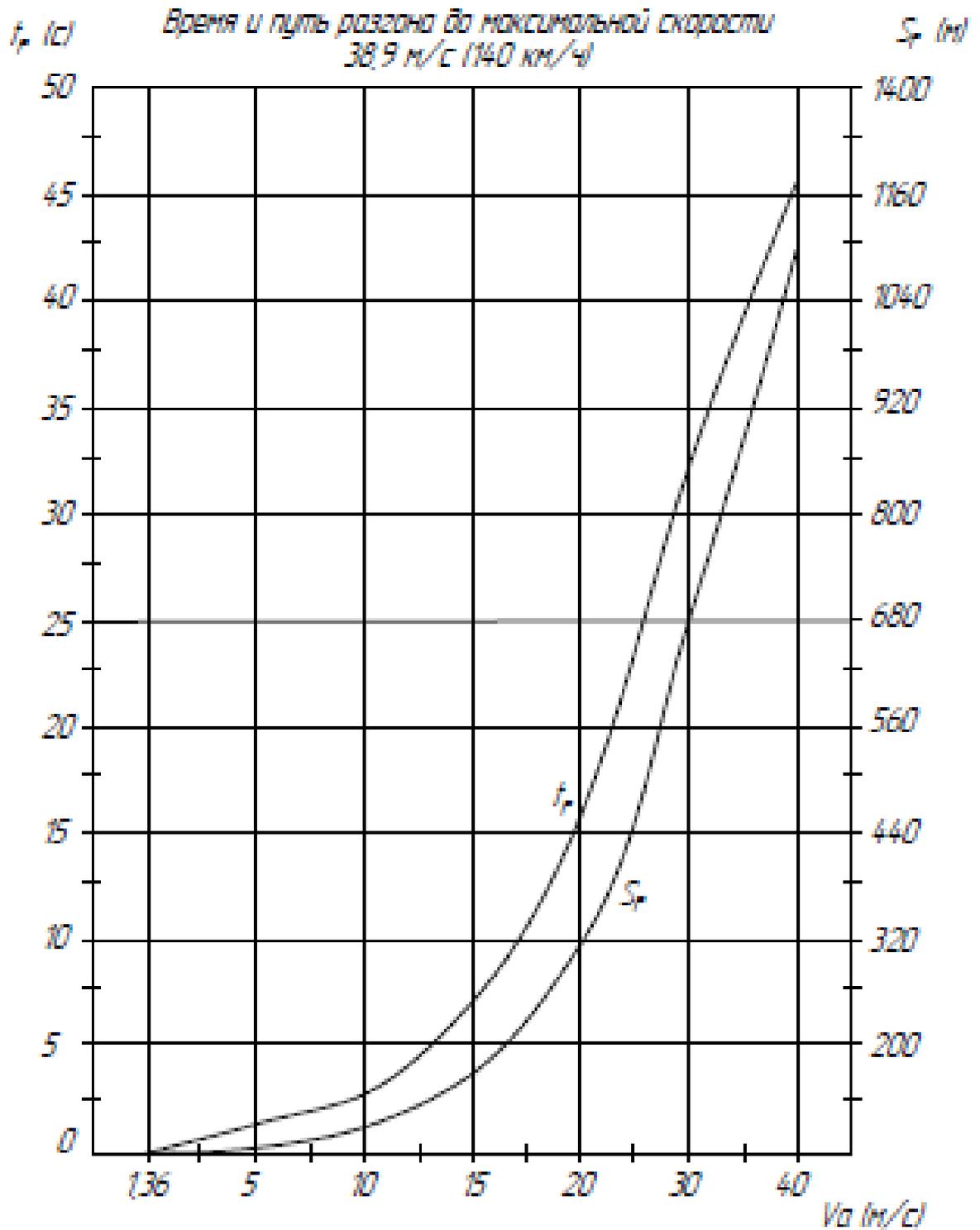


Рисунок А.5 – Время и путь разгона автомобиля

Продолжение Приложения А

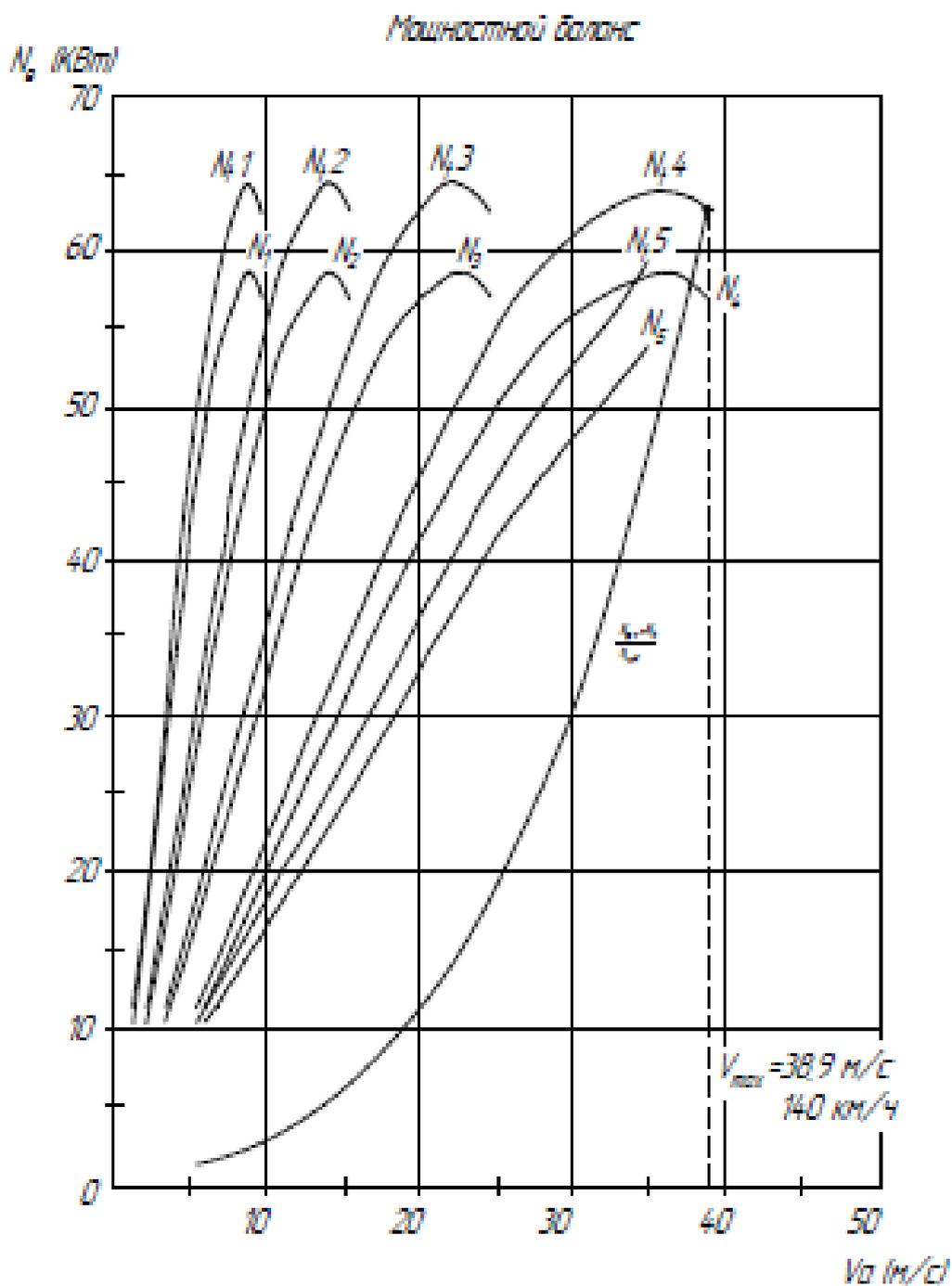


Рисунок А.6 – Мощностной баланс

Продолжение Приложения А

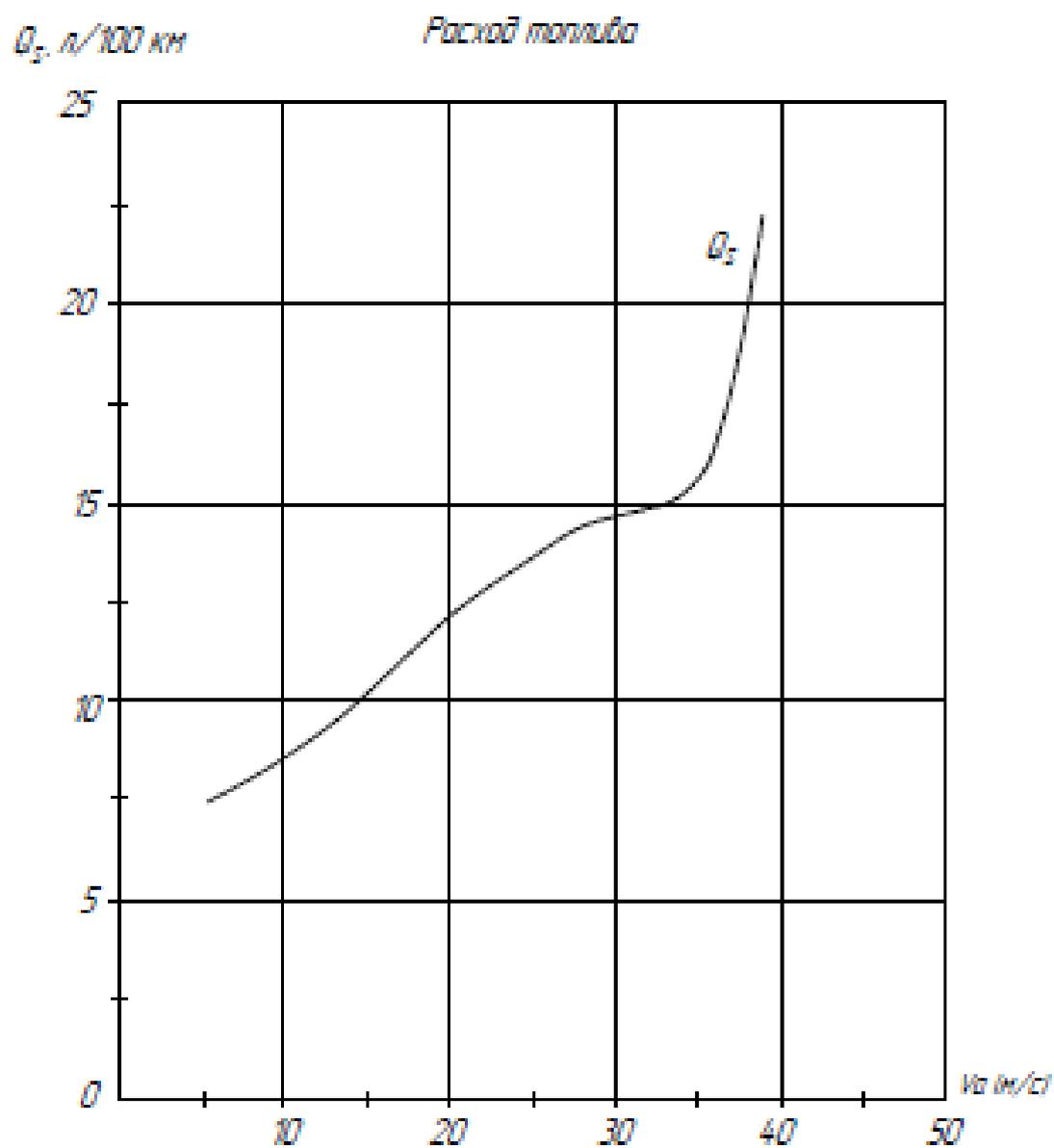


Рисунок А.7 – Топливо-экономическая характеристика