

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 ресурсных испытаний коробок передач
легковых автомобилей

Обучающийся

Н.С. Шевченко

(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 ресурсных испытаний коробок передач легковых автомобилей».

Коробка передач является одним из ключевых компонентов трансмиссии легкового автомобиля, от которой зависят как динамические характеристики транспортного средства, так и его долговечность и надежность. Разработка стенда для ресурсных испытаний коробок передач легковых автомобилей представляет собой актуальную и значимую тему по нескольким причинам:

Современные автомобили должны выдерживать повышенные эксплуатационные нагрузки и обеспечивать длительный срок службы без частых ремонтов. Испытания коробок передач на специализированных стендах позволяют выявить потенциальные слабые места конструкции и материалы, что способствует улучшению их надежности.

В автомобильной промышленности постоянно внедряются новые технологии и материалы, что требует их тщательного тестирования в условиях, максимально приближенных к реальным. Ресурсные испытания на стендах позволяют оценить поведение инновационных решений в долгосрочной перспективе.

Структура дипломного проекта разделена на несколько связанных между собой разделов, а именно: введение, шесть глав, раскрывающих тему дипломного проекта, заключение и список использованных источников информации, включая иностранные. Инженерно-графический раздел выпускной квалификационной работы изложен на 10 листах формата А1.

Целью дипломного проекта «Разработка стенда ресурсных испытаний коробок передач легковых автомобилей» является создание специализированного испытательного стенда, предназначенного для оценки долговечности, надежности и эксплуатационных характеристик коробок передач легковых автомобилей.

Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- исследование существующих нормативных документов и стандартов, регулирующих требования к ресурсным испытаниям коробок передач;
- определение функциональных и технических требований к стенду, включая параметры испытаний, методы измерений и условия эксплуатации;
- разработка конструктивной схемы стенда, включая выбор материалов и компонентов;
- создание 2D-модели стенда и выполнение необходимых инженерных расчетов для обеспечения прочности, надежности и точности испытаний;
- реализация системы автоматического контроля и регистрации параметров испытаний, таких как температура, вибрация, нагрузка и скорость вращения;
- организация производства и сборки отдельных узлов и компонентов стенда;
- составление подробной технической документации по проекту, включая чертежи, схемы, результаты испытаний и методические рекомендации по эксплуатации стенда;

Реализация данной цели позволит создать эффективное и надежное средство для проведения ресурсных испытаний коробок передач легковых автомобилей, что будет способствовать повышению качества и долговечности автомобильных компонентов, а также развитию научно-исследовательской базы в области автомобилестроения.

В связи с вышеуказанными аспектами, тема дипломного проекта «Разработка стенда ресурсных испытаний коробок передач легковых автомобилей» является актуальной и значимой, так как способствует повышению качества и надежности автомобильной продукции, экономической эффективности производства и развитию научно-технического прогресса в области автомобилестроения.

Abstract

The calculation and explanatory note presents a thesis on the topic “Development of a stand for life testing of passenger car gearboxes.”

The gearbox is one of the key components of a passenger car transmission, on which both the dynamic characteristics of the vehicle, as well as its durability and reliability depend. The development of a stand for life testing of passenger car transmissions is a relevant and significant topic for several reasons:

Modern cars must withstand increased operating loads and provide a long service life without frequent repairs. Testing gearboxes on specialized stands allows us to identify potential weak points in the design and materials, which helps improve their reliability.

The automotive industry is constantly introducing new technologies and materials, which requires careful testing under conditions as close to real as possible. Lifetime testing on benches allows us to evaluate the behavior of innovative solutions in the long term.

The structure of the diploma project is divided into several interconnected sections, namely: introduction, six chapters revealing the topic of the diploma project, conclusion and a list of information 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 the diploma project “Development of a life test bench for passenger car gearboxes” is to create a specialized test bench designed to evaluate the durability, reliability and performance characteristics of passenger car gearboxes.

To achieve this goal, the following tasks must be completed:

- study of existing regulatory documents and standards governing the requirements for life tests of gearboxes;
- determination of functional and technical requirements for the stand, including test parameters, measurement methods and operating conditions;

- development of a stand design, including selection of materials and components;
- creating a 2D model of the stand and performing the necessary engineering calculations to ensure strength, reliability and accuracy of tests;
- implementation of a system for automatic control and recording of test parameters, such as temperature, vibration, load and rotation speed;
- organization of production and assembly of individual units and components of the stand;
- drawing up detailed technical documentation for the project, including drawings, diagrams, test results and guidelines for operating the stand;

The implementation of this goal will make it possible to create an effective and reliable means for carrying out life tests of passenger car gearboxes, which will help improve the quality and durability of automotive components, as well as the development of a research base in the field of automotive industry.

In connection with the above aspects, the topic of the diploma project “Development of a stand for life testing of passenger car gearboxes” is relevant and significant, as it helps to improve the quality and reliability of automotive products, the economic efficiency of production and the development of scientific and technological progress in the field of automotive industry.

Содержание

Введение	8
1 Анализ методик проведения испытаний коробок передач и трансмиссий транспортных средств	12
1.1 Анализ конструктивных особенностей и видов агрегатов трансмиссии	12
1.2 Анализ конструкции коробок передач различных типов	18
1.3 Методики проведения ресурсных испытаний коробок передач	24
2 Тяговый расчёт автомобиля	28
2.1 Исходные данные для тягового расчета	28
2.2 Расчет тягово-динамических характеристик автомобиля	28
3 Обзор и анализ конструкций промышленных образцов испытательных стендов агрегатов трансмиссий	47
4 Разработка конструкции стенда для испытаний коробок передач	56
4.1 Техническое задание на стенд для испытания коробок передач транспортных средств	56
4.2 Техническое предложение на стенд для ресурсных испытания коробок передач	58
4.3 Расчет и выбор электродвигателя стенда	67
4.4 Расчет сварного соединения в месте крепления муфты электродвигателя и фланца вала	69
5 Безопасность и экологичность участка механической сборки	72
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технического объекта	72
5.2 Идентификация профессиональных рисков	75
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	76
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	78
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	82
6 Экономический раздел дипломного проекта	84

6.1 Технико-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта	84
6.2 Расчет затрат и экономической эффективности	85
6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции	92
Заключение	96
Список используемой литературы и используемых источников	103
Приложение А Графики тягового расчета	106

Введение

Коробка передач является одним из ключевых компонентов трансмиссии легкового автомобиля, от которой зависят как динамические характеристики транспортного средства, так и его долговечность и надежность. Разработка стенда для ресурсных испытаний коробок передач легковых автомобилей представляет собой актуальную и значимую тему.

Современные автомобили должны выдерживать повышенные эксплуатационные нагрузки и обеспечивать длительный срок службы без частых ремонтов.

Испытания коробок передач на специализированных стендах позволяют выявить потенциальные слабые места в конструкции и узлах коробки передач, что способствует повышению надежности агрегата. В автомобильной промышленности постоянно внедряются новые технологические процессы, используются новые материалы или комбинации материалов, не использовавшихся ранее, что требует более тщательного тестирования в условиях, максимально приближенных к реальным. Ресурсные испытания на специализированных стендах помогают оценить эксплуатационные характеристики коробки передач в долгосрочной перспективе.

«Преждевременные поломки коробок передач приводят к значительным затратам на гарантийное обслуживание и ремонты. Проведение ресурсных испытаний позволяет производителям снижать эти риски, что в конечном итоге уменьшает эксплуатационные затраты и повышает удовлетворенность клиентов. Разработка и производство коробок передач должны соответствовать национальным и международным стандартам качества и безопасности. Специализированные стенды для ресурсных испытаний помогают производителям выполнять эти требования, обеспечивая соответствие продукции установленным нормативам.» [23]

Качество и надежность автомобильных компонентов напрямую влияют на конкурентоспособность продукции. Испытания на ресурсных стендах

позволяют создавать более надежные агрегаты, что повышает доверие потребителей и конкурентные преимущества производителей на рынке. Разработка новых стендов для испытаний способствует прогрессу в области научных исследований и технических разработок. Также это совершенствует методики испытаний и позволяет разрабатывать более эффективные и точные методы оценки ресурса автомобильных компонентов.

В связи с вышесказанным, тема дипломного проекта «Разработка стенда ресурсных испытаний коробок передач легковых автомобилей» является актуальной и значимой. Она способствует повышению качества и надежности автомобильной продукции, экономической эффективности производства и развитию научно-технического прогресса в автомобилестроении.

При проведении ресурсных испытаний коробок передач легковых автомобилей возникают множество проблем и вызовов, которые необходимо учитывать для получения точных и достоверных результатов. К наиболее типичным проблемам относят следующие:

- испытательные стенды сами подвергаются значительным нагрузкам и износу, что может повлиять на точность результатов испытаний и требует регулярного обслуживания и калибровки;
- датчики и измерительные приборы должны быть высокоточного класса для точной фиксации параметров, таких как температура, вибрация, нагрузка и скорость вращения, а любые отклонения могут привести к ошибкам в интерпретации данных;
- трудность точной имитации реальных условий, включая изменения температуры, влажности, дорожных условий и эксплуатационных режимов, недостаточная точность моделирования может исказить результаты испытаний;
- создание и обслуживание испытательных стендов требует значительных финансовых вложений, включая стоимость оборудования, расходных материалов и энергоносителей;

- ресурсные испытания часто занимают длительное время, что увеличивает затраты на их проведение и может задерживать вывод новых продуктов на рынок;

- потребность в высококвалифицированных специалистах для управления испытательными стендами и анализа данных;

Недостаток опыта и знаний у персонала может привести к ошибкам и неточностям в результатах испытаний. Также при проведении испытаний возникает необходимость скоординированного взаимодействия между различными отделами и специалистами, включая инженеров, технологов и аналитиков. Это может вызывать организационные трудности и задержки.

Анализ большого объема данных, полученных в ходе испытаний, может быть сложным и требует разработки специальных алгоритмов и программного обеспечения для их обработки и интерпретации.

Проведение испытаний может сопровождаться выбросами вредных веществ и высоким уровнем шума, что требует принятия мер по охране окружающей среды и соблюдения экологических норм.

Преодоление этих проблем требует комплексного подхода, включающего совершенствование технологий испытаний, повышение квалификации персонала, улучшение организационных процессов и соблюдение экологических норм.

Решение проблем, связанных с проведением ресурсных испытаний коробок передач, требует комплексного подхода, который включает в себя технические, организационные и методические меры. Вот основные пути решения каждой из проблем:

- регулярное и плановое обслуживание стендов и измерительного оборудования;

- применение износостойких материалов для ключевых компонентов стенда;

- использование высокоточных и калиброванных датчиков для измерения ключевых параметров;

- регулярная проверка и калибровка измерительных приборов;
- внедрение современных систем сбора и обработки данных с минимальными погрешностями;
- разработка сценариев испытаний, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации;
- применение систем управления, которые могут динамически изменять условия испытаний в соответствии с заданными параметрами;
- автоматизация и оптимизация процессов испытаний для сокращения времени и затрат;
- использование компьютерного моделирования и симуляций для предварительного анализа и сокращения объема физических испытаний;
- регулярное обучение и сертификация специалистов, работающих с испытательным оборудованием;
- внедрение систем управления проектами и координации работ, таких как ERP-системы;
- разработка и внедрение стандартов испытаний, согласованных с международными нормами;
- унификация методик и процедур испытаний для обеспечения сопоставимости результатов;
- внедрение программного обеспечения для автоматизированного анализа и интерпретации данных;
- применение энергоэффективных технологий и оборудования для уменьшения потребления энергии и воздействия на окружающую среду.
- применение статистических методов для анализа данных и определения достоверности результатов.

Решению этих проблем посвящена тема дипломного проекта. Комплексный подход к решению этих проблем позволит значительно улучшить качество и точность ресурсных испытаний коробок передач, обеспечив надежность и долговечность автомобильных компонентов.

1 Анализ методик проведения испытаний коробок передач и трансмиссий транспортных средств

1.1 Анализ конструктивных особенностей и видов агрегатов трансмиссии

Коробка передач (трансмиссия) автомобиля – это один из ключевых узлов трансмиссии, который предназначен для изменения передаточного числа между двигателем и ведущими колесами. Она обеспечивает оптимальную работу двигателя, позволяя ему работать в наиболее эффективном диапазоне оборотов, что улучшает экономичность, динамику и управляемость автомобиля.

Коробка передач (КП) позволяет изменять соотношение между оборотами двигателя и скоростью движения автомобиля, обеспечивая эффективное использование мощности двигателя в различных режимах движения.

Коробка передач обеспечивает передачу крутящего момента от двигателя к колесам, что позволяет автомобилю двигаться.

Одна из важных функций коробки передач транспортного средства – обеспечение возможности движения автомобиля задним ходом. Данная функция присутствует на практически всех легковых и грузовых автомобилях. Исключение представляют только мотоциклы и отдельные виды мототехники, где движение задним ходом осуществляется за счет мускульной силы водителя.

Коробка передач позволяет отключать двигатель от колес в нейтральном положении на длительное время, что необходимо для запуска двигателя и остановки автомобиля без остановки двигателя.

«Изменение крутящего момента на ведущих колесах и скорости движения автомобиля осуществляется путем увеличения или уменьшения

передаточного числа коробки передач, представляющего собой отношение скорости вращения ведущего вала к скорости вращения ведомого вала.

Наличие коробки передач в трансмиссии позволяет повысить тягово-скоростные свойства, топливную экономичность и проходимость автомобиля.» [1]

На современных транспортных средствах устанавливается несколько типов коробок передач.

Механическая коробка передач (МКПП) состоит из валов (входной, промежуточный, выходной), зубчатых колес, синхронизаторов и рычага переключения передач. Водитель вручную выбирает передачу, изменяя положение зубчатых колес на валах. Преимуществом данного типа КП является простота конструкции, низкая стоимость, высокий КПД. К недостаткам обычно относят требование наличия навыков управления, меньший комфорт при вождении.

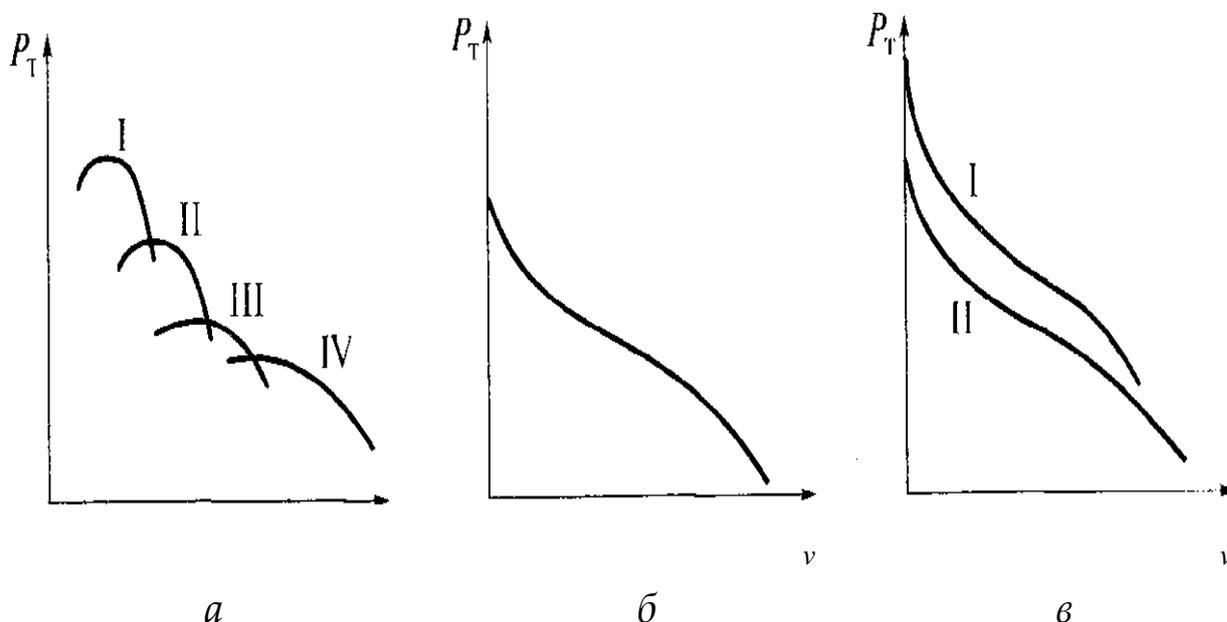
Автоматическая коробка передач (АКПП) состоит из гидротрансформатора, планетарных рядов шестерен, многодисковых муфт и гидравлической системы управления. АКПП автоматически выбирает передачу в зависимости от скорости автомобиля, оборотов двигателя и нагрузки. Преимуществом данного типа КП является удобство в управлении, плавное переключение передач. К недостаткам обычно относят сложность конструкции, высокую стоимость и меньший КПД по сравнению с МКПП.

Роботизированная коробка передач (РКПП) представляет собой механическую коробку передач с автоматизированным управлением сцеплением и переключением передач. Система управления РКПП автоматически выбирает и включает передачи. Преимуществом такого типа коробки передач является совмещение преимуществ МКПП и АКПП, улучшенная экономичность. К недостаткам РКПП относят сложность конструкции и возможные задержки при переключении передач.

Вариатор (CVT) состоит из двух шкивов с изменяемым диаметром и металлического ремня или цепи. Обеспечивает плавное и бесступенчатое

изменение передаточного числа. Преимуществами вариатора являются плавное ускорение, высокая экономичность.

Недостатки вариаторной коробки передач – это ограничения по мощности и крутящему моменту, высокая стоимость ремонта.



I...IV — передачи; P_T — тяговая сила на ведущих колесах автомобиля;
 v — скорость автомобиля

Рисунок 1 – Тяговые характеристики автомобилей со ступенчатой (а), бесступенчатой (б) и гидромеханической (в) коробками передач

«Изменение тяговой силы на ведущих колесах демонстрирует тяговая характеристика автомобиля (рисунок 1) — зависимость тяговой силы P_T от скорости движения v на различных передачах.

В ступенчатых коробках передач передаточное число изменяется ступенчато, и тяговая сила на ведущих колесах автомобиля также изменяется ступенчато (рисунок 1, а). В бесступенчатых коробках передач передаточное число и тяговая сила на ведущих колесах изменяются плавно (рисунок 1, б), а при гидромеханических коробках передач — и плавно, и ступенчато (рисунок 1, в).» [5]

«В неавтоматических коробках передач переключение передач осуществляется водителем вручную при помощи рычага переключения, расположенного на коробке передач или на рулевой колонке. В полуавтоматических коробках передач выбор необходимой передачи осуществляется водителем, а включение передачи производится автоматически. В автоматических коробках передач переключение передач происходит автоматически без участия водителя и в зависимости от условий движения.» [2]

«На большинстве легковых и грузовых автомобилей применяются ступенчатые коробки передач, все большее распространение в настоящее время на легковых автомобилях и автобусах получают гидромеханические коробки передач, состоящие из гидротрансформатора и ступенчатой механической коробки передач.

Требования к коробке передач. К коробке передач предъявляются специальные требования, в соответствии с которыми она должна обеспечивать:

- оптимальные тягово-скоростные свойства и топливную экономичность автомобиля;
- бесшумность при работе и переключении передач;
- легкость и удобство управления;
- высокий КПД;
- возможность отбора мощности для привода дополнительного оборудования.» [6]

«Оптимальные тягово-скоростные свойства и топливная экономичность. Необходимые тягово-скоростные свойства и топливная экономичность автомобиля, оптимальные для заданных условий эксплуатации, достигаются путем правильного выбора в коробке передач числа передач, диапазона передаточных чисел и соотношения (плотности ряда) передаточных чисел промежуточных передач.

Число передач в коробках передач составляет 4...5 для легковых автомобилей и автобусов малой вместимости, грузовых автомобилей малой и средней грузоподъемности и 6... 16 для грузовых автомобилей большой грузоподъемности и высокой проходимости.» [2]

«У автомобилей-тягачей, работающих с прицепами и полуприцепами, используются многоступенчатые коробки передач, число которых может составлять 8...24.

Увеличение числа передач достигается установкой совместно с основной коробкой передач дополнительной, обычно двухступенчатой, коробки передач (делителя, демультипликатора). В этом случае общее число передач равно произведению числа передач основной коробки на число передач дополнительной коробки.

Бесшумность при работе и переключении передач. Уровень шума, создаваемого коробкой передач при работе, зависит от качества, точности изготовления и типа зацепления шестерен. Большую часть шестерен выполняют косозубыми.» [1]

«Косозубые шестерни создают меньший уровень шума. Эти шестерни обладают большей прочностью и долговечнее, чем прямозубые шестерни. Однако косозубые шестерни более сложные в изготовлении и при их работе возникают осевые силы, дополнительно нагружающие подшипники валов коробки передач.

Легкость и удобство управления. Легкое и удобное управление коробкой передач зависит от ее конструкции, способа переключения передач и конструкции привода управления, который может быть механическим, электрическим, пневматическим.

Легкость управления коробкой передач характеризуют усилие, прилагаемое к рычагу переключения передач, и сложность выполнения переключения передач. Переключение передач должно быть простым и не требовать затраты физических усилий.» [6]

«Удобство управления коробкой передач обеспечивается применением синхронизаторов, расположением рычага переключения передач вблизи рулевого колеса и автоматизацией (частичной или полной) управления передачами.» [2]

«В коробках передач применяются инерционные синхронизаторы (с блокировкой). Эти синхронизаторы не допускают включения передач до выравнивания угловых скоростей вращения соединяемых деталей, существенно облегчая работу водителя. Однако синхронизаторы усложняют конструкцию коробки передач, увеличивают ее массу и размеры.

Расположение рычага переключения передач вблизи рулевого колеса удобно не только для управления коробкой передач, но также и для посадки пассажиров. Полная автоматизация управления для ступенчатых коробок передач не применяется, а частичная применяется редко.

КПД коробки передач. На значение КПД ступенчатой коробки передач существенно влияет правильный выбор кинематической схемы коробки передач. От кинематической схемы зависит число пар шестерен, находящихся в зацеплении при передаче крутящего момента, скорость вращения, передаваемая мощность, эффективность смазывания, точность изготовления шестерен, других деталей и картера коробки передач.

Величина КПД также зависит от потерь мощности на трение в коробке передач. Эти потери могут быть механическими и гидравлическими.» [2]

«Механические – потери на трение между зубьями шестерен, в подшипниках и манжетах, а гидравлические – потери на перемешивание масла в коробке передач. Первые зависят главным образом от качества обработки поверхностей сопрягаемых деталей, а вторые – от вязкости и уровня масла в коробке передач, а также от скорости вращения шестерен.

При работе на высшей передаче КПД коробки передач равен 0,98...0,99, а на других передачах – 0,95...0,97.

КПД может служить оценочным параметром уровня шума, создаваемого при работе коробкой передач, так как шум всегда связан с потерей энергии.

Чем меньше значение КПД коробки передач, тем она более шумная при работе.» [6]

«Ступенчатая коробка передач представляет собой зубчатый (шестеренный) механизм, в котором изменение передаточного числа происходит ступенчато.

Передаточные числа ступенчатой коробки передач на всех передачах, кроме высшей, больше единицы ($w_k > 1$). При включении этих передач уменьшается скорость вращения ведомого (вторичного) вала коробки передач и почти во столько же раз увеличивается передаваемый крутящий момент двигателя.

Высшая передача в ступенчатых коробках передач может быть прямой ($i_k = 1$) или повышающей ($i_k < 1$). При повышающей передаче снижается частота вращения коленчатого вала двигателя на 10...20 %, повышается долговечность деталей коробки передач и уменьшается расход топлива при движении с той же скоростью что и на прямой передаче.» [2]

1.2 Анализ конструкции коробок передач различных типов

Основными конструктивными компонентами коробок передач являются следующие элементы:

- Корпус, по сути, представляющий собой защитный кожух, внутри которого размещены все механизмы коробки передач. Обеспечивает их защиту от внешних воздействий и удерживает смазку.
- Первичный вал, это узел коробки передач, который передает крутящий момент от двигателя к коробке передач.
- Промежуточный вал, это промежуточное звено между входным и выходным валами, на котором размещены зубчатые колеса разных передач.
- Ведущий вал передает крутящий момент от коробки передач к ведущим колесам через приводные валы.
- Зубчатые колеса (шестерни), это основные элементы,

обеспечивающие изменение передаточного числа. Разные комбинации зубчатых колес обеспечивают различные передаточные числа.

- Синхронизаторы обеспечивают плавное и безударное переключение передач, уравнивая скорость вращения зубчатых колес и валов.

- Муфты переключения передач соединяют и разъединяют зубчатые колеса с валами, обеспечивая включение нужной передачи.

- Рычаг переключения передач управляется водителем и через систему тяг и рычагов передает усилие на муфты и синхронизаторы для переключения передач.

Основными типами конструкции коробок передач считаются двух- и трехвальные коробки передач. Трехвальные коробки применяются на автотранспортных средствах с приводом на колеса задней оси, на современных транспортных средствах такие коробки передач чаще всего можно встретить на полноприводных легковых автомобилях, коммерческом транспорте и грузовых автомобилях. Двухвальные коробки передач представлены в наиболее массовом сегменте автомобилей.

«Двухвальные коробки передач применяются на переднеприводных легковых автомобилях малого класса и заднеприводных легковых автомобилях с задним расположением двигателя. Число передач таких коробок составляет 4... 5. Высшая передача в двухвальных коробках часто бывает повышающей, а большинство передач синхронизировано.

Трехвальные коробки передач устанавливаются на заднеприводных легковых автомобилях с передним расположением двигателя, на грузовых автомобилях малой и средней грузоподъемности и на автобусах. Число передач в этих коробках — не менее 4 для легковых автомобилей и грузовых автомобилей малой грузоподъемности и 4 ,6 для грузовых автомобилей средней грузоподъемности.» [6]

«Многовальные коробки передач применяются на грузовых автомобилях большой грузоподъемности с целью увеличения числа передач. Чем больше число передач в коробке передач, тем лучше используется

мощность двигателя и выше тягово-скоростные свойства, и топливная экономичность автомобиля. Однако при этом усложняется конструкция коробки передач и затрудняется выбор передачи, оптимальной для данных условий движения. В многовальных коробках передач число передач может быть от 8 до 24.

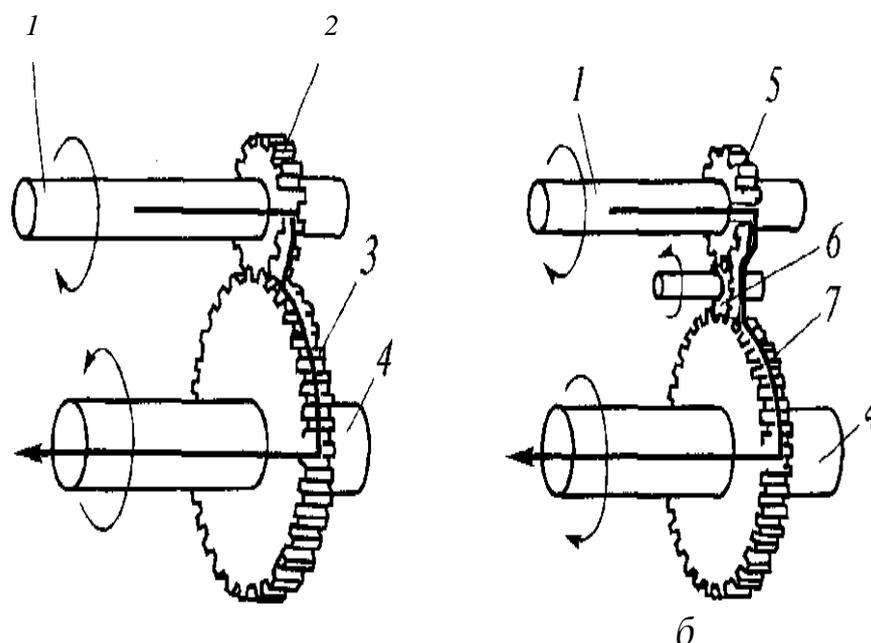
В связи с этим многовальные многоступенчатые коробки передач наибольшее применение получили на автомобилях-тягачах, работающих с прицепами и полуприцепами.» [2]

«Переключение передач в большинстве ступенчатых коробок передач выполняется водителем. Однако в последнее время появились конструкции ступенчатых коробок передач, в которых переключение передач автоматизировано на основе применения микропроцессорной техники.

Двухвальные коробки передач применяются в переднеприводных и заднеприводных (с задним расположением двигателя) легковых автомобилях. Эти коробки просты по конструкции, имеют небольшую массу и высокий КПД. Конструктивно они объединены в одном блоке с двигателем, сцеплением, главной передачей и дифференциалом.

Конструкция двухвальной коробки передач во многом зависит от того, какое расположение на автомобиле имеют двигатель и коробка передач — продольное или поперечное. При поперечном расположении коробки передач применяется цилиндрическая главная передача и дистанционный привод переключения передач. При продольном расположении — коническая или гипоидная главная передача и непосредственный привод переключения передач в двухвальной коробке передач на любой передаче, кроме заднего хода, крутящий момент двигателя передается двумя шестернями 2 и 3 (рисунок 2) непосредственно с первичного вала на вторичный вал 4, который соединен с ведущими колесами автомобиля. Движение автомобиля задним ходом обеспечивается промежуточной шестерней 6, которая вводится в зацепление между шестернями 5 и 7.» [1]

В результате этого вторичный вал коробки передач вращается в сторону, противоположную вращению первичного вала 7.



а - движение вперед; *б* - движение задним ходом;
7 - первичный вал; 2, 3, 5, 6, 7 - шестерни; 4 - вторичный вал

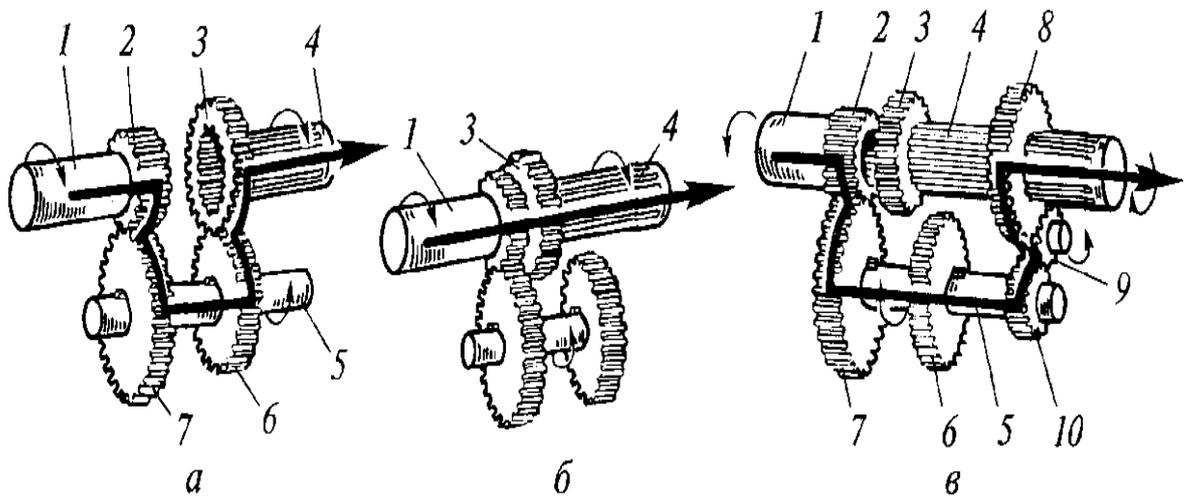
Рисунок 2 - Схема работы двухвальной коробки передач

«Трехвальные коробки передач. Наибольшее распространение на легковых и грузовых автомобилях и автобусах получили трехвальные коробки передач. Эти коробки передач имеют три вала — первичный (ведущий), вторичный (ведомый) и промежуточный, на которых установлены шестерни различных передач. Отличительной особенностью трехвальных коробок передач является наличие прямой передачи с передаточным числом $i_k = 1$, на которой первичный и вторичный валы соединяются напрямую. На этой передаче автомобиль движется большую часть времени.

На прямой передаче КПД трехвальной коробки передач больше, чем двухвальной, и коробка передач работает менее шумно. На остальных передачах, кроме заднего хода, в трехвальной коробке передач в зацеплении

находятся две пары шестерен, что несколько снижает КПД коробки, но позволяет иметь на первой передаче большое передаточное число.» [2]

«В трехвальной коробке передач (рисунок 1.3) на любой передаче, кроме прямой и заднего хода, крутящий момент двигателя с первичного вала 7 передается через шестерни 2 и 7 постоянного зацепления, промежуточный вал 5 и шестерни 6 и 1 на вторичный вал 4, соединенный с ведущими колесами автомобиля. При этом крутящий момент на промежуточном валу 5 больше крутящего момента на первичном валу 7, так как диаметр и число зубьев шестерни 7 больше, чем у шестерни 2. В то же время крутящий момент на вторичном валу 4 будет больше, чем на промежуточном валу 5.» [2]



а, б — движение вперед; *в* — движение задним ходом; *1* — первичный вал; 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10 — шестерни; 4 — вторичный вал; 5 — промежуточный вал

Рисунок 3 – Схема работы трехвальной коробки передач

«При включении прямой передачи крутящий момент передается непосредственно с первичного вала 7 на вторичный вал 4. При включении передачи заднего хода промежуточная шестерня 9 вводится в зацепление между шестернями 8 и 10. Вследствие этого вторичный вал 4 коробки передач вращается в сторону, противоположную вращению первичного вала 7, и обеспечивается движение автомобиля задним ходом.

Конструкция трехвальной коробки передач и число ее передач во многом зависит от типа автомобиля. Однако широкое применение получили четырех- и пятиступенчатые коробки передач на легковых и грузовых автомобилях и автобусах.» [6]

«Многовальные коробки передач применяются для получения большого числа передач — от 8 до 24. Они представляют собой четырех-, пяти- или шестиступенчатые трехвальные коробки передач со встроенными или совмещенными дополнительными коробками передач (редукторами). При этом дополнительная коробка передач может быть повышающей или понижающей.

Повышающая коробка передач называется делителем или мультипликатором. Делитель устанавливается перед коробкой передач и увеличивает число передач в два раза. Обычно он имеет две передачи — прямую с передаточным числом $u_d = 1$ и повышающую с передаточным числом $u_d < 1$. Делитель не увеличивает передаточные числа коробки передачи, а только уменьшает разрыв между передаточными числами соседних передач, увеличивая на 20... 25 % диапазон передач.

Понижающая коробка передач называется демумльтипликатором. Демумльтипликатор устанавливается за коробкой передач. Он имеет две или три передачи — прямую $s_d = 1$ и понижающие $s_d > 1$. Демумльтипликатор увеличивает число передач в 2 — 3 раза и передаточные числа коробки передач, значительно расширяя их диапазон.

Многовальные коробки передач используются на автомобилях большой грузоподъемности, а также на автомобилях-тягачах, работающих с прицепами и полуприцепами.» [6]

1.3 Методики проведения ресурсных испытаний коробок передач

Ресурсные испытания коробок передач предназначены для оценки их долговечности, надежности и эксплуатационных характеристик в условиях, максимально приближенных к реальным. Эти испытания позволяют выявить возможные дефекты конструкции, оценить качество материалов и прогнозировать срок службы узла. Основные методики проведения ресурсных испытаний коробок передач включают следующие этапы.

Подготовительный этап включает в себя работы по разработке программы испытаний, подготовку образцов, и настройку испытательного стенда в соответствии с программой испытаний:

- определение целей и задач испытаний;
- разработка тестовых сценариев, включающих различные режимы работы коробки передач;
- установление критериев оценки результатов испытаний;
- выбор и подготовка коробок передач для испытаний;
- проверка технического состояния образцов перед началом испытаний;
- подготовка испытательного стенда;
- калибровка датчиков и измерительных приборов.

Проведение испытаний коробки передач также имеет разновидности, проведение каждого из них производится по своей методике. Различают следующие разновидности производимых испытаний: механические, гидравлические и смазочные испытания, акустические испытания, электронные испытания. Каждый из упомянутых видов испытаний обладает собственной методикой и проводится по отдельной программе. Рассмотрим каждый из видов испытаний в отдельности.

Механические испытания включают следующие программы проведения испытаний.

1. Циклические испытания. При этой программе, коробка передач подвергается циклическим нагрузкам, имитирующим реальные условия эксплуатации (разгон, торможение, переключение передач). Эти циклы повторяются множество раз для оценки износа и долговечности компонентов.

2. Нагрузочные испытания. При этой программе, применяются максимальные и переменные нагрузки на коробку передач для оценки ее прочности и устойчивости к пиковым нагрузкам. Испытания также имеют циклический характер проведения.

3. Температурные испытания. При этой программе испытаний производится проверка работы коробки передач при различных температурах (как высоких, так и низких) для оценки влияния температурных режимов на ее характеристики.

Гидравлические и смазочные испытания включают следующие программы проведения испытаний.

1. Испытания на герметичность. При этой программе производится проверка системы смазки и гидравлических систем на утечки и надежность уплотнений.

2. Смазочные испытания. При этой программе производится оценка эффективности работы системы смазки, включая проверку качества и состояния смазочных материалов в процессе эксплуатации.

Акустические испытания проводятся с целью установления допустимого уровня шума агрегата при работе. Акустические испытания включают следующие программы испытаний.

1. Шумовые испытания. При шумовых испытаниях производится измерение уровня шума и вибраций, генерируемых коробкой передач в различных режимах работы, для оценки комфорта и идентификации потенциальных проблемных узлов.

2. Виброиспытания. В этой программе производится измерение величины низкочастотных вибраций, возникающих при работе коробки передач.

Электронные испытания (для современных коробок передач с электронным управлением) применяются для тек КП, в конструкции которых используются электронные блоки управления. Проверка работы электронных систем управления, включая тестирование программного обеспечения и электронных компонентов в различных режимах эксплуатации.

На основании отчета принимаются решения о необходимости доработок конструкции, изменении технологических процессов или материалов.

Для проведения испытаний применяются испытательные стенды, имитирующие реальные условия эксплуатации (например, динамические стенды, воспроизводящие реальные дорожные условия и режимы работы). Применение компьютерных симуляций для предварительного анализа и прогнозирования поведения коробки передач под нагрузкой.

Использование методов ускоренного старения и ускоренных испытаний для быстрой оценки долговечности и надежности коробки передач также находит свое применение в различных методиках проведения испытаний.

В результате проведенного анализа методик проведения испытаний коробок передач и трансмиссий транспортных средств можно сделать следующие выводы:

Для полноценной оценки эксплуатационных характеристик и долговечности коробок передач необходимо применять комплексный подход, включающий различные виды испытаний: механические, температурные, гидравлические, смазочные, акустические и электронные. Циклические и нагрузочные испытания являются ключевыми для определения ресурса и надежности коробок передач. Они имитируют реальные условия эксплуатации и позволяют выявить потенциальные проблемы, связанные с износом и усталостью материалов. Влияние температурных режимов на работу коробки передач критически важно, так как экстремальные температуры могут значительно снизить эксплуатационные характеристики и ускорить износ компонентов. Температурные испытания обеспечивают оценку устойчивости трансмиссии к различным температурным условиям. Испытания на

герметичность и эффективность системы смазки необходимы для обеспечения длительного и надежного функционирования коробки передач. Недостаточная смазка или утечки могут привести к значительным повреждениям и снижению срока службы трансмиссии. Акустические испытания помогают выявить источники шума и вибраций, которые могут указывать на наличие проблем в конструкции или сборке коробки передач. Это важно для повышения комфорта водителя и пассажиров, а также для предотвращения возможных повреждений. Современные коробки передач часто оснащены электронными системами управления, которые требуют отдельного тестирования. Надежность и корректность работы этих систем критически важны для общей производительности и безопасности транспортного средства.

Существует необходимость в стандартизации методик испытаний для обеспечения сопоставимости результатов и повышения точности оценок. Единые стандарты помогут унифицировать подходы к испытаниям и улучшить качество и надежность получаемых данных. Компьютерное моделирование и симуляции становятся все более важным инструментом для предварительного анализа и оптимизации конструкции коробок передач. Это позволяет сократить время и затраты на физические испытания, а также улучшить их эффективность. Внедрение автоматизированных систем сбора и анализа данных, а также использование технологий больших данных и искусственного интеллекта позволяют повысить точность и надежность испытаний, сократить влияние человеческого фактора и ускорить процесс анализа результатов. Анализ существующих методик проведения испытаний коробок передач и трансмиссий показал, что для достижения наилучших результатов необходимо применять интегрированный подход, сочетающий различные виды испытаний и современные технологии. Это позволит обеспечить высокое качество и надежность продукции, что особенно важно в условиях постоянно растущих требований к транспортным средствам.

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.

Поскольку в рамках дипломного проекта предполагается проведение испытаний коробок передач, используемых в легковых автомобилях, относящихся к наиболее массовым, в данном разделе выполним тяговый расчет легкового автомобиля. В качестве такого транспортного средства, принимает легковой автомобиль класса В+, снаряженной массой 1250 кг. автомобили данного типа широко представлены в таксопарках, чьи эксплуатационные режимы предполагают наиболее сильные нагрузки на узлы и предъявляет повышенные требования к качеству проводимых ремонтных работ. Окончательно принимаем следующие характеристики рассчитываемого транспортного средства:» [3], [16]

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:

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

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

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

m_6 – масса багажа из расчета на одного пассажира: $m_6 = 21$ кг;

$n_{п}$ – количество пассажиров, включая водителя: $n_{п} = 5$ 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:

$$G_2 = \frac{m_a \cdot 45 \cdot g}{100} = \frac{1560 \cdot 45 \cdot 9,81}{100} = 6887 \text{ Н} \quad (4)$$

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

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

$$F_2 = \frac{G_1}{n} = \frac{6887}{2} = 3443,5H \quad (6)$$

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 165/80R15.

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

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

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

«где $k_{ш}$ – Н/В (Н и В – высота и ширина профиля): для шины 165/80R15 $k_{ш} = 0,8$;

$$B = 165 \text{ мм};$$

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

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

Определяем радиус качения колеса:

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

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

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

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

$B_{\Gamma} = 0.160$ м;

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

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

n – максимальное число колес одного моста автомобиля: при однокатных 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:

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

«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]

$$P_{BV_{\max}} = P_{V_{\max}} \cdot \left[a * \left(\frac{n_{eV_{\max}}}{n_p} \right) + b * \left(\frac{n_{eV_{\max}}}{n_p} \right)^2 + c * \left(\frac{n_{eV_{\max}}}{n_p} \right)^3 \right] = \quad (14)$$

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

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

n_p – обороты коленчатого вала двигателя при максимальной мощности:

$n_p = 5100$ об/мин;

a, b, c – эмпирические коэффициенты.» [2], [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_{ω} – коэффициент приспособляемости по частоте вращения.

«Коэффициенты приспособляемости рассчитываем по стендовым параметрам двигателя:

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

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

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

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

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

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:

$$n_{\epsilon V \max} = \frac{30 * U_o * U_{EI} * V_{\max}}{3,6 * \pi * r_k} = \frac{30 * 3,9 * 0,857 * 167}{3,6 * 3,14 * 0,365} = 4833,042 \quad (22)$$

«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]

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

«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 ψ_{\max} , не буксовал при трогании с места, и мог двигаться с устойчивой минимальной скоростью. Для заданной модели автомобиля $U_1 = 2,75$. Максимальное сопротивление дороги для легковых автомобилей должно находиться в пределах $\psi_{\max} = 0,30 \dots 0,50$

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

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

«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]

«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:

$$M_B = \frac{30 * 10^3}{\pi * n_{\epsilon}} * P_{\epsilon} \quad (31)$$

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

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

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

Далее расчеты производим аналогично

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

Результаты расчетов заносим в таблицу 2

Таблица 2 – Результаты расчетов внешней скоростной характеристики

п, об/мин	P_{Bv} , кВт	P_{B}^{cm} , кВт	M_B , Н·м	M_{B}^{cm} , Н·м
600	7.3	7.68	116.24	122.36
800	9.9	10.42	118.23	124.45
1000	12.9	13.57	123.25	129.79
1200	16.2	17.05	128.98	135.77
1400	19.5	20.52	133.08	140.08
1600	23	24.21	137.34	144.57
1800	26.5	27.89	140.66	148.06
2000	30.1	31.68	143.79	151.36
2200	33.8	35.58	146.79	154.56
2400	37.4	39.37	148.89	156.73
2600	40.8	42.95	149.93	157.82
2800	44.1	46.42	150.48	158.4
3000	47.4	49.89	150.96	158.91
3200	50.4	53.05	150.48	158.4
3400	53.2	56	149.49	157.36
3600	55.8	58.74	148.09	155.88
3800	58	61.1	145.83	153.51
4000	60	63.16	143.31	150.85
4200	61.6	64.84	140.13	147.51

Продолжение таблицы 2

п, об/мин	P_{BV} , кВт	P_{B}^{cm} , кВт	M_B , Н·м	M_B^{cm} , Н·м
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).

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.

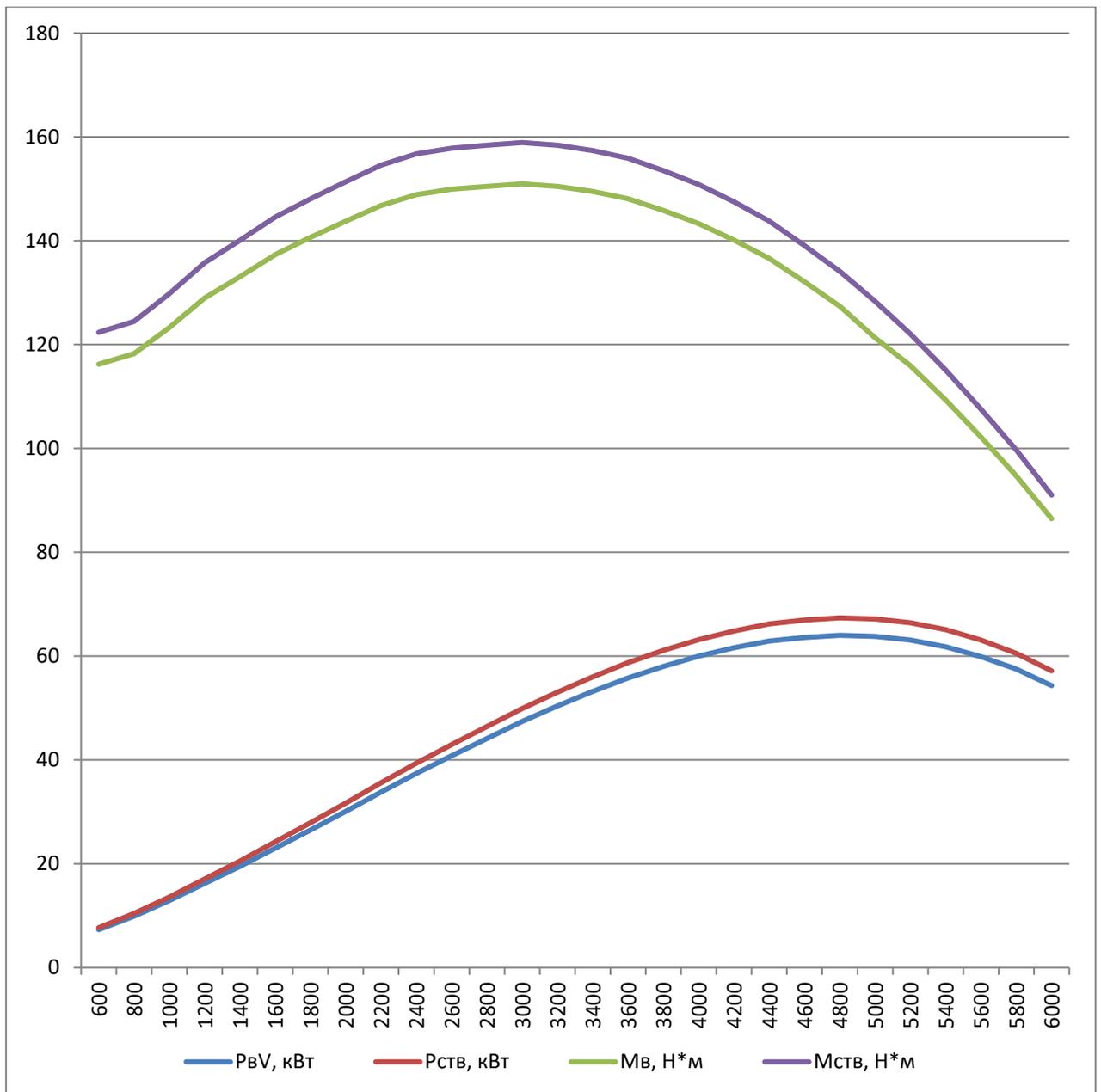


Рисунок 4 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

«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_{emin} до n_{emax} 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]

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

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

Продолжение таблицы 3

n, об/мин	1-я передача		2-я передача		3-я передача		4-я передача		5-я передача	
	V ₁ , км/ч	F _{к1} , Н	V ₂ , км/ч	F _{к2} , Н	V ₃ , км/ч	F _{к3} , Н	V ₄ , км/ч	F _{к4} , Н	V ₅ , км/ч	F _{к5} , Н
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 _a , км/ч	F _f , Н	F _B , Н	F _f + F _B , Н
0	18,36	0	18,36
10	18,43	5,78	24,21
20	18,62	23,11	41,73
30	18,95	52	70,95
40	19,42	94,44	113,86
50	20,01	144,44	164,45
60	20,74	208	228,74
70	21,6	283,11	304,71
80	22,59	369,78	392,37
90	23,71	468	491,71
100	24,97	577,78	602,75
110	26,36	699,11	725,47
120	27,88	832	859,88
130	29,53	976,44	1005,97
140	31,31	1132,44	1163,75
150	33,23	1300	1333,23
160	35,28	1479,11	1514,39
170	37,46	1669,11	1706,57
180	39,78	1872	1911,78
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).

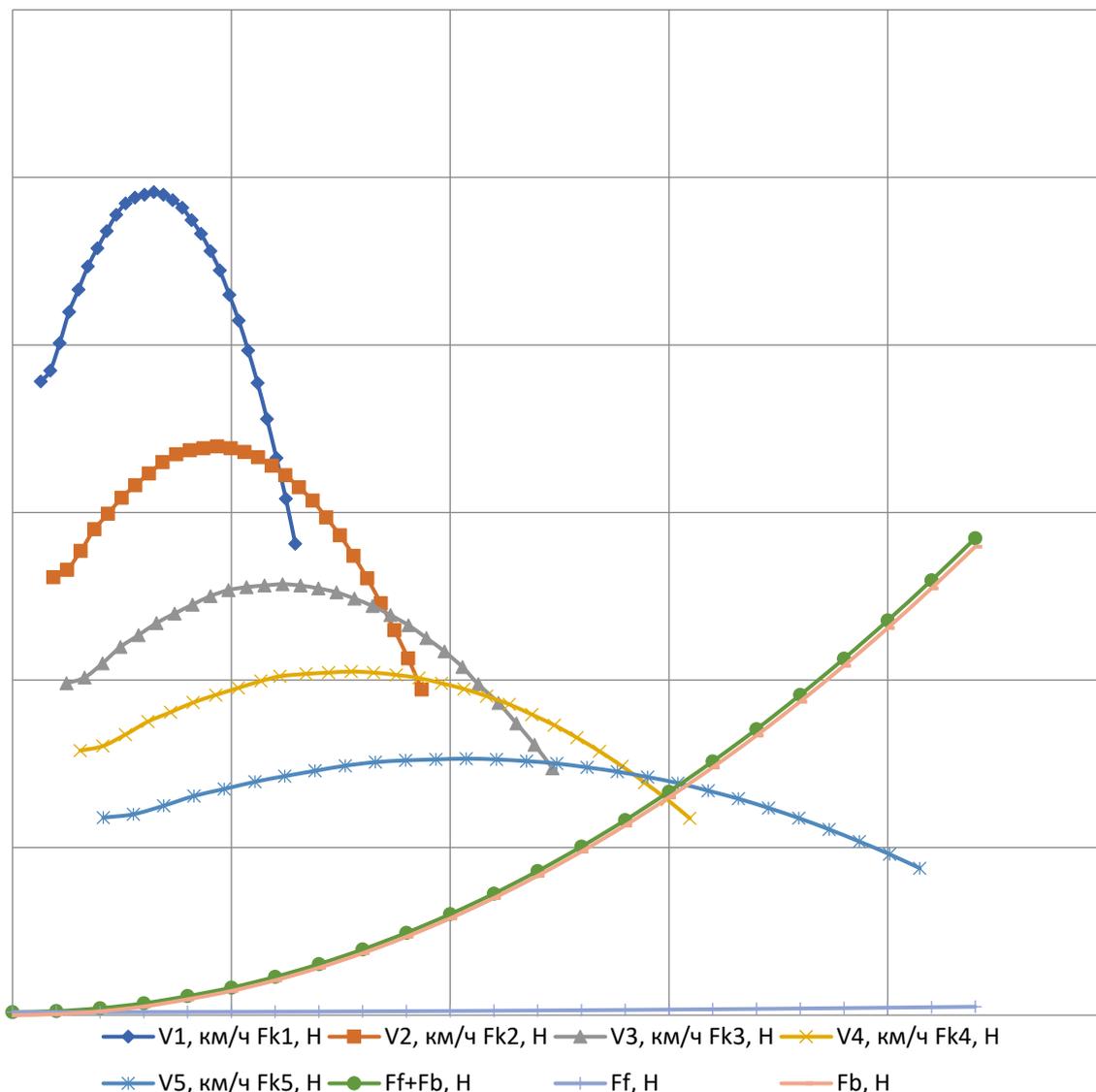


Рисунок 5 - Тяговая характеристика автомобиля

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 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 Обзор и анализ конструкций промышленных образцов испытательных стендов агрегатов трансмиссий

В современном автомобильном производстве надежность и долговечность компонентов трансмиссии имеют решающее значение для обеспечения безопасности, комфорта и эффективности транспортных средств. Одним из ключевых методов оценки этих характеристик является проведение ресурсных испытаний на специализированных стендах. Испытательные стенды для агрегатов трансмиссий позволяют моделировать различные режимы эксплуатации, выявлять возможные дефекты и оценивать износостойкость компонентов в условиях, максимально приближенных к реальным. Разработка и усовершенствование испытательных стендов представляет собой сложный процесс, включающий анализ существующих решений, изучение передового опыта и внедрение инновационных технологий. Обзор и анализ конструкций промышленных образцов испытательных стендов позволяет выявить их сильные и слабые стороны, а также определить направления для дальнейшего улучшения.

Целью данного раздела является проведение всестороннего анализа существующих конструкций испытательных стендов для агрегатов трансмиссий. В ходе исследования будут рассмотрены различные типы стендов, их конструктивные особенности, применяемые методы испытаний, а также используемые технологии и материалы. Особое внимание будет уделено аспектам эргономики, безопасности и технической эстетики, поскольку эти факторы напрямую влияют на эффективность и надежность проведения испытаний.

Обзор и анализ промышленных образцов испытательных стендов позволит не только обобщить накопленный опыт, но и выработать рекомендации по созданию нового, более совершенного стенда, соответствующего современным требованиям и стандартам.

Одним из образцов испытательных стендов будет являться стенд КС-02, предназначенный для испытания механических и гидромеханических коробок передач, рисунок 6.



Рисунок 6 – Стенд для испытания механических коробок передач модели КС-02

- «Стенды обкаточные универсальные серии КС предназначены для:
- эксплуатирующих организаций (АТП, НГДУ, БЦТО, РММ и т. д.), имеющих разномарочный подвижной состав, самостоятельно выполняющих различные виды ремонта и имеющих технологическую потребность в послеремонтной обкатке и испытании агрегатов;
 - авторемонтных заводов;
 - заводов-изготовителей;
 - сервисных предприятий.

Стенды обеспечивают приработку и испытание агрегатов в соответствии с техническими условиями и руководствами по ремонту.» [20]

Стенд модели КС-02 предназначен для проведения ресурсных и функциональных испытаний механических коробок передач. Его конструкция обеспечивает имитацию реальных условий эксплуатации и позволяет оценивать надежность, долговечность и эксплуатационные характеристики испытуемых образцов.

Основание стенда выполнено из прочных стальных профилей, обеспечивающих высокую устойчивость и жесткость конструкции. Рама имеет антивибрационные опоры для минимизации воздействия вибраций на стенд и окружающее оборудование. Защитный кожух из металла или прочного пластика покрывает основные узлы и механизмы, предотвращая попадание пыли и грязи, а также обеспечивая безопасность оператора.

В качестве привода используется электродвигатель регулируемой мощности, обеспечивающий возможность изменения скорости и крутящего момента в широком диапазоне. Двигатель оснащен системой плавного пуска и торможения для предотвращения резких нагрузок на испытуемую коробку передач. Комплект передач и муфт, позволяющих точно регулировать подаваемую нагрузку и режимы работы. Система включает редукторы и эластичные муфты для компенсации возможных несоосностей.

Устройство для надежной фиксации коробки передач на стенде. Конструкция позволяет легко устанавливать и заменять различные модели коробок передач. Датчики для измерения скорости вращения, крутящего момента, температуры, вибраций и других параметров. Приборы подключены к центральной системе сбора данных и управления. Система смазки и охлаждения: Встроенная система смазки и охлаждения, обеспечивает оптимальные условия работы испытуемой коробки передач и предотвращающая перегрев.

В качестве органа управления применяется интуитивно понятная панель управления с сенсорным экраном и физическими кнопками для основных

функций. Панель позволяет задавать параметры испытаний, контролировать процесс и оперативно реагировать на изменения.

Возможность модульного расширения и модернизации стенда. Дополнительные модули могут включать системы для испытания электронных компонентов, различных видов коробок передач (автоматических, вариаторных и т.д.). Стенд выполнен с учетом требований технической эстетики, имеет аккуратный внешний вид, гладкие поверхности и привлекательный дизайн.

Стенд модели КС-02 представляет собой многофункциональное и надежное устройство для испытаний механических коробок передач. Его конструкция обеспечивает высокую точность и достоверность испытаний, а также безопасность и удобство работы для оператора. Возможность модульного расширения и использования современных технологий делает стенд КС-02 универсальным инструментом для исследования и оценки эксплуатационных характеристик трансмиссионных агрегатов.

На рисунке 7 изображен стенд для обкатки и диагностики автотракторных коробок перемены передач КИ-28291.

«Стенд предназначен для осуществления выходного контроля качества ремонта, настройки гидравлических систем управления, обкатки коробок перемены передач (КПП) и раздаточных коробок (РК) после проведения капитального ремонта тракторов.

Новые технические решения реализуют:

- функциональную обкатку для настройки клапанов и контроля давления в системе гидравлического управления;
- плавный пуск привода и изменение скорости вращения первичного вала в диапазонах, согласно требованиям заводов-производителей и требованиям ГНУ ГОСНИТИ на капитальный ремонт;
- снижение времени обкатки до 40 % за счёт внедрения в систему управления стенда двух динамических режимов нагрузки (мягкий, жесткий),

для обеспечения приработки поверхностей с обеих сторон зубьев шестерен без применения внешних тормозных устройств;

- подготовку рабочей жидкости - нагрев, заправку, откачку, фильтрацию и замену, с применением собственной гидростанции станда, оснащённой фильтром и ТЭНом;

- оценку величины механических потерь и уровня приработки по значениям: потребляемая мощность, крутящий момент, шум, герметичность, нагрев поверхностей узлов.» [3]



Рисунок 7 – Стенд для обкатки и диагностики автотракторных коробок передач КИ-28291

Стенд для испытания и обкатки коробок передач КС-04 изображен на рисунке 8. Стенд обеспечивает приработку и испытание агрегатов в соответствии с техническими условиями и руководствами по ремонту и предназначается для специализированных ремонтных предприятий, занятых в техническом обслуживании и ремонте тяжелой техники.



Рисунок 8 – Испытательный стенд КС-04

«Стенды обкаточные универсальные серии КС предназначены для:

– эксплуатирующих организаций (АТП, НГДУ, БЦТО, РММ и т. д.), имеющих разномарочный подвижной состав, самостоятельно выполняющих различные виды ремонта и имеющих технологическую потребность в послеремонтной обкатке и испытании агрегатов;

- авторемонтных заводов;
- заводов-изготовителей;
- сервисных предприятий.

Установленная суммарная мощность электрооборудования, кВт 58,0

Стенд устанавливается на виброопоры, специального фундамента не требуется.» [15]

Был произведен сравнительный анализ по отобранным образцам техники, результатам чего явилось построение циклограммы по следующим характеристикам:

- масса;
- мощность;

- удобство работы;
- стоимость;
- универсальность.

Циклограмма, построенная по приведенным характеристикам, на рисунке 9.

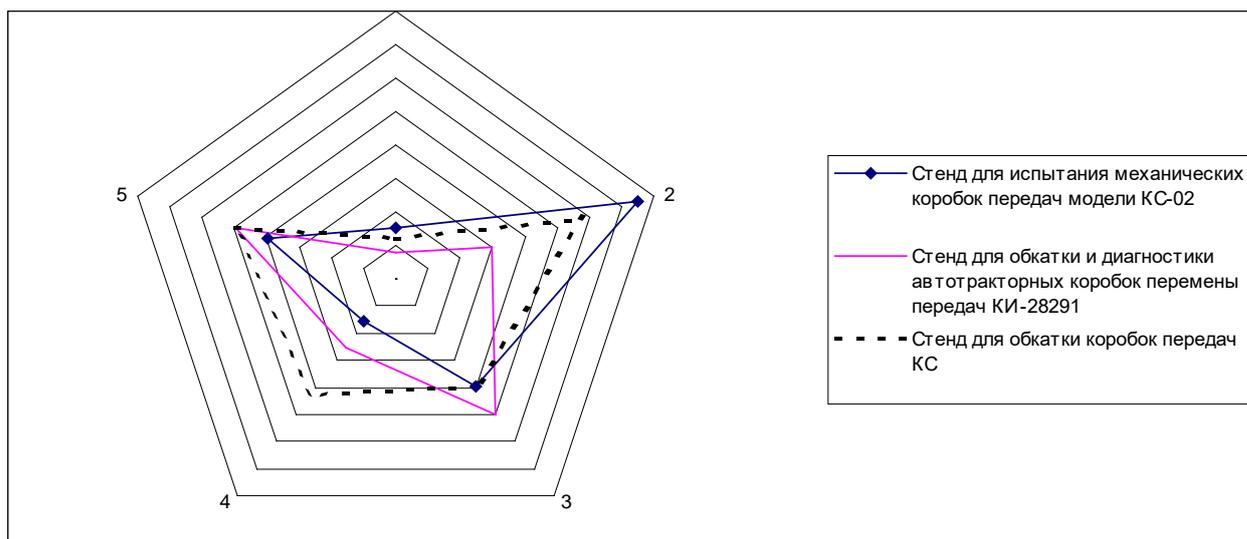


Рисунок 9 – Циклограмма характеристик оборудования

В результате приведенного анализа, как наиболее удовлетворяющее требованиям в качестве прототипа принимаем Стенд для испытания механических коробок передач модели КС-02.

«Стенд содержит приводной двигатель, кинематически связанный с входным валом испытываемой коробки передач посредством промежуточных валов и муфты. Коробка передач, первичный вал которой соединен посредством муфты с гидронасосом, а выходные валы кинематически связываются с электрическим двигателем с возможностью перемещения и последующей фиксации с помощью фиксатора. Напорная магистраль гидронасоса содержит предохранительный клапан, манометр, регулируемый дроссель. Забор масла осуществляется из гидробака, на всасывающей

магистрали установлен вентиль. Регулировка подачи масла в картер и слив производятся автоматически.» [20]

В результате проведенного обзора и анализа конструкций промышленных образцов испытательных стендов агрегатов трансмиссий можно сделать следующие выводы.

Существующие промышленные образцы испытательных стендов для агрегатов трансмиссий демонстрируют большое разнообразие конструктивных решений и технологий. Это обусловлено различными требованиями к испытаниям, а также особенностями конкретных типов трансмиссий и условий их эксплуатации. Современные стенды имеют модульную конструкцию, что позволяет легко адаптировать их для испытаний различных типов коробок передач и трансмиссий. Универсальность таких стендов увеличивает их ценность и снижает затраты на приобретение и обслуживание.

Значительное количество современных стендов оснащено системами автоматического управления и сбора данных. Это позволяет проводить испытания с высокой степенью точности и воспроизводимости, снижая влияние человеческого фактора и повышая эффективность процесса тестирования. Применение передовых технологий, таких как компьютерное моделирование, сенсорные системы и интеллектуальные алгоритмы обработки данных, значительно улучшает качество и достоверность результатов испытаний. Такие технологии позволяют быстро выявлять потенциальные проблемы и оптимизировать конструкцию трансмиссий.

Современные стенды разрабатываются с учетом требований эргономики и безопасности. Удобство работы оператора, наличие систем аварийной остановки, защитных экранов и других средств безопасности повышают общий уровень безопасности эксплуатации стендов и снижают риск возникновения аварийных ситуаций. Новые модели стендов ориентированы на повышение энергетической эффективности и устойчивости. Использование энергосберегающих технологий и материалов, а также систем управления

энергопотреблением способствует снижению эксплуатационных затрат и уменьшению воздействия на окружающую среду.

Современные стенды могут имитировать широкий спектр эксплуатационных условий, включая различные температурные режимы, влажность, нагрузки и типы движения. Это позволяет проводить всесторонние испытания и оценивать поведение трансмиссий в разнообразных условиях. Интеграция с системами управления данными и аналитическими инструментами обеспечивает эффективное управление результатами испытаний. Это способствует более глубокому анализу, улучшению качества продукции и ускорению процесса разработки новых моделей трансмиссий.

Обзор и анализ конструкций промышленных образцов испытательных стендов для агрегатов трансмиссий показали, что современные стенды обладают высокой степенью универсальности, автоматизации и технологической оснащённости. Они обеспечивают точные и надежные результаты испытаний, соответствуют современным требованиям эргономики и безопасности, а также ориентированы на повышение энергетической эффективности и устойчивости. Эти характеристики делают их незаменимым инструментом в процессе разработки и оценки качества трансмиссионных агрегатов, способствуя повышению надежности и долговечности продукции автомобильной промышленности.

4 Разработка конструкции стенда для испытаний коробок передач

4.1 Техническое задание на стенд для испытания коробок передач транспортных средств

В рамках выполнения дипломного проекта требуется разработать стенд для испытания коробок передач транспортных средств (далее - стенд).

Целью разработки является создание универсального и автоматизированного стенда для проведения ресурсных, функциональных и нагрузочных испытаний механических и автоматических коробок передач транспортных средств.

Необходимость повышения надежности и долговечности коробок передач, улучшение качества продукции автомобильной промышленности.

Стенд предназначен для проведения испытаний коробок передач транспортных средств в условиях, имитирующих реальные эксплуатационные нагрузки. Применение стенда возможно в научно-исследовательских лабораториях, на производственных предприятиях и в центрах технического контроля.

Основными функциями стенда будут являться:

- проведение ресурсных испытаний коробок передач;
- имитация различных режимов работы (ведущий, ведомый, тормозной режимы);
- измерение и регистрация ключевых параметров (крутящий момент, скорость, температура, вибрации и т.д.);
- автоматизация процессов испытаний и сбора данных;
- визуализация результатов испытаний в реальном времени.

Конструктивные требования к общему устройству стенда следующие:

Рама стенда формируется балками стальной рама с антивибрационными опорами. Защитный кожух необходим для обеспечения безопасности и защиты от пыли и грязи.

В конструкции привода следует применять электродвигатель с регулируемой мощностью и плавным пуском, комплект передач и муфт для точного регулирования нагрузки. Фиксацию коробки передач должна обеспечивать универсальная система крепления, обеспечивающая быструю и надежную фиксацию различных моделей коробок передач. Стенд должен оснащаться встроенной системой для поддержания оптимальных температурных режимов и предотвращения перегрева.

Требования к системе управления и контролю:

- сенсорный экран и физические кнопки для основных функций, интуитивно понятный интерфейс;
- специализированное ПО для автоматизации испытаний, сбора и анализа данных, генерации отчетов;
- аварийные кнопки остановки, защитные экраны, системы блокировки.

В стенде должны применяться высококачественные и износостойкие материалы, устойчивые к коррозии. Гарантированный срок службы основных узлов и механизмов не менее 5 лет при условии соблюдения правил эксплуатации.

Эксплуатационные условия:

- Температурный диапазон: От -20°C до $+50^{\circ}\text{C}$.
- Влажность: Не более 90% при температуре 25°C .
- Электропитание: 220/380 В, 50 Гц.

Стенд считается принятым после успешного проведения всех видов испытаний и соответствия техническим требованиям, установленным настоящим заданием. Стенд должен иметь модульную конструкцию, обеспечивающую возможность расширения функционала и модернизации.

Настоящее техническое задание определяет основные требования к разработке стенда для испытания коробок передач транспортных средств. Исполнение этих требований обеспечит создание надежного и эффективного

оборудования, способного удовлетворить потребности автомобильной промышленности и повысить качество производимой продукции.

4.2 Техническое предложение на стенд для ресурсных испытания коробок передач

Получено задание на разработку стенда для испытания коробок передач (в дальнейшем—стенд), в соответствии с описанием изобретения к авторскому свидетельству № 1280373 кл. G 01 M 13/02. Задание на разработку выдано кафедрой ПЭА.

Изделие относится к испытательной технике, и может быть использовано при испытаниях КП. Цель внедрения—расширение технологических возможностей.

«На рисунке 10 изображен стенд, принятый в качестве прототипа, общий вид; на рисунке 11 – вид А на рисунке 10.

Стенд содержит раму 1, на опорной плите 2 которой установлен кронштейн 3, на одной стороне которого размещен нагрузочатель 4 (например, гидравлический), а на противоположной стороне с помощью винтового механизма 5 зафиксирован испытуемый редуктор 6, ведомое звено которого, например выходная шестерня 7, вводится в зацепление с шестерней 8 нагрузчателя 4. На опорной плите 2 закреплена вертикальная стойка 9 с шарнирно связанным с ней двуплечим рычагом 10.

На плече 11 двуплечего рычага 10 шарнирно закреплён приводной двигатель 12 (например, гидравлический) с выходной шестерней 13, вводимой в зацепление с ведущим звеном, например шестерней 14 испытуемого редуктора 6.

На плече 15 двуплечего рычага 10 на регулируемой при помощи резьбовой муфты 16 и 17 шарнирно закреплён масляный бак 18, имеющий щуп. Питание гидросистемы нагрузчателя 4 и приводного двигателя 12 осуществляется от гидростанции 20.» [15]

«К днищу бака 18 присоединен одним концом гибкий трубопровод 21 с краном 22. На другом конце трубопровода 21 имеется трубчатый наконечник 23, расположенный в отверстии прилива 24 опорной плиты 2 и подпружиненный относительно нее пружиной 25. На наконечнике 23 выполнен кольцевой бурт 26 с уплотнительным кольцом 27, к которому примыкает нижняя часть картера 28 испытуемого редуктора 6, и радиальное отверстие 29, через которое собранные в размещенном под картером 28 поддоне 30 утечки масла сливаются в масляный бак 18.

Стенд работает следующим образом. В исходном положении приводной двигатель 12 находится в верхнем положении, кран 22 закрыт.

Испытываемый редуктор 6 устанавливают на кронштейне 3 и фиксируют на нем винтовым механизмом 5. Верхний участок наконечника 23 заходит в сливное отверстие картера 28 испытуемого редуктора 6. При воздействии картера 28 на кольцевой буртик 26 наконечник 23 смещается вниз и радиальное отверстие 29 перекрывается приливом 24.

В процессе испытаний периодически щупом 19 проверяют уровень масла в баке 18 и, следовательно, в испытываемом редукторе 6. При снижении уровня масла вращением резьбовой муфты 16 бак 18 смещают на соответствующую величину вверх относительно опорной плиты 1, восстанавливая первоначальный уровень масла в испытываемом редукторе 6.»
[20]

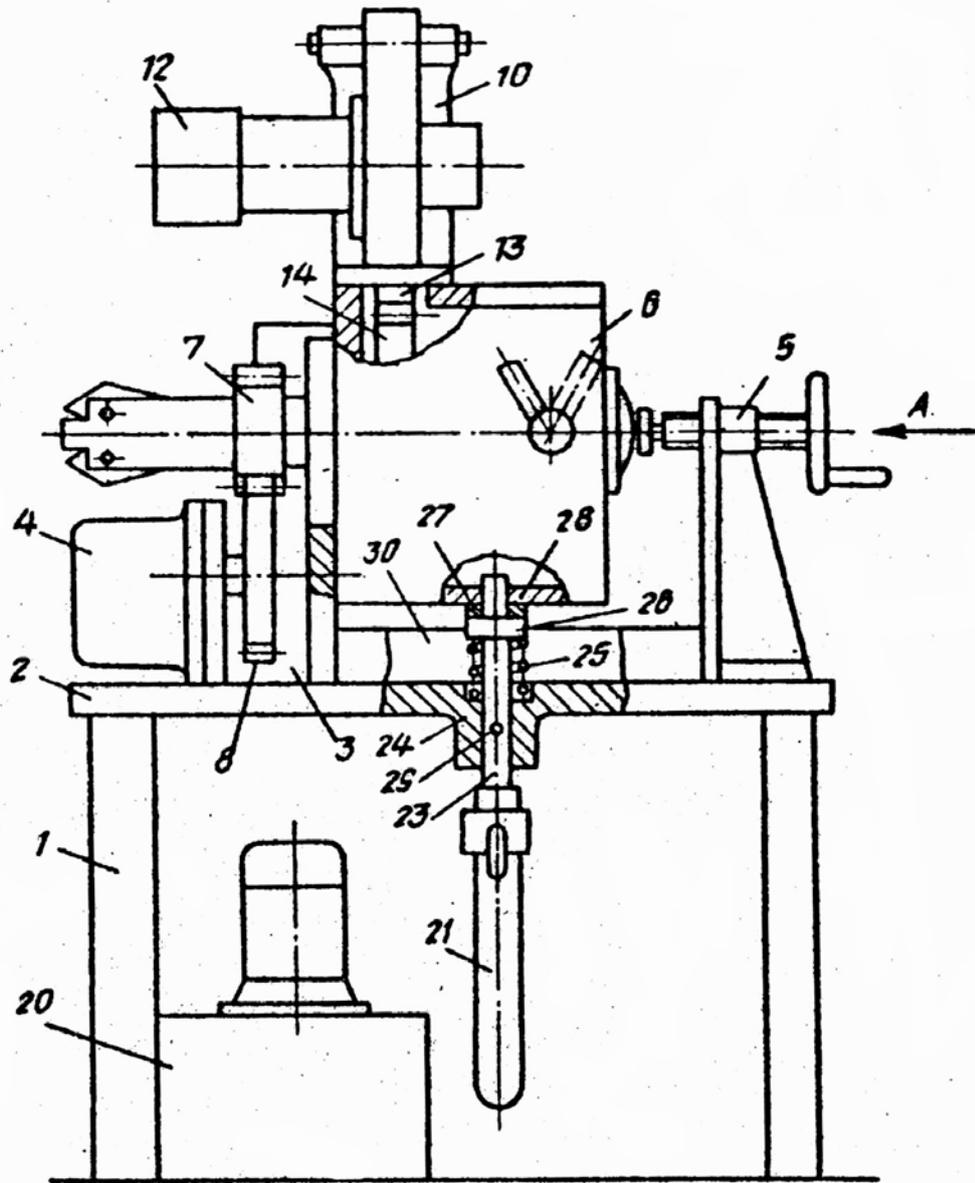


Рисунок 10 – Схема станда в соответствии с описанием авторского свидетельства 1280373

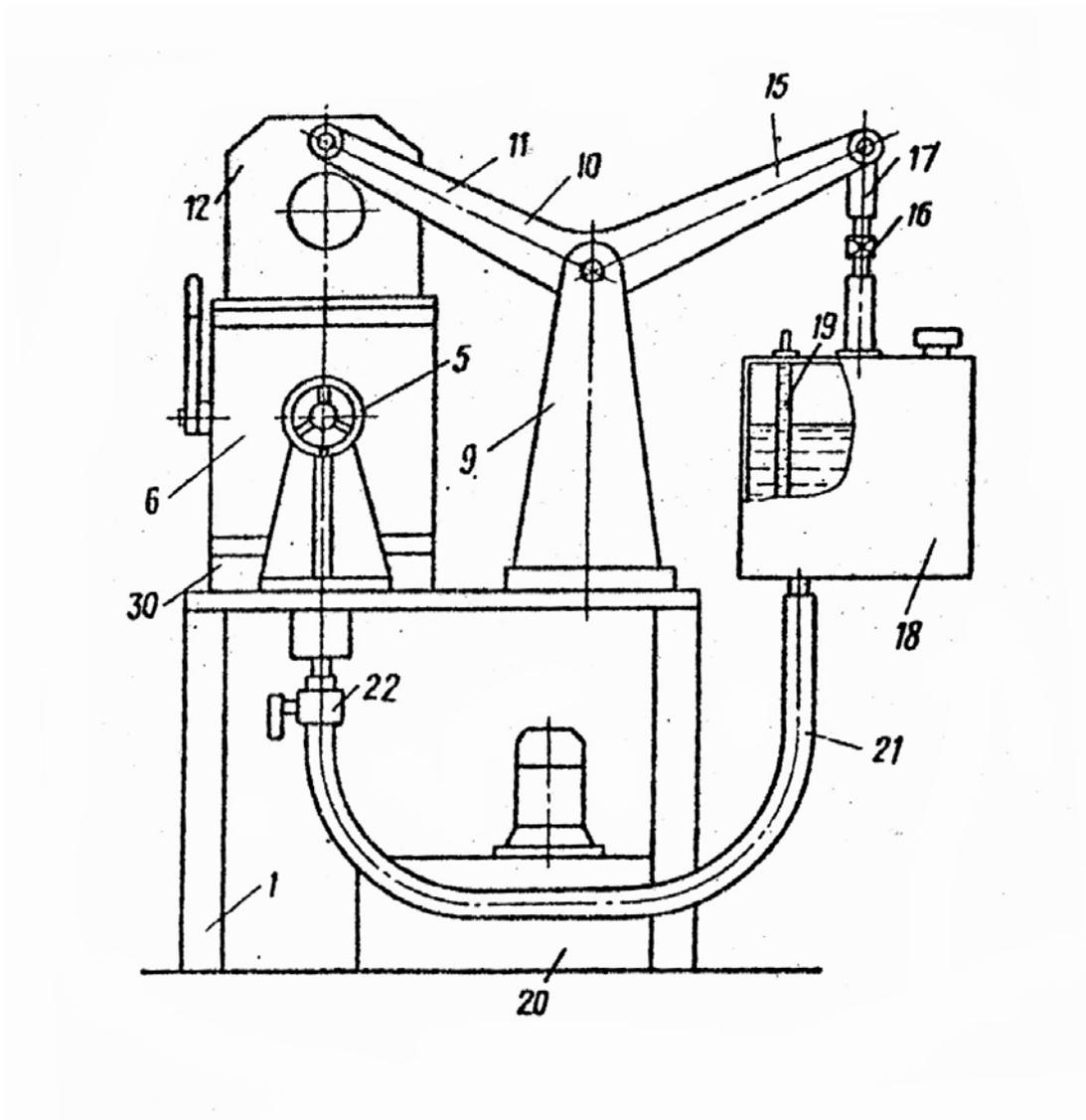
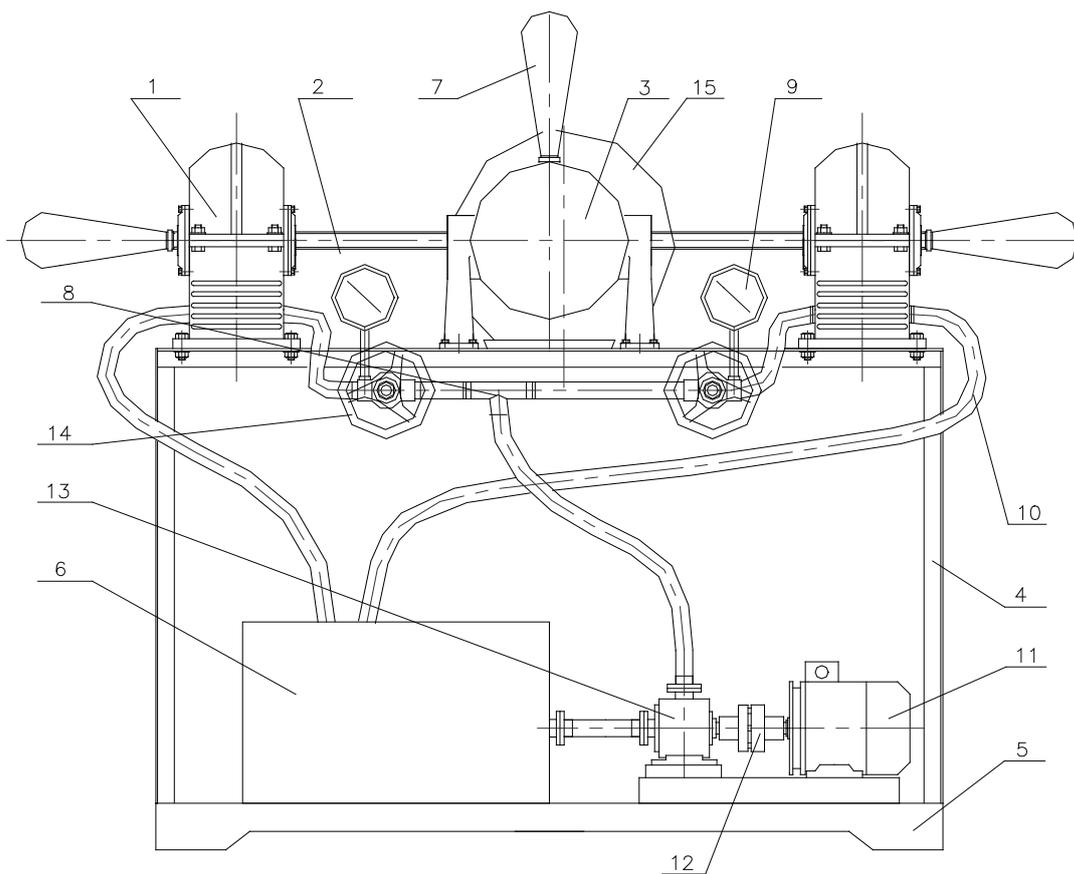


Рисунок 11 – Вид А на рисунке 10

Аналогом данного стенда служит стенд, изготовленный самостоятельно и предназначенный для проведения испытательных операций и послеремонтного констроля качества сборки. Стенд установлен в слесарно-механическом цехе, применяяся в основном для обкатки и послеремонтного констроля коробок передач спецтехники. Схема аналога приводится на рисунке 12



1-нагружающее устройство; 2- вал; 3-редуктор; 4- рама установки; 5- станина; 6- гидробак; 7-рукоятка; 8-тройник; 9-манометр; 10-рукав; 11-электродвигатель; 12-муфта; 13-шестеренный насос; 14-маховик вентиля; 15-электродвигатель привода испытуемого редуктора.

Рисунок 12 – Аналог рассматриваемой конструкции стенда.

«Установка работает следующим образом. Редуктор, предназначенный для испытания устанавливается на раме и соединяется посредством валов с нагружающими устройствами. После закрепления через устройства начинают прокачивать жидкость при помощи насоса. Уровень жидкости в устройстве обуславливает величину нагружения. Подача жидкости регулируется при помощи вентиля. После начала подачи включается привод редуктора, после чего нагружение каждой из осей осуществляется поочередное нагружение на различных режимах. По окончании обкатки редуктор снимается, производится регулировка пятна контакта шестерен.» [15]

«Как видно из рассмотренного аналога, прорабатываемая конструкция имеет ряд преимуществ:

- Возможность задачи более широкого диапазона нагрузок.
- Отсутствие необходимости установки противопенных отбойников, либо добавления в масло противопенных присадок, так как отсутствует перемешивание масла в нагружающих устройствах.
- Применение в конструкции дросселей исключает необходимость самостоятельного изготовления нагружающих устройств.
- Применение устройства для автоматической подачи масла в бак и слива масла.

К недостатку разрабатываемой конструкции стоит отнести невозможность проведения работ по обкатке коробок передач автомобилей других марок без применения переходников, а также зависимость хода приводного двигателя от емкости картера и масляного бака, что затрудняет применение конструкции при обкатке различных коробок передач.» [22]

Рассмотрим кинематическую схему изделия, для выявления наиболее характерных для данного изделия разрезов, с целью их дальнейшего их анализа.

Кинематическая схема станда представлена на рисунке 13.

Предполагается обкатка станда с использованием гидравлического насоса в качестве нагрузочного устройства. Регулирование величины нагрузки будет производиться при помощи регулируемого дросселя. Привод проектируемого устройства станда – электромеханический, с использованием асинхронного трехфазного двигателя. Привода – штатные, доработанные, укороченные. Для сглаживания старта и снижения нагрузки на двигатель станда будет использоваться муфта, также выступающая предохранительным устройством.

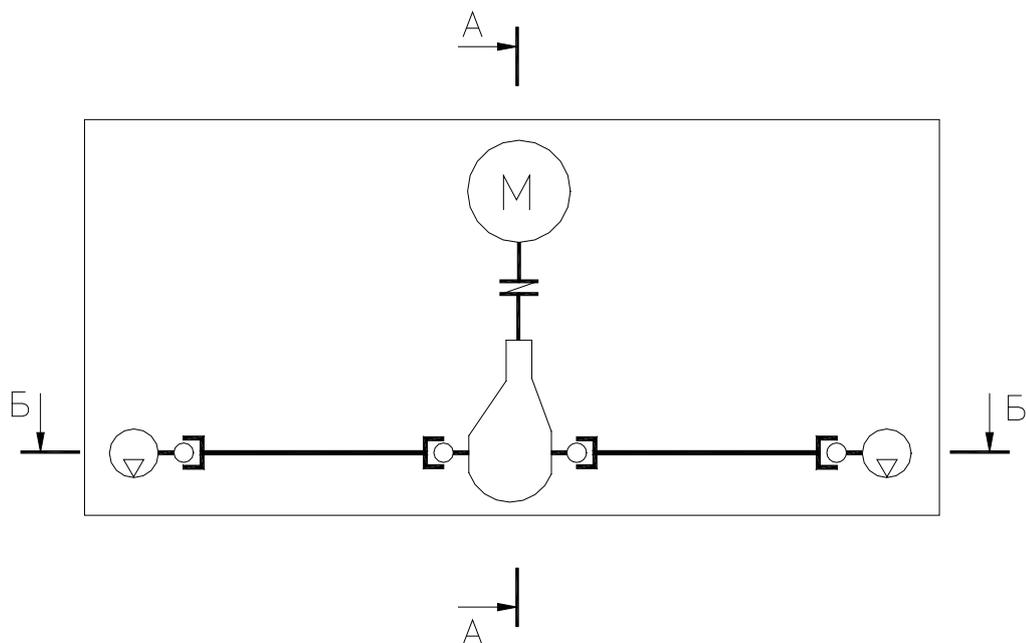
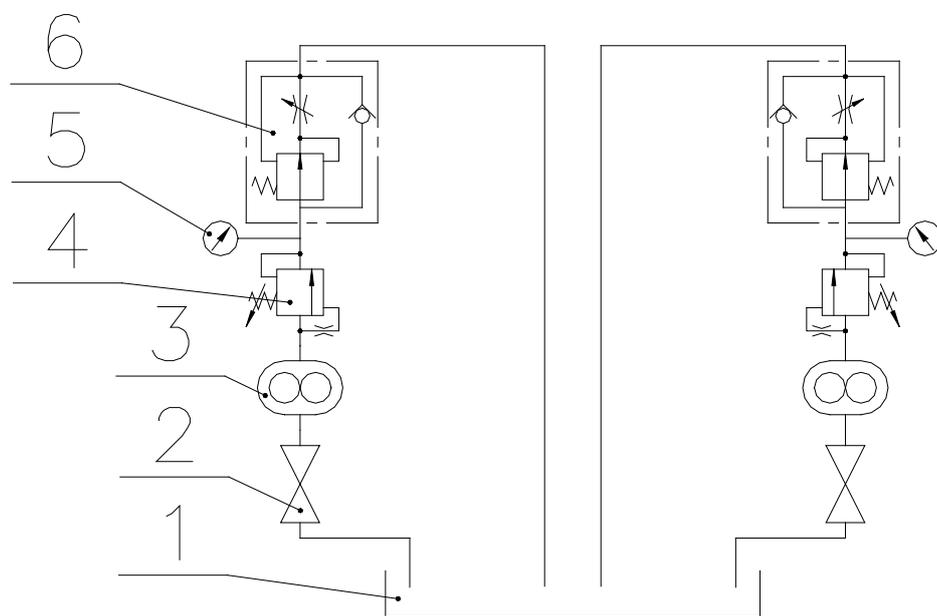


Рисунок 13 – Кинематическая схема конструкции разрабатываемого стенда

Изделие также имеет гидравлическую схему, которая показана на рисунке 14.



1-гидробак; 2- вентиль; 3- насос; 4-клапан; 5-манометр; 6-регулятор расхода.

Рисунок 14 – Гидравлическая схема конструкции разрабатываемого стенда

На рисунке 14 изображена гидравлическая схема изделия. Гидравлическая схема выполняется для стенда по схеме подключения через

дроссель и не имеет каких либо особенностей исполнения. В качестве нагнетающего устройства применяются шестеренчатые насосы.

Рассмотрим принятые на проработку разрезы с целью выявления особенностей конструкции, при рассмотрении двух возможных вариантов исполнения данной конструкции.

Вариант компоновки механизма передачи крутящего момента от электродвигателя к испытуемому редуктору по разрезу А-А представлен на рисунке 15.

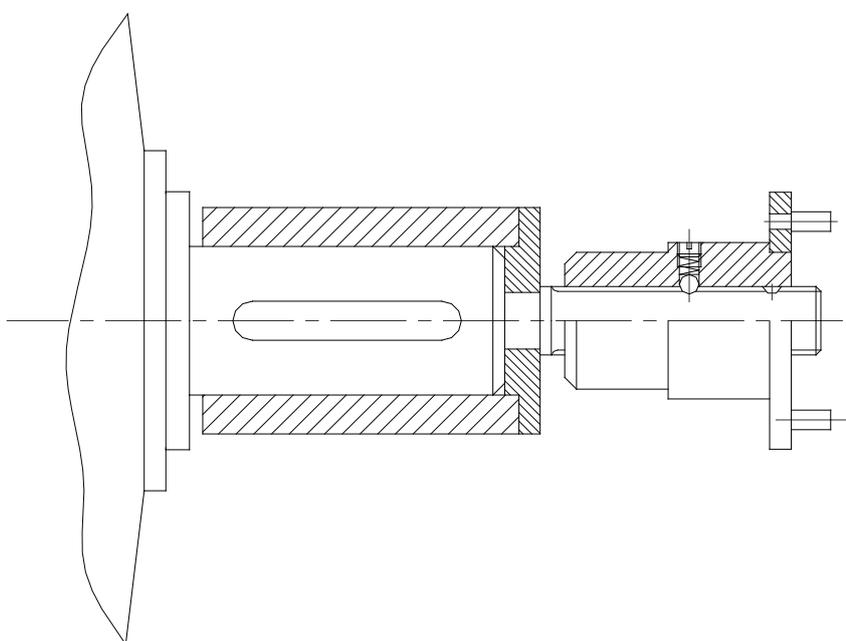


Рисунок 15 – Вариант компоновки узла по разрезу А-А

На рисунке 15 представлен вариант выполнения муфты не постоянного зацепления, через которую происходит передача крутящего момента от двигателя к испытуемому редуктору. Перемещение муфты происходит по шлицевому валу, закрепленному при помощи сварки на закрепленном на валу электродвигателя переходнике. Перемещение осуществляется вручную, фиксируется вилка посредством шарика, поджимаемого пружиной. Ввиду того, что расстояние между закрепляемым на стенде для обкатки редуктором невелико, применение компенсирующих устройств для обеспечения работы без перегрузок при отклонении соосности при установке редуктора.

Стенд должен иметь современный и привлекательный дизайн, что создает положительное впечатление и подчеркивает технологичность оборудования. Использование нейтральных и спокойных цветов, таких как серый, черный, белый, с возможными яркими акцентами, чтобы визуальнo разграничить основные зоны и элементы управления. Все поверхности должны быть аккуратно обработаны, без острых краев и заусенцев, с качественной покраской или покрытием.

В конструкции стенда будут применяться прочные и долговечные материалы, устойчивые к коррозии и износу, такие как нержавеющая сталь, алюминий и высокопрочные пластики. Все элементы должны соответствовать стандартам качества и безопасности, обеспечивая надежность и долговечность стенда.

Конструкция стенда должна быть симметричной и сбалансированной, что улучшает его восприятие и облегчает работу. Все компоненты и узлы стенда должны быть логично расположены и маркированы для легкости обслуживания и ремонта.

Яркие и четкие информационные таблички и указатели для обозначения функций и зон. Встроенная система освещения, обеспечивающая хорошую видимость всех элементов стенда.

Рабочее место должно быть спроектировано с учетом антропометрических данных оператора, обеспечивая удобство и безопасность работы. Наличие эргономичного и регулируемого по высоте сиденья, которое позволяет оператору принимать удобное положение. Доступ к элементам управления: Все органы управления должны быть легко доступны и расположены в зоне досягаемости оператора. Интуитивно понятное управление: Размещение кнопок, рычагов и других элементов управления в логичном и удобном порядке. Все органы управления должны быть четко обозначены и иметь понятные маркировки. Использование сенсорных экранов и дисплеев с интуитивно понятным интерфейсом для управления и мониторинга процесса испытаний.

Конструкция стенда должна обеспечивать легкий доступ для установки и замены испытуемых коробок передач. Наличие подъемных механизмов и приспособлений для безопасного перемещения и фиксации образцов является обязательным в конструкции стенда. Все инструменты и оборудование, используемые оператором, должны быть эргономичными и безопасными в использовании. Организация места для хранения инструментов и расходных материалов, необходимых для проведения испытаний, с учетом принципов 5S (сортировка, систематизация, содержание в чистоте, стандартизация, совершенствование).

Применение требований по технической эстетике и эргономике при разработке стенда для ресурсных испытаний коробок передач позволяет не только улучшить внешний вид оборудования, но и значительно повысить удобство и безопасность работы оператора, что в свою очередь способствует более эффективному и качественному проведению испытаний.

4.3 Расчет и выбор электродвигателя стенда

«Расчет производится исходя из того, что стенд предназначен для обкатки редукторов заднего моста. В качестве нагрузочного устройства предполагается применение аксиального насоса PVWJ. Обкатку коробки передач предполагается осуществлять на двигателе с оборотами 750 об/мин, что принимается на основании технических условий на обкатку и приработку шестерен.

Мощность двигателя рассчитывается исходя из мощности применяемого в конструкции насоса. Момент на валу насоса определяется из условия:» [22]

$$M_{ид} = \frac{V_o * p}{2 * \pi} * \frac{1}{\eta_M}, \quad (39)$$

где $M_{ид}$ – момент на валу насоса

V_o – рабочий объем насоса

p – давление насоса

η_m – КПД насоса механический, $\eta_m = 0,85$

«Приняв для конструкции стенда в качестве нагнетающего устройства насос со следующими характеристиками: $V_o = 11 \text{ см}^3$; $p = 26,0 \text{ МПа}$ » [7]

Получим следующий необходимый крутящий момент на валу

$$M_{ид} = \frac{1.1 * 10^{-6} * 26 * 10^6}{2 * 3,14} * \frac{1}{0,85} = 5.366 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

При передаточном числе редуктора 3,9 обороты на валу насоса должны составить $n = 750 \cdot 3,9 = 2925 \text{ об/мин}$

Таким образом мощность на привод одного насоса составит:

$$P = M_{ид} \cdot \omega, \quad (40)$$

$$\omega = \pi \cdot n / 30 \quad (41)$$

$$P = 5.37 \cdot 3,14 \cdot 2925 / 30 = 1664 \text{ Вт}$$

С учетом КПД объемных гидрпотерь для насоса $\eta_o = 0,9$, мощность на привод составит:

$$P_o = 1664 / 0,9 = 1848 \text{ Вт}$$

С учетом КПД гидрпотерь в системе подвода жидкости $\eta_n = 0,6$ мощность на привод составит:

$$P_n = 1848 / 0,6 = 3081,5 \text{ Вт}$$

«В качестве регулирующего гидроаппарата в конструкции стенда предполагается применение регулируемого дросселя Г77-33, выпускаемого серийно. Данный тип относится к крановым дросселям. Перепад давления, а следовательно и изменение нагрузки для данного типа дросселей варьируется в диапазоне от 1,05 до 8,2 раз.» [15]

Соответственно мощность электродвигателя привода насоса составит с учетом коэффициента запаса мощности 20 %:

$$P_{н2} = P_{н} \cdot 1,2 = 3081,5 \cdot 1,2 = 3697 \text{ Вт} \approx 3,6 \text{ кВт.}$$

«В соответствии с имеющимися в наличии стандартным рядом двигателей принимаем для привода электродвигатель 4A132S8, с оборотами на валу 750 об/мин, мощность двигателя 4,0 кВт.» [22]

4.4 Расчет сварного соединения в месте крепления муфты электродвигателя и фланца вала

«Сварное соединение, на котором крепится шлицевой вал воспринимает нагрузку от крутящего момента, который стремится срезать вал в месте сварки. При расчете сварного соединения в качестве усилия принимаем полный крутящий момент.

Данный сварной шов испытывает нагрузку при передаче крутящего момента. Рассчитаем величину крутящего момента:» [25]

$$M_{кр} = P_{дв} / \omega, \omega = \pi \cdot n / 30 \quad (42)$$

$$M_{кр} = P_{дв} \cdot 30 / \pi \cdot n = 4,0 \cdot 10^3 \cdot 30 / 3,14 \cdot 750 = 47,77 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Допустимое усилие для соединения при скручивании:

$$\tau_c = \frac{M_{кр}}{W} \leq [\tau_c], \quad (43)$$

где $[\tau_c]$ – допускаемые напряжения сварного шва на срез, $[\tau_c] = 80$ МПа.

$M_{кр}$ – крутящий момент.

W – осевой момент сечения, $W = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 0,03^3 = 2,7 \cdot 10^{-6}$

$$\tau_c = \frac{47,77}{2,7} = 17,69 \text{ МПа} \leq [\tau_c]$$

Рассчитанная величина напряжения среза меньше предельного, значит условия прочности сварного шва выполняются.

В результате разработки конструкции стенда для испытаний коробок передач сделаны следующие выводы.

Разработанная конструкция стенда соответствует поставленным требованиям технического задания, включая возможность проведения ресурсных, функциональных и нагрузочных испытаний механических и автоматических коробок передач. В качестве основы для стенда принята стальная рама, установленная на антивибрационные опоры, что обеспечивает высокую устойчивость и жесткость конструкции. Это является критически важным для точности и надежности испытаний. Модульная конструкция стенда позволяет легко адаптировать его для различных типов коробок передач и условий проведения испытаний. Все эти конструкторские решения значительно расширяют область применения стенда и повышают его универсальность. Интеграция системы автоматического управления и программного обеспечения для сбора и анализа данных позволит проводить испытания с высокой степенью точности и воспроизводимости. Такое решение позволит снизить влияние человеческого фактора и повысит эффективность процесса тестирования.

При разработке конструкции уделено большое внимание эргономике и безопасности проведения работ. Предусмотрено вынесенное за пределы зоны

испытаний рабочее место оператора, защитные экраны, аварийные кнопки и системы блокировки, что обеспечивает высокий уровень безопасности и комфорта при эксплуатации стенда. Применение энергосберегающих технологий и материалов при проведении испытаний позволяет снизить эксплуатационные затраты и минимизировать воздействие на окружающую среду.

Система управления данными и аналитические инструменты, встроенные в стенд, обеспечивают эффективное управление результатами испытаний, что способствуют более глубокому анализу и улучшению качества проведения ресурсных испытаний. Разработанная конструкция стенда может быть реализована в промышленном производстве. Все основные узлы и агрегаты рассчитаны на прочность и соответствуют требованиям технического задания, что подтверждает их надежность и функциональность в процессе дальнейшей эксплуатации.

Таким образом, можно констатировать, что разработка конструкции стенда для испытаний коробок передач транспортных средств завершена успешно. Все поставленные в рамках дипломного проекта задачи выполнены, это подтверждается соответствием разработанного оборудования требованиям технического задания. Спроектированный стенд ресурсных испытаний коробок передач обеспечивает высокую точность, надежность и универсальность испытаний. Внедрение данного стенда в технологический процесс в рамках лабораторных исследований и научные технические центры позволит значительно улучшить контроль качества и развитие новых технологий в области разработки автомобильных трансмиссий.

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 5.

Таблица 5 – 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 6 приводится перечень технологических операций, осуществляемых на исследуемом участке.

Таблица 6 – 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 7.

Таблица 7 - 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 7

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 8, 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 8 – 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 8

Электромагнитные поля	Использование согласованных нагрузок и поглотителей мощности, снижающих напряженность и плотность потока энергии электромагнитных волн;	Очки и спецодежда, выполненная из металлизированной ткани.
Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества. Мелкодисперсная пыль. Наличие в воздухе рабочей зоны вредных веществ	Проветривание помещения. Применение средств индивидуальной защиты.	Респиратор, фильтрующая маска.
Шум	Уменьшение акустики помещения за счёт специальных материалов, наложенных на стены или крупные металлические предметы.	Беруши
Ультразвук	Использование изолирующих корпусов и экранов. Недопущение длительного воздействия. Обеспечение технических перерывов в работе	Противошумы. 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 9 приведена идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара, с разработкой технических средств.» [19]

Таблица 9 – 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 влажность, 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 влажность, наличие рядом с источником возгорания хлопчатобумажных изделий, древесины, и др. горючих материалов
	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	B – горение жидкостей	Натуральные и синтетические масла, лакокрасочные изделия.	Пары легко воспламеняющихся жидкостей, которые взрываются при смешении с воздухом

«В таблице 10 приведены первичные и мобильные средства пожаротушения, средства пожарной автоматики и индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, пожарное оборудование и инструмент.» [19]

Таблица 10 – 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 11 указаны эффективные организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара.» [19]

Таблица 11 – 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

Э

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 12 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 12 – 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:

$$C = M + \Pi_{и} + Z_{осн} + Z_{доп} + СС + И_{цех} + И_{зав} + НР \quad (44)$$

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 13. Расчет материальных затрат производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n \quad (45)$$

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 13 – Расчет затрат на материалы

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

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

$$\text{Пи} = \sum_{i=1}^n \text{Пи}_n \cdot \text{С}_n + k_3 \sum_{i=1}^n \text{Пи}_n \cdot \text{С}_n \quad (46)$$

где Пи_n – количество покупных изделий, ед;

С_n – цена за единицу покупного станда, руб.;

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

Для удобства проведения расчетов по затратам на закупку и доставку покупных изделий конструкции, сведем их в таблицу 14.

Таблица 14 – 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 14

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:

$$Z_o = \sum_{i=1}^n (T_i \cdot C_{Ti} \cdot k_{чi} \cdot k_{пр}) \quad (47)$$

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 15.

Таблица 15 – 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 15

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:

$$З_{доп} = З_о \cdot k_{доп}, \quad (48)$$

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:

$$З_{\text{ФСС}} = (З_0 + З_{\text{доп}}) \cdot 0,3 \quad (49)$$

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

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:

$$Р_{\text{об}} = З_0 \cdot 1,04 \quad (50)$$

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

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 заработной плату вспомогательного персонала. Расчет общехозяйственных расходов производится как процент от затрат на основную заработную плату. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общехозяйственные расходы 25% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$Р_{\text{ох}} = З_0 \cdot 0,25 \quad (51)$$

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

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:

$$R_{оп} = Z_о \cdot 0,30 \quad (52)$$

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

Сведение всех статей расходов в общую сумму, даст величину производственной себестоимости продукции. Это затраты предприятия на производство продукции. Добавление к производственной себестоимости внепроизводственных расходов, связанных с продвижением продукции на рынке, позволит рассчитать величину полной себестоимости. Для простоты и удобства восприятия, все статьи расходов сведем в таблицу 16.

Таблица 16 – 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 16

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:

$$Ци = Сп + Сп \cdot 0,15 + Сп \cdot 0,20 \quad (53)$$

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

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:

$$\mathcal{Э} = C_{и} - C \quad (54)$$

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 17.

Таблица 17 – 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.

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

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

$$Эг = Э \cdot N \quad (55)$$

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

Коробка передач является одним из ключевых компонентов трансмиссии легкового автомобиля, от которой зависят как динамические характеристики транспортного средства, так и его долговечность и надежность. Разработка стенда для ресурсных испытаний коробок передач легковых автомобилей представляет собой актуальную и значимую тему. В результате проведенного анализа методик проведения испытаний коробок передач и трансмиссий транспортных средств можно сделать следующие выводы:

Для полноценной оценки эксплуатационных характеристик и долговечности коробок передач необходимо применять комплексный подход, включающий различные виды испытаний: механические, температурные, гидравлические, смазочные, акустические и электронные. Циклические и нагрузочные испытания являются ключевыми для определения ресурса и надежности коробок передач. Они имитируют реальные условия эксплуатации и позволяют выявить потенциальные проблемы, связанные с износом и усталостью материалов. Влияние температурных режимов на работу коробки передач критически важно, так как экстремальные температуры могут значительно снизить эксплуатационные характеристики и ускорить износ компонентов. Температурные испытания обеспечивают оценку устойчивости трансмиссии к различным температурным условиям. Испытания на герметичность и эффективность системы смазки необходимы для обеспечения длительного и надежного функционирования коробки передач. Недостаточная смазка или утечки могут привести к значительным повреждениям и снижению срока службы трансмиссии. Акустические испытания помогают выявить источники шума и вибраций, которые могут указывать на наличие проблем в конструкции или сборке коробки передач. Это важно для повышения комфорта водителя и пассажиров, а также для предотвращения возможных повреждений. Современные коробки передач часто оснащены электронными

системами управления, которые требуют отдельного тестирования. Надежность и корректность работы этих систем критически важны для общей производительности и безопасности транспортного средства.

Существует необходимость в стандартизации методик испытаний для обеспечения сопоставимости результатов и повышения точности оценок. Единые стандарты помогут унифицировать подходы к испытаниям и улучшить качество и надежность получаемых данных. Компьютерное моделирование и симуляции становятся все более важным инструментом для предварительного анализа и оптимизации конструкции коробок передач. Это позволяет сократить время и затраты на физические испытания, а также улучшить их эффективность. Внедрение автоматизированных систем сбора и анализа данных, а также использование технологий больших данных и искусственного интеллекта позволяют повысить точность и надежность испытаний, сократить влияние человеческого фактора и ускорить процесс анализа результатов. Для достижения высокой надежности и воспроизводимости результатов необходимо тщательное планирование и контроль условий проведения испытаний, регулярная калибровка оборудования и обучение персонала.

Анализ существующих методик проведения испытаний коробок передач и трансмиссий показал, что для достижения наилучших результатов необходимо применять интегрированный подход, сочетающий различные виды испытаний и современные технологии. Это позволит обеспечить высокое качество и надежность продукции, что особенно важно в условиях постоянно растущих требований к транспортным средствам.

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 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.

Обзор и анализ конструкций промышленных образцов испытательных стендов для агрегатов трансмиссий показали, что современные стенды обладают высокой степенью универсальности, автоматизации и технологической оснащенности. Они обеспечивают точные и надежные результаты испытаний, соответствуют современным требованиям эргономики и безопасности, а также ориентированы на повышение энергетической эффективности и устойчивости. Эти характеристики делают их незаменимым инструментом в процессе разработки и оценки качества трансмиссионных

агрегатов, способствуя повышению надежности и долговечности продукции автомобильной промышленности.

В результате разработки конструкции стенда для испытаний коробок передач сделаны следующие выводы.

Разработанная конструкция стенда соответствует поставленным требованиям технического задания, включая возможность проведения ресурсных, функциональных и нагрузочных испытаний механических и автоматических коробок передач. В качестве основы для стенда принята стальная рама, установленная на антивибрационные опоры, что обеспечивает высокую устойчивость и жесткость конструкции. Это является критически важным для точности и надежности испытаний. Модульная конструкция стенда позволяет легко адаптировать его для различных типов коробок передач и условий проведения испытаний. Все эти конструкторские решения значительно расширяют область применения стенда и повышают его универсальность. Интеграция системы автоматического управления и программного обеспечения для сбора и анализа данных позволит проводить испытания с высокой степенью точности и воспроизводимости. Такое решение позволит снизить влияние человеческого фактора и повысит эффективность процесса тестирования.

При разработке конструкции уделено большое внимание эргономике и безопасности проведения работ. Предусмотрено вынесенное за пределы зоны испытаний рабочее место оператора, защитные экраны, аварийные кнопки и системы блокировки, что обеспечивает высокий уровень безопасности и комфорта при эксплуатации стенда. Применение энергосберегающих технологий и материалов при проведении испытаний позволяет снизить эксплуатационные затраты и минимизировать воздействие на окружающую среду.

Система управления данными и аналитические инструменты, встроенные в стенд, обеспечивают эффективное управление результатами испытаний, что способствуют более глубокому анализу и улучшению качества

проведения ресурсных испытаний. Разработанная конструкция стенда может быть реализована в промышленном производстве. Все основные узлы и агрегаты рассчитаны на прочность и соответствуют требованиям технического задания, что подтверждает их надежность и функциональность в процессе дальнейшей эксплуатации.

Таким образом, можно констатировать, что разработка конструкции стенда для испытаний коробок передач транспортных средств завершена успешно. Все поставленные в рамках дипломного проекта задачи выполнены, это подтверждается соответствием разработанного оборудования требованиям технического задания. Спроектированный стенд ресурсных испытаний коробок передач обеспечивает высокую точность, надежность и универсальность испытаний. Внедрение данного стенда в технологический процесс в рамках лабораторных исследований и научные технические центры позволит значительно улучшить контроль качества и развитие новых технологий в области разработки автомобильных трансмиссий.

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 методы для их минимизации или нейтрализации, а также произвести подбор необходимых средств индивидуальной защиты (СИЗ).

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

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

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

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

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены стенда и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем подразделе экономического раздела дипломного проекта. В результате произведенных расчетов определена себестоимость стенда, $C_{п} = 302\,263,78$ руб. Определение себестоимости позволило рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи 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. - ISBN 978-5-16-006053-8.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Приложение А
Графики тягового расчета

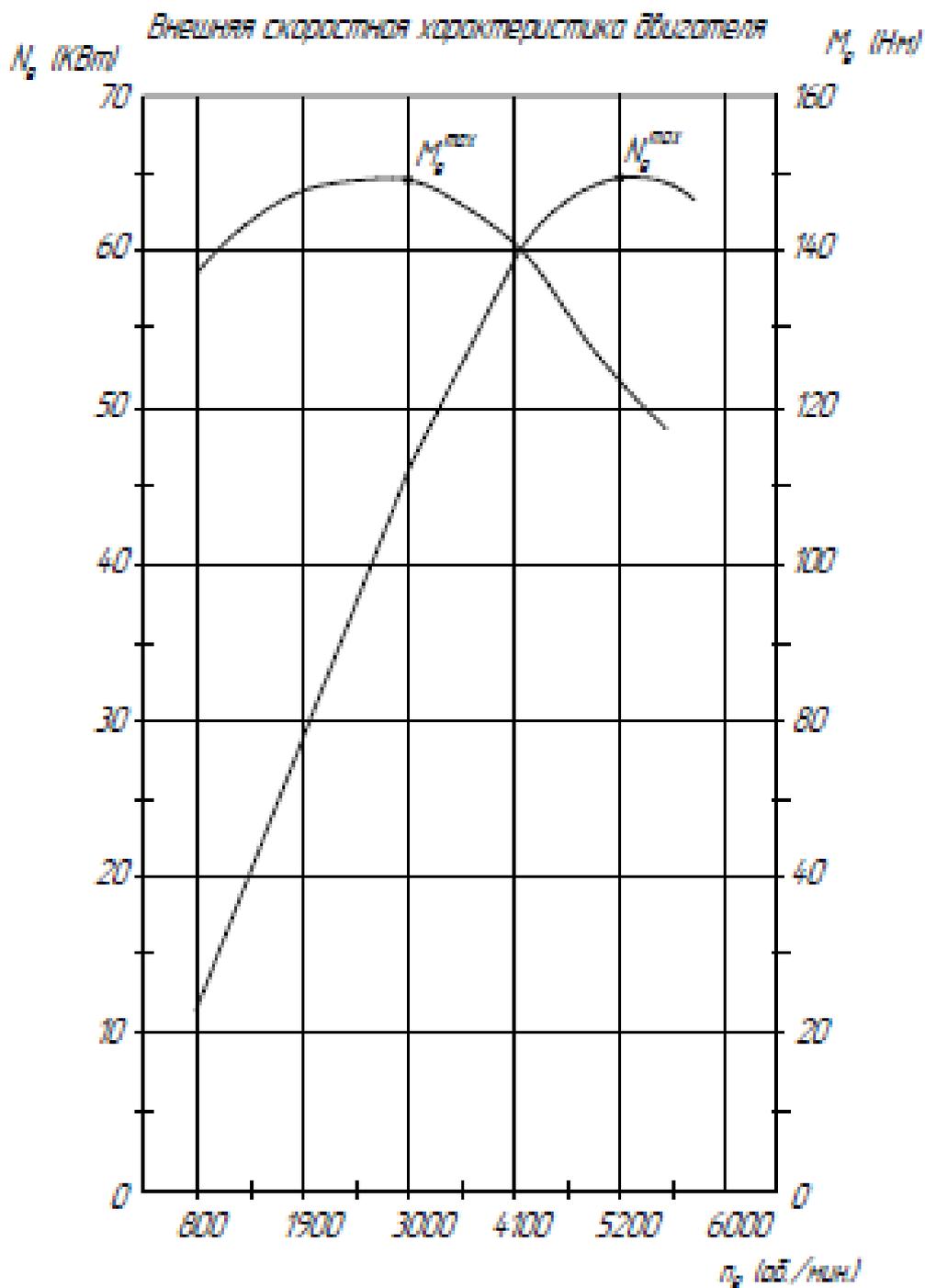


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика

Продолжение Приложения А

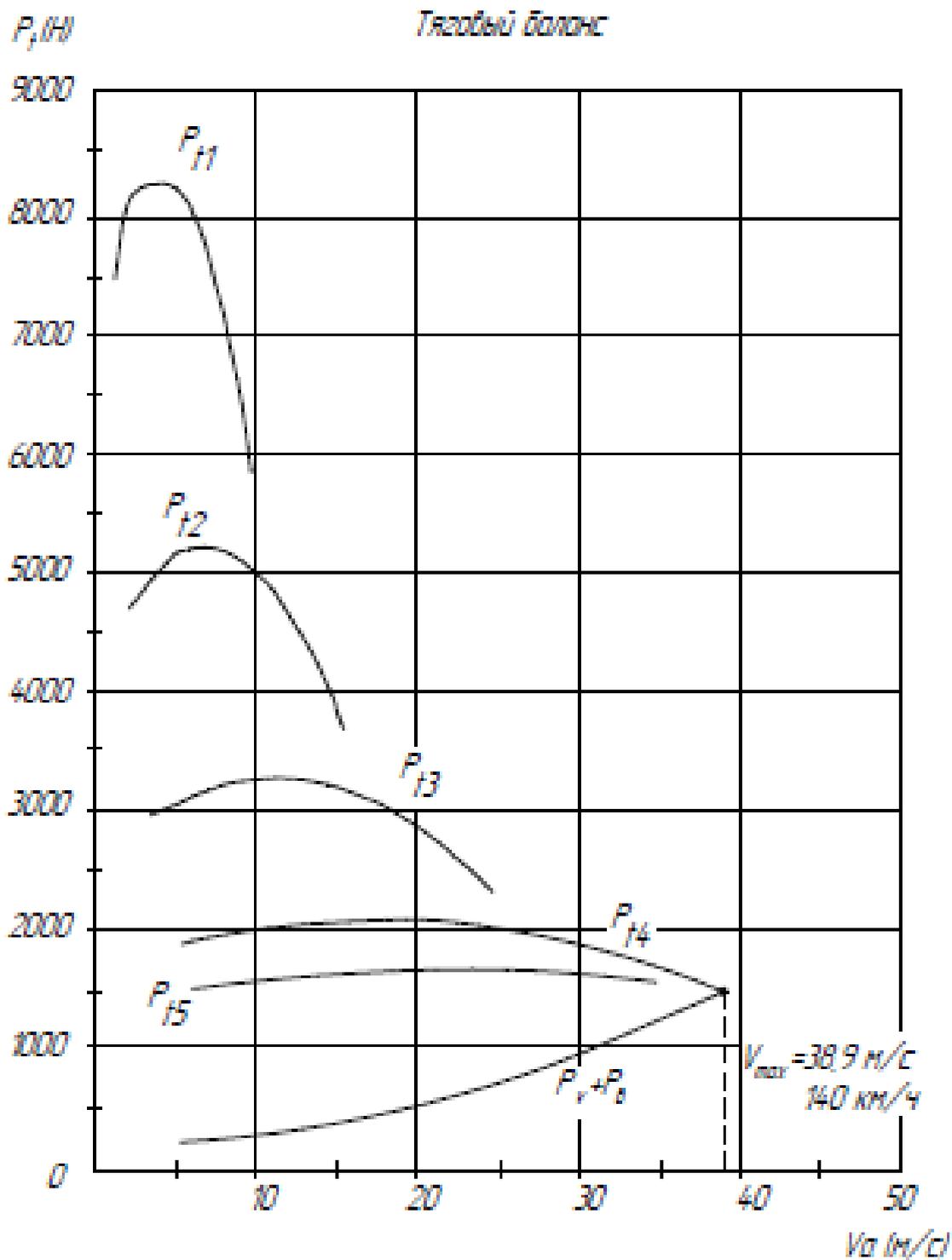


Рисунок А2 – Тяговый баланс автомобиля

Продолжение Приложения А

Динамическая характеристика

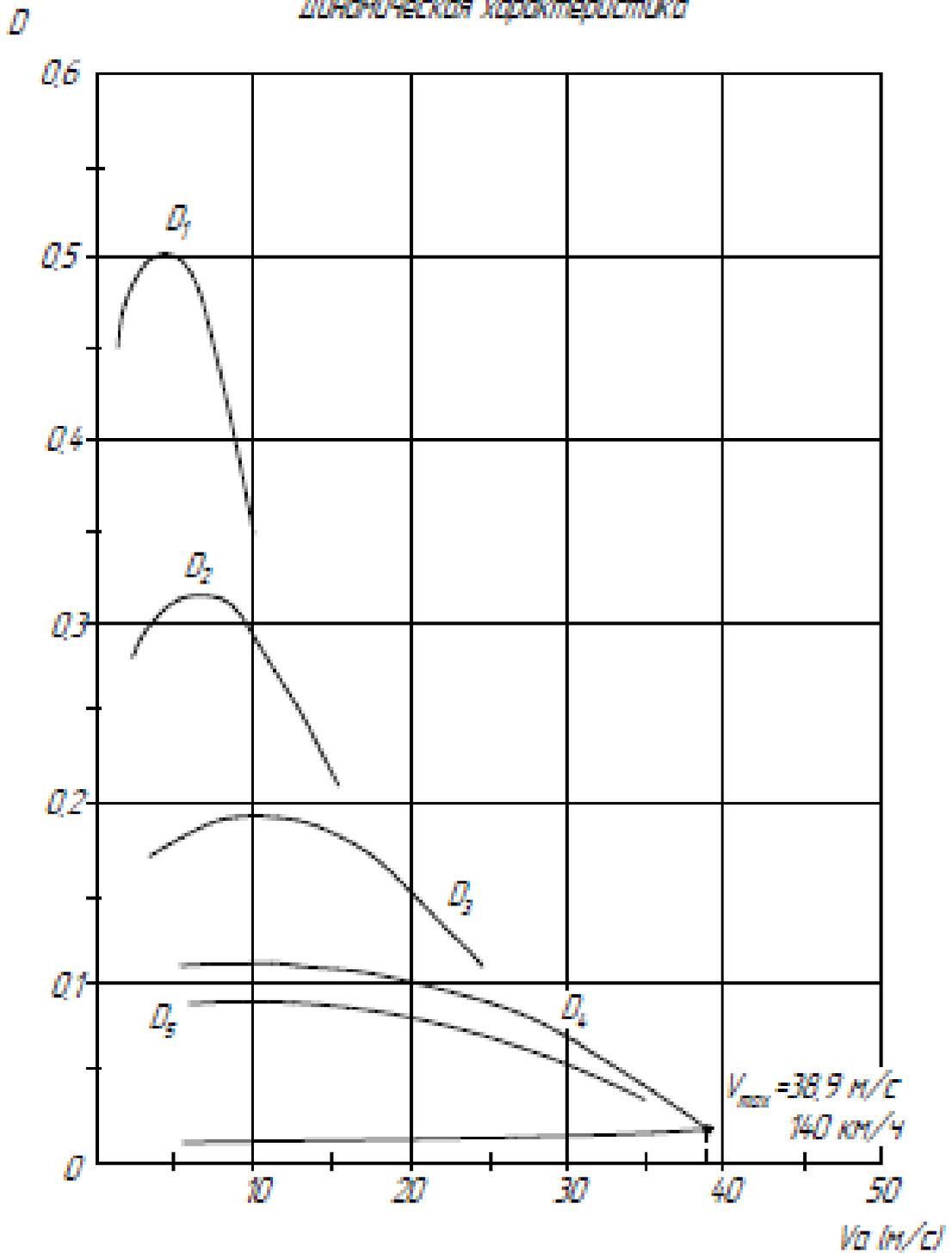


Рисунок А3 – Динамическая характеристика

Продолжение Приложения А

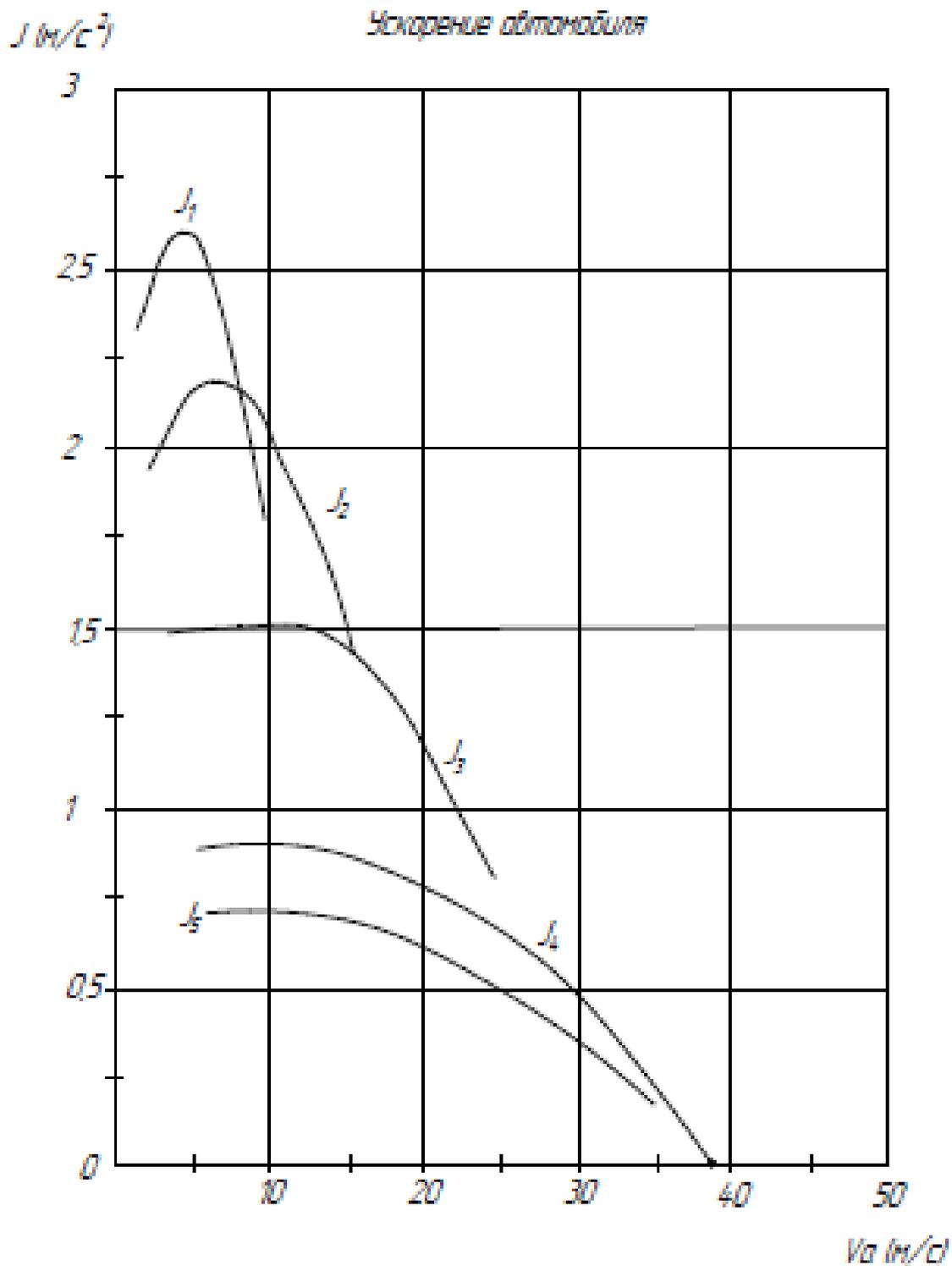


Рисунок А4 – Ускорения автомобиля

Продолжение Приложения А

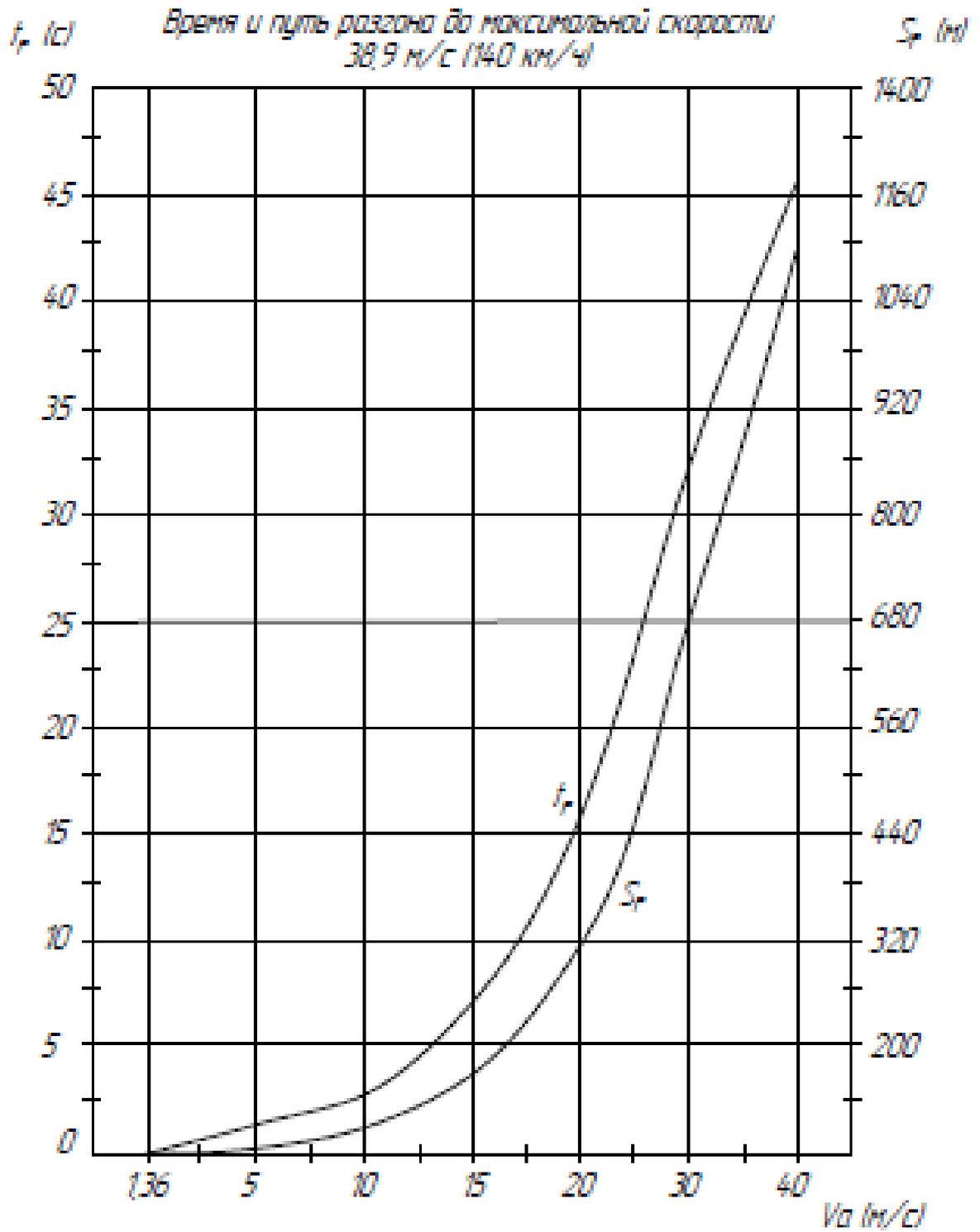


Рисунок А5 – Время и путь разгона автомобиля

Продолжение Приложения А

Мощностной баланс

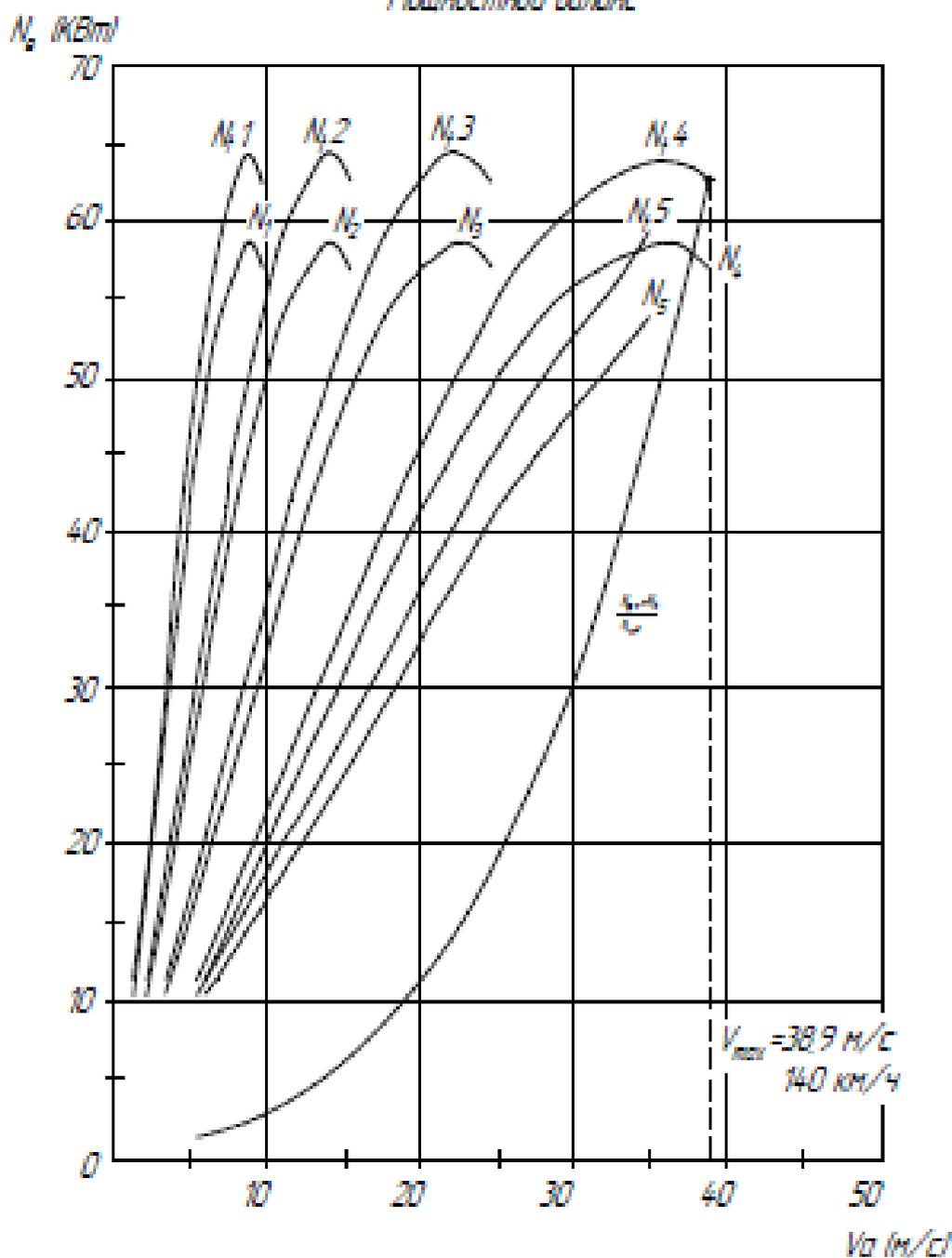


Рисунок А6 – Мощностной баланс

Продолжение Приложения А

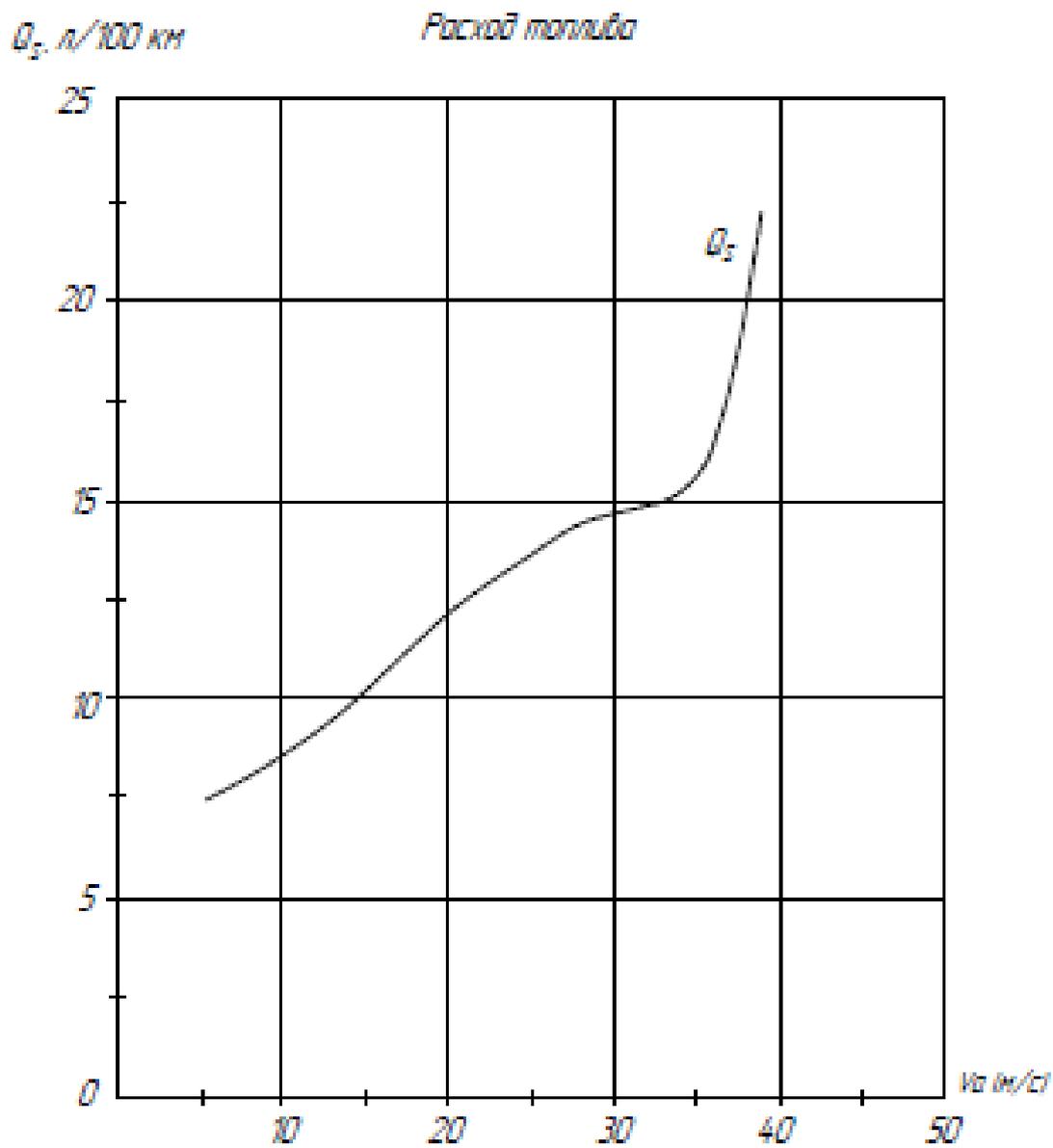


Рисунок А7 – Топливо-экономическая характеристика