

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 лабораторного стенда для испытания генераторов и
стартеров

Обучающийся

Д.А. Чурашов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Консультанты

доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2023

Аннотация

Представлен дипломный проект на тему «Разработка лабораторного стенда испытания генераторов и стартеров».

Актуальность данной темы обусловлена тем, что любые разработки и проводимые работы по модернизации электрооборудования транспортных средств требуют проведения комплекса испытаний, подтверждающих их надежность и безопасность. Это требует применения испытательных стендов, предназначенных для проведения комплексных испытаний транспортных средств по комплексу параметров. Одним из важных направлений будет являться критерий работы в условиях пиковых нагрузок в течении большого количества циклов, что будет являться подтверждением безотказности испытуемого агрегата.

Дипломный проект состоит из следующих разделов: введение, шесть глав, раскрывающих тему проекта, заключения и списка использованных источников, включая иностранные. Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.

Целью дипломного проекта является разработка конструкции лабораторного стенда испытания генераторов и стартеров на уровне технического проекта.

Логически структура дипломного проекта разделена на следующие части, связанные между собой: анализ существующих технических решений в конструкции испытательных стендов испытания генераторов и стартеров, тяговый расчет транспортного средства определенного типа для которых разрабатывается испытательный стенд, силовые и прочностные расчеты узлов испытательного стенда и его элементов, разработка технологического процесса изготовления узла, разработка безопасных условий труда на участке и экономическое обоснование эффективности дипломного проекта.

Разработанная в рамках дипломного проекта конструкция испытательного стенда позволит производить испытания электроагрегатов

транспортных средств в более сжатые сроки и с наиболее наглядными и идентифицируемыми результатами. Внедрение конструкции в испытательные лаборатории позволит повысить качество производимых испытаний, получать достоверные верифицируемые результаты.

Отдельно необходимо отметить, что результаты выполненной работы в рамках дипломного проекта имеют не только теоретическое, но также обладают практическим значением. Разработанная конструкция может быть реализована в рамках производства испытательных стендов для специализированных лабораторий сертификации транспортных средств.

Annotation

A graduation project on the theme "Development of a laboratory stand for testing generators and starters" is presented.

The relevance of this topic is due to the fact that any development and ongoing work on the modernization of the electrical equipment of vehicles require a set of tests to confirm their reliability and safety. This requires the use of test benches designed to conduct comprehensive tests of vehicles for a set of parameters. One of the important directions will be the criterion of operation under peak loads for a large number of cycles, which will confirm the reliability of the unit under test.

The diploma project consists of the following sections: an introduction, six chapters that reveal the topic of the project, a conclusion and a list of sources used, including foreign ones. The graphic part of the diploma is presented on ten sheets of A1 format.

The purpose of the diploma project is to develop the design of a laboratory bench for testing generators and starters at the level of a technical project.

Logically, the structure of the graduation project is divided into the following parts, interconnected: analysis of existing technical solutions in the design of test benches, testing of generators and starters, traction calculation of a certain type of vehicle for which a test bench is being developed, force and strength calculations of test bench units and its elements, development the technological process of manufacturing the assembly, the development of safe working conditions on the site and the economic justification for the effectiveness of the graduation project.

The design of the test bench developed within the framework of the diploma project will allow testing the electrical units of vehicles in a shorter time and with the most visible and identifiable results. Implementation of the design in testing laboratories will improve the quality of tests and obtain reliable verifiable results.

Separately, it should be noted that the results of the work performed within the framework of the graduation project are not only theoretical, but also have

practical significance. The developed design can be implemented as part of the production of test benches for specialized vehicle certification laboratories.

Содержание

Введение	8
1 Теоретические положения по исследованиям генераторных и стартерных установок в автомобилестроении	11
1.1 Анализ конструкции генераторов и стартеров, применяемых в автомобилях	11
1.2 Анализ конструкции испытательных стендов для испытания генераторов и стартеров	17
1.3 Анализ процессов и методик испытания генераторов и стартеров	24
2 Тяговый расчёт автомобиля	27
2.1 Исходные данные для тягового расчета	27
2.2 Расчет тягово-динамических характеристик автомобиля	29
3. Разработка конструкции стенда испытания стартеров и генераторов	47
3.1 Техническое задание на разработку стенда для испытания стартеров и генераторов	47
3.2 Техническое предложение на разработку стенда испытания стартеров и генераторов	50
3.3 Расчет сил, воздействующих на механизмы стенда в процессе эксплуатации и определение параметров конструкции	60
4 Технологический процесс проверки электрических агрегатов на разработанном стенде	63
4.1 Описание технологического процесса проверки электрических агрегатов на стенде	63
4.2 Разработка технологического процесса проверки электрических агрегатов на стенде	64
5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования	67
5.1 Характеристика участка сборки	67
5.2 Профессиональные риски, характерные для участка	69

5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих	73
5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке ...	77
5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка	79
6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта .	82
6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности	82
6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка	83
Заключение	92
Список используемой литературы и используемых источников	97
Приложение А Графики тягового расчета	100

Введение

Генератор и стартер – это важные компоненты автомобильной электрической системы. Генератор отвечает за производство электричества для зарядки аккумулятора и питания электрических устройств автомобиля, а стартер запускает двигатель. Генератор работает на принципе преобразования механической энергии, полученной от вращения двигателя, в электрическую энергию. Он также регулирует напряжение, подаваемое на аккумулятор, чтобы сохранять его заряженным и предотвращать повреждения электрических устройств автомобиля, что обеспечивается наличием реле-регулятора в генераторах автомобилей.

Стартер, в свою очередь, работает на принципе использования электродвижущей силы, преобразованной в механическое движение ротора, чтобы запустить двигатель автомобиля. Вращение ротора стартера через обгонную муфту передает вращение на коленчатый вал двигателя, запуская его.

Важно регулярно проверять и обслуживать генератор и стартер, чтобы обеспечить надежное и безопасное функционирование автомобиля. Это в свою очередь достигается главным образом тем, что агрегат проходит испытания, которые способны подтвердить его ресурсные возможности, а также надежность узла при эксплуатации.

В современном мире многие технологические системы и устройства используются для обеспечения различных процессов и функций. Среди таких устройств генераторы и стартеры занимают важное место. Эти устройства используются в транспортных средствах различного назначения и типов.

Они предназначены для обеспечения электрической энергией бортовой системы автотранспортного средства и запуска двигателя дистанционно, с рабочего места водителя.

При проектировании и эксплуатации генераторов и стартеров возникает необходимость в проведении испытаний, позволяющих проверить их

работоспособность и соответствие эксплуатационным требованиям. Для этого используются специальные лабораторные стенды, на которых проводятся различные тесты и измерения.

В данном дипломном проекте рассматривается разработка лабораторного стенда для испытания генераторов и стартеров.

Цель проекта – создание универсального стенда, который позволит проводить испытания различных типов генераторов и стартеров, кроме генераторов и стартеров специальных транспортных средств.

Стенд должен обеспечивать высокую точность измерения параметров и позволять осуществлять автоматизированное управление испытаниями.

В рамках работы проведен анализ существующих лабораторных стендов для испытания генераторов и стартеров, определены их основные преимущества и недостатки.

В частности, в результате проведенного анализа выявлено, что существующие стенды имеют ограниченную функциональность и низкую точность измерений. Кроме того, они не всегда позволяют проводить автоматизированные испытания, в большей степени полагаясь на квалификацию оператора.

На основе проведенного анализа был разработан испытательный стенд для испытания генераторов и стартеров на уровне технического проекта. Разработанный стенд предусматривает использование современных технологий и материалов, которые обеспечивают высокую точность измерений и прочность конструкции.

Кроме того, стенд оснащен современной системой управления, основанной на системе электронных датчиков, связанных с персональным компьютером через систему аналого-цифрового преобразования сигнала, которая позволяет проводить автоматизированные испытания и управлять процессом измерений.

В процессе выполнения дипломного проекта была выполнена разработка технологического процесса проведения испытаний.

Технологическая карта отражает порядок действий, а также трудоёмкость выполнения операций по испытанию электроагрегатов транспортных средств.

Разработанный в ходе выполнения дипломного проекта стенд обеспечивает высокую точность измерений и позволяет проводить различные тесты и испытания электрических агрегатов автомобилей. Автоматизированная система управления процессом испытания и получения данных позволяет существенно ускорить процесс испытаний и повысить их эффективность.

Таким образом, разработка лабораторного стенда для испытания генераторов и стартеров является актуальной задачей, которая позволяет повысить качество и эффективность работы этих устройств. Созданный в рамках данного проекта стенд обладает высокой точностью измерений и функциональностью, что позволяет проводить различные тесты и испытания.

1 Теоретические положения по исследованиям генераторных и стартерных установок в автомобилестроении

1.1 Анализ конструкции генераторов и стартеров, применяемых в автомобилях

Генераторы, которые используются в автомобилях, имеют сложную техническую и электрическую конструкцию, которая позволяет обеспечивать электрическую мощность для зарядки аккумулятора и питания электрических устройств автомобиля. Генератор является основным агрегатом, отвечающим за питание бортовой электрической сети. Конструкция генератора представлена на рисунке 1.

Как и любой агрегат, генератор имеет ряд узлов, отвечающих за выполнение определенных функций. В частности, к этим узлам относятся:

- Статор – это неподвижная часть генератора, которая состоит из стальных наборных пластин с обмотками из медного провода, называемых обмотками статора. Обмотки статора создают магнитное поле, необходимое для индукции электрического тока в роторе;
- Ротор – это подвижная часть генератора, которая состоит из набранного пластинами вала и обмоток проводов, называемых обмотками ротора. Ротор преобразует механическую энергию от двигателя автомобиля через вращательное движение внутри статора, что создает переменное магнитное поле;
- Коммутатор – это часть ротора, которая состоит из сегментов контактов и изоляторов. Когда ротор вращается, контакты коммутатора совместно работают с щетками, чтобы обеспечить снятие переменного тока с обмоток для дальнейшего преобразования их в постоянный ток.
- Щетки – это небольшие блоки, изготавливаемые из графита, которые контактируют с контактными кольцами коммутатора и обеспечивают передачу электрического тока. Щетки обеспечивают постоянное

электрическое соединение между ротором и стационарной частью генератора;

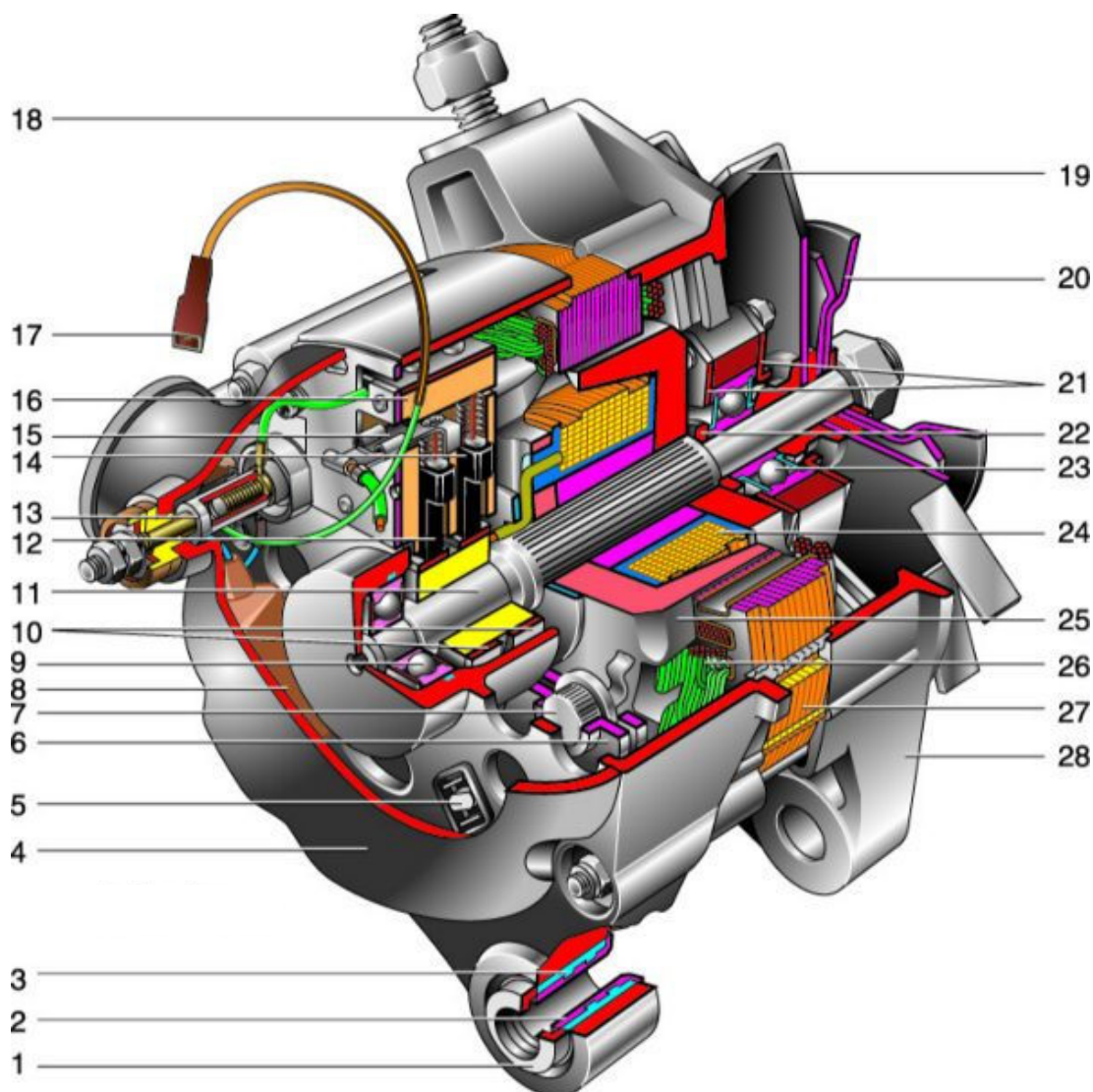
- Регулятор напряжения контролирует выходное напряжение генератора, чтобы обеспечить стабильное напряжение для зарядки аккумулятора и питания электрических устройств автомобиля. Он также регулирует электрическое поле статора для поддержания константного напряжения;

- Генераторы для автомобилей обычно имеют шариковые или роликовые подшипники, которые обеспечивают плавное и бесшумное вращение ротора внутри статора.

Важно отметить, что конструкция генераторов может варьироваться в зависимости от модели и производителя. Различные автомобильные производители могут внедрять различные технологии и инновации в конструкцию генераторов для повышения их эффективности и надежности.

«Статор и крышки генератора стянуты четырьмя болтами. Вал ротора вращается в подшипниках, установленных в крышках. Смазка, заложенная в подшипники на заводе, рассчитана на весь срок службы генератора. Задний подшипник генератора 9412.3701 напрессован на вал ротора и поджимается задней крышкой через пластмассовую втулку, передний подшипник запрессован и завальцован в передней крышке и заменяется только вместе с ней. Его внутренняя обойма вместе с упорным кольцом и шайбой зажата гайкой между шкивом и ступенькой на валу ротора. Передний подшипник генератора 371.3701 стянут четырьмя винтами между внутренней и наружной пластинами и может заменяться отдельно от передней крышки. Задняя часть генератора 9412.3701 закрыта пластмассовым кожухом на защелках. На задней крышке генератора 371.3701 установлен кожух с резиновым воздухозаборником, позволяющим забирать воздух для охлаждения генератора из верхней части подкапотного пространства, что уменьшает вероятность попадания воды в генератор при проезде глубоких луж и бродов.»

[5], [10]



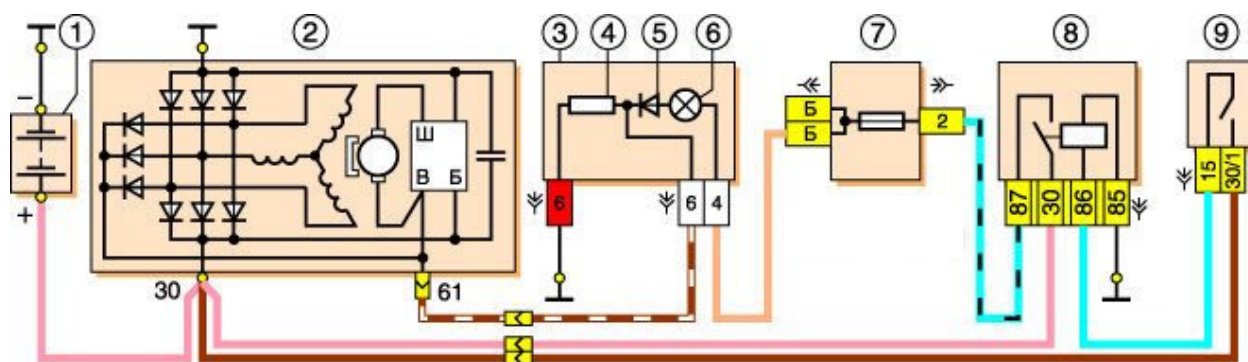
1 – поджимная втулка; 2 – втулка; 3 – буферная втулка; 4 – защитный кожух; 5 – винт крепления выпрямительного блока; 6 – выпрямительный блок; 7 – вентиль выпрямительного блока; 8 – конденсатор; 9 – задний подшипник вала ротора; 10 – контактные кольца; 11 – вал ротора; 12 – щетка, соединенная с выводом «В» регулятора напряжения; 13 – вывод «30» для подключения потребителей; 14 – щетка, соединенная с выводом «Ш» регулятора напряжения; 15 – вывод «В» регулятора напряжения; 16 – регулятор напряжения; 17 – вывод «61» генератора; 18 – шпилька крепления генератора к натяжной планке; 19 – крыльчатка; 20 – шкив; 21 – пластины крепления подшипника; 22 – упорное кольцо; 23 – передний подшипник вала ротора; 24 – обмотка ротора; 25 – полюсный наконечник ротора; 26 – обмотка статора; 27 – статор; 28 – передняя крышка (со стороны привода).

Рисунок 1 – Устройство автомобильного генератора

«В статоре генератора расположена трехфазная обмотка, выполненная по схеме «звезда» (выводы фазных обмоток имеют общую точку). Вторые концы фазных обмоток соединены с выпрямительным мостом, состоящим из

шести кремниевых диодов (вентилей) – трех «положительных» и трех «отрицательных». Вентили запрессованы в две подковообразные алюминиевые пластины-держатели в соответствии с полярностью (положительные и отрицательные – на разных пластинах); на одной из пластин также находятся три дополнительных диода, через которые питается обмотка возбуждения генератора после пуска двигателя. Пластины объединены в выпрямительный блок, закрепленный на задней крышке генератора.» [4], [6]

Поскольку генератор является частью системы питания автомобиля, он является агрегатом, интегрированным в эту систему. Работа генератора отслеживается системой, включающей электрические предохранители и контрольные лампы. Электрическая схема подключения генератора в бортовой системе электропитания приведена на рисунке 2.



1 – аккумулятор; 2 – генератор; 3 – комбинация приборов; 4 – резистор 51 Ом, 5 Вт; 5 – диод; 6 – контрольная лампа заряда аккумуляторной батареи; 7 – блок предохранителей; 8 – реле зажигания; 9 – выключатель зажигания.

Рисунок 2 – Электрическая схема подключения генератора в бортовую систему автомобиля

Генератор в системе электроснабжения автомобиля является устройством генерирующим. Стартер является потребителем электрической энергии. Его назначение состоит в обеспечении дистанционного запуска двигателя.

Стартеры являются важным компонентом автомобильной электрической системы и отвечают за запуск двигателя. Они имеют сложную

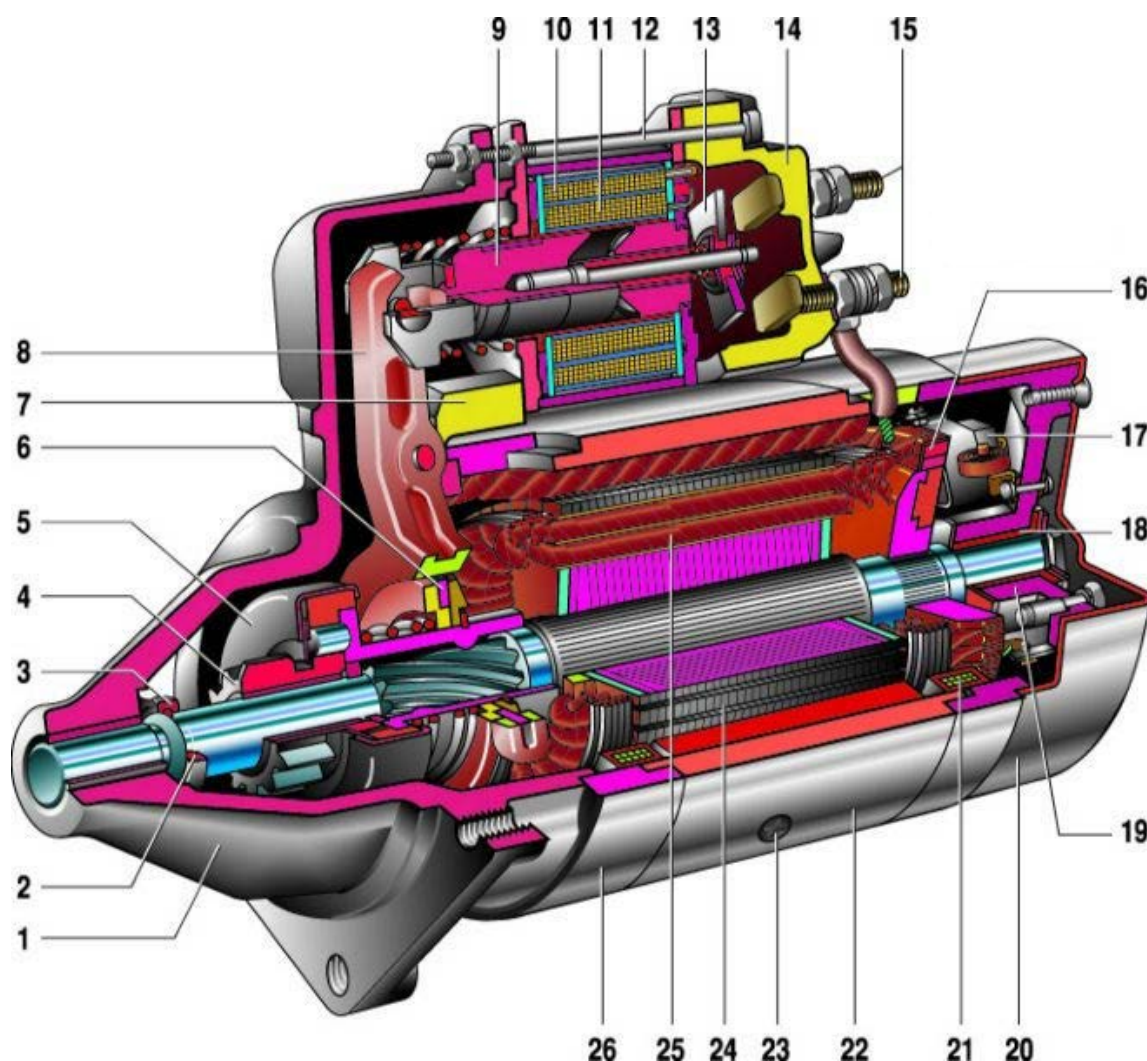
механическую и электрическую конструкцию, которая обеспечивает требования к необходимой мощности и надежности агрегата.

Основными конструктивными узлами стартера являются:

- Корпус стартера является оболочкой, которая защищает внутренние компоненты от воздействия внешних факторов. Он обычно изготавливается из прочного материала, такого как алюминий или сталь, чтобы обеспечить стойкость к механическим нагрузкам и тепловым воздействиям. Реже в конструкции корпусов стартеров применяются полимерные материалы;
- Якорь является одной из ключевых частей стартера и представляет собой подвижную деталь, передающую вращение. Конструктивно якорь представляет собой вал, содержащий обмотку из медного провода и коммутатор. При запуске двигателя, якорь вращается внутри корпуса с обкладками статора, передавая вращение на маховик коленчатого вала двигателя;
- Статор является неподвижной деталью устройства стартера и состоит из набора изолированных обмоток, называемых обмотками статора. Обмотки выполняются из медного провода, как правило имеющего большее сечение, нежели обмотки ротора. Задача статора – создавать магнитное поле, необходимое для индукции электрического тока, что создает электродвижущую силу в якоре стартера;
- Коммутатор является частью якоря стартера и состоит из сегментов контактов, изолированных друг от друга. Когда якорь вращается, контакты коммутатора взаимодействуют с щетками, чтобы обеспечить снятие тока с аккумулятора и подачу его на якорь;
- Щетки – это небольшие блоки, изготавливаемые из графита, которые контактируют с контактными кольцами коммутатора и обеспечивают передачу электрического тока. Они передают электрический ток на коммутатор, который затем направляется на обмотки якоря;
- Обгонная муфта – устройство, которое обеспечивает разрыв

крутящего момента между якорем и коленчатым валом двигателя в момент запуска двигателя. Это необходимо для того, чтобы предотвратить поломку стартера, поскольку частота вращения двигателя намного выше, чем частота вращения якоря стартера.

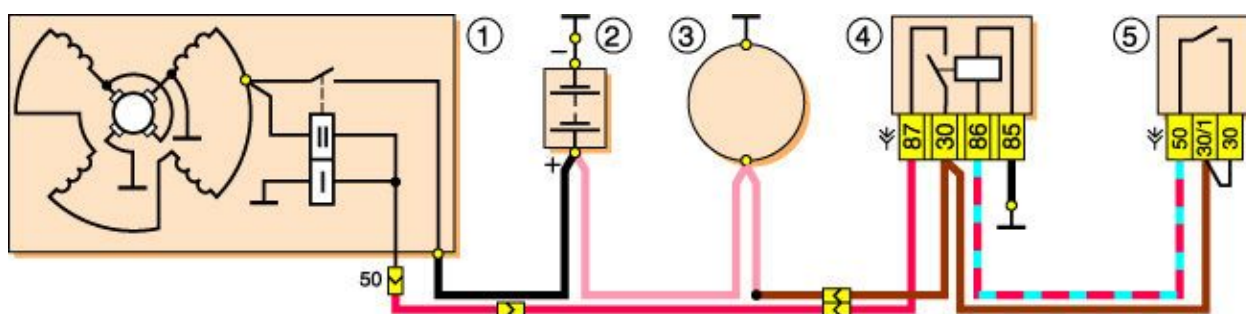
Конструкция автомобильного стартера представлена на рисунке 3.



1 – крышка со стороны привода; 2 – стопорное кольцо; 3 – ограничительное кольцо; 4 – шестерня привода; 5 – обгонная муфта; 6 – поводковое кольцо; 7 – резиновая заглушка; 8 – рычаг привода; 9 – якорь реле; 10 – удерживающая обмотка тягового реле; 11 – втягивающая обмотка тягового реле; 12 – стяжной болт реле; 13 – контактная пластина; 14 – крышка реле; 15 – контактные болты; 16 – коллектор; 17 – щетка; 18 – втулка вала якоря; 19 – крышка, со стороны коллектора; 20 – кожух; 21 – шунтовая катушка обмотки статора; 22 – корпус; 23 – винт крепления полюса статора; 24 – якорь; 25 – обмотка якоря; 26 – промежуточное кольцо.

Рисунок 3 – Устройство автомобильного стартера

Поскольку стартер является частью электросистемы автомобиля, он является агрегатом, интегрированным в эту систему. Работа стартера контролируется узлами электрической системы. Кроме того, необходимо отметить, что стартер является наиболее мощным потребителем электрического тока в электрической системе. Электрическая схема подключения генератора в бортовой системе электропитания приведена на рисунке 4.



1 – стартер; 2 – аккумулятор; 3 – генератор; 4 – реле включения стартера; 5 – выключатель зажигания.

Рисунок 4 – Электрическая схема подключения стартера в бортовую систему автомобиля

Конструкции генератора и стартера могут незначительно отличаться у различных производителей, сохраняя общие черты конструкции и принцип действия. Для обеспечения разработки конструкции стенда, рассмотрим возможные варианты конструкций испытательных стендов.

1.2 Анализ конструкции испытательных стендов для испытания генераторов и стартеров

Стенды для испытания генераторов и стартеров являются важным оборудованием в автомобильной промышленности, которые предназначены для проверки работоспособности и соответствия техническим требованиям.

Конструкция всего разнообразия решений стенда для испытания генераторов и стартеров можно условно привести к набору следующих элементов конструкции:

- Каркас стенда представляет собой пространственную раму, на которой устанавливаются все компоненты стенда. Он обеспечивает прочность и жесткость всей конструкции. Стендовая платформа представляет собой поверхность, на которой закрепляются генератор или стартер для проведения испытаний;
- Стенды обычно оснащены системой крепления, которая позволяет безопасно и надежно закрепить генераторы и стартеры на рабочей платформе. Это позволяет избежать движения и вибраций во время испытаний;
- Стенды имеют различные электрические соединения, которые позволяют подключить генераторы и стартеры к источнику питания и оборудованию для измерений. Это включает провода, разъемы и контакты, которые обеспечивают стабильное и надежное электрическое соединение;
- Стенды обычно оснащены различными измерительными устройствами, такими как вольтметры, амперметры и тахометры. Они позволяют измерять различные параметры работы на различных режимах генераторов и стартеров, таких как напряжение, ток, частота вращения и другие рабочие характеристики;
- Стенды оснащаются системой контроля и управления, которая позволяет контролировать процесс испытания и контролировать параметры работы генераторов и стартеров. В наиболее часто встречающемся варианте это автоматизированная система с программным обеспечением, которая обеспечивает точное и эффективное проведение испытаний, а также снятие параметров в режиме реального времени с датчиков.

Конструкция стендов для испытания генераторов и стартеров может различаться в зависимости от их типа и назначения. Некоторые стенды могут быть компактными и портативными, а другие более крупными и стационарными. Они также могут включать дополнительное оборудование и системы, такие как системы охлаждения, системы контроля работы, предохранительные системы и системы аварийной остановки. Общая цель конструкции стендов для испытания генераторов и стартеров – обеспечить точные и надежные испытания этих устройств, а также повысить эффективность и качество их работы.

Рассмотрим некоторые виды стендов для испытания стартеров и генераторов, производимых промышленно. На рисунке 5 представлен стенд для проверки генераторов, стартеров Э250М-02 ГАРО.



Рисунок 5 – Стенд для проверки генераторов, стартеров Э250М-02 ГАРО

«Стенд Э250М-02 обеспечивает проверку электрооборудования:

- генераторов на холостом ходу и под нагрузкой;
- стартеров в режимах холостого хода и полного торможения;
- реле-регуляторов;
- тяговых реле стартеров;
- реле-прерывателей;
- коммутационных реле;
- электроприводов агрегатов автомобиля;
- полупроводниковых приборов;
- резисторов.

Стенд Э250М-02 обладает набором уникальных потребительских свойств:

Беспроводное подключение к компьютеру по каналу Bluetooth. Эта опция делает возможным контроль параметров и осциллограмм проверяемых стартеров и генераторов в режиме он-лайн и показывает, какая из частей стартера или генератора нуждается в ремонте.

В базовой версии стенд укомплектован силовым источником питания (СИП).» [7], [13]

В целом, конструкция стенда имеет компоновку, характерную для большинства испытательных стендов подобного типа. На платформе стенда размещены системы крепления, которые могут меняться в зависимости от типа испытываемого агрегата, что позволяет проводить испытания агрегатов самого разного типа. Измерительная система стенда построена на цифровых системах, что позволяет передавать данные испытаний непосредственно в режиме реального времени, что значительно упрощает процесс формирования отчета по проведенным испытаниям.

На рисунке 6 представлен еще один стенд для проверки генераторов и стартеров Kraftwell KRW220Inverter.



Рисунок 6 - Стенд для проверки генераторов и стартеров Kraftwell
KRW220Inverter

«KRW220Inverter - электрический стенд для быстрого испытания и контроля работы электрооборудования автомобилей - стартеров и генераторов 12 и 24 В, а также различных элементов электрооборудования бензиновых и дизельных автомобилей. Питание 220В (с инвертером). На лицевой панели расположены все основные элементы управления: входы, переключатели, световые индикаторы и аналоговые приборы измерения величин - вольтметр и амперметр.» [14], [15]

Стенд выполняет следующие операции, связанные с проверкой стартеров и генераторов:

- тестирование генераторов 12/24 В мощностью вплоть до 1200 Вт со встроенными или внешними регуляторами и индикатором нагрузки;
- тестирование стартеров: тест без нагрузки;
- тестирование различных элементов электрооборудования автомобиля, стеклоочистителей, прерывателей и т.д.;
- постоянная регулировка оборотов двигателя.

К недостаткам данного стенда стоит отнести отсутствие цифрового порта, что усложняет передачу данных для формирования отчета. Стенды подобного типа находят применение в случаях проведения единичных испытаний в исследовательских лабораториях.

На рисунке 7 представлен КРОН-Э250М-02, стенд для проверки стартеров и генераторов.

«Контрольно испытательный стенд Э250М-02 предназначен для регулировки и диагностирования или снятого с легковых-грузовых автомобилей различного электрооборудования, в том числе: стартеров, генераторов, тяговых реле, реле-прерывателей и регуляторов, коммутационных реле, полупроводниковых приборов, резисторов, электроприводов агрегатов автомобиля.

При помощи данного стенда проверка генераторов и стартеров осуществляется в двух режимах: на холостом ходу или под нагрузкой, а также в режиме холостого хода или полного торможения соответственно.

Стенд имитирует рабочие режимы установленного на него электрооборудования, снимая при этом их показания и выявляет различные их неисправности.» [15]



Рисунок 7 – Стенд для проверки стартеров и генераторов КРОН-Э250М-02

Стенд КРОН-Э250М-02 имеет расширенный функционал и позволяет производить исследования генераторов и стартеров самых различных производителей.

В разделе приведены только некоторые виды стендов, получивших наиболее широкое распространение. Однако, даже исходя из представленного анализа можно сделать выводы об общих тенденциях и конструкторских решениях, характерных для испытательных стендов. Именно эти общие конструкторские решения будут реализованы в разрабатываемой конструкции испытательного стенда.

1.3 Анализ процессов и методик испытания генераторов и стартеров

Испытания генераторов и стартеров на специальных стендах являются важным этапом в процессе их производства и обслуживания. Проведение этих испытаний позволяет проверить работоспособность, эффективность и соответствие требованиям этих устройств.

Вот некоторые основные типы испытаний, которые обычно проводятся на стенде при испытании электроагрегата.

Проверка напряжения, выдаваемого генератором. В ходе этого испытания генератор подключают к потребителю на стенде, и измеряют при помощи соответствующих измерительных устройств. Это позволяет проверить, соответствует ли напряжение, создаваемое генератором нормам и требованиям.

Проверка силы тока. В ходе этого теста производится измерение силы тока на различных режимах, отдаваемое генератором или потребляемое стартером. Измерения выполняются при различных нагрузках и режимах работы, чтобы убедиться, что ток в пределах допустимых значений. Подробнее режимы испытаний будут рассмотрены в соответствующих разделах.

Проверка мощности электроагрегата. В ходе этого испытания измеряется мощность, генерируемая генератором, или мощность, потребляемая стартером. Это помогает оценить эффективность работы устройства и соответствие его характеристик требованиям.

Проверка частоты вращения электроагрегата. Генераторы и стартеры вращаются с определенной частотой, заложенной конструктивно, и важно проверить, соответствует ли частота вращения устройства требованиям. В ходе испытания измеряется скорость вращения и проверяется ее стабильность при различных условиях работы, но самое главное – в ходе этого испытания производятся замеры силы тока и напряжения, которые должны соответствовать частотам вращения.

Проверка величины максимальной нагрузки. Для генераторов проводят испытания нагрузочной способности, в ходе которых проверяется, насколько хорошо генератор справляется с высокими нагрузками. Это позволяет оценить его мощность и стабильность работы при различных условиях нагрузки.

Испытание стартера в различных пусковых режимах. Для стартеров проводится испытание способности запуска двигателя. В ходе этого испытания стартер подключается к двигателю или его имитации, и оценивается его способность надежно запустить двигатель при различных условиях.

Во время проведения испытаний генераторов и стартеров используются специализированные приборы измерения, такие как вольтметры, амперметры, тахометры и другие. Это позволяет получить точные данные о работоспособности и характеристиках этих устройств.

Важно отметить, что проведение испытаний генераторов и стартеров должно осуществляться опытными специалистами, которые имеют знания и опыт в области автомобильной электрической системы. Это гарантирует правильное проведение испытаний и надежную оценку работы устройств.

В разделе произведен краткий обзор типов и видов стартеров и генераторов, применяемых на легковых автомобилях. Произведен обзор конструкции этих электрических агрегатов и схемы их подключения в электрической системе автомобиля, на основании которого сделаны выводы о тех характеристиках, которые могут быть проконтролированы посредством средств инструментального контроля.

Выполнен обзор конструкции испытательных стендов, предназначенных для проведения испытаний генераторов и стартеров. В разделе приведены только некоторые виды стендов, получивших наиболее широкое распространение. Однако, даже исходя из представленного анализа можно сделать выводы об общих тенденциях и конструкторских решениях, характерных для испытательных стендов. Именно эти общие конструкторские

решения будут реализованы в разрабатываемой конструкции испытательного стенда.

Также в разделе выполнен обзор методик проведения испытаний автомобильных стартеров и генераторов. Выявлены основные типы испытаний, которые обычно проводятся на стенде при испытании электроагрегата, к которым относятся:

- проверка напряжения, выдаваемого генератором;
- проверка силы тока;
- проверка мощности электроагрегата;
- проверка частот вращения электроагрегата;
- проверка величины максимальной нагрузки;
- испытание стартера в различных пусковых режимах.

Как было выявлено в результате обзора, данный вид испытания используются в исследованиях как наиболее соответствующем реальным условиям эксплуатации. Учитывая, что проектируемый стенд должен максимально соответствовать требованиям условий эксплуатации, предварительно для конструкции будет выбран стенд, соответствующий комплексу методик и методов испытания.

Таким образом, результатом раздела явился анализ характеристик электрических агрегатов и выбор типа разрабатываемой конструкции стенда, исходя из условий эксплуатации стартеров и генераторов автомобиля.

2 Тяговый расчёт автомобиля

2.1 Исходные данные для тягового расчета

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

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

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

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

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

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

Внешний вид автомобиля ВАЗ-2190 представлен на рисунке 8.

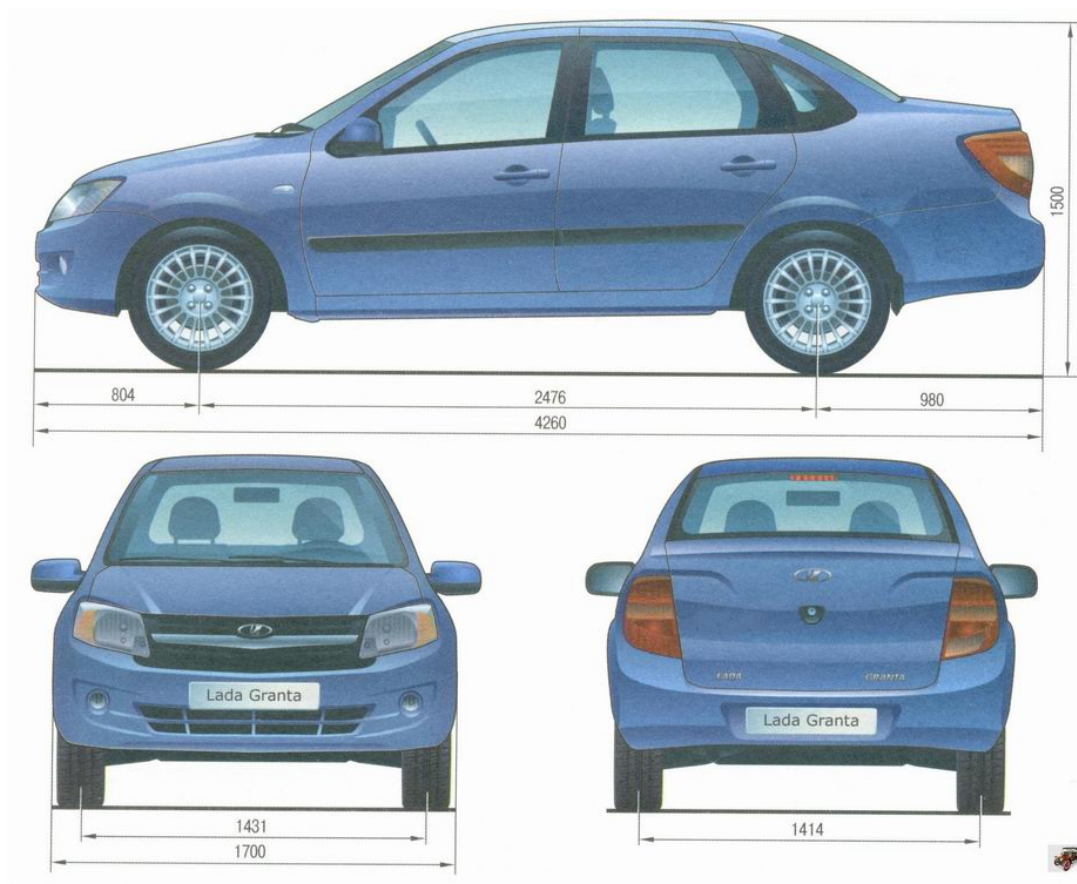


Рисунок 8 – Внешний вид и габаритные размеры автомобиля Лада Гранта ВАЗ-2190

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

2.2 Расчет тягово-динамических характеристик автомобиля

Полная масса автомобиля определяется следующим образом:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Определим вес, приходящийся на переднюю ось автомобиля:

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

Определим вес, приходящийся на заднюю ось автомобиля:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$B = 165 \text{ мм};$$

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

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

Определяем радиус качения колеса:

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

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

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

где A_B – площадь лобового сопротивления;

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

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

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

H_{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

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

Определим максимальную мощность двигателя:

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

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

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

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

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

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

n_p – обороты коленчатого вала двигателя при максимальной мощности:

$n_p = 5100$ об/мин;

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

Для карбюраторного двигателя легкового автомобиля коэффициенты находим по формулам:

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

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

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

где k_M – коэффициент приспособляемости по крутящему моменту;

k_{ω} – коэффициент приспособляемости по частоте вращения.

«Коэффициенты приспособляемости рассчитываем по стендовым параметрам двигателя:

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

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

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

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

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

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:

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

$$0.7+2\cdot1.6+3\cdot(-1.3)=0$$

Условие выполняется:

Определим обороты коленчатого вала при максимальной скорости:

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

«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]

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

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

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

«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]

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

где $U_{\text{вп}}^A$ – передаточное число высшей передачи в КП:

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

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

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

Для заданной модели автомобиля $U_1 = 2,75$

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

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

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

«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]

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

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

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

Определим минимальную устойчивую скорость движения автомобиля:

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

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]

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

$$U_2 = 2.75^{\frac{3-2}{3-1}} * 1.313^{\frac{2-1}{3-1}} = 1.9$$

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]

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

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

Значение крутящего момента при различных оборотах рассчитываем по формуле:

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

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

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

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

Далее расчеты производим аналогично

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

Результаты расчетов заносим в таблицу 2

Таблица 2 – Результаты расчетов внешней скоростной характеристики

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

Продолжение таблицы 2

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

По рассчитанным значениям строим внешнюю скоростную характеристику (рисунок 9).

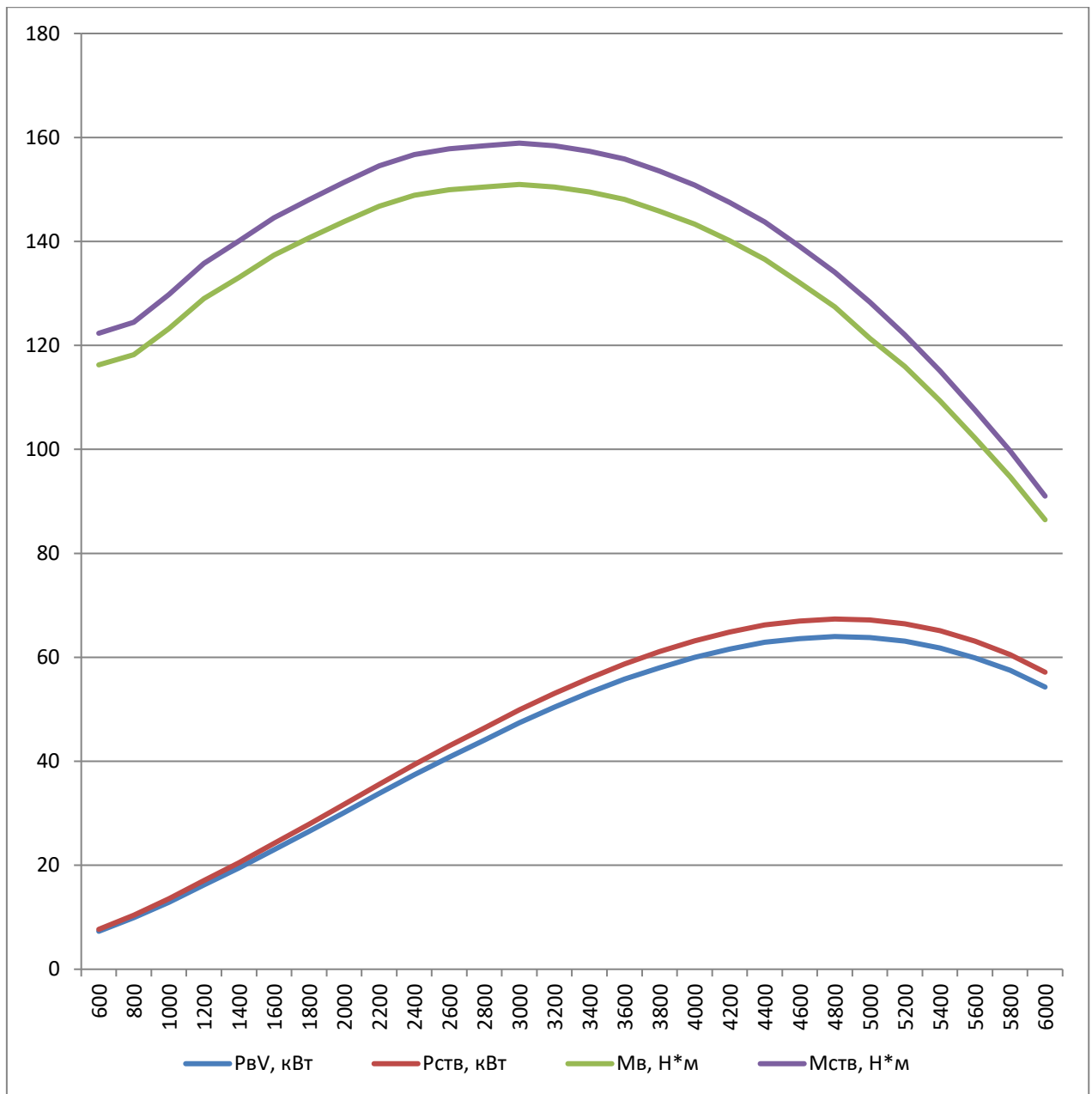


Рисунок 9 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

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

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

где F_k – сила тяги, приложенная к ведущим колесам;

F_f – сила сопротивления качению;

F_i – сила сопротивления подъема;

F_B – сила сопротивления воздуха;

F_j – сила сопротивления разгону.

«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]

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

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

«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]

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

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

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

Таблица 3 - Результаты расчетов окружной силы F_k

n, об/мин	1-я передача		2-я передача		3-я передача		4-я передача		5-я передача	
	V 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

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

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

V_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

Продолжение таблицы 4

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

По рассчитанным значениям строим тяговую характеристику автомобиля (рисунок 10).

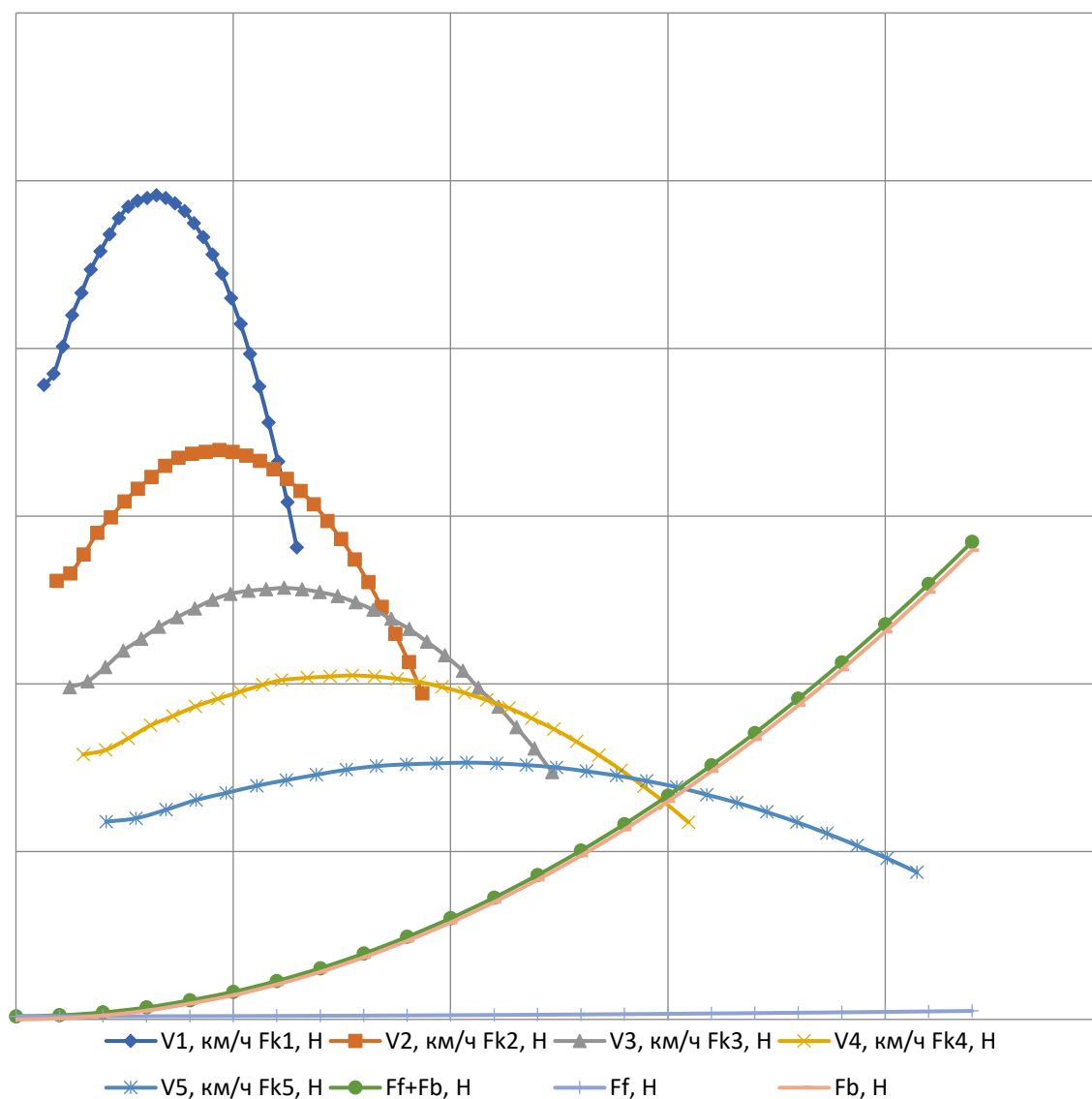


Рисунок 10 - Тяговая характеристика автомобиля

Результатом выполнения раздела явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства.

Нагрузка на автомобиль является важным фактором, влияющим на его тяговую способность. При расчете необходимо учитывать массу автомобиля, грузоподъемность, а также вес и расположение груза. Расчет массы автомобиля основывался на методических указаниях и указаниях, почерпнутых из специализированной литературы, также подтвержденной практическим опытом.

Мощность двигателя, рассчитанной из массы и заданных скоростных режимов, должна быть достаточной для обеспечения необходимой тяговой способности при заданных условиях эксплуатации автомобиля.

Передаточное число было выбрано таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью автомобиля и его тяговой способностью. При этом необходимо учитывать, что слишком высокое передаточное число может привести к перегреву двигателя, а слишком низкое – к излишнему расходу топлива. Рассчитанное передаточное число обеспечивает движение автомобиля на скоростях, обозначенных в исходных данных. Расчёт динамических характеристики, приведенных в Приложении А также свидетельствует о правильности произведенных расчетов.

Расход топлива также был рассчитан для подтверждения параметров транспортного средства при выполнении тягового расчета автомобиля. Он зависит от мощности двигателя, передаточного числа, нагрузки на автомобиль и других факторов. Графики расхода топлива, в зависимости от режима работы двигателя, приведен в Приложении А и на листах графической части.

Таким образом, тяговый расчет автомобиля является важным этапом проектирования и эксплуатации транспортных средств. Он позволяет определить оптимальные параметры для обеспечения высокой тяговой способности и экономической эффективности автомобиля.

3. Разработка конструкции стенда испытания стартеров и генераторов

3.1 Техническое задание на разработку стенда для испытания стартеров и генераторов

Целью разработки стенда для испытания генераторов и стартеров является создание конструкции современного испытательного стенда, который можно будет использовать в испытательных лабораториях для проведения испытаний электроагрегатов легковых автомобилей.

Достижение целей проектирование потребует выполнения ряда взаимосвязанных задач, а именно:

- выбор конструкции стенда, исходя из имеющихся аналогов;
- разработка наиболее ответственных узлов стенда, с учетом современных тенденций и средств контроля, используемых в испытательных стендах;
- проведение прочностных и мощностных расчетов для наиболее ответственных узлов и агрегатов;
- выполнение чертежей конструкции на уровне технического проекта.

Разрабатываемый стенд должен обеспечивать проверку стартера в следующих режимах:

- режим холостого хода;
- режим рабочего хода (режим запуска двигателя);
- режим полной остановки.

Для генератора испытания проводятся в следующих режимах:

- режим начала токоотдачи;
- режим рабочего хода (режим генерации тока);
- режим полной нагрузки.

Точность измерения параметров силы тока и напряжения должна находиться в пределах $\pm 0,05$ В для напряжения и $\pm 0,01$ А для силы тока. Измерение частоты вращения проводится посредством импульсных датчиков, имеющих погрешность показаний $\pm 0,1$ об/мин.

Рабочая нагрузка стенда должна составлять 0...250А. Пиковая нагрузка, измерение и контроль которой должны обеспечивать электрические узлы стенда составляет 500А.

Измерение и передача информации должна производиться посредством цифровых датчиков. Требуется обеспечить передачу информации от датчиков стенда на компьютер для формирования отчета через универсальную шину обмена данными и протокол Bluetooth.

Стенд должен обеспечивать безопасную работу на всех режимах. При превышении нагрузки или при превышении величины тока, стенд должен обеспечить отключение от сети всех систем стенда.

Стенд, предназначенный для испытания стартеров и генераторов должен быть адаптирован для испытания стартеров и генераторов легковых автомобилей Рено. С целью обеспечения плавности регулировки нагрузки и возможности полной блокировки стартера, при соблюдении требований по охране труда преимущественно рекомендуется применять в качестве нагружающей системы механический тормоз, замеры производить при помощи цифровых приборов. В качестве элементов передачи крутящего момента и опор предполагается использование узлов и агрегатов автомобилей отечественного производства (ВАЗ, Рено). Испытание генератора следует проводить на ток отдачи. Для этого, требуется спроектировать механизм крепления генератора и его привод, выдающий обороты, соответствующие оборотам, при котором происходит отдача тока.

Требования к электрическим соединениям, проводам и разъемам для подключения генератора и стартера к стенду должны соответствовать требованиям, оговоренным в ГОСТ 10434-82.

Требования к приборам измерения и контроля, включая типы и точность измерительных устройств должны соответствовать требованиям, оговоренным в ГОСТ 14014-91.

Измерение и передача информации должна производиться посредством цифровых датчиков. Требуется обеспечить передачу информации от датчиков стенда на компьютер для формирования отчета через универсальную шину обмена данными и протокол Bluetooth.

Стенд должен обеспечивать безопасную работу на всех режимах. При превышении нагрузки или при превышении величины тока, стенд должен обеспечить отключение от сети всех систем стенда.

Программное обеспечение для стенда должно базироваться на программных продуктах, построенных на основе открытого кода и не подлежащим обременению в виде объекта права. Программный продукт должен быть совместим с операционной оболочкой Linux.

Техническое задание согласуется с дипломным руководителем на кафедре ПЭА. Техническое задание должно соответствовать требованиям задания на дипломное проектирование.

Структура работы должна включать в себя:

- техническое задание на изделие;
- техническое предложение на разработку;
- расчет силовых и прочностных характеристик;
- чертежи общего вида изделия;
- чертежи узлов на уровне технического проекта.

Сроки выполнения работы совпадают со сроками выполнения и защиты дипломного проекта, оговоренные в задании на дипломное проектирование.

Результатом выполнения проекта должно явиться проектирование конструкции стенда для проведения испытаний генераторов и стартеров легковых автомобилей, выполненный на уровне технического проекта.

Разработанный стенд по своим характеристикам должен соответствовать передовым образцам испытательных стендов аналогичного назначения.

Применение стенда в автомобильной промышленности позволит производить испытания на соответствие параметров, а также производить ресурсные испытания при разработке новых видов и типов электрических агрегатов, применяемых в легковых автомобилях.

3.2 Техническое предложение на разработку стенда испытания стартеров и генераторов

В соответствии с полученным техническим заданием на разработку стенда для испытания генераторов и стартеров легковых автомобилей, составляется техническое предложение. В данном предложении излагаются конструкторские предложения по основным узлам и агрегатам разрабатываемой конструкции.

Изделие относится к испытательной технике, и может быть использовано при испытаниях стартеров. Цель внедрения – расширение технологических возможностей. В ходе проведения патентных исследований, были отобраны следующие образцы, принятые в качестве аналогов.

На рисунке 11 изображен испытательный стенд, вид сбоку; на рисунке 12 – вид сверху.

«На рисунке 1 и 2 изображен стенд, приспособленный для испытаний стартером электродвигателей М. В частности, этот стенд приспособлен для предпочтительного применения и области автомобильной промышленности.

Стенд 1 содержит жесткую опорную конструкцию (например, станину или рабочий стол) 2, которая поддерживает расположенный на ней стол 3 правильной четырехугольной формы. Тормоз 4, представляющий собой, в предпочтительном исполнении, фрикционный динамометрический тормоз, размещен на столе 3, в центральной части указанного стола 3. Тормоз 4

снабжен двумя выходными валами 5, расположенными горизонтально и в основном в одной плоскости с продольной центральной осью стола 3.

Две муфты 6 (обычно электромагнитные муфты) расположены соосно выходным валом 5 тормоза 4, благодаря чему муфты 6 в положении зацепления выполняют соединение и передачу вращения от каждого выходного вала 5 тормоза 4 к соответствующему телу вращения - ротору 7, оборудованному в своей периферийной части радиальным или торцевым зубчатым венцом. Каждый ротор 7 можно поэтому сравнить, по сути, с маховиком двигателя внутреннего сгорания, снабженным периферийным зубчатым венцом для зацепления с шестерней стартера. Каждый зубчатый ротор 7, кроме того, соединен с выходным валом соответствующего малоинерционного испытательного электродвигателя 8.» [7]

«Электромагнитные муфты 6 и двигатели 8 подключены к устройствам 9 питания и управления, которые расположены внутри опорной конструкции 2 и в свою очередь управляются соответствующими средствами управления, контролируемые компьютером D, находящимся внутри, по крайней мере одного, шкафа В, связанного с конструкцией 2 кабеля С, по которому передаются сигналы питания и управления от шкафа В к узлам, входящим в конструкцию 2. Последняя предпочтительно представляет собой разделенный на отсеки корпус, имеющий дверцы, которые могут быть открыты для обеспечения легкого доступа к находящимся внутри электроузлам. Она обычно включает также вспомогательные устройства, такие как электроклапаны 10, приспособленные для подачи сжатого воздуха в каналы 11, причем этот сжатый воздух используется для охлаждения испытываемых электродвигателей М.» [11]

Как уже упоминалось, тормоз 4 предпочтительно представляет собой охлаждаемый водой динамометрический фрикционный тормоз.

Испытываемые электродвигатели М устанавливают на кронштейны, расположенные на противоположных сторонах каждого из зубчатых роторов 7 таким образом, чтобы обеспечить зацепление шестерни электродвигателя М

с зубчатым венцом ротора 7. С этой целью элементы испытываемых двигателей предпочтительно изготавливают в виде салазок 12, регулируемых по двум осям (продольной и поперечной осям по отношению к конструкции 2) таким образом, чтобы обеспечивалась простота зацепления шестерни электродвигателя М с соответствующим зубчатым ротором 7, даже в случае, когда двигатели имеют различные характеристики. Следует отметить, что условия установки электродвигателей М на стенде 1 обеспечивают не только строго заданное механическое соединение (с привязкой к режиму зацепления шестерен с зубчатым ротором 7), но также:

- соединение указанных электродвигателей с соответствующим источником 13 электропитания, который расположен внутри конструкции 2 и управляется компьютером D с тем, чтобы обеспечить в начальной фазе испытания моделирование пуска электродвигателя, заторможенного максимальным тормозным моментом, и предпочтительно
- расположение электродвигателей М согласно с выходными соплами каналов 11 для подачи струй сжатого воздуха, управляемых электроклапанами 10 с тем, чтобы обеспечить быстрое охлаждение коллекторов электродвигателей М в конце испытания.

Кроме того, стенд 1 покрывается защитными кожухами, устанавливаемыми с возможностью скольжения в продольном направлении по отношению к указанному стенду (не показаны), которые позволяют получить легкий доступ ко всем механическим элементам.

Каждый цикл испытания (описание относится к одновременному испытанию четырех электродвигателей М) осуществляется в соответствии с последовательностью, описанной ниже.

Сначала четыре электродвигателя М устанавливают на стенд 1, причем их помещают на соответствующие направляющие элементы – салазки 12 таким образом, чтобы привести в зацеплении шестерни с зубчатым венцом двух роторов 7.

«Как только испытываемые электродвигатели установлены на стенде 1, компьютер D проверяет положение зацепления муфт 6 (чтобы зубчатые роторы 7 составляли единое целое с выходными валами 5 тормоза 4) и таким образом подключает источник 13 питания с тем, чтобы проверить электрический разряд, подаваемый на электродвигатели, подобный разряду, производимому автомобильным аккумулятором, причем разряд длится примерно 1 с. Электродвигатели М, возбужденные таким способом, приводят во вращение зубчатые роторы 7 и, следовательно, фрикционный тормоз 4, до 1300 об/мин при заданном максимальном тормозном моменте.

В конце этого периода времени (например, 1 с), в течение которого поддерживаются данные условия, соответствующую муфту 6 переводят в нейтральное положение, в то время как соответствующий малоинерционный электродвигатель 8 запускается и в течение короткого периода времени (обычно 0,5 с) вращает соответствующий ротор 7 с соответствующей скоростью, например скорость вращения шестерен электродвигателей М составляет около 20000 об/мин. Таким путем моделируется и поддерживается в течение примерно 1 с фаза так называемого разноса. В конце этого периода пусковой электродвигатель 8 переводится в тормозное положение таким образом, чтобы остановить испытательную систему в течение примерно 0,5 с. В этот момент открывается электроклапан 10, который через канал 11 подает сжатый воздух для охлаждения коллектора электродвигателя, подвергаемого испытанию. Затем компьютер D обеспечивает проведение испытания электродвигателя М, установленного на следующей позиции, причем эта операция повторяется n-ное число раз до тех пор, пока не достигнуто предварительно заданное определенное количество циклов или не выявлена первая аномалия.» [7]

Электродвигатели М, которые выдержали заданное число циклов или которые вышли из строя во время испытания, демонтируют со стенда 1 по завершении этого испытания, после чего еще одна группа из 4-х

электродвигателей М, подлежащих испытанию, может быть установлена на стенде 1.

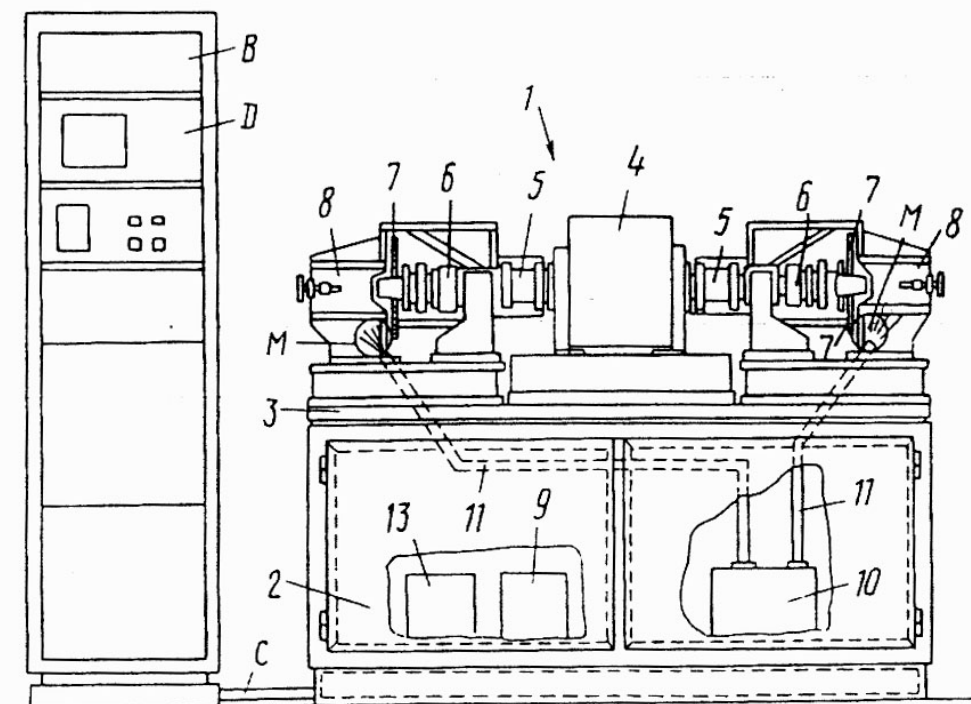


Рисунок 11 – Стенд для испытания стартеров, вид сбоку

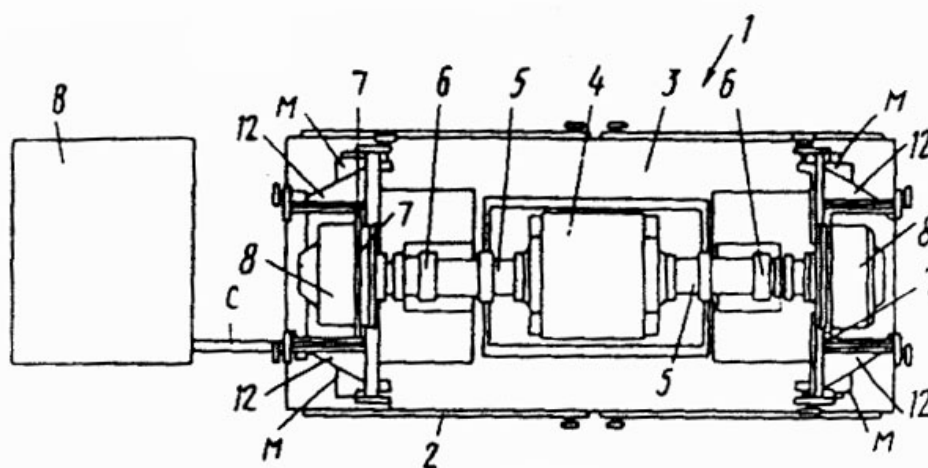
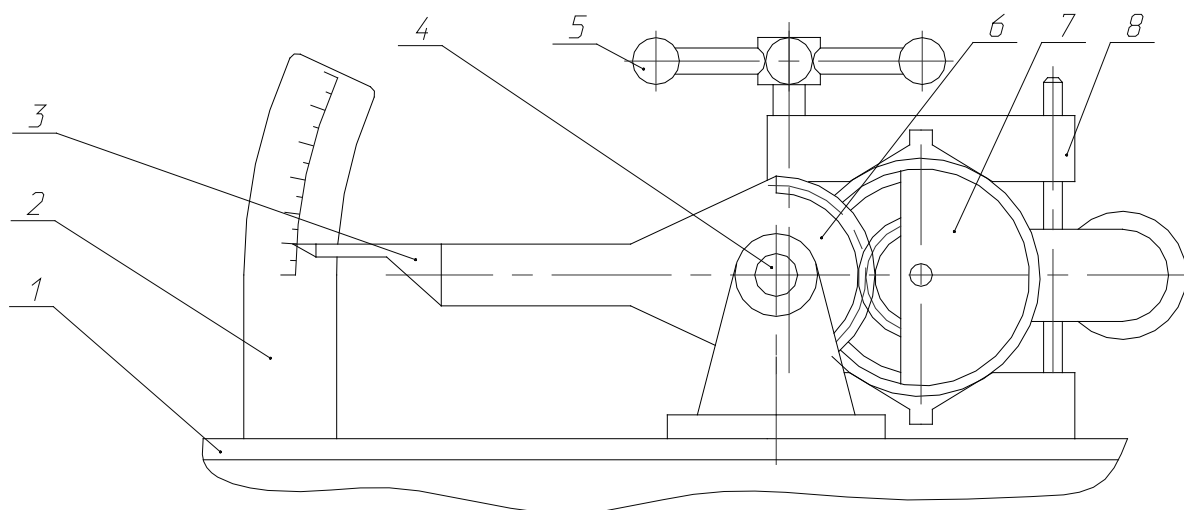


Рисунок 12 - Стенд для испытания стартеров, вид сверху

Данная конструкция может применяться на автотранспортных, авторемонтных предприятиях, крупных СТО и ремонтных предприятиях, оказывающих услуги по ремонту стартеров для диагностирования и послеремонтного контроля.

Аналогом данного стенда служит стенд, изготовленный самостоятельно для СТО “Автоцентр-Тольятти-Рено” и предназначенный для аналогичных целей. Стенд установлен в слесарно-механическом цехе, применяясь в основном для обкатки стартеров всех моделей Рено. Схема аналога см. на рисунке 13.



1 – станина; 2 – шкала; 3 – указатель; 4 – торсионный вал; 5 – маховик; 6 – зубчатый сектор; 7 – стартер; 8 – зажим.

Рисунок 13 – Аналог рассматриваемой конструкции стенда

«Установка работает следующим образом. Стартер, предназначенный для испытания устанавливается на станине посредством закрепления в зажиме и подключается к электрической системе. После пуска стартерная шестерня соединяется с зубчатым венцом сектора, что приводит к проворачиванию указателя, жестко связанного с торсионным валом. Угол проворачивания

характеризует развиваемый стартером крутящий момент, который фиксируется по шкале.

Очевидно, что данная конструкция, рассмотренная в качестве аналога имеет ряд недостатков, а именно:

1. Проверка стартера только в режиме полного торможения.
2. Отсутствие возможности проверки стартеров других типов ввиду сложности перенастройки стенда.
3. Сложность закрепления стартеров разных типов, необходимость подгонки размещения венца.» [8]

Электрическая схема стенда приведена на рисунке 14

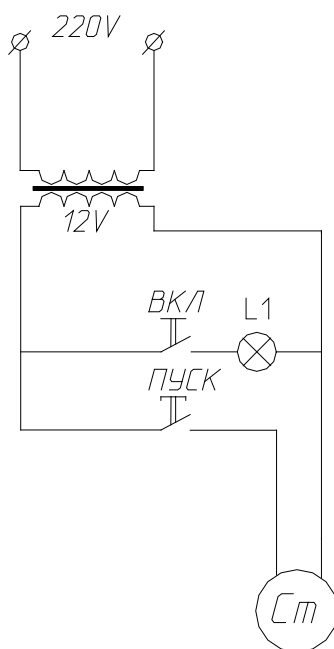


Рисунок 14 – Электрическая схема стенда

Предполагается подключение стенда к сети переменного тока в 220 В. Для адаптации к электрическим требованиям стартера необходимо подключение его через понижающий трансформатор и выпрямительное устройство (не показано), так как стартер является двигателем постоянного тока. Кнопка «ВКЛ» производит включение стенда, о чем свидетельствует

лампа L1. Пуск стартера производится кнопкой «ПУСК». Кнопка «Пуск» не имеет фиксации.

Рассмотрим принятые на проработку разрезы с целью выявления особенностей конструкции.

На рисунке 15 приводится разрез по блоку маховых масс, используемых для имитации нагрузки при испытании стартера в рабочем режиме.

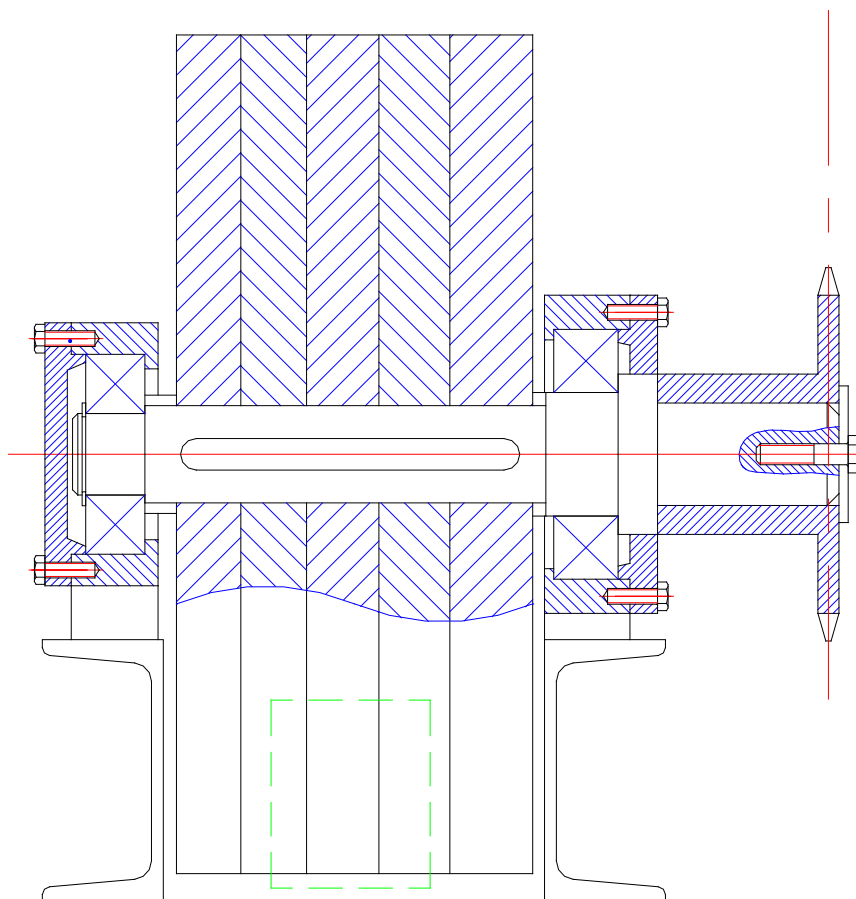


Рисунок 15 – Разрез по блоку маховых масс

«Блок маховых масс необходим для имитации инерции разгоняемого двигателя. Как было обговорено в техническом задании, в качестве опоры используется подшипниковая опора, закрепленная на раме. В качестве фиксатора применяется тормоз, останавливающий маховые массы.» [7], [9]

Проработка внешнего эстетичного вида разрабатываемого изделия производится для повышения маркетинговой привлекательности продукции, а также с целью создания оптимальной гармонии изделия с условиями эксплуатации.

Каркас изделия изготавливается, ввиду его сложной формы, из прямоугольных труб, скрепляемых между собой сваркой. При проектировании формы корпуса учтены психофизические особенности восприятия человеком формы изделия. В частности станина выполнен в пропорциях, соизмеримых с размерами покрышки, что сделано с целью визуально создать впечатление устойчивости конструкции, но вместе с тем при пропорциональности выполнения исключается визуальное впечатление громоздкости.

Внешний вид изделия полностью характеризует выполняемые им функции. На конструкции четко выражены рабочий орган (узел крепления стартера, педаль управления тормозом, нагрузочный вал) и органы привода передачи момента (маховик, связанный с массами). Благодаря компактному размещению всех частей изделия в корпусе, установленное в цехе изделие не нарушает его композиционное решение, что выгодно отличает его от ряда существующих аналогов.

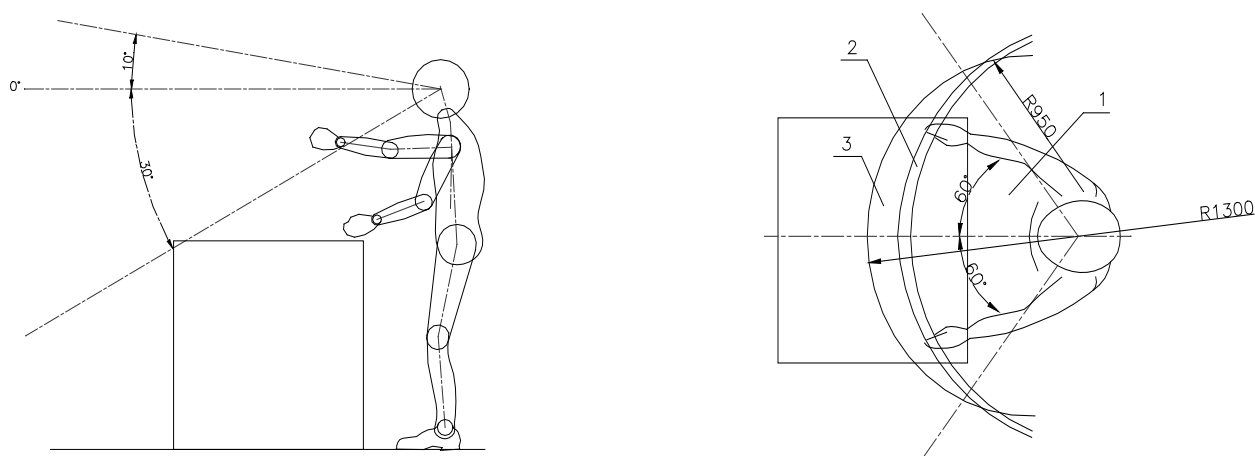
Немаловажное значение при проработке эстетических требований стоит уделить окраске изделия, которая не должна быть достаточно заметной, чтобы не выступать дополнительным раздражающим фактором для рабочего. Рекомендуется окрасить установку в серо-голубой цвет, так как подобная окраска визуально скрадывает габаритные размеры изделия, что немаловажно, учитывая то, что изделие предполагается располагать в цехе. При окраске рекомендуется применять эмалевые краски. Опорную площадку стола выполнить из листового металла, узел крепления стартера окрасить в оранжевый цвет, с нанесенными черными полосами.

Немаловажное значение при проектировании какого-либо изделия имеют его эргономические показатели, то есть его степень приспособленности

к усредненным человеческим параметрам. Именно эти параметры и являются определяющими при дальнейшем внедрении изделия в производство.

Установка предназначена для проверки стартера, что сопряжено с шумом, поэтому пульт оператора следует отнести на расстояние 0,5 – 1 м. Помещение, в котором производится работа должно быть сухим, с твердым покрытием. Усилие рабочего при нажатии на кнопку должно составлять не более 15 Н. Пульт следует заземлить. При проведении работ, конструкция установки должна обеспечивать рабочему оптимальные углы обзора, для обеспечения безопасности выполнения работ. Горизонтальные углы обзора (без учета поворота головы рабочего) должны составлять 60°, вертикальные – 10° вверх и 30° вниз, рисунок 16.

Шкала должна находиться в зоне досягаемости рабочего, также должны соблюдаться углы поворота рук рабочего, аналогичные требования на положение туловища.



1 – зона нормальной досягаемости; 2 – зона затрудненной досягаемости; 3 – зона предельной досягаемости

Рисунок 16 – Эргономика станда для испытания генератора и стартера

3.3 Расчет сил, воздействующих на механизмы стенда в процессе эксплуатации и определение параметров конструкции

Расчет крутящих моментов возникающих в процессе работы.

Расчет производится исходя из того, что стенд предназначен для испытания стартеров различных типов. В качестве нагрузочного устройства предполагается применение механического тормоза. Испытание стартера производится на рабочих режимах, включая режим полной остановки, что позволит получить максимальный крутящий момент на выходном валу стартера. Для стартеров, применяемых для запуска двигателей автомобилей Рено, согласно пусковых характеристик, максимальный крутящий момент составляет $M_{кр} = 130 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Передаваемый крутящий момент определяется из передаточного отношения «стартерная шестерня-маховик».

Число зубьев на стартерной шестерне $n_1 = 11$.

Число зубьев на венце маховика $n_2 = 128$.

Передаточное отношение определяется как:

$$u = \frac{n_2}{n_1}; \quad (39)$$

$$u = 128 / 11 = 11,64$$

Тогда крутящий момент на полуоси:

$$M = M_{кр} * u \quad (40)$$

$$M = 130 \cdot 11,64 = 1513,2 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Следовательно, для полного затормаживания полуоси необходимо преодоление крутящего момента в 1513,2 Н·м.

Расчет болтов крепления вала на срез.

При передаче крутящего момента от стартера к валу болты испытывают напряжения изгиба, при контакте с плоскостями фланца редуктора под действием крутящего момента возможен срез болтов. Тогда минимальный диаметр болта будет рассчитан как:

$$d = \sqrt{\frac{F * 4}{\pi * i * [\tau_{ср}]}} \quad (41)$$

i – число плоскостей среза ($i = 2$),

d – диаметр болта, м

$[\tau_{ср}] = 85$ МПа – допускаемое напряжение на срез, для стали 45.

F – нагрузка на соединение

Нагрузка на соединение будет определяться из условия:

$$F = M_{кр} \cdot r / 4, \quad (42)$$

где r – радиус вращения, принимаем согласно конструкции $r = 32$ мм.

$$F = 1532 \cdot 0,036 / 4 = 18,4 \text{ Н},$$

$$d = \sqrt{\frac{18,4 * 4}{3,14 * 2 * [85]}} = 3,71 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр болта $d = 8$ мм из конструктивных соображений.

Привод генератора определим их его характеристик. Мощность генератора составляет 1,8 кВт, однако, учитывая, что мощностные испытания генератора на стенде производиться не будут, принимаем в качестве привода двигатель АИР40, мощность 1,0 кВт, частота вращения 3000 об/мин.

Результатом выполнения конструкторского раздела дипломного проекта явилась разработка стенда для испытания генераторов и стартеров легковых автомобилей. Разработка производилась на основании технического задания (ТЗ), которое было разработано в соответствии с требованиями к ТЗ по ГОСТ, с проработкой каждого из разделов. Ответом на разработанное техническое задание явилось техническое предложение (ТП). В разработанном техническом предложении приводятся уже разработанные разрезы наиболее ответственных узлов конструкции. Разработаны электрическая и кинематическая схема. С учетом специфики производимых работ выполнен подбор силовых агрегатов и выполнен подбор комплектующих. Также обоснован выбор конструкции, на основании произведенного анализа. Прототипом конструкции явилась испытательная установка для испытания электрических агрегатов по авторскому свидетельству №796693. В техническом предложении выполнен расчет параметров конструкции испытательного устройства. Произведен силовой и прочностной расчёт элементов конструкции. Результаты выполненной работы в виде чертежей конструкции представлены на листах графической части. Спецификация изделия представлена в Приложении Б. В соответствии с требованиями к проектированию устройства, в рамках выполнения дипломного проекта была разработана инструкция по эксплуатации. В инструкции отражены требования к проведению испытаний, а также основные конструкционные схемы устройства. Также приведены требования к проведению испытаний на стенде.

4 Технологический процесс проверки электрических агрегатов на разработанном стенде

4.1 Описание технологического процесса проверки электрических агрегатов на стенде

Проверка электрических агрегатов на разработанном стенде производится в условиях, максимально приближенным к условиям, в которых осуществляется эксплуатация узла. Основным аналогом при разработке явилось устройство стенда, описанное в авторском свидетельстве №796693. Конструкция стенда предполагает проведение испытаний на режимах, применяемых для испытания стартеров и генераторов.

Разрабатываемый стенд обеспечивает проверку стартера в следующих режимах:

- режим холостого хода;
- режим рабочего хода (режим запуска двигателя);
- режим полной остановки.

Для генератора испытания проводятся в следующих режимах:

- режим начала токоотдачи;
- режим рабочего хода (режим генерации тока);
- режим полной нагрузки.

Точность измерения параметров силы тока и напряжения должна находиться в пределах $\pm 0,05$ В для напряжения и $\pm 0,01$ А для силы тока. Измерение частоты вращения проводится посредством импульсных датчиков, имеющих погрешность показаний $\pm 0,1$ об/мин.

Стенд для испытания стартеров и генераторов состоит из привода, инерционной массы, выполненной, как минимум, из пяти маховиков, где маховик соединен с ведущим валом и приводом стартера через цепную передачу.

При испытании стартера в режиме рабочего хода происходит раскручивание маховиков, инерция которых имитирует инерцию раскручиваемого двигателя. В режиме полного торможения маховики блокируются тормозом. При этом замеряется величина потребляемого стартером тока.

Генератор испытывается на ток отдачи. Электродвигатель разгоняет стартер до фиксированных оборотов, при этом снимается значение тока, который отдает генератор. Если величина тока соответствует нормативным показателям – генератор исправен.

В рамках дипломного проекта необходимо произвести разработку технологического процесса проведения испытаний. Разработка технологии предполагает в первую очередь разработку технологической карты, с указанием времени каждого перехода и нормированием трудоемкости на проведение вспомогательных операций.

4.2 Разработка технологического процесса проверки электрических агрегатов на стенде

Разработка технологического процесса производится на основании двух основных факторов:

- теоретических положений о проведении испытаний генераторов и стартеров автомобилей;
- конструкции стенда для испытания генераторов и стартеров автомобилей, разработанной на основании технологических требований к проведению испытаний электрических агрегатов на стенде.

Для упрощения восприятия технологического процесса, он будет представлен в виде технологической карты, представленной в таблице 5

Таблица 5 – Технологическая карта проведения проверки стартеров на стенде

Наименование операции, перехода	Исполнитель	Трудоемкость, чел.-мин	Примечание
1 Установка стартера	Слесарь 4-го разряда		
1.1 Закрепить стартер на штатных местах	-	1,5	
1.2 Присоединить провода электросистемы к клеммам стартера	-	2,0	Клемма втягивающего реле не присоединяется
2 Проведение испытания на холостом ходу	Слесарь 4-го разряда		
2.1 Произвести пуск стартера	То же	0,5	Производить контроль потребляемого тока. Величина тока не более 20А. одновременно убедиться в отсутствии посторонних шумов.
2.2 Выключить пульт управления	-	0,05	
2.3 Присоединить клемму втягивающего реле	-	0,5	
3 Проверка стартера в режиме рабочего хода	-		
3.1 Произвести пуск стартера	-	2,0	Производить контроль потребляемого тока. Величина тока не более 75А. одновременно убедиться в отсутствии посторонних шумов.
2.2 Выключить пульт управления	-	0,05	
3 Проверка стартера в режиме полного торможения	Слесарь 4-го разряда		

Продолжение таблицы 5

Наименование операции, перехода	Исполнитель	Трудоемкость, чел.-мин	Примечание
3.1 Зафиксировать маховые массы педалью	То же	0,1	
3.2 Произвести пуск стартера	-	0,05	В течении 2-3 сек. Производить контроль потребляемого тока. Величина тока не более 150А.
3.3 Отключить стартер	-	0,05	
3.4 Сформировать отчет о работоспособности стартера	-	1,0	Согласно показателям потребляемого тока
4 Освободить стенд	Слесарь 4-го разряда		
4.1. Отсоединить клеммы стартера		1,5	
4.2 Осуществить демонтаж стартера со стенда	-	1,5	

Результатом технологического раздела явилось формирование технологической карты выполнения работ по испытанию стартеров. Работы производятся на специализированном стенде, разработанном в конструкторском разделе. Особенностью проведенных работ является то, что испытания производятся с использованием контрольных образцов, что позволяет производить испытания в режимах, соответствующих эксплуатационным режимам электроагрегата, которые возможно измерить инструментальными методами, что в свою очередь повышает достоверности и качество производимых испытаний.

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

5.1 Характеристика участка сборки

Согласно полученному заданию при выполнении дипломного проекта, выполнена разработка сложного технического устройства – стенда диагностирования генераторов и стартеров. Как любое техническое устройство, оно должно производиться на специализированном сборочном участке обученным персоналом при соблюдении норм и требований безопасности труда.

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

Зоны выполнения работ, связанных с избыточным тепловыделением, выделением продуктов горения или ультрафиолетового излучения, таких как сварка на стапеле, зона термической обработки металла отделяются от основного помещения защитными экранами и оснащаются вытяжкой. Те же ограждения применяются для групп оборудования, чья работа связана с повышенным шумом, например абразивно-режущие станки.

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

Освещение участка – естественное. Участок имеет ленточное остекление, которое выступает в качестве источника света. Искусственное освещение на участке выполнено светодиодными панелями нейтрального белого света. Дополнительное освещение на рабочих местах, которые требуют наличия света, выполнено светодиодными источниками точечного света.

Электрическое питание осуществляется промышленной сетью трехфазного тока. Заземление сети типа TS-C. Оборудование, требующее питания напряжением 380 (400) В запитывается от трехфазной сети. Подвод питания производится кабелем КГ, размещение кабеля в открытом лотке, подвод от лотка в гофро-рукаве. Каждое оборудование запитывается от электрошита собственной линией, защищенной автоматическим выключателем, номинала соответствующего мощности оборудования. Оборудование, требующее напряжения 220 (240) В запитывается от фаз вводной сети, распределение производится по трем фазам сообразно мощности однофазного оборудования. Освещение участка также осуществляется однофазной сетью 220 (240) В.

Вентиляция на участке осуществляется естественным приточно-вытяжным способом. Циркуляция воздуха производится через вентиляционные короба, выполненные из оцинкованного стального листа. Подвод воздуха осуществляется через вентиляционные дефлекторы. Принудительная вытяжка на участках с избыточным выделением тепла и продуктов горения производится также посредством вентиляционных коробов, в качестве вентиляторов применяются роторные вентиляторы с диаметром воздуховода 250 мм.

Для выполнения задания, в рамках раздела по безопасности объекта дипломного проекта, требуется разработать рекомендации по обеспечению безопасности на сборочном участке. Для этого необходимо выявить опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на участке. Выявление комплекса опасных и вредных производственных факторов позволит разработать рекомендации по их нейтрализации.

5.2 Профессиональные риски, характерные для участка

Весь комплекс профессиональных рисков имеет строгую классификацию, принятую в справочной литературе и стандартах. Приведем ряд цитат из стандарта ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», которые относятся непосредственно к рассматриваемому сборочному участку.

«Вредные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;
- факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям, поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия» [12]

«Опасные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к смертельным травмам (летальному исходу, смерти);
- факторы, приводящие к несмертельным травмам.

Опасные и вредные производственные факторы по характеру своего происхождения, на участке можно отметить:

- факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;
- факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;
- факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой

деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);

- факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения или абсисстенции, потеря концентрации внимания работниками и т.п.).» [23]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их изменения во времени подразделяют, на участке можно отметить:

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [23]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их действия во времени подразделяют:

- на постоянно действующие;
- периодически действующие, в том числе интермиттирующие;
- апериодически действующие, в том числе стохастические.

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

- на непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека;
- опосредованно воздействующие на организм занятого трудом человека через другие порождаемые ими и непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека факторы.

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по источнику своего происхождения подразделяют:

- на природные (включая климатические и погодные условия на рабочем месте);
- технико-технологические;
- эргономические (то есть связанные с физиологией организма

человека).

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по природе их воздействия на организм работающего человека подразделяют:

- на факторы, воздействие которых носит физическую природу;
- факторы, воздействие которых носит химическую природу;
- факторы, воздействие которых носит биологическую природу.»

[12]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами физического воздействия на организм работающего человека, подразделяют на следующие типичные группы:

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести:

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего, стоящего на опорной поверхности, на эту же опорную поверхность;

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего с высоты;

- неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации; повышенным уровнем локальной вибрации;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся

повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума;
повышенным уровнем инфразвуковых колебаний (инфразвука);

- отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

- отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

- повышенная яркость света;

- пониженная световая и цветовая контрастность;

- прямая и отраженная блескость;

- повышенная пульсация светового потока» [12]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, подразделяют:

- на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;

- нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

- на статические, связанные с рабочей позой;

- динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;

- динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

Физические перегрузки организма работающего, связанные с тяжестью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:» [12]

- физическая динамическая нагрузка;

- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;

- стереотипные рабочие движения;
- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- перемещение в пространстве.

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.» [23]

Характерные для рассматриваемого сборочного участка профессиональные риски являются общими для большинства промышленных предприятий отрасли автомобилестроения. Следовательно, нейтрализация этих факторов возможна при условии применения СИЗ, применяемых на предприятиях промышленного производства. Рекомендации по применению СИЗ в соответствии с фактором опасности приведены в таблице 1.

5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих

«Для предотвращения угроз профессиональной безопасности при управлении профессиональными рисками необходимо применять ко всем видам деятельности, связанными с опасностями, средства оперативного контроля. В качестве примеров выбора дополнительных мер управления профессиональными рисками можно рассмотреть:

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;
- замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);

- средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;
- административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;
- обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [23]

«Для обеспечения эффективной работы по идентификации опасностей и оценки профессиональными рисками, а также использования процессов обмена информацией и консультаций, заведующий обеспечивает:

- обмен информацией и консультирование в отношении рисков для безопасных условий труда и здоровья между различными уровнями, а также с работниками сторонних организаций;
- документирование соответствующих обращений внешних заинтересованных сторон, а также ответа на них.» [12]

Методы и средства снижения профессиональных рисков, типичных для сборочного участка, сводятся в таблицу 6.

Таблица 6 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
Факторы, приводящие к заболеваниям	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ

Продолжение таблицы 6

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;» [12]	Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) Модификация конструкции с целью снижения рисков	Применение низковольтных ламп в сетях освещения Использование спецодежды
«Факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
«Факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено
«Факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
«Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ

Продолжение таблицы 6

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей» [12]	«Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда» [12]	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Отсутствие или недостаток необходимого освещения	«Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей» [12]	Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы
«Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;» [12]	«Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд» [12]	Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
«Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

«Основным организационно-техническим мероприятием по снижению воздействия профессиональных рисков будет являться применение средств индивидуальной защиты (СИЗ). Несмотря на то, что СИЗ способны в значительной степени компенсировать воздействие профессиональных рисков, наибольший эффект в сфере охраны труда может быть достигнут при комбинировании применения СИЗ и мероприятий административного

характера, направленных на стимулирование работающих к более внимательному отношению к тем профессиональным рискам, которые присутствуют на участке.» [23]

5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке

Одной из основных технологических операций на сборочном участке будет являться сварка, которая может производиться как посредством электродуговой сварки, так и при помощи газовой сварки. Для данного вида технологической операции характерна высокая температура и образование искр, капель расплавленного металла и продуктов горения. В совокупности все это создает источник повышенной пожарной опасности, поскольку также на участке неизбежно присутствуют горючие и легковоспламеняющиеся вещества. Все это в совокупности делает пожарную опасность наиболее значимым фактором в обеспечении безопасности труда на участке. Для нейтрализации фактора пожарной опасности требуется разработка комплекса мероприятий по обеспечению мер пожарной безопасности на сборочном участке.

В таблице 7 приводятся факторы пожарной опасности и выполнена их классификация в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия.

Таблица 7 – Классификация факторов пожарной опасности объекта дипломного проектирования (сборочного участка)

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
«А – горение твердых веществ A1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением A2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением» [12]	«горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга, искры» [12]	«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения» [12]	«Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны» [12]
«В – горение жидких веществ B2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ» [12]	«топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости» [12]	«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв» [12]	«пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N₂, CO₂, и т.п.» [12]
«С - горение газообразных горючих веществ» [12]	сварочные газы, метан	«Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв» [12]	«объемное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)» [12]

«Для обеспечения пожарной безопасности на участке, требуется принятие противопожарных мероприятий, имеющих как организационный, так и инженерный характер. К таковым мероприятиям на участке сборки будут относиться:

- разработка комплекса норм и правил по обращению с горючими веществами и правил поведения персонала при проведении огневых работ и работ, связанных с горючими материалами;
- проведение регулярного инструктажа работников, с целью доведения информации о правилах проведения работ, связанных с горючими материалами и соблюдения норм пожарной безопасности;
- организация внутрипроизводственной пожарной охраны, осуществляющей функции надзора за соблюдением норм и правил по обращению с горючими веществами, а также норм и правил соблюдения противопожарной безопасности;
- организация хранения горючих и пожароопасных материалов в соответствии с их физико-химическими и противопожарными свойствами;
- оснащение участка средствами наблюдения и сигнализации за пожарной ситуацией, проведение инструктажа персонала о поведении в случае срабатывания пожарной сигнализации;
- оснащение участков средствами первичного пожаротушения в соответствии с классом возможного пожара.» [23]

Разработанные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности должны дополняться средствами пожарного оповещения и средствами первичного пожаротушения. Для каждой из рабочих зон участка необходимо проектирование системы оповещения персонала, а также разработка плана эвакуации в случае возникновения чрезвычайной ситуации и плана размещения информационных табличек и извещателей.

5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка

Рассматриваемый в рамках дипломного проектирования сборочный участок не является субъектом промышленного производства, чья деятельность представляет опасность для окружающей среды. Но отходы,

которые образуются в процессе сборки стенда диагностирования генераторов и стартеров, могут представлять определенную угрозу для окружающей среды и людей, при условиях неправильной их утилизации или при неправильной организации складирования отходов производства. Для сборочного производства в целом характерным является определенный набор факторов общего характера, представляющих угрозу безопасности окружающей среды:

- обрезки резинового листового материала, а также листовых материалов, имеющих длительный срок разложения;
- смывы с рук рабочих, содержащие остатки ГСМ и остатки растворителей;
- пыль металлическая и абразивная, которая образуется при пилении и разделке материалов;
- обтирочный материал, применяемый для удаления загрязнений.

«В качестве мероприятий, обеспечивающих требования экологической безопасности, принимаются следующие:

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- отдельный сбор металлических и неметаллических отходов, сортировка мусора на участке;
- очистка сточных вод перед сливом их в канализационный коллектор от остатков ГСМ и растворителей;
- соблюдение требований, предъявляемых к размещению, строительству и эксплуатации потенциально опасных объектов, а также к осуществлению потенциально опасной деятельности» [23]

В процессе анализа опасных и вредных производственных факторов были выявлены наиболее характерные для рассматриваемого в рамках дипломного проекта участка сборки. Выявленные факторы позволили сформировать комплекс мероприятий организационного характера, направленных на их нейтрализацию или снижения уровня воздействия на рабочих. Также для снижения уровня воздействия ряда опасных и вредных производственных факторов были подобраны средства индивидуальной

защиты рабочих. Определены факторы пожарной опасности на участке, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия. Разработаны мероприятия по снижению уровня пожарной опасности организационного и технического характера. Произведено выявление факторов воздействия сборочного участка на окружающую среду. Предложены мероприятия организационного характера, направленные на снижение воздействия деятельности предприятия, среди которых такие, как внедрение раздельного сбора отходов, применение систем очистки сточных вод, учет внешних факторов при организации и планирования участка. На основании проведенного анализа факторов и комплекса предложенных мероприятий можно сделать вывод о выполнении задания в рамках раздела по безопасности жизнедеятельности и охраны труда на участке.

6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта

6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности

В экономическом разделе дипломного проекта производится анализ деятельности сборочного участка и рассчитывается стоимость нормо-часа работы данного участка. Выбор обусловлен тем, что расчёт самой конструкции транспортного средства в рамках производимой разработки является объёмным и сложным, по своим параметрам, значительно выходящим за границы, обозначенные в рамках дипломного проектирования. Вместе с тем, расчет себестоимости нормо-часа сборочного участка позволит оценить стоимость произведенного изделия, поскольку сборочные работы составляют наиболее значительную часть полной себестоимости изделия.

Сборочное производство предназначено для проведения работ по окончательной сборке изделия с последующей передачей их на товарный склад готовой продукции. Сборочный цех расположен в отдельном помещении, оснащенном необходимым оборудованием для проведения сборочно-монтажных работ, включая подъёмно-транспортное оборудование. Поскольку сборка изделия, разрабатываемого в рамках дипломного проекта, относится к изделиям опытно-промышленного назначения, участок предполагает проведение сборки единичного или мелкосерийного производства продукции. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование, которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п.

Освещение участка – естественное. Участок имеет ленточное остекление, которое выступает в качестве источника света. Искусственное освещение на участке выполнено светодиодными панелями нейтрального белого света. Дополнительное освещение на рабочих местах, которые требуют наличия света, выполнено светодиодными источниками точечного света.

Электрическое питание осуществляется промышленной сетью трехфазного тока. Заземление сети типа TS-C. Оборудование, требующее питания напряжением 380 (400) В запитывается от трехфазной сети. Подвод питания производится кабелем КГ, размещение кабеля в открытом лотке, подвод от лотка в гофро-рукаве. Каждое оборудование запитывается от электрощита собственной линией, защищенной автоматическим выключателем, номинала соответствующего мощности оборудования. Оборудование, требующее напряжения 220 (240) В запитывается от фаз вводной сети, распределение производится по трем фазам сообразно мощности однофазного оборудования. Освещение участка также осуществляется однофазной сетью 220 (240) В.

На участке работает персонал, имеющий квалификацию слесаря-сборщика. Поскольку на участке сборка производится по циклу единичного и мелкосерийного производства, требуется наличие слесарей высокой квалификации, способных выполнять работы различного спектра. В соответствии с этими требованиями, квалификация слесарей – V или VI разряда.

Исходя из приведенных исходных данных, необходимо выполнить расчет себестоимости нормо-часа работы сборочного цеха.

5.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка

Расчет себестоимости нормо-часа работ производится исходя из размещенного на участке оборудования. Амортизационные отчисления на оборудование, размещенное на участке сборки являются неотъемлемой

частью расчета себестоимости нормо-часа работы участка. Перечень оборудования участка приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Кол-во	Норма отчислений %	Отчисления, руб
Подъемник двухстоечный электромеханический	ЭМП-2500	350 000,00	3	14,30	150 150,00
Транспортировочная тележка	Реммаш	25 500,00	1	11,00	2 805,00
Стапель сборочный	самоизг.	600 000,00	2	6,30	75 600,00
Кран-балка	ЭК-1000	50 000,00	1	14,30	7 150,00
Стол сварочный	ЭЛПром	112 000,00	1	3,20	3 584,00
Аппарат сварочный TIG	Сварог-2100	210 000,00	1	16,00	33 600,00
Станок вертикально-сверлильный	К-310	42 000,00	1	14,30	6 006,00
Станок токарный	16K20	1 400 000,00	1	8,20	114 800,00
Станок фрезерный	Jet JMD-26X2	1 900 000,00	1	8,20	155 800,00
Кран-тележка передвижной	КС-1500	60 000,00	1	14,30	8 580,00
Стеллаж	б/н	12 000,00	6	3,20	2 304,00
Верстак слесарный	б/н	25 000,00	6	3,20	4 800,00
Тумба инструментальная	ТМ-600	32 000,00	6	5,50	10 560,00
Контейнер	б/н	6 500,00	1	5,00	325,00
ИТОГО					576 064,00

В таблице 1 рассчитанная общая стоимость амортизационных отчислений на оборудование установленное на сборочном участке. Также сам участок нуждается в амортизации, поскольку площадь участка подвержена износу, само помещение нуждается в ремонте и обслуживании. Амортизация площади сборочного участка рассчитывается по формуле 43.

$$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * Н_{а}}{100}, \quad (43)$$

где $S_{пл}$ – площадь сборочного участка, $S_{пл} = 320 \text{ м}^2$;

$Ц_{пл}$ – кадастровая цена одного квадратного метра площади помещения, $Ц_{пл} = 5500 \text{ руб}$;

$Н_{а}$ – норма амортизации площадей помещения, $Н_{а} = 2,5\%$.

$$A_{пл} = \frac{171 * 4000 * 2,5}{100} = 17100 \text{ руб}$$

Расчет затрат на электрическую энергию на участке также является частью расчета себестоимости нормо-часа. В расчет затрат на электроэнергию включается расчет стоимости электроэнергии, потребляемой оборудованием и электроэнергии, расходуемой на освещение и работу климатического оборудования. Расчет стоимости затрат на электроэнергию производится по формуле 44. Расчет сведен в таблицу 9.

$$P_{э} = \frac{M_{д} \cdot T \cdot K_{о} \cdot K_{м} \cdot K_{в} \cdot K_{п} \cdot Ц_{эл}}{\eta \cdot 60}, \quad (44)$$

«где $M_{д}$ – мощность электродвигателей оборудования, кВт;

T – годовой фонд времени работы участка, $T = 2030 \text{ ч}$;

$K_{о}$ – коэффициент одновременности работы двигателей оборудования, принимаем для участка $K_{о} = 0,4$;

$K_{м}$ – коэффициент загрузки двигателей по мощности, принимаем $K_{м} = 0,7$;

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

K_p – коэффициент сетевых потерь, принимаем $K_p = 1,05$;

$C_{\text{э}}$ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, $C_{\text{э}} = 4,56$ руб;

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

Таблица 9 – Расчет затрат на электрическую энергию

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Кол-во	Км	K_v	η	Сумма затрат, руб
Подъемник двухстоечный электромеханический	2,5	3	0,85	0,10	0,75	3 304,68
Кран-балка	0,35	1	0,75	0,10	0,75	136,07
Аппарат сварочный TIG	5,5	1	0,80	0,35	0,85	7 043,88
Станок вертикально-сверлильный	2,5	1	0,60	0,45	0,75	3 499,07
Станок токарный	12	1	0,60	0,70	0,70	27 992,56
Станок фрезерный	10,5	1	0,75	0,70	0,70	30 616,87
ИТОГО						72 593,13

Отдельно производится расчет стоимости электроэнергии на освещение участка. Расчет производится по формуле 45.

$$P_{\text{св}} = (M_{\text{св}} \cdot n \cdot T \cdot \text{Код} \cdot K_v \cdot K_p \cdot C_{\text{э}}) / \eta, \quad (45)$$

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

n – количество светильников на участке, $n = 60$;

T – годовой фонд времени работы светильников, $T = 2440$ ч;

Код – коэффициент одновременной работы светильников, Код = 0,85;

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

K_p – коэффициент сетевых потерь, принимаем $K_p = 1,05$;

$C_{\text{э}}$ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, $C_{\text{э}} = 4,56$ руб;

η – КПД светильников, $\eta = 0,75$.

$$P_{св} = \frac{0,095 \cdot 60 \cdot 2440 \cdot 0,85 \cdot 0,75 \cdot 1,05 \cdot 4,56}{0,75} = 56602,78 \text{ руб}$$

Общие затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле 46.

$$P = P_{э} + P_{св} \quad (46)$$

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

Расчет заработной платы на сборочном участке зависит от нескольких факторов. Ключевым является количество произведенной продукции, которое определяет объем работы и, соответственно, количество отработанных часов. Для начала необходимо определить базовую ставку заработной платы. Обычно она определяется исходя из минимальной зарплаты в регионе, учитывая опыт и квалификацию работника. Затем к этой ставке добавляется премия за выполненный объем работы, которая может составлять до 50% от базовой ставки.

Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования.

После вычета налогов и отчислений заработная плата снижается. В среднем, налоговые вычеты составляют около 13% от заработной платы. Расчет заработной платы на сборочном участке – это сложный и ответственный процесс, который должен быть выполнен в соответствии с законодательством. Правильный расчет позволяет обеспечить справедливую оплату труда работников и сохранить высокую мотивацию на рабочем месте. Расчет заработной платы на сборочном участке приведен в таблице 10. Расчет выполняется по формуле 5.

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

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

Т – годовой фонд рабочего времени, чел-час;

Дп – коэффициент премиальных доплат.

Таблица 10 – Расчет основной заработной платы на сборочном участке

Квалификация работника	Число работников, чел	Часовая тарифная ставка, руб	Годовой фонд рабочего времени, чел/час	Сумма, руб
Слесарь по сборке автотранспортных средств, V разряда	6	300,00	1840	690 000,00
Слесарь по сборке автотранспортных средств, VI разряда	6	337,50	1840	776 250,00
Мастер участка	2	355,00	1840	816 500,00
ИТОГО				2 282 750,00

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле 47.

$$\text{Дзп} = \text{Озп} \cdot \text{Кд} / 100, \quad (47)$$

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

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

Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования. Расчет затрат на страхование приводится в формуле 48.

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (48)$$

где $K_{\text{соц}}$ – норма отчислений на страховые взносы, $K_{\text{соц}} = 0,3$.

$$O_{\text{ФМС}} = (2282750 + 182620) \cdot 0,3 = 739611,00 \text{ руб}$$

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

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (49)$$

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

Кроме рассчитанных затрат, на участке присутствуют затраты на расходные материалы, которые используются при работе участка и обеспечивают работоспособность установленного на участке оборудования. Материалы используются в технологических процессах сборки изделий. Расчет стоимости затрат на материалы приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет стоимости материалов

Наименование материалов	Кол-во	Стоимость	Сумма
Обтирочные материалы, кг	60	125,00	7 500,00
Обезжириватель, л	25	200,00	5 000,00

Продолжение таблицы 11

Наименование материалов	Кол-во	Стоимость	Сумма
Консистентная смазка, кг	20	350,00	7 000,00
Жидкая смазка, кг	35	400,00	14 000,00
Абразивные материалы, кг	12	310,00	3 720,00
Проволока сварочная, кг	65	250,00	16 250,00
Круги абразивные зачистные, шт	450	110,00	49 500,00
Круги абразивные отрезные, шт	600	75,00	45 000,00
Фторопласт, кг	120	210,00	25 200,00
Черный металл, кг	850	90,00	76 500,00
Вода технологическая, м3	350	3,20	1 120,00
Прокладочный материал, м2	20	1 250,00	25 000,00
ИТОГО			275 790,00

Также при расчете себестоимости нормо-часа следует учитывать величину накладных расходов. Для сборочного участка принимаем величину накладных расходов в размере 125% от затрат на оплату труда.

$$Н_p = 1,25 \cdot О_t \quad (50)$$

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

При расчете нормо-часа необходимо учитывать фонд времени работы сборочного участка. Исходя из технологии сборочных работ, фонд рабочего времени составит для участка сборки 45800 чел-ч. Суммарные затраты на сборочном участке, согласно произведенным расчетам сведены в таблицу 12.

Таблица 12 – Затраты на участке сборки

Наименование статьи затрат	Сумма
Амортизационные отчисления на оборудование	576 064,00
Амортизационные отчисления на площадь	17 100,00
Общие затраты на электроэнергию	18 846,29
Затраты на оплату труда	3 204 981,00
Стоимость расходных материалов	275 790,00
Накладные расходы	4 006 226,25
ИТОГО	8 099 007,54

Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 51.

$$C_{нч} = C_{общ} / T_{уч}, \quad (51)$$

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

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

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

Результатом выполнения раздела явился расчет себестоимости нормо-часа. Расчет производился на основании анализа комплекса затрат, которые несет участок в процессе реализации процесса сборки готового изделия. Учтены затраты на потреблённые энергоресурсы, затраты на заработную плату и накладные работы, связанные в первую очередь с управленческими издержками. В результате расчета была определена стоимость нормо-часа работы участка, которая составляет 176,83 рубля, что в целом отражает затраты на сборку в среднем по рынку. Рассчитанная величина нормо-часа может быть использована при расчете себестоимости производства изделий различной трудоемкости сборки.

Заключение

В первом разделе дипломного проекта произведен краткий обзор типов и видов стартеров и генераторов, применяемых на легковых автомобилях. Произведен обзор конструкции этих электрических агрегатов и схемы их подключения в электрической системе автомобиля, на основании которого сделаны выводы о тех характеристиках, которые могут быть проконтролированы посредством средств инструментального контроля.

Выполнен обзор конструкции испытательных стендов, предназначенных для проведения испытаний генераторов и стартеров. В разделе приведены только некоторые виды стендов, получивших наиболее широкое распространение. Однако, даже исходя из представленного анализа можно сделать выводы об общих тенденциях и конструкторских решениях, характерных для испытательных стендов. Именно эти общие конструкторские решения будут реализованы в разрабатываемой конструкции испытательного стенда.

Также в разделе выполнен обзор методик проведения испытаний автомобильных стартеров и генераторов. Выявлены основные типы испытаний, которые обычно проводятся на стенде при испытании электроагрегата, к которым относятся:

- проверка напряжения, выдаваемого генератором;
- проверка силы тока;
- проверка мощности электроагрегата;
- проверка частот вращения электроагрегата;
- проверка величины максимальной нагрузки;
- испытание стартера в различных пусковых режимах.

Как было выявлено в результате обзора, данный виды испытания используются в исследованиях как наиболее соответствующем реальным условиям эксплуатации. Учитывая, что проектируемый стенд должен максимально соответствовать требованиям условий эксплуатации,

предварительно для конструкции будет выбран стенд, соответствующий комплексу методик и методов испытания.

Таким образом, результатом раздела явился анализ характеристик электрических агрегатов и выбор типа разрабатываемой конструкции стенда, исходя из условий эксплуатации стартеров и генераторов автомобиля.

Результатом выполнения второго раздела явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства.

Нагрузка на автомобиль является важным фактором, влияющим на его тяговую способность. При расчете необходимо учитывать массу автомобиля, грузоподъемность, а также вес и расположение груза. Расчет массы автомобиля основывался на методических указаниях и указаниях, почерпнутых из специализированной литературы, также подтвержденной практическим опытом.

Мощность двигателя, рассчитанной из массы и заданных скоростных режимов, должна быть достаточной для обеспечения необходимой тяговой способности при заданных условиях эксплуатации автомобиля.

Передаточное число было выбрано таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью автомобиля и его тяговой способностью. При этом необходимо учитывать, что слишком высокое передаточное число может привести к перегреву двигателя, а слишком низкое – к излишнему расходу топлива. Рассчитанное передаточное число обеспечивает движение автомобиля на скоростях, обозначенных в исходных данных. Расчёт динамических характеристики, приведенных в Приложении А также свидетельствует о правильности произведенных расчетов.

Расход топлива также был рассчитан для подтверждения параметров транспортного средства при выполнении тягового расчета автомобиля. Он зависит от мощности двигателя, передаточного числа, нагрузки на автомобиль и других факторов. Графики расхода топлива, в зависимости от режима работы двигателя, приведен в Приложении А и на листах графической части.

Таким образом, тяговый расчет автомобиля является важным этапом проектирования и эксплуатации транспортных средств. Он позволяет определить оптимальные параметры для обеспечения высокой тяговой способности и экономической эффективности автомобиля.

Результатом выполнения конструкторского раздела дипломного проекта явилась разработка стенда для испытания генераторов и стартеров легковых автомобилей. Разработка производилась на основании технического задания (ТЗ), которое было разработано в соответствии с требованиями к ТЗ по ГОСТ, с проработкой каждого из разделов. Ответом на разработанное техническое задание явилось техническое предложение (ТП). В разработанном техническом предложении приводятся уже разработанные разрезы наиболее ответственных узлов конструкции.

Разработаны электрическая и кинематическая схема. С учетом специфики производимых работ выполнен подбор силовых агрегатов и выполнен подбор комплектующих. Также обоснован выбор конструкции, на основании произведенного анализа. Прототипом конструкции явилась испытательная установка для испытания электрических агрегатов по авторскому свидетельству №796693. В техническом предложении выполнен расчет параметров конструкции испытательного устройства. Произведен силовой и прочностной расчёт элементов конструкции. Результаты выполненной работы в виде чертежей конструкции представлены на листах графической части.

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

Результатом технологического раздела явилось формирование технологической карты выполнения работ по испытанию стартеров. Работы

производятся на специализированном стенде, разработанном в конструкторском разделе.

Особенностью проведенных работ является то, что испытания производятся с использованием контрольных образцов, что позволяет производить испытания в режимах, соответствующих эксплуатационным режимам электроагрегата, которые возможно измерить инструментальными методами, что в свою очередь повышает достоверности и качество производимых испытаний.

В процессе анализа опасных и вредных производственных факторов были выявлены наиболее характерные для рассматриваемого в рамках дипломного проекта участка сборки. Выявленные факторы позволили сформировать комплекс мероприятий организационного характера, направленных на их нейтрализацию или снижения уровня воздействия на рабочих. Также для снижения уровня воздействия ряда опасных и вредных производственных факторов были подобраны средства индивидуальной защиты рабочих.

Определены факторы пожарной опасности на участке, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия. Разработаны мероприятия по снижению уровня пожарной опасности организационного и технического характера. Произведено выявление факторов воздействия сборочного участка на окружающую среду.

Предложены мероприятия организационного характера, направленные на снижение воздействия деятельности предприятия, среди которых такие, как внедрение раздельного сбора отходов, применение систем очистки сточных вод, учет внешних факторов при организации и планирования участка. На основании проведенного анализа факторов и комплекса предложенных мероприятий можно сделать вывод о выполнении задания в рамках раздела по безопасности жизнедеятельности и охраны труда на участке.

Результатом выполнения экономического раздела явился расчет себестоимости нормо-часа. Расчет производился на основании анализа комплекса затрат, которые несет участок в процессе реализации процесса сборки готового изделия. Учтены затраты на потреблённые энергоресурсы, затраты на заработную плату и накладные работы, связанные в первую очередь с управленческими издержками. В результате расчета была определена стоимость нормо-часа работы участка, которая составляет 176,83 рубля, что в целом отражает затраты на сборку в среднем по рынку. Рассчитанная величина нормо-часа может быть использована при расчете себестоимости производства изделий различной трудоемкости сборки.

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. Натарева, 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

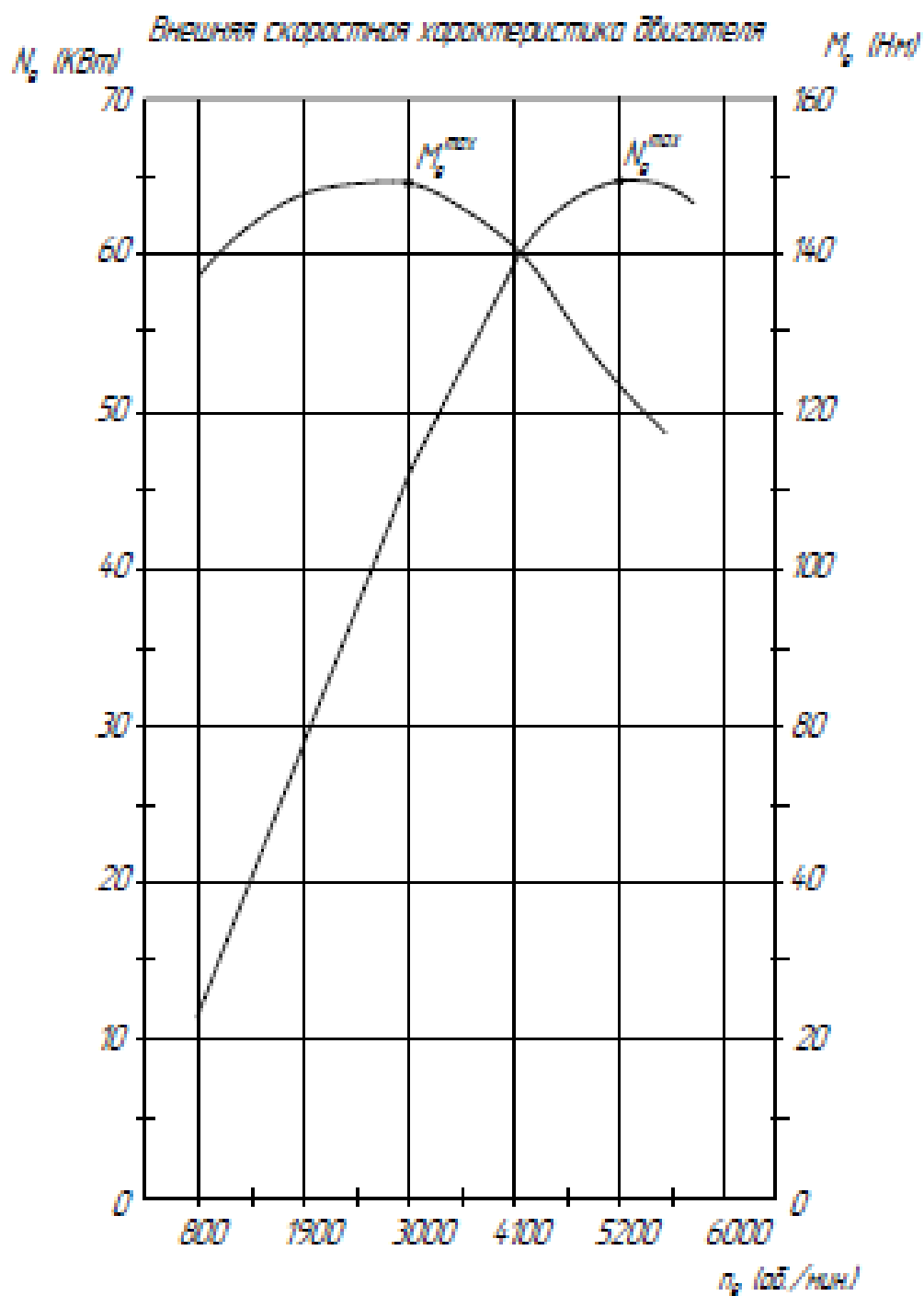


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика

Продолжение Приложения А

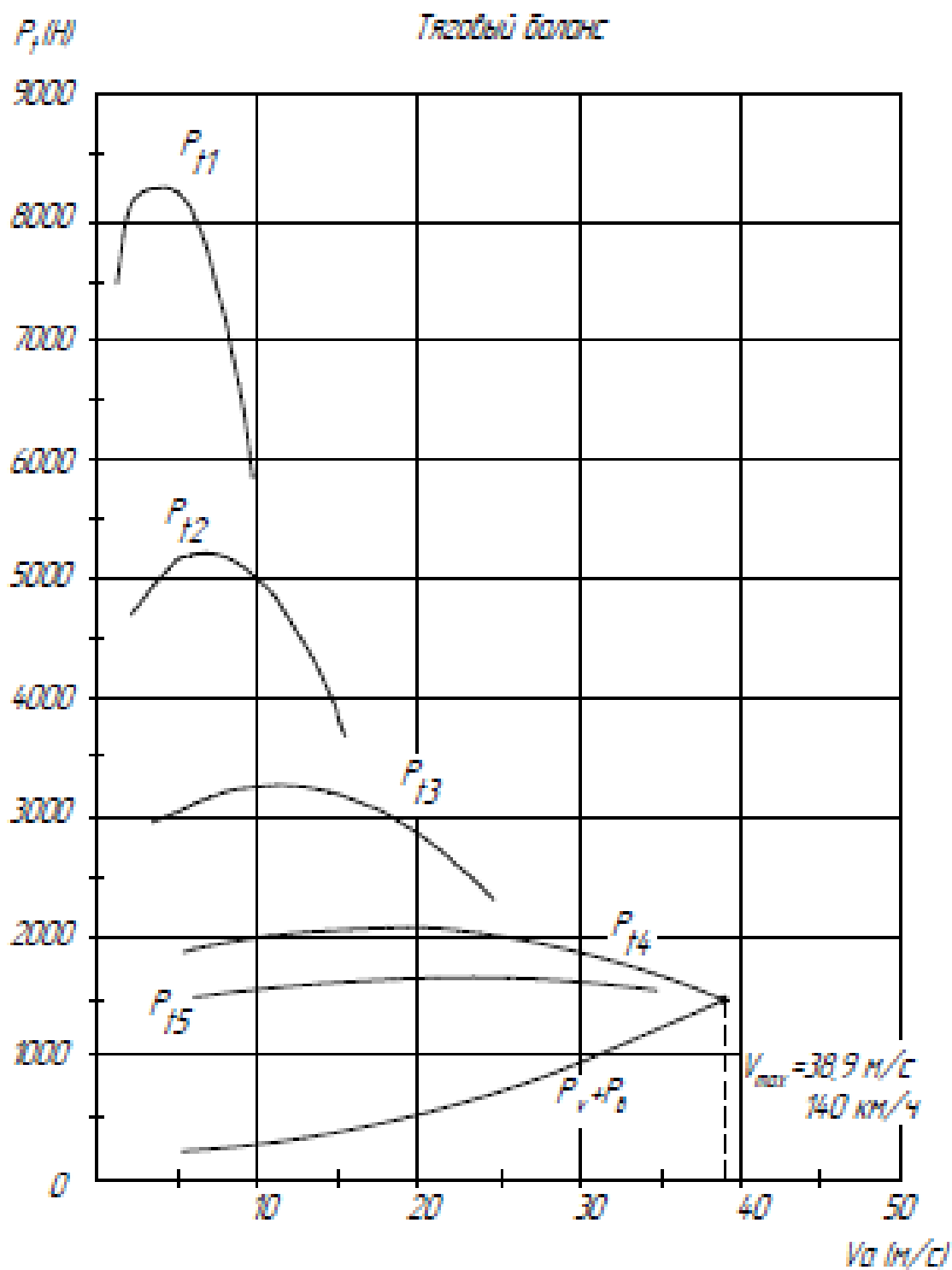


Рисунок А2 – Тяговый баланс автомобиля

Продолжение Приложения А

Динамическая характеристика

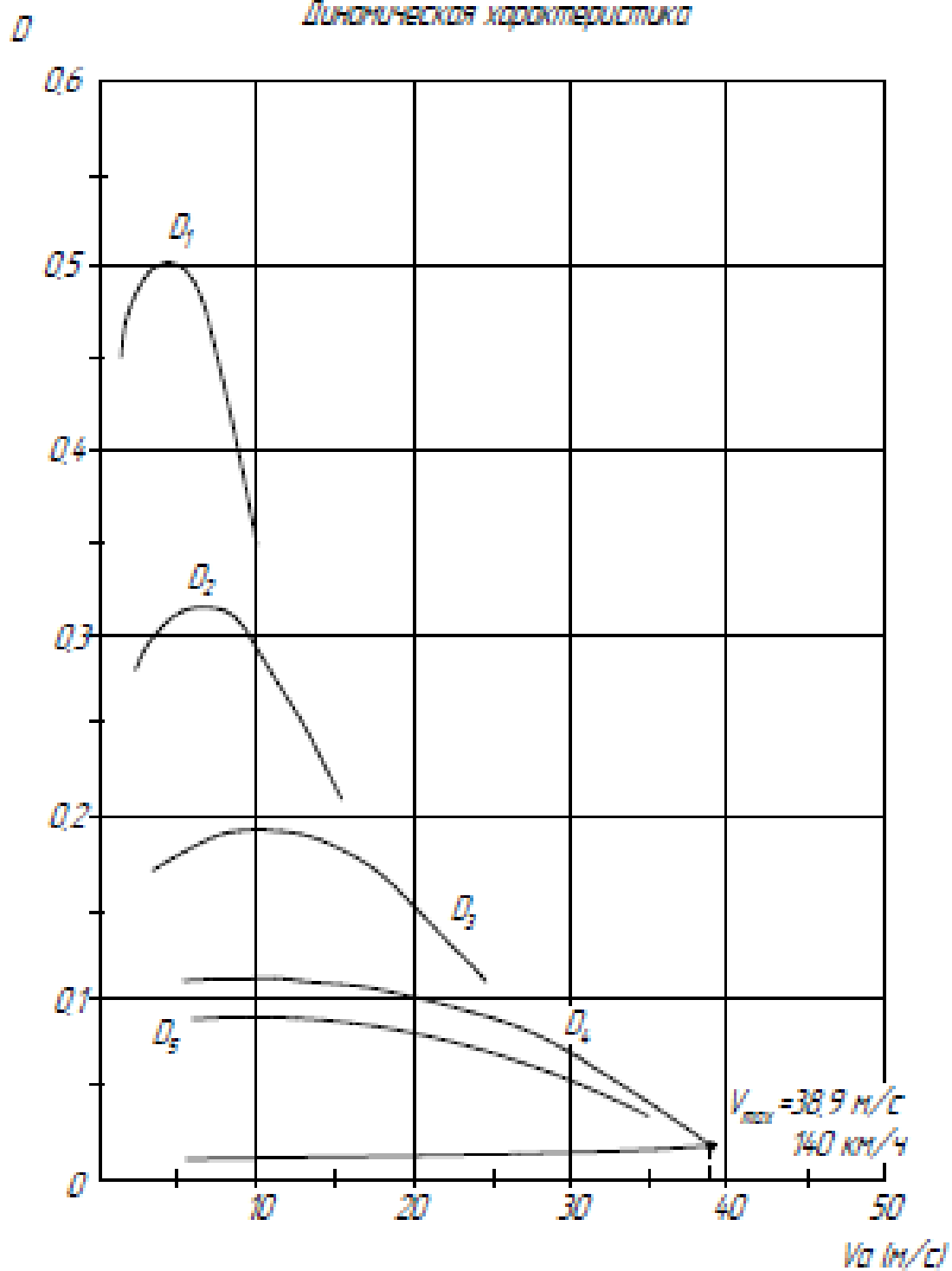


Рисунок А3 – Динамическая характеристика

Продолжение Приложения А

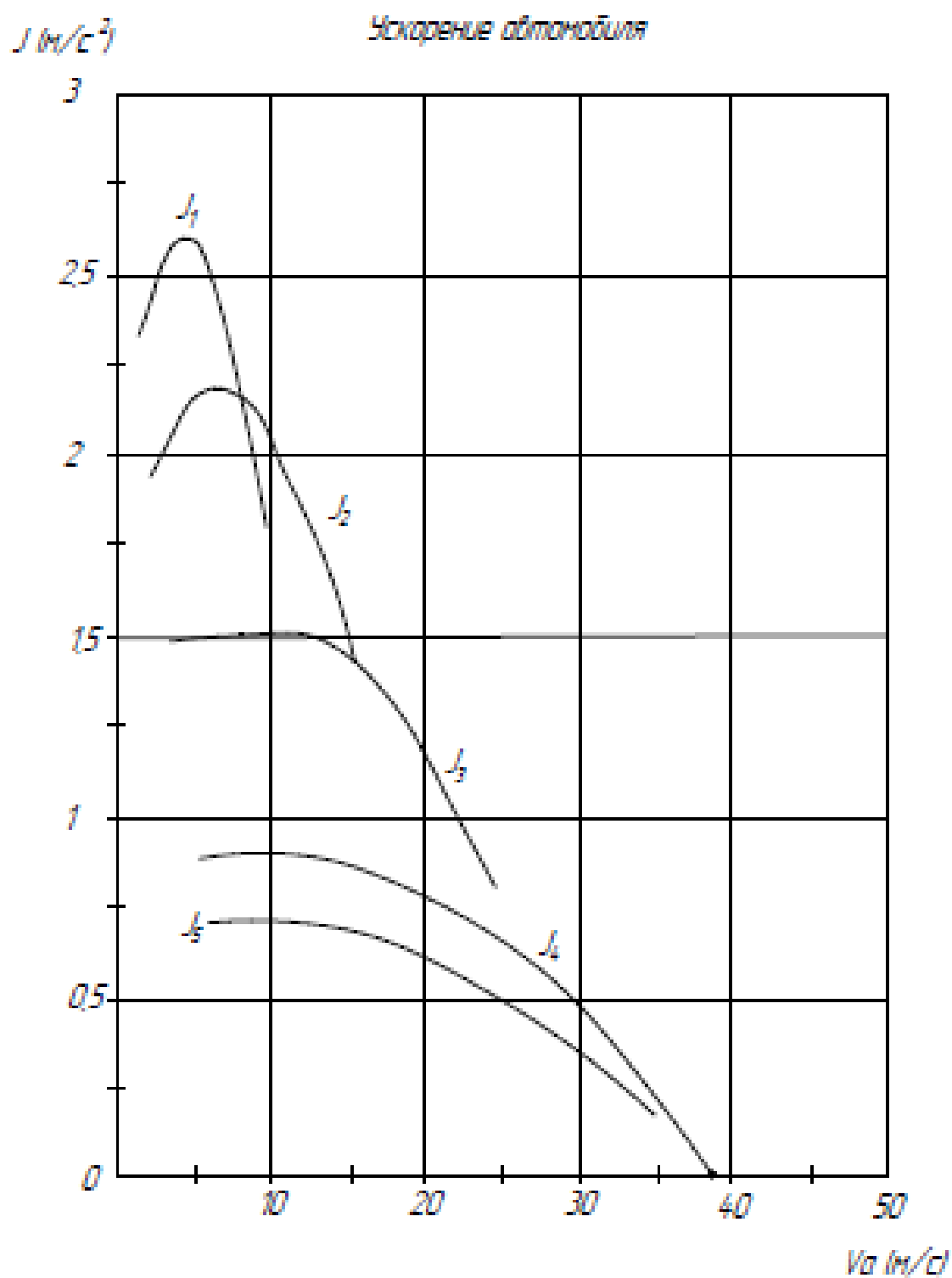


Рисунок А4 – Ускорения автомобиля

Продолжение Приложения А

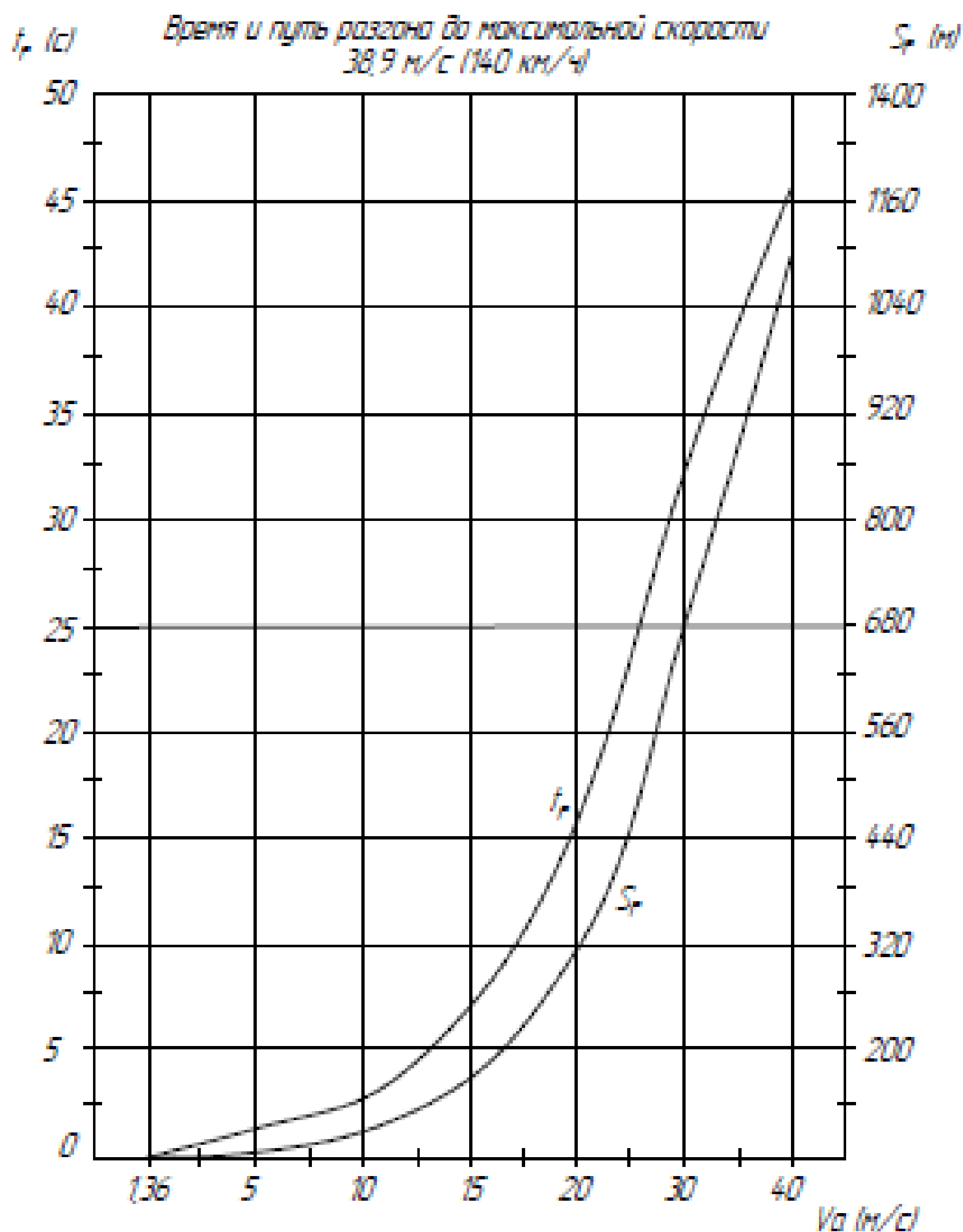


Рисунок А5 – Время и путь разгона автомобиля

Продолжение Приложения А

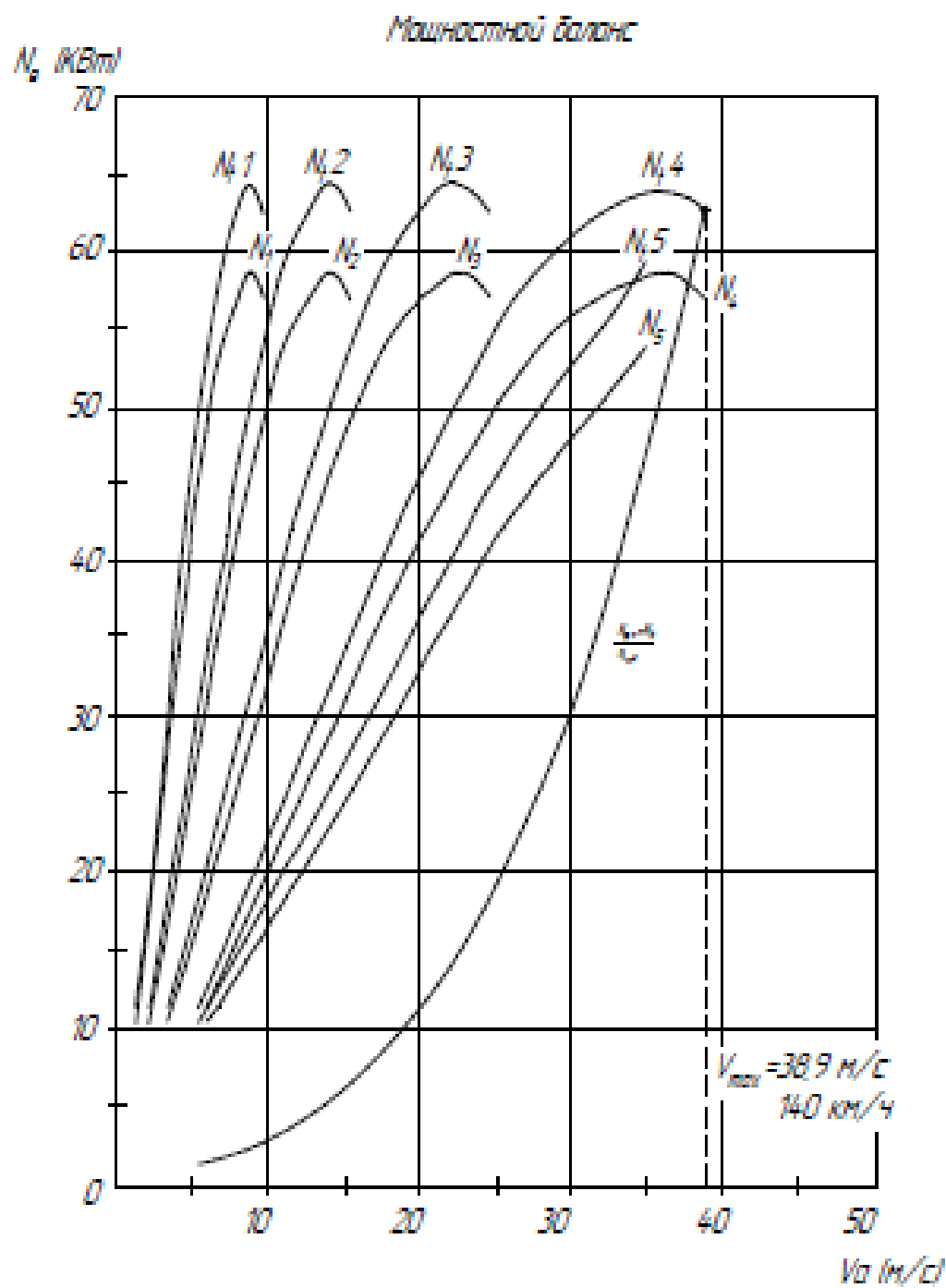


Рисунок А6 – Мощностной баланс

Продолжение Приложения А

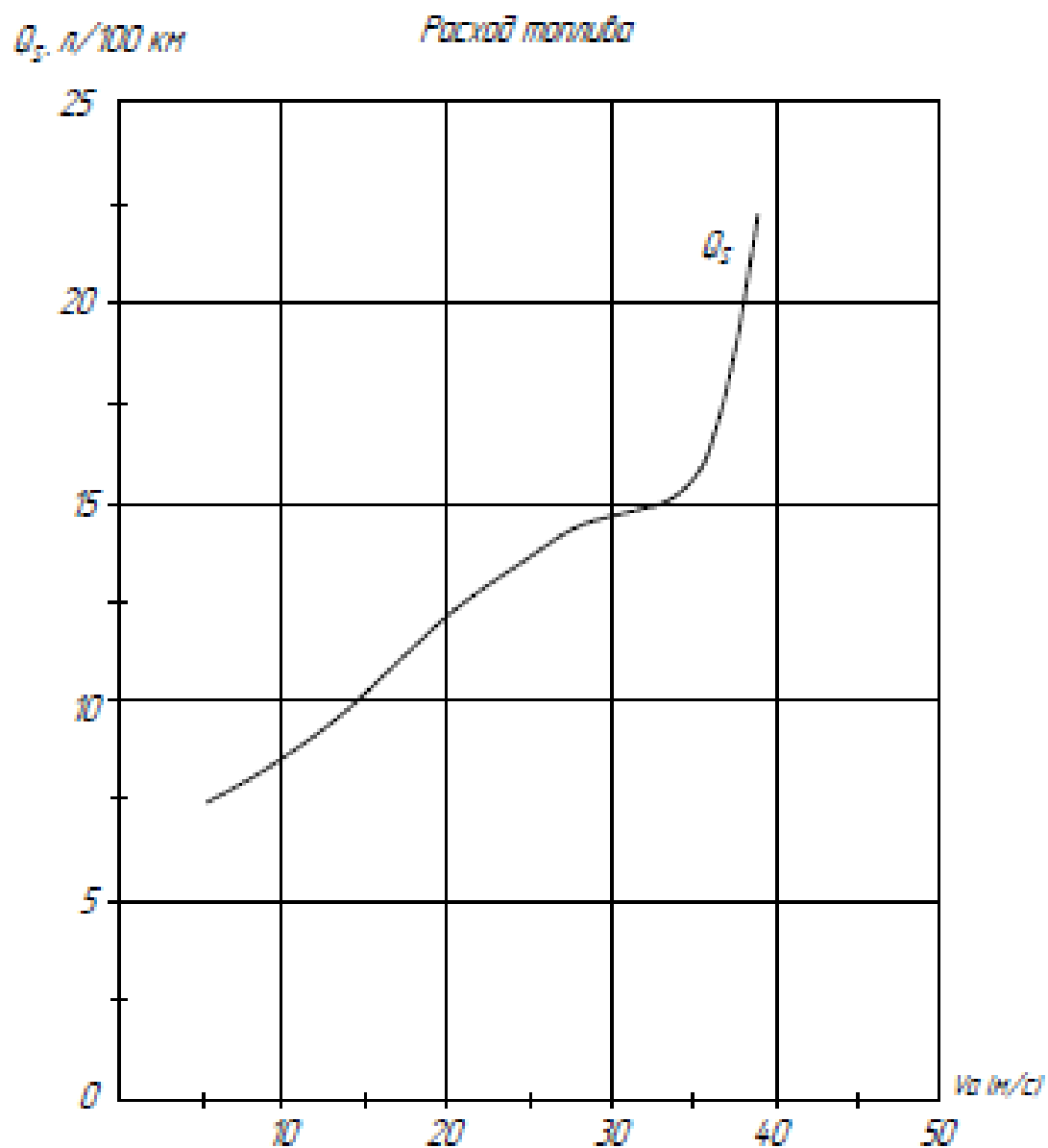


Рисунок А7 – Топливно-экономическая характеристика