

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 гибридного транспортного средства на базе автомобиля
ГАЗ-2705 (ГАЗЕЛЬ)

Обучающийся

Д.О. Князькин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

доцент Д.А. Романов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Представлен дипломный проект на тему «Разработка гибридного транспортного средства на базе автомобиля ГАЗ-2705 (ГАЗель)».

Актуальность данной темы обусловлена тем, что современные тенденции в автомобилестроении предъявляют повышенные требования не только к конструкции автомобиля в целом, но и к его экологичности. Это требует применения технических решений, использующих в качестве движителя электрический привод или комбинацию теплового и электрического двигателя. Для автомобилей, задействованных в развозке внутри города это особенно актуально с точки зрения соблюдения экологических требований, а также с учетом тенденции недопуска транспортных средств с тепловыми двигателями внутрь отдельных районов.

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 гибридного транспортного средства на базе автомобиля ГАЗ-2705 на уровне технического проекта.

Логически структура дипломного проекта разделена на следующие части, связанные между собой: анализ существующих технических решений в конструкции трансмиссии гибридных автомобилей, тяговый расчет транспортного средства для которого разрабатывается агрегат трансмиссии, силовые и прочностные расчеты агрегата и его элементов, разработка технологического процесса изготовления агрегатов трансмиссии, разработка безопасных условий труда на участке и экономическое обоснование эффективности проекта.

Разработанная в рамках дипломного проекта конструкция гибридного движителя обладает значительно более высокими эксплуатационными

характеристиками в сравнении с силовыми агрегатами, используемыми в конструкции грузовых автомобилей малого класса в настоящее время. Внедрение конструкции в серийные транспортные средства не только позволит повысить их эксплуатационные качества, но и сформировать определенные конкурентные преимущества во всей продуктовой линейке автомобилей данного класса, производимых на территории России.

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 серийного производства и использована на серийных автомобилях.

Annotation

A graduation project on the topic "Development of a hybrid vehicle based on the GAZ-2705 (GAZelle)" is presented.

The relevance of this topic is due to the fact that current trends in the automotive industry place increased demands not only on the design of the car as a whole, but also on its environmental friendliness. This requires the use of technical solutions that use an electric drive or a combination of a heat and electric motor as a propulsion device. For cars involved in transportation within the city, this is especially important in terms of compliance with environmental requirements, as well as taking into account the trend of not allowing vehicles with heat engines inside certain areas.

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 the development of a hybrid vehicle based on the GAZ-2705 car at the level of a technical project.

Logically, the structure of the diploma project is divided into the following parts, interconnected: analysis of existing technical solutions in the design of the transmission of hybrid vehicles, traction calculation of the vehicle for which the transmission unit is being developed, power and strength calculations of the unit and its elements, development of a technological process for manufacturing transmission units, development safe working conditions at the site and the economic justification for the effectiveness of the project.

The design of the hybrid propulsion system developed as part of the graduation project has significantly higher performance characteristics in comparison with the power units currently used in the design of small trucks. The introduction of the design into mass-produced vehicles will not only improve their

performance, but also create certain competitive advantages in the entire product line of vehicles of this class produced in Russia.

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 mass production and used on mass-produced vehicles.

Содержание

Введение	8
1 Анализ конструкции транспортного средства гибридного типа с применением мотор-колес	11
1.1 Анализ транспортных средств на электрической тяге	11
1.2 Анализ конструкции автомобилей с гибридной силовой установкой	22
1.3 Анализ возможности применения гибридной силовой установки на автомобиле ГАЗель	30
2 Разработка конструкции мотор-колеса автомобиля с гибридной силовой установкой	34
2.1 Разработка структурной схемы трансмиссии автомобиля с использованием мотор-колес	34
2.2 Разработка конструкции мотор-редуктора, используемого в качестве двигателя	38
3 Расчет элементов конструкции объекта проектирования дипломного проекта	41
3.1 Кинематические расчёты мотор-редуктора	41
3.2 Расчёт деталей тихоходной цилиндрической ступени редуктора мотор-колеса	45
3.3 Определение геометрических параметров зубчатых зацеплений	53
4 Технологический раздел дипломного проекта	62
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	74
5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке ...	77
5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка ...	80

6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта .	83
6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности	83
6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка	84
Заключение	93
Список используемых источников	98

Введение

В современном мире проблемы, связанные с деградацией окружающей среды и потреблением ископаемых ресурсов, становятся все более актуальными. В связи с этим, разработка и внедрение экологически чистых и энергоэффективных видов транспорта является одним из главных приоритетов на современном этапе. Одним из перспективных направлений в области транспорта является гибридная технология, которая комбинирует использование двух или более источников энергии. На сегодняшний день большое количество конструкций гибридных транспортных средств разработано для легковых автомобилей и грузовиков, в то время как небольшие коммерческие автомобили, такие как ГАЗ-2705 (ГАЗель), пока не получили должного внимания в этой области.

Целью данного дипломного проекта является разработка гибридного транспортного средства на базе автомобиля ГАЗ-2705 (ГАЗель). Данный проект направлен на создание экологически чистого и энергоэффективного автомобиля, способного удовлетворить требования современной транспортной индустрии.

В рамках данного проекта будут рассмотрены различные аспекты, связанные с разработкой гибридной системы для автомобиля ГАЗель. Это включает в себя выбор и интеграцию двигателей, разработку аккумуляторных систем, управление энергией и оптимизацию энергетического процесса. Также будет проведен расчет и моделирование гибридной системы для оценки ее производительности и энергоэффективности.

Мотор-колеса представляют собой электрические двигатели, интегрированные непосредственно в колесо автомобиля. Они предлагают ряд преимуществ и имеют широкий потенциал применения в различных типах автомобилей.

Одним из основных преимуществ мотор-колес является возможность обеспечения независимого привода каждого колеса автомобиля. Это позволяет улучшить динамику и управляемость автомобиля, особенно на скользких и неровных дорогах. Кроме того, такая конструкция позволяет эффективнее использовать энергию и обеспечивает лучшую маневренность.

Другим преимуществом мотор-колес является повышенная эффективность передачи тягового усилия, поскольку потери мощности при передаче от двигателя к колесу минимальны. Благодаря этому, автомобили с мотор-колесами могут быть более экономичными и иметь большую энергоэффективность.

Применение мотор-колес также может способствовать сокращению протяженности и сложности силовой линии автомобиля. Это может значительно упростить конструкцию автомобиля и снизить затраты на производство и обслуживание. Кроме того, мотор-колеса могут быть интегрированы в различные типы автомобилей, включая легковые автомобили, грузовики и автобусы.

Однако, применение мотор-колес также имеет свои ограничения. Одно из них – это высокая стоимость такой системы и ограниченная доступность на рынке. Кроме того, мотор-колеса имеют ограниченную мощность в сравнении с традиционными двигателями внутреннего сгорания. Это может быть проблемой при использовании мотор-колес в тяжелых грузовых автомобилях или спортивных автомобилях. Также проблемой является то, что само по себе мотор-колесо является большой неподрессоренной массой, а значит, работа подвески будет происходить иначе. Из этого следует, что после установки мотор-колеса на автомобиль потребуется модернизация подвески. Этот аспект также рассмотрен в рамках дипломного проекта.

В целом, электрификация автомобильного транспорта предлагает ряд значительных преимуществ, связанных с экологической чистотой, энергоэффективностью, снижением зависимости от нефти, улучшением производительности и снижением затрат на эксплуатацию. Она играет

критическую роль в создании устойчивой и экологически ответственной транспортной системы для будущего.

Ожидается, что разработка гибридного транспортного средства на базе автомобиля ГАЗ-2705 (ГАЗЕЛЬ) будет способствовать снижению выбросов вредных веществ в атмосферу, улучшению экологической обстановки и экономии энергии. Кроме того, данное исследование может иметь потенциальное влияние на развитие отечественной автомобильной промышленности и стимулировать рост рынка гибридных транспортных средств.

В заключение, данное исследование представляет собой важный шаг в развитии гибридной технологии на базе автомобиля ГАЗ-2705 (ГАЗЕЛЬ). Он открывает новые перспективы для создания экологически чистых и энергоэффективных коммерческих транспортных средств, способных удовлетворить современные требования в области транспортной индустрии.

1 Анализ конструкции транспортного средства гибридного типа с применением мотор-колес

1.1 Анализ транспортных средств на электрической тяге

Электрификация автомобильного транспорта предлагает ряд преимуществ, которые делают ее одним из важных направлений развития транспортной индустрии. Электрический транспорт имеет ряд преимуществ перед транспортными средствами с тепловыми двигателями.

Электромобили не производят выбросов вредных веществ и парниковых газов в процессе эксплуатации. Они работают на электрической энергии, которая может быть получена из возобновляемых источников, таких как солнечная или ветряная энергия. Это способствует сокращению загрязнения воздуха и улучшению качества окружающей среды.

Электромобили имеют более высокий коэффициент энергоэффективности по сравнению с автомобилями, оснащенными двигателями с внутренним сгоранием. Они используют электрическую энергию аккумулятора для привода колес, минимизируя при этом потери энергии, связанные с трением и тепловыми процессами.

Электрификация автомобильного транспорта помогает снизить зависимость от нефти и других ископаемых топлив, так как электрическая энергия может быть получена из различных источников. Это способствует диверсификации энергетического сектора и снижению рисков, связанных с колебаниями цен на нефть и геополитическими факторами.

Электромобили обладают высоким крутящим моментом с самого начала движения, что позволяет им обеспечить быстрый и плавный разгон до требуемой скорости. Они также обеспечивают бесшумную работу и легкое управление, что делает их более комфортными и приятными в эксплуатации для водителя и пассажиров.

Владение электромобилем может быть более экономически эффективным в долгосрочной перспективе, поскольку зарядка электромобиля обычно дешевле, чем заправка автомобиля с внутренним сгоранием. Кроме того, электромобили не требуют регулярного обслуживания двигателя, что помогает снизить затраты на техническое обслуживание.

Электрификация автомобильного транспорта стимулирует развитие новых технологий и инноваций в области электроники, батарейных технологий и систем управления. Это способствует развитию индустрии и созданию новых рабочих мест.

Началом работы над электрификацией автомобильного транспорта считается конец 19 века, когда начали появляться первые образцы колесного транспорта.

Примером такого транспорта можно считать английский электрокэб, представленный на рисунке 1.



Рисунок 1 – Английский электрокэб

«Однако, технологии конца 19 и начала 20 века не могли обеспечить должной конкуренции с тепловыми двигателями, которые на существующем уровне развития технологии обеспечивали большую отдачу и пробег. Немаловажную роль играл и тот фактор, что время заправки одного автомобиля с бензиновым двигателем занимало намного меньше времени, нежели зарядка электромобиля. Поэтому массового распространения данный транспорт не получил и о нем забыли на достаточно долгое время. Интерес к электротранспорту во всем мире появился после Второй Мировой войны. основным локомотивом интереса являлось то, что в послевоенное время многие страны столкнулись с дефицитом топлива и других ресурсов, которые требовались для промышленности, поэтому рост стоимости нефти породил вопрос об отказе от дорогих в эксплуатации бензиновых моторов.» [2]

На рисунке 2 изображен электромобиль Тама 1946 года выпуска, производившийся в Японии.



Рисунок 2 – Электромобиль Тама, компания Tachikawa Aircraft Company, Япония, 1946 г

В середине 20 века Япония и США активно развивали электротранспортные системы, стремясь к созданию более экологически чистых и энергоэффективных видов транспорта. Обе страны имели свои особенности и достижения в этой области. В Японии электротранспорт начал развиваться уже в конце 19 века, когда были построены первые электрические трамваи в городах Йокогама и Киото. В середине 20 века Япония столкнулась с проблемами, связанными с загрязнением воздуха и ограниченностью энергетических ресурсов, что привело к повышенному интересу к электротранспорту.

В 1949 году в Японии была основана компания Tokyo Electric Cars Company, которая занималась разработкой и производством электрокаров. Они выпускали небольшие электрические автомобили, предназначенные в основном для городской езды. Однако, в 1950-х годах развитие электротранспорта в Японии замедлилось из-за фокуса на развитии автомобилей с внутренним сгоранием. В Европе также шло развитие электромобилей. Так, например, основным направлением развития стало появление компактных городских автомобилей, которые решали бы проблему пробок и загрязнения воздуха городов.

Особым интересом как со стороны производителей, так и со стороны потребителей пользовались транспортные средства сугубо персонального использования. Эти транспортные средства отличались компактными размерами и использовались для поездок на небольшие расстояния, например из городского пригорода до места работы.

На рисунке 3 показан электромобиль Comuta, оснащенный четырьмя 12-вольтовыми свинцовыми аккумуляторами, размещенными под сиденьями. Производился электромобиль в 60-е годы XX века британским подразделением Ford Motor Company.



Рисунок 3 – Электромобиль Comuta, Ford Motor Company

В середине 20 века США также активно интересовались электротранспортом. В 1950-х и 1960-х годах компания General Motors (GM) разработала и представила несколько электрических автомобилей, таких как модель EV1. Однако, из-за различных факторов, включая ограниченный запас хода и высокую стоимость, эти проекты не были коммерчески успешными, и большинство электромобилей были изъяты из эксплуатации и утилизированы.

Однако, в середине 20 века в США были предприняты шаги по развитию других видов электротранспорта, включая электрические трамваи и поезда. В городах, таких как Сан-Франциско и Лос-Анджелес, были строены новые системы общественного электротранспорта и модернизированы существующие.

Примерно в это же время, в США компания General Motors перевела серийный Chevrolet Chevette на электротягу, получив компактный электромобиль Chevrolet Electrovette (рисунок 4).



Рисунок 4 – Электромобиль Chevrolet Electrovette, General Motors

В середине 20 века Япония и США проявляли интерес к развитию электротранспорта, стремясь к созданию более экологически чистых и энергоэффективных видов транспорта. Япония активно разрабатывала электрокары, в то время как США сосредоточились на создании электрических трамваев и поездов. Несмотря на некоторые ограничения и трудности, эти усилия заложили фундамент для дальнейшего развития электротранспорта как в Японии, так и в США.

В СССР и России развитие автомобильного электротранспорта в разные периоды исходило из различных обстоятельств и приоритетов. В СССР разработка электромобилей началась еще в 1920-х годах. В это время были созданы первые трамваи и автобусы с электрическим приводом. В 1931 году был основан Ленинградский институт электрификации транспорта (ЛИЭТ), который занимался разработкой электротранспортных систем и

технологий. В 1960-х годах в СССР были созданы несколько экспериментальных электромобилей, таких как Москвич-426 и Москвич-408Э. Однако, развитие автомобильного электротранспорта в СССР было ограничено из-за ориентации на производство автомобилей с внутренним сгоранием и недостатка инвестиций в инфраструктуру зарядных станций и аккумуляторных технологий.

На рисунке 5 представлен внешний вид электромобиля, построенного на базе автомобиля ВАЗ-2102.

«Автомобиль был создан в 70-е годы и предназначался для развозных работ внутри предприятия, в частности обслуживался Комбината питания. Конструкция транспортного средства была несовершенна, в качестве элементов питания использовались обычные автомобильные стартерные кислотно-свинцовые аккумуляторы. По этой причине широкого распространения проект не получил, оставшись на уровне экспериментального образца.» [1]



Рисунок 5 – Электромобиль на базе автомобиля ВАЗ-2102

В СССР практически на каждом автомобильном заводе производились собственные разработки в области электрического транспорта. В силу того, что возможности аккумуляторных батарей в то время были весьма скромными в плане отдаваемой мощности, преимущественно вопросы электрификации транспорта относились к легковым автомобилям и микроавтобусам на их базе.

На рисунке 6 изображен электромобиль У-131 на базе автомобиля УАЗ-451.



Рисунок 6 – Электромобиль У-131 на базе автомобиля УАЗ-451

«Отличительной особенностью данного вида техники явилось то, что он имел зарядное устройство, смонтированное на борту автомобиля. Это позволяло производить его зарядку непосредственно от сети, причем до уровня 70% батареи заряжались примерно за 1 час, что соответствовало времени проведения погрузочно-разгрузочных работ. Данный образец был представлен всемирной выставке электромобилей в Филадельфии, где данная

машина была единственной, которая работала на переменном токе. Устройство аккумуляторного отсека автомобиля У-131 показано на рисунке 7.» [16]



Рисунок 7 – Аккумуляторный отсек электромобиля У-131

На Волжском автозаводе за время активной работы НТЦ было сделано несколько образцов электромобилей. На рисунке 8 представлен открытый четырехместный электромобиль ВАЗ-1801, предназначенный для эксплуатации в парковых и рекреационных зонах. Неофициально данный проект электромобиля называли «гольф-каром», по всем признакам именно им он и являлся. Однако, поскольку культура гольфа не получила в России широкого распространения, проект автомобиля также был свернут, по причине отсутствия масштабного спроса на внутреннем и внешнем рынке.



Рисунок 8 – Электромобиль VAZ-1801

На рисунке 9 представлен электромобиль также производившийся на VAZe и получивший обозначение VAZ-2802-02.



Рисунок 9 – Электромобиль VAZ-2802-02

В России развитие электротранспорта начало набирать обороты в более поздние годы. В 2010-х годах российские автопроизводители стали активно разрабатывать электромобили. Например, Компания "АвтоВАЗ" представила электрическую версию своего автомобиля "Лада Веста". Также, компания "КамАЗ" разработала электробусы для городских перевозок.

В России в последние годы также происходит активное развитие инфраструктуры для зарядки электромобилей. Были созданы сети общественных зарядных станций, а также разработаны программы по установке зарядных устройств в городах и на автомагистралях.

Однако, развитие автомобильного электротранспорта в России все еще сталкивается с некоторыми вызовами, такими как ограниченный выбор электромобилей на рынке, недостаток зарядных станций и высокая стоимость электромобилей. На рисунке 10 представлен электромобиль на базе автомобиля ГАЗель Next.



Рисунок 10 – Электромобиль базе автомобиля ГАЗель Next

Развитие автомобильного электротранспорта в СССР и России имело свои особенности и ограничения. В СССР акцент был сделан на разработке электрических трамваев и автобусов, но развитие автомобильных электромобилей было ограничено. В России в последние годы происходит активное развитие электромобилей и инфраструктуры для зарядки, но все еще есть проблемы, которые требуют решения.

1.2 Анализ конструкции автомобилей с гибридной силовой установкой

Анализ конструкции автомобилей с гибридной силовой установкой (ГСУ) позволяет оценить особенности и преимущества таких транспортных средств.

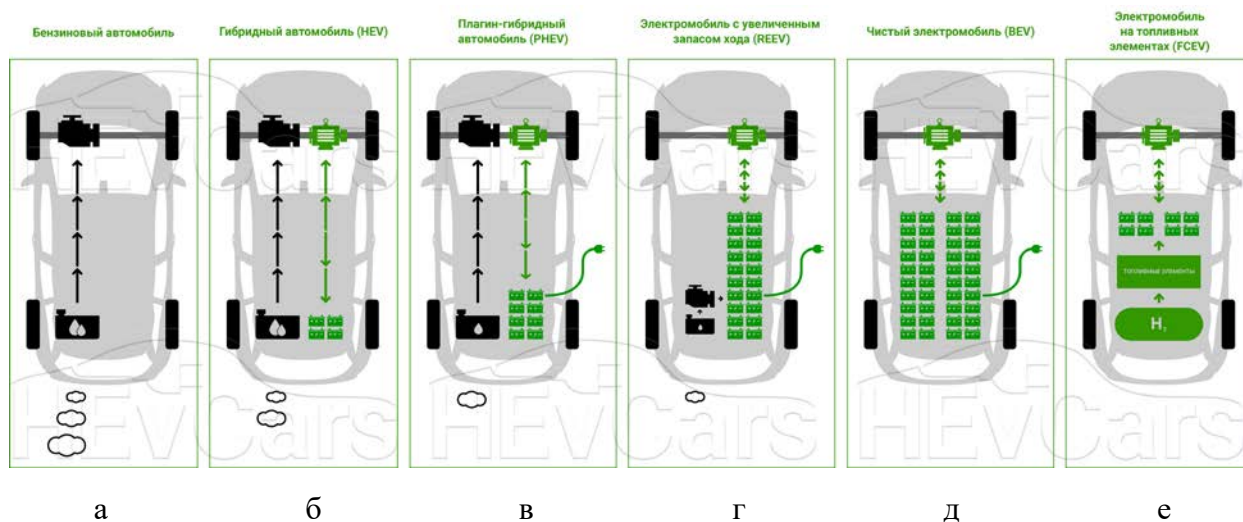
ГСУ состоит из комбинации двух или более источников энергии, обычно внутреннего сгорания и электрического двигателя. Важным аспектом конструкции является эффективная интеграция этих двух систем, чтобы они работали синхронно и обеспечивали оптимальное использование энергии. Компоненты ГСУ также включают аккумуляторы, электронные системы управления и системы рекуперации энергии.

Оптимальное размещение компонентов ГСУ в автомобиле влияет на эффективность и управляемость. Например, батареи могут быть размещены в основном в автомобиле или в задней части, чтобы обеспечить низкий центр тяжести и лучшую балансировку масс. Двигатели могут быть установлены на передней или задней оси, в зависимости от требований по тяговым характеристикам и приводу.

ГСУ может занимать больше места и иметь большую массу по сравнению с обычной силовой установкой. Это может влиять на пространство в салоне и грузоподъемность автомобиля. Разработчики ГСУ стремятся минимизировать размер и массу компонентов, чтобы улучшить эффективность и функциональность автомобиля.

Основной целью ГСУ является энергоэффективность, поэтому важно провести оптимизацию энергетического процесса. Это включает оптимальное управление мощностью и энергией, управление переключением между двигателями и оптимизацию режимов работы, чтобы достичь максимальной эффективности и производительности.

«На рисунке 11 представлена классификация транспортных средств по виду используемого источника энергии. при анализе особенностей конструкции гибридных установок нам предстоит наиболее предпочтительный вариант с точки зрения конструкции и эксплуатации.» [4]



а – бензиновый автомобиль; б – гибридный автомобиль; в – плагин-гибридный автомобиль; г – электромобиль с увеличенным запасом хода (экстендером пробега); д – электромобиль; е – электромобиль на топливных элементах

Рисунок 11 – Классификация разновидностей автомобилей по виду источника энергии

«Электромобиль плагин-гибридного типа имеет бортовой двигатель, работающий на топливе, но этот двигатель используется лишь для привода генератора, который, в свою очередь, заряжает аккумуляторы. Компоновку последнего типа называют расширителем диапазона, поскольку бортовой двигатель-генератор расширяет диапазон, в котором транспортное средство может двигаться, работая на аккумуляторной батарее до полной разрядки.

В гибридном транспортном средстве этого типа, также называемом электромобилем с расширителем диапазона, двигатель внутреннего сгорания подключен к электрической машине, работающей как генератор. Двигатель внутреннего сгорания подводит свою мощность к генератору, который преобразует вращательное движение в электрическую энергию и подает ее на аккумулятор, расширяя диапазон (пробег транспортного средства без внешней зарядки). В альтернативном варианте, возможна подача электрической энергии на тяговый электродвигатель транспортного средства. Таким образом, двигатель внутреннего сгорания может работать с очень хорошим КПД при любых аспектах эксплуатации, что оказывает положительное влияние на выбросы CO₂ и потребление топлива агрегата. В этой заявке уделяется внимание многочисленным аспектам конструкции и эксплуатации расширителя диапазона в транспортном средстве.» [14]

«Существует три основные схемы устройства гибридных силовых установок: последовательная, параллельная и смешанная. Последовательная гибридная схема появилась первой (её предложил в 1899 году Фердинанд Порше), но в легковых автомобилях распространена меньше (рисунок 1.2). По ней, например, построены силовые агрегаты карьерных самосвалов, некоторых автобусов и локомотивов. В последовательной схеме колёса приводит в движение электромотор, а малолитражный ДВС крутит генератор, вырабатывающий электроэнергию. Тут отсутствует необходимость в коробке передач и мощном двигателе внутреннего сгорания. Зато требуются аккумуляторы большой ёмкости» [6].

Последовательная гибридная схема электромобиля представлена на рисунке 12.

Последовательная схема устройства гибридных силовых установок (ГСУ) представляет собой одну из конфигураций, которая используется для сочетания внутреннего сгорания и электрического двигателя. В этой схеме двигатель с внутренним сгоранием (ДВС) работает исключительно для генерации электричества, которое затем используется для привода

электрического двигателя, который, в свою очередь, обеспечивает механическую мощность для передвижения автомобиля.

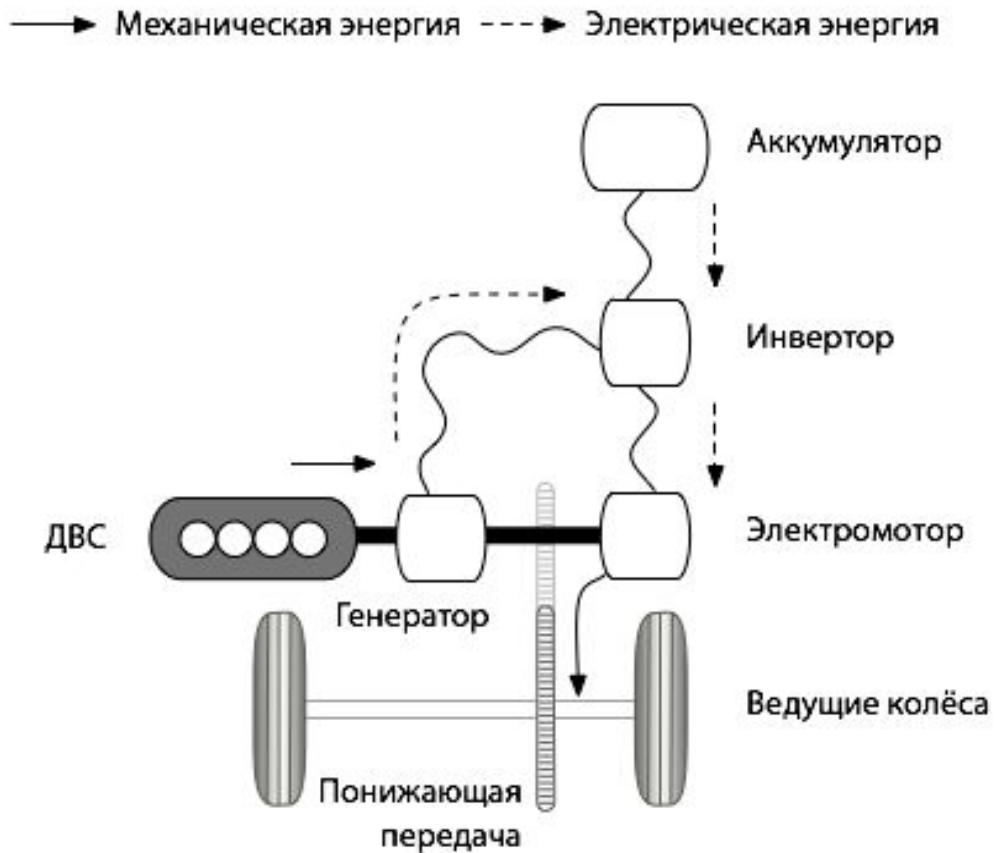


Рисунок 12 – Последовательная гибридная схема

Основные компоненты последовательной схемы ГСУ включают следующие узлы и агрегаты.

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Это может быть традиционный бензиновый или дизельный двигатель, который работает на углеводородном топливе. Однако, вместо непосредственного привода колес, ДВС работает как генератор, который создает электричество.

Генератор преобразует механическую энергию, производимую ДВС, в электрическую энергию. Электричество, сгенерированное генератором, направляется в аккумуляторную батарею или используется напрямую для привода электрического двигателя.

Аккумуляторная батарея является накопителем электрической энергии для использования в электрическом двигателе. В последовательной схеме ГСУ батарея обычно используется в качестве промежуточного источника энергии, поскольку электрический двигатель использует электричество, которое производится ДВС через генератор.

Электрический двигатель преобразует электрическую энергию, поступающую из батареи или генератора, в механическую энергию для привода колес автомобиля. В последовательной схеме ГСУ электрический двигатель является основным источником тяговой мощности.

Таким образом, в последовательной схеме ГСУ ДВС служит для генерации электричества, которое затем используется для питания электрического двигателя, обеспечивающего движение автомобиля. Эта схема позволяет более эффективно использовать энергию, снижает выбросы вредных веществ и обеспечивает более экологически чистый и экономичный способ передвижения.

«Самая распространённая сейчас схема – параллельная (рисунок 1.13). Она запатентована ещё в 1905 году немцем Генри Питером. Ей отвечают почти все умеренные гибриды.» [6]

Параллельная гибридная схема электромобиля представлена на рисунке 13.

Параллельная схема устройства гибридных силовых установок (ГСУ) представляет собой другую конфигурацию, которая используется для сочетания внутреннего сгорания и электрического двигателя. В этой схеме двигатель с внутренним сгоранием (ДВС) и электрический двигатель могут работать независимо или совместно для привода колес автомобиля.

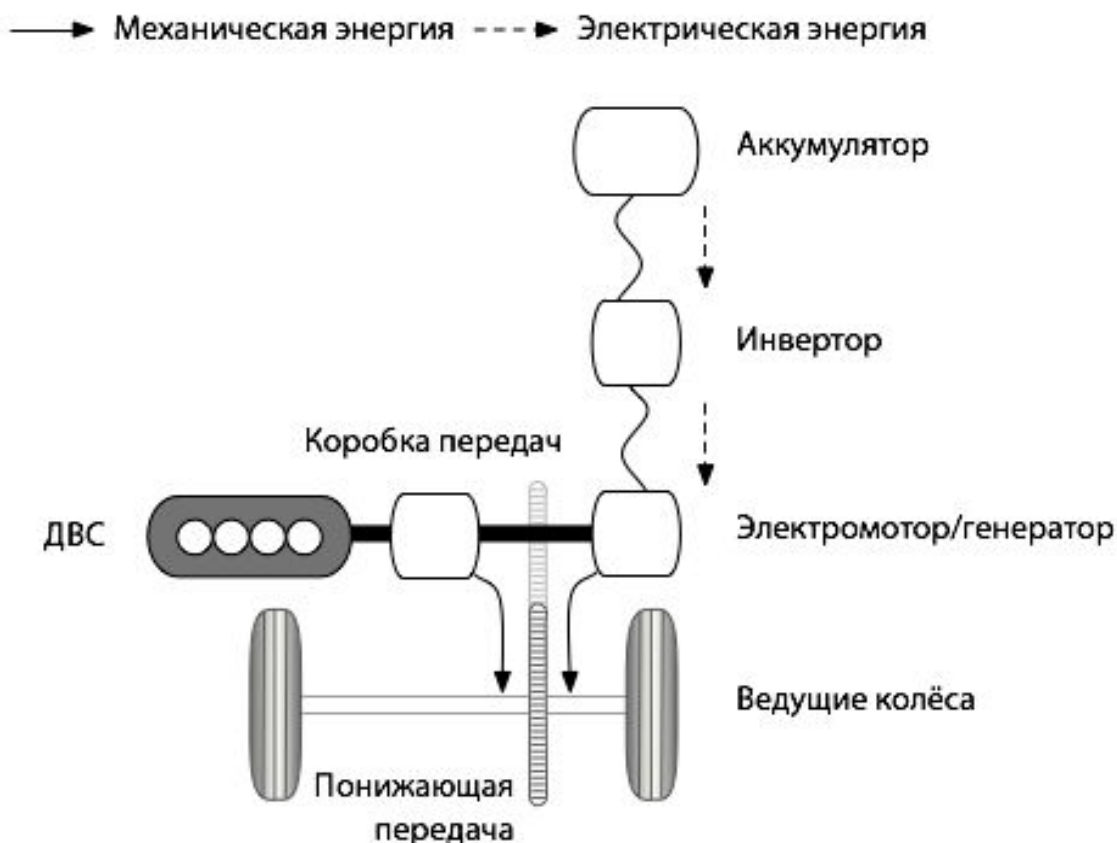


Рисунок 13 – Параллельная гибридная схема

Основные компоненты параллельной схемы ГСУ включают следующие узлы и агрегаты.

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) – это может быть бензиновый или дизельный двигатель. ДВС может использоваться для привода колес автомобиля непосредственно, а также для генерации электричества через генератор.

Электрический двигатель может работать параллельно с ДВС или независимо от него. Он может использоваться для привода колес автомобиля или для дополнительного усиления мощности, особенно при разгоне или в условиях повышенной мощности.

В параллельной схеме ГСУ ДВС и электрический двигатель могут работать независимо или совместно в зависимости от условий и требований. Это позволяет более гибко использовать энергию, обеспечивать более

эффективное использование топлива и электроэнергии, а также улучшать динамические характеристики и общую производительность автомобиля. Параллельная схема ГСУ также может обеспечивать возможность использования только электрического режима при низких скоростях или на коротких расстояниях, что способствует снижению выбросов и экономии топлива.

«Распространены также смешанные, или, как их ещё называют, последовательно-параллельные гибриды. Благодаря планетарной передаче возникает синергия – взаимодействие двигателя внутреннего сгорания и электромотора (рисунок 14). Тут ДВС крутит колёса в паре с электромотором, одновременно вращая генератор. В традиционной коробке передач нет необходимости: электроника регулирует обороты моторов и генератора, превращая такую систему в бесступенчатую трансмиссию ECVT.» [6]

Параллельно-последовательная схема устройства гибридных силовых установок (ГСУ) является комбинацией параллельной и последовательной схем. В этой конфигурации двигатель с внутренним сгоранием (ДВС) и электрический двигатель могут работать независимо или совместно для привода колес автомобиля. Как и в предыдущих схемах, ДВС может работать для привода колес автомобиля непосредственно и/или для генерации электричества.

Электрический двигатель может работать как независимо, так и параллельно с ДВС для привода колес автомобиля или для дополнительного усиления мощности.

В параллельно-последовательной схеме ГСУ ДВС, генератор и электрический двигатель работают параллельно для привода автомобиля, а также для генерации электричества и зарядки аккумуляторной батареи. Это позволяет использовать ДВС для привода колес автомобиля и одновременно использовать электрический двигатель для поддержки тяговой мощности или при необходимости, например, при разгоне или при повышенной мощности.

Аккумуляторная батарея также может использоваться для хранения энергии, созданной ДВС и генератором, для последующего использования электрическим двигателем.

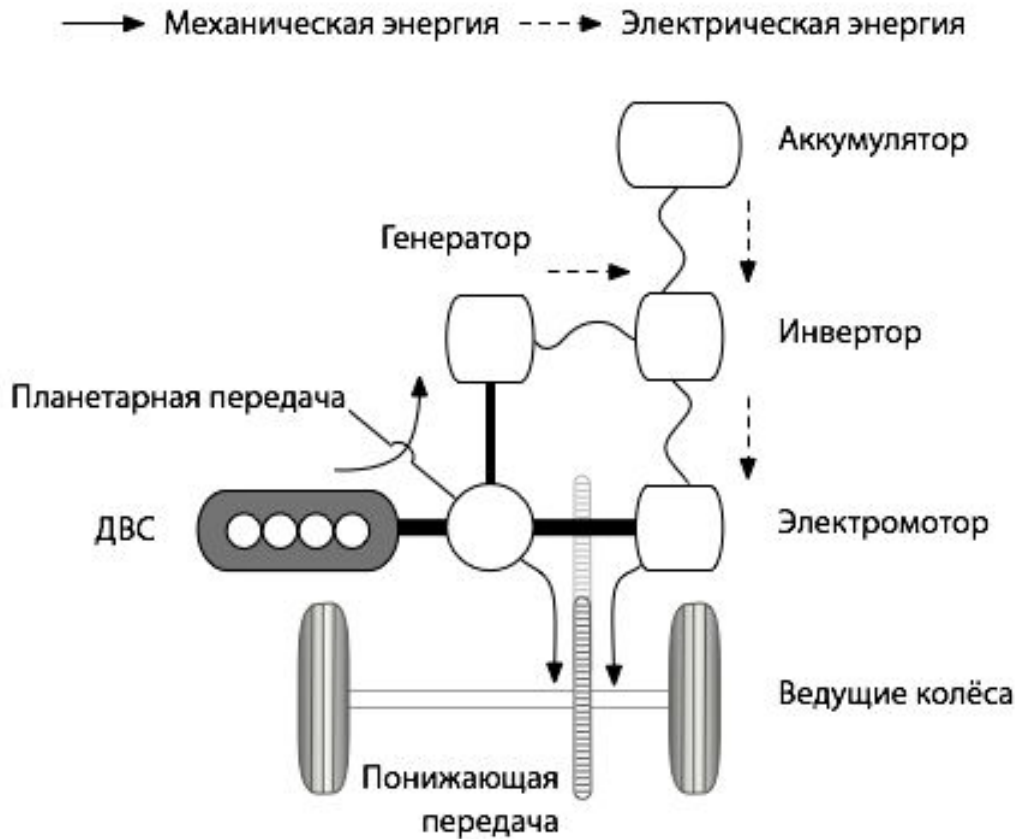


Рисунок 14 – Последовательно-параллельная гибридная схема

Параллельно-последовательная схема ГСУ обеспечивает гибкость и эффективность, позволяя использовать энергию электрического двигателя и ДВС в оптимальном сочетании в зависимости от условий езды и требований. Она также может обеспечить возможность использования только электрического режима на коротких расстояниях и при низких скоростях, что способствует снижению выбросов и экономии топлива. Управляющая система играет важную роль в оптимизации работы всех компонентов ГСУ и обеспечении оптимального использования энергии.

«Большинство двигателей, установленных на гибридах, - бензиновые. Многие работают по циклу Аткинсона с более коротким тактом сжатия и более эффективным рабочим процессом. Это обеспечивает лучшие экологические и экономические показатели. Распространение, казалось бы, более экономичных дизельэлектрических силовых установок сдерживает прежде всего то, что большинство гибридов продаются в незнакомой с дизелем Америке. Кроме того, дизельный мотор дороже бензинового, а это лишь увеличивает немалую цену гибрида.» [1]

Как уже говорилось ранее, на грузовых автомобилях чаще всего используют последовательную гибридную схему.

Анализ конструкции автомобилей с гибридной силовой установкой помогает оценить и оптимизировать различные аспекты таких транспортных средств, включая интеграцию компонентов, расположение, размеры и вес, энергетический процесс, инфраструктуру зарядки, стоимость и экономическую эффективность. Это важно для создания энергоэффективных и экологически чистых транспортных средств, способных удовлетворить требования современной транспортной индустрии.

1.3 Анализ возможности применения гибридной силовой установки на автомобиле ГАЗель

Анализ возможности применения гибридной силовой установки на автомобиле ГАЗель может включать следующие аспекты. ГАЗель является легким коммерческим транспортным средством с относительно небольшими размерами и весом. При применении гибридной силовой установки необходимо учесть, что добавление компонентов ГСУ может повлиять на вес и габариты автомобиля, что может повлиять на грузоподъемность и маневренность. Также необходимо помнить, что мотор-редукторы, используемые в качестве привода увеличивают неподрессоренную массу на осях.

Анализ режимов использования автомобиля ГАЗель важен для определения потенциальных выгод от применения гибридной силовой установки. Если автомобиль часто работает в городском режиме с частыми остановками и стартами, то применение гибридной силовой установки может быть более эффективным, так как электрический двигатель обеспечивает повышенную эффективность в условиях низких скоростей и пиковых нагрузок.

Применение гибридной силовой установки несет экономические выгоды, такие как:

- сокращение расхода топлива;
- снижение эксплуатационных расходов;
- уменьшение выбросов вредных веществ.

Однако, необходимо учитывать стоимость приобретения и установки гибридной силовой установки, а также ее сопровождающие затраты на обслуживание и ремонт.

В зависимости от типа использования ГАЗели, такого как грузовые перевозки или пассажирские перевозки, требования к мощности, грузоподъемности и дальности пробега могут различаться. Анализ возможности удовлетворения этих требований гибридной силовой установкой должен быть проведен для определения ее пригодности. ГАЗель имеет свою собственную силовую установку, и применение гибридной силовой установки может потребовать изменений в конструкции и интеграции компонентов. Анализ технической реализуемости и сложности интеграции гибридной силовой установки существующей конструкции ГАЗели является важным аспектом.

В целом, применение гибридной силовой установки на автомобиле ГАЗель требует комплексного анализа, учитывающего особенности автомобиля, его тип использования, экономическую эффективность, доступность инфраструктуры зарядки и техническую интеграцию. Этот анализ поможет принять обоснованное решение о возможности и

целесообразности применения гибридной силовой установки на автомобиле ГАЗель.

Общий вид проектируемого автомобиля на колёсных движителях можно представить в виде рисунка 15.



Рисунок 15 – Вид общий автомобиля категории N₂ на колёсных движителях

«При установке мотор-колёс на заднюю ось автомобиля, автомобиль становится гибридным. Гибридных автомобилей на сегодняшний день очень много, но в основном гибридные силовые установки используются на легковых автомобилях. Использование гибридной силовой установки на грузовом транспорте не только соответствует мировым техническим трендам, но и способно существенно сократить эмиссию вредных выбросов и способствовать улучшению экологии города.» [16]

В рамках выполнения работ по проектированию гибридной трансмиссии транспортного средства нами будет выбрана последовательная схема, как наиболее отвечающая требованиям эксплуатационной надежности и одновременно с тем, наименее затратная с точки зрения реализации.

Гибридные транспортные средства с применением мотор-колес представляют собой инновационное решение, которое сочетает в себе преимущества электрической и традиционной силовых установок. Мотор-колеса являются эффективным способом интеграции электрического двигателя в колеса транспортного средства. Они обеспечивают прямой привод колес и эффективную передачу мощности на дорогу. Применение мотор-колес позволяет увеличить эффективность движения, улучшить динамические характеристики и повысить маневренность транспортного средства. Компактные размеры мотор-колес делают их удобными для интеграции в различные типы автомобилей, включая легковые, грузовые и коммерческие транспортные средства. Применение мотор-колес также может способствовать уменьшению выбросов вредных веществ и снижению расхода топлива, особенно при использовании электрического режима движения.

Однако, необходимо учитывать некоторые ограничения, связанные с применением мотор-колес, такие как ограниченная грузоподъемность и возможные проблемы с обслуживанием и ремонтом. Анализ конструкции транспортного средства гибридного типа с применением мотор-колес позволяет определить его преимущества и недостатки, а также возможности и ограничения использования в различных ситуациях и условиях эксплуатации.

В целом, анализ конструкции транспортного средства гибридного типа с применением мотор-колес показывает, что эта технология представляет собой перспективное направление развития автомобильной индустрии, обеспечивая более эффективное использование энергии и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Однако, для успешной реализации этой концепции необходимы дальнейшие исследования и разработки, чтобы преодолеть ограничения и повысить надежность и доступность этой технологии.

2 Разработка конструкции мотор-колеса автомобиля с гибридной силовой установкой

2.1 Разработка структурной схемы трансмиссии автомобиля с использованием мотор-колес

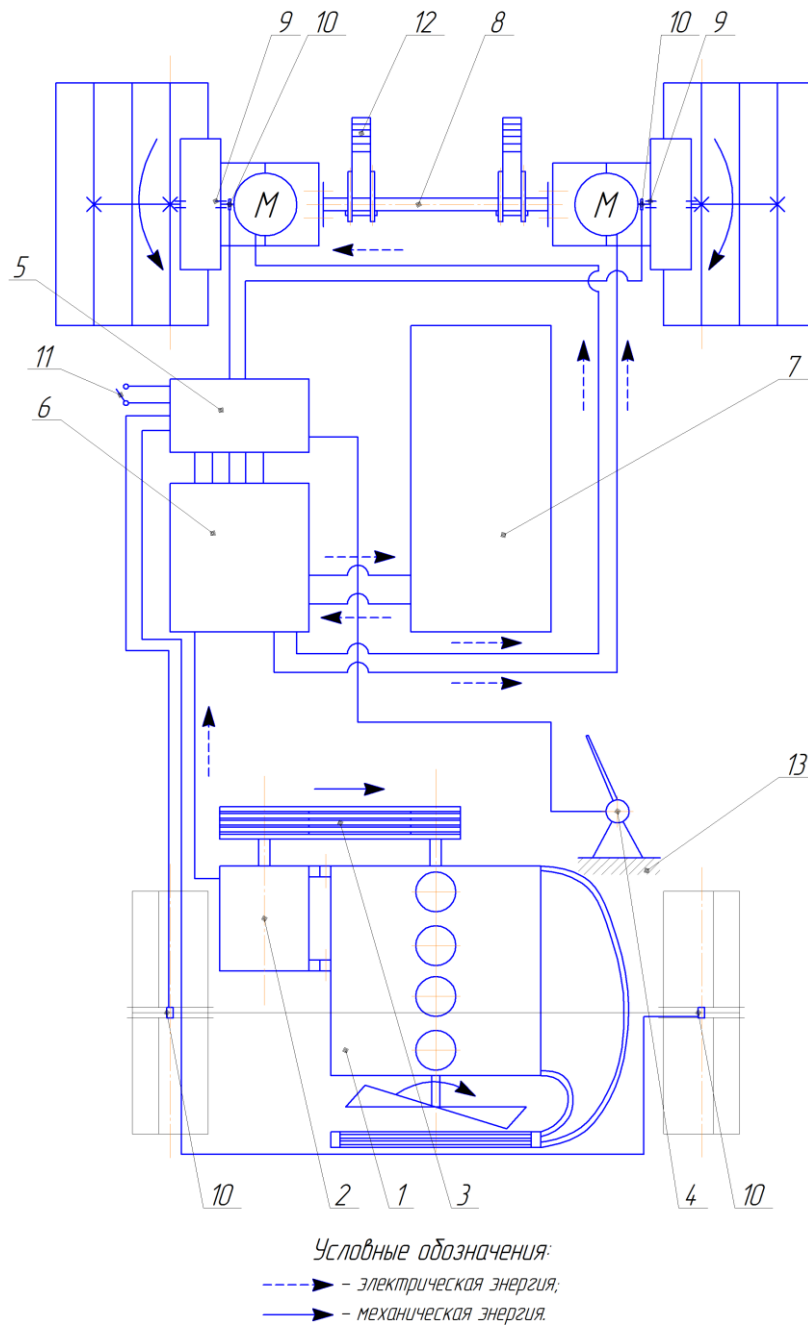
Как уже говорилось ранее, схема компоновки автомобиля выбрана последовательная, гибридная (рисунок 12).

Схема достаточно проста и практична (рисунок 16). В имеющейся штатной схеме полностью исключаем задний мост (устанавливаем вместо заднего моста балку 8 с мотор-редукторами и колёсами 9), карданную передачу, КПП и сцепление. На ДВС 1 устанавливаем мощный генератор 2, который в свою очередь будет заряжать аккумуляторные батареи 7 через инвертор 6, либо так же через инвертор давать электрический ток на мотор-редукторы 9. Мотор-редукторы 9 с переменной частотой вращения могут вращать колёса. Всем процессом управляет электронный блок управления 5 через инвертор 6. При нажатии на педаль 4, имитирующую педаль газа блок управления 5 посылает необходимые сигналы на инвертор 6 и нужная сила тока поступает на мотор-редукторы 9.

«На штатном автомобиле устанавливается двигатель SF3.8s3154, дизельный, 4-тактный, с турбонаддувом, охлаждением наддувочного воздуха, жидкостного охлаждения, цилиндры расположены в ряд. Как уже говорилось ранее сцепление, КПП, карданную передачу и всю конструкцию заднего моста полностью исключаем. На имеющуюся заднюю подвеску устанавливаем вместо заднего моста балку 8 с расположенными по концам мотор-редукторами с колёсами 9.» [15]

Датчики частот вращения колёс необходимы для того чтобы правильно имитировалась работа заднего дифференциала.

Для принудительной блокировки задних колёс (имитация блокировки межосевого дифференциала) нами предложена кнопка 11. При нажатии этой кнопки мотор редукторы начинают работать синхронно.



1 – ДВС; 2 – генератор; 3 – клиноременная передача; 4 – педаль газа; 5 – блок управления;
 6 – инвертор; 7 – блок аккумуляторных батарей; 8 – балка заднего моста; 9 – мотор-редуктор (мотор-колесо); 10 – датчики частоты вращения колёс; 11 – кнопка включения режима имитации блокировки межосевого дифференциала; 12 – подвеска заднего моста; 13 – кузов автомобиля

Рисунок 16 – Структурная схема разрабатываемой трансмиссии

На сегодняшний день в России основным поставщиком и разработчиком мотор-колёс является компания «Центр исследования силовых и энергетических установок».

«Она представила свою новую разработку мотор-колеса 415 НИЛД (рисунок 17). Мотор-колесо 415 НИЛД предназначено для применения в качестве тягового привода перспективных гибридных грузовых автомобилей, автобусов, тягачей и вездеходов. Мотор-колесо может использоваться в двух опциях в качестве поворотного и неповоротного колеса (рисунок 17).

Мотор-колесо 415 НИЛД – это герметичная, маслозаполненная, глубоко интегрированная конструкция, объединяющая, функции колеса, тягового электродвигателя, планетарного редуктора и ленточного тормоза с гидроприводом. Питание осуществляется переменным электротоком от вентильного источника тока. Алгоритм управления поддерживает следующие основные режимы:

- движение вперед с регулированием мощности;
- движение назад с регулированием мощности;
- рекуперативное торможение;
- основное торможение электродвигателем;
- резервное торможение ленточным тормозом;
- движение накатом; движение вперед с заданной постоянной частотой вращения;
- движение назад с заданной постоянной частотой вращения.

Задание режимов работы осуществляется альтернативно от бортового компьютера или органов управления. Номинальная мощность 30 кВт, КПД 90%, Диапазон частот вращения 0...3000 мин⁻¹, максимальный крутящий момент 2570 Нм, крутящий момент электродвигателя 500 Нм, питающее напряжение 300 В, масса 60 кг, диапазон рабочих температур от –50 °С до +50 °С.» [6]

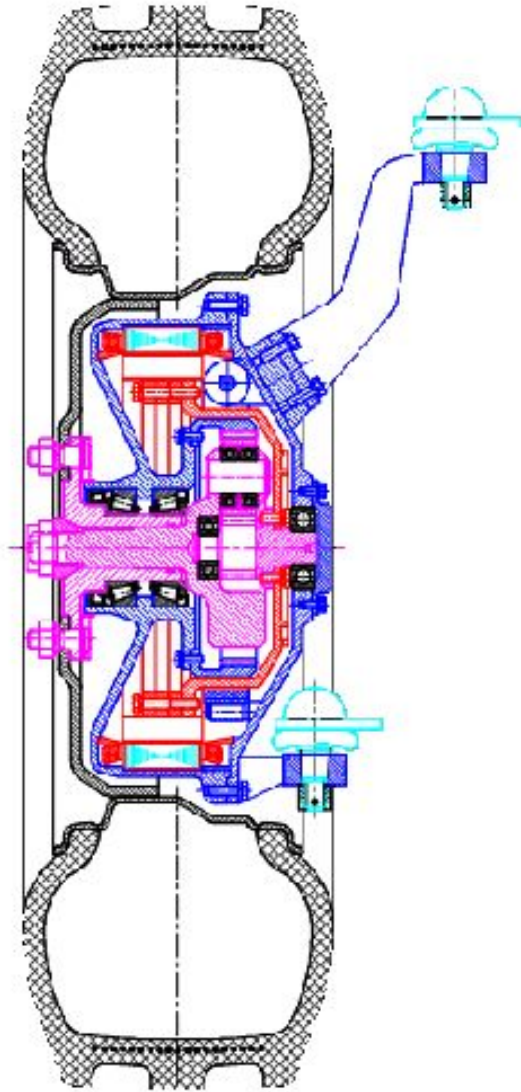
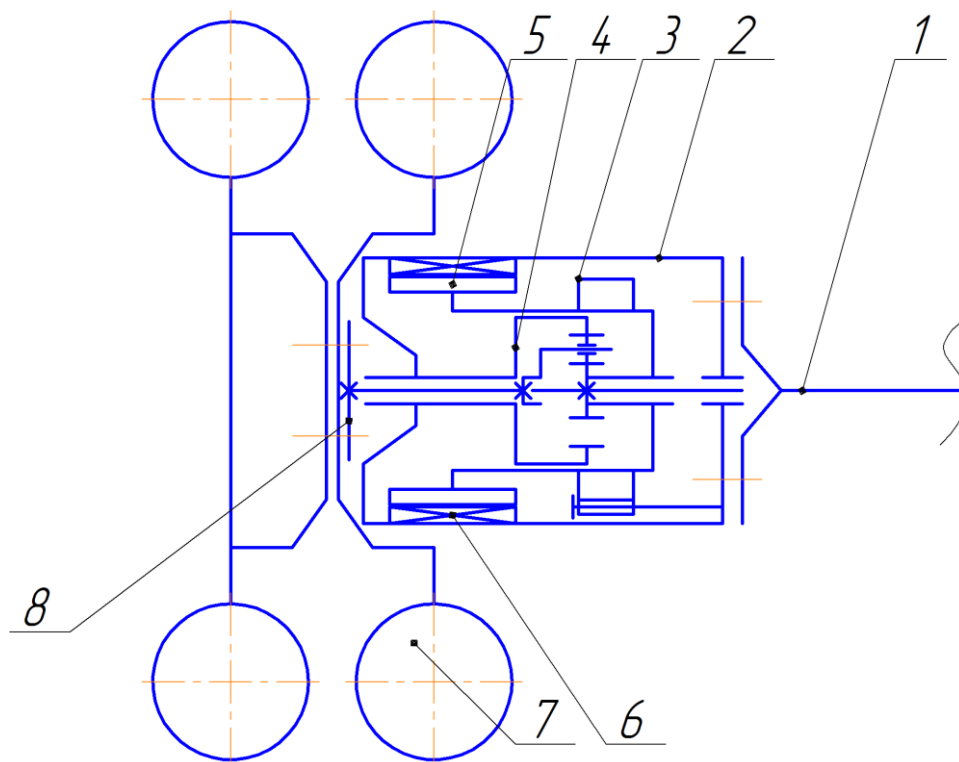


Рисунок 17 – Управляемое мотор-колесо 415 НИЛД

В рамках дипломного проекта, принимаем в качестве привода мотор-колесо рассмотренной конструкции. Выбор объясняется тем, что данный тип двигателя имеет простую и технологичную конструкцию, что позволит адаптировать его к конструкции автомобиля без существенных доработок.

2.2 Разработка конструкции мотор-редуктора, используемого в качестве движителя

На основании ранее проведённых исследований структурную схему проектируемого мотор-редуктора представим в виде рисунка 18 (за аналог возьмём перспективную разработку мотор-колеса 415 НИЛД).



1 – балка заднего моста; 2 – корпус мотор-редуктора; 3 – ленточный тормоз; 4 – редуктор одноступенчатый; 5 – ротор электродвигателя; 6 – статор электродвигателя; 7 – колёса; 8 – ступица колеса

Рисунок 18 – Структурная схема разрабатываемого мотор-редуктора колеса

Мотор-редуктор колеса, также известный как мотор-колесо, представляет собой интегрированный модуль, состоящий из электрического двигателя и редуктора, который устанавливается непосредственно внутри колеса транспортного средства. Конструкция мотор-редуктора колеса может

незначительно различаться в зависимости от производителя и модели, но, обычно, она включает следующие основные компоненты:

Электрический двигатель является основным элементом мотор-редуктора колеса. Электрический двигатель преобразует электрическую энергию в механическую, обеспечивая привод колеса. Мощность и скорость вращения двигателя могут различаться в зависимости от требований транспортного средства.

Редуктор является механической системой, которая обеспечивает увеличение крутящего момента и снижение скорости вращения передачи от двигателя к колесу. Редуктор состоит из зубчатых колес различных размеров и передаточных отношений, а также подшипников и других деталей, обеспечивающих эффективность и надежность передачи мощности.

Мотор-редуктор колеса обычно устанавливается в корпусе, который защищает его от внешних факторов, таких как грязь, вода и пыль. В некоторых моделях также могут быть предусмотрены системы охлаждения для поддержания нормальной температуры работы двигателя и редуктора.

Конструкция мотор-редуктора колеса обеспечивает компактность и интеграцию двигателя и редуктора в колесо, что позволяет обеспечить прямой привод и эффективный перенос мощности на дорогу. Эта конструкция также обеспечивает динамические характеристики, а также увеличение эффективности использования энергии в гибридных и электрических транспортных средствах.

Предлагаемая конструкция достаточно проста и практична. Так что далее принимаем ее в качестве основной рабочей.

В разделе произведена конструкторская проработка мотор-колеса автомобиля с гибридной силовой установкой.

Разработка конструкции мотор-колеса является важным шагом в развитии гибридных и электрических транспортных средств. Она позволяет интегрировать электрический двигатель в колеса автомобиля, что обеспечивает прямой привод и эффективное использование энергии.

Конструкция мотор-колеса должна учитывать такие факторы, как мощность и скорость вращения двигателя, передаточное отношение редуктора, габариты и вес компонентов, а также требования к прочности и надежности. Важным аспектом разработки конструкции мотор-колеса является эффективное охлаждение двигателя и редуктора, чтобы предотвратить перегрев и обеспечить нормальную работу в различных условиях эксплуатации.

При разработке конструкции мотор-колеса необходимо учитывать компактность и интеграцию с другими системами транспортного средства, чтобы обеспечить оптимальную эффективность и производительность. Выбор материалов и процессов производства играют важную роль в разработке конструкции мотор-колеса. Материалы должны быть легкими, прочными и устойчивыми к воздействию окружающей среды.

В целом, разработка конструкции мотор-колеса для автомобиля с гибридной силовой установкой представляет собой сложную и перспективную задачу, которая требует учета различных факторов и интеграции с другими компонентами транспортного средства. Эта разработка имеет потенциал для повышения эффективности и экологической устойчивости автомобилей, и требует дальнейших исследований и инноваций в этой области.

3 Расчет элементов конструкции объекта проектирования дипломного проекта

3.1 Кинематические расчёты мотор-редуктора

«Для модернизации ранее нами был выбран серийный автомобиль категории N₂ – ГАЗ-3310. На автомобиле установлен двигатель ММЗ-245.7 ЕЗ. Мощность двигателя – 87,5 кВт. Максимальная возможная скорость при полной массе 3400,0 до модернизации трансмиссии – 95,0 км/ч.» [1]

На стадии проектирования предполагаем, что КПД трансмиссии до модернизации составлял 0,85, тогда на одно колесо приходилось бы:

$$N_{КОЛЕСЕ} = \frac{N_{ДВ} \cdot \eta_{ТР.}}{2} = \frac{87,50 \cdot 0,85}{2} = 37,19 \text{ кВт.} \quad (1)$$

Итак, глядя на структурную схему разрабатываемой конструкции (рисунок 16), можно заключить, что на ступице колеса должна быть мощность не менее 40,0 кВт.

Далее рассмотрим частоту вращения колеса:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n, \quad (2)$$

где n – частота вращения приводного колеса, мин⁻¹.

$$\omega = \frac{V}{r}, \quad (3)$$

где V – максимальная линейная скорость движения автомобиля,

$$V = 95,0 \text{ км/ч} = 95,0/3,6 = 26,39 \text{ м/с};$$

r – радиус колеса, $r = 0,38 \text{ м}$.

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n = \frac{V}{r} \Rightarrow n = \frac{V}{r \cdot 2 \cdot \pi}, \quad (4)$$

тогда:

$$n = \frac{26,39 \cdot 60}{0,38 \cdot 2 \cdot 3,14} = 663,51 \text{ мин}^{-1} \text{ — это максимально-возможная частота}$$

вращения колёс.

Тогда крутящий момент на ступице колеса можно сосчитать по выражению:

$$M_e = 9554 \cdot \frac{N_{en}}{n_i}, \quad (5)$$

тогда при максимальной скорости движения:

$$M_{e(\text{при максим скорости})} = 9554 \cdot \frac{40,0}{663,51} = 575,97 \text{ Нм}.$$

При минимальной скорости движения, данная величина будет значительно выше. Ну скажем при движении автомобиля со скоростью 5 км/ч = 1,39 м/с, частота вращения составит:

$$n = \frac{1,39 \cdot 60}{0,38 \cdot 2 \cdot 3,14} = 34,95 \text{ мин}^{-1};$$

Тогда крутящий момент на ступице колеса составит (при условии, что мощность на модельном автомобиле меняется в зависимости от частоты вращения ДВС) при минимальной скорости движения (разница налицо):

$$M_{e(\text{при миним скорости})} = 9554 \cdot \frac{10,0}{34,95} = 2732,47 \text{ Нм}$$

«Далее в последующих расчётах необходимо задаться исходными данными, итак: $N_{КОЛЕСЕ} = 40,0$ кВт при максимальной скорости движения $95,0$ км/ч $= 26,39$ м/с; $n_{КОЛЕСАМАХ} = 663,51$ мин⁻¹; $r_{КОЛ} = 0,38$ м; $M_{e(при максим скорости)} = 575,97$ Нм. Мощность электродвигателя так же изменяется при изменении частоты вращения ротора от нуля до $40,0$ кВт

Далее необходимо определиться с передаточными числами редуктора и частотой вращения ротора мотор-редуктора.

Электродвигатель в проектируемом мотор-редукторе может изменять свою частоту от нуля до величины, рассчитанной ниже.

За аналог конструкции была взята ранее конструкция мотор-редуктора (мотор-колеса) 415 НИЛД. В данной конструкции следующие передаточные числа: $U_{БЫСТР.ЦИЛ.} = 1,60$; $U_{ТИХ.ЦИЛ.} = 2,60$. Сейчас просчитаем нашу конструкцию с данными передаточными числами и проверим, подходят ли они нам:» [4]

$$n_{ЭЛ.МАХ} = n_{КОЛЕСАМАХ} \cdot U_{БЫСТР.ЦИЛ.} \cdot U_{ТИХ.ЦИЛ.} = 663,51 \cdot 1,60 \cdot 2,60 = 2760,20 \text{ мин}^{-1}. \quad (6)$$

Итак, нам необходима конструкция электродвигателя: номинальная мощность $40,0$ кВт, КПД 90% , диапазон частот вращения $0 \dots 3000$ мин⁻¹, максимальный крутящий момент $2750,0$ Нм, крутящий момент электродвигателя $M_{ЭЛ.} = 9554 \cdot \frac{(0 \dots 40,0) \cdot 0,90}{0 \dots 3000} = 114,65$ Нм, питающее напряжение 300 В, масса конструкции $75,0$ кг, диапазон рабочих температур от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Все последующие расчёты, для упрощения поведём по максимальной частоте вращения электродвигателя $3000,0$ мин⁻¹, тогда:

$$n_{ЭЛ.МАХ} = n_1 = 3000,0 \text{ мин}^{-1}; \quad (7)$$

$$n_2 = \frac{n_1}{U_{БЫСТР.ЦИЛ.}} = \frac{3000,0}{1,60} = 1875,0 \text{ мин}^{-1}; \quad (8)$$

$$n_3 = \frac{n_2}{U_{\text{ТНХ.ЦИЛ.}}} = \frac{1875,0}{2,60} = 721,15 \text{ мин}^{-1}.$$

Сосчитаем мощность:

$$N_1 = 40,0 \cdot 0,90 = 36,0 \text{ кВт}; \quad (9)$$

$$N_2 = 36,0 \cdot 0,97 = 34,92 \text{ кВт};$$

$$N_3 = 34,92 \cdot 0,97 = 33,87 \text{ кВт}.$$

Крутящие моменты на валах:

$$M_{e1} = 9554 \cdot \frac{36,0}{3000,0} = 114,65 \text{ Нм}; \quad (10)$$

$$M_{e2} = 9554 \cdot \frac{34,92}{1875,0} = 177,83 \text{ Нм};$$

$$M_{e3} = 9554 \cdot \frac{33,87}{721,15} = 448,71 \text{ Нм}.$$

Результаты вычислений сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты мощности и передаточных чисел

Валы	Мощности на валах, кВт	Частоты вращения валов, мин ⁻¹	Крутящие моменты на валах, Н·м	Передаточные числа передач
I	36,0	3000,0	114,65	$U_{Б.} = 1,60$
II	34,92	1875,0	177,83	$U_{Т.} = 2,60$
III	33,87	721,15	448,71	

Все последующие расчёты ведутся на основании таблицы 1.

3.2 Расчёт деталей тихоходной цилиндрической ступени редуктора мотор-колеса

При выполнении расчета, необходимо произвести выбор материала и термообработки колеса и шестерни передачи.

Шестерня: сталь 40Х, термообработка – улучшение, $H_1 = 269...302$ НВ (285,5).

Колесо: сталь 40Х, термообработка – улучшение, $H_2 = 235...262$ НВ (248,5).

Допускаемые напряжения определяем для шестерни и колеса отдельно:

$$[\sigma]_H = [\sigma]_{HO} \cdot Z_N, \quad (11)$$

где $[\sigma]_{HO}$ - базовое допускаемое напряжение, МПа;

Z_N - коэффициент долговечности.

$$[\sigma]_{HO} = \frac{\sigma_{H\lim} \cdot Z_R \cdot Z_V}{S_H}, \quad (12)$$

где $\sigma_{H\lim}$ - длительный предел контактной выносливости, МПа;

Z_R - коэффициент, учитывающий шероховатость сопряжённых поверхностей;

Z_V - коэффициент, учитывающий влияние скорости;

S_H - коэффициент запаса прочности;

$$\sigma_{H\lim_1} = 2 \cdot HB + 70 = 2 \cdot 285,50 + 70 = 641,0 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{H\lim_2} = 2 \cdot HB + 70 = 2 \cdot 248,5 + 70 = 567,0 \text{ МПа},$$

$$Z_{R_1} = 0,95$$

$$Z_{R_2} = 0,95 \text{ [26]},$$

$$Z_{V_1} = 1 \qquad Z_{V_2} = 1,$$

$$S_{H_1} = 1,2 \qquad S_{H_2} = 1,2,$$

$$[\sigma]_{HO_1} = \frac{641,0 \cdot 0,95 \cdot 1}{1,2} = 507,46 \text{ МПа} \quad [\sigma]_{HO_2} = \frac{567,0 \cdot 0,95 \cdot 1}{1,2} = 448,88 \text{ МПа},$$

$$Z_N = \sqrt[m]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}} \geq 1, \quad (13)$$

где N_{HO} - базовое число циклов нагружения;

N_{HE} - эквивалентное число циклов нагружения;

m – показатель степени кривой усталости поверхностных слоёв зубьев;

$$m = 6 \text{ [26];}$$

$$N_{HO} \cong (HB)^3 \leq 12 \cdot 10^7. \quad (14)$$

$$N_{HO_1} = (285,5)^3 = 2,33 \cdot 10^7 < 12 \cdot 10^7 \qquad N_{HO_2} = (248,5)^3 = 1,53 \cdot 10^7 < 12 \cdot 10^7,$$

$$Z_{N_1} = 1,2 \qquad Z_{N_2} = 1,2,$$

$$[\sigma]_{H_1} = 507,46 \cdot 1,40 = 710,44 \text{ МПа} \qquad [\sigma]_{H_2} = 448,88 \cdot 1,40 = 628,43 \text{ МПа}$$

За расчётное допускаемое напряжение для прямозубых передач принимается меньшее из полученных $[\sigma]_{H_{расч}} = 628,43 \text{ МПа}$.

Определение допускаемых напряжений при расчёте зубьев на изгиб:

$$[\sigma]_F = [\sigma]_{FO} \cdot Y_A \cdot Y_N, \quad (15)$$

где $[\sigma]_{FO}$ - базовое допускаемое напряжение изгиба при неререверсивной нагрузке, МПа;

Y_A - коэффициент, вводимый при двустороннем приложении нагрузки;

Y_N - коэффициент долговечности;

$$Y_{A_1} = 1$$

$$Y_{A_2} = 1,$$

$$[\sigma]_{FO} = \frac{\sigma_{F\lim} \cdot Y_R \cdot Y_X \cdot Y_\delta}{S_F}, \quad (16)$$

«Где $\sigma_{F\lim}$ - предел выносливости, определяемый на зубьях при отнулевом цикле, МПа;

Y_R - коэффициент, учитывающий шероховатость переходной поверхности;

Y_X - коэффициент размеров;

Y_δ - коэффициент, учитывающий чувствительность материала к концентрации материала;

S_F - коэффициент запаса прочности.» [8]

$$\sigma_{F\lim_1} = 1,75 \cdot HB = 1,75 \cdot 285,50 = 499,63 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{F\lim_2} = 1,75 \cdot HB = 1,75 \cdot 248,5 = 434,88 \text{ МПа},$$

$$[\sigma]_{FO_1} = \frac{499,63 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{1,7} = 293,90 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_{FO_2} = \frac{434,88 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{1,7} = 255,81 \text{ МПа}.$$

$$Y_N = \sqrt[m]{\frac{N_{FO}}{N_{FE}}} \geq 1, \quad (17)$$

где N_{FO} - базовое число циклов нагружения, $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$ [26];

N_{FE} - эквивалентное число циклов нагружения;

$$[\sigma]_{F_1} = 293,90 \cdot 1 \cdot 1 = 293,90 \text{ МПа} \quad [\sigma]_{F_2} = 255,81 \cdot 1 \cdot 1 = 255,81 \text{ МПа.}$$

Определение межосевого расстояния:

$$a_w = K_a \cdot (U - 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{K_H \cdot T_1}{\psi_a \cdot U \cdot [\sigma]_H^2}}, \quad (18)$$

«Где a_w - межцентровое расстояние, мм;

K_a - вспомогательный коэффициент;

K_H - коэффициент нагрузки;

ψ_a - коэффициент ширины;

«-» - для внутреннего зацепления, $K_a = 450,0$ - для прямозубых колёс, $K_H = 1,40$ - не консольное и не симметричное расположение колёс относительно опор, $\psi_a = 0,315 \dots 0,40$ - из улучшенных сталей (принимаем 0,6 для удачной компоновки).» [8]

$$a_w = 450,0 \cdot (2,60 - 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{1,40 \cdot 177,83}{0,60 \cdot 2,60 \cdot 638,43^2}} = 52,37 \text{ мм.}$$

Полученное межосевое расстояние согласуют со значением из нормального ряда чисел (ближайшее): $a_w = 50,0$ мм.

Определение модуля передачи.

Для зубчатых колёс при твёрдости зубьев $\leq 350HB$:

$$m = (0,01 \dots 0,02) \cdot a_w = (0,01 \dots 0,02) \cdot 50,0 = 0,50 \dots 1,0 \text{ мм.} \quad (19)$$

Полученное значение модуля согласуют со стандартным значением (ГОСТ 9563-80): $m = 2,50$ мм (модуль менее 1,50 мм в силовых передачах не назначают).

Определение суммарного числа зубьев для прямозубых передач:

$$Z_{\Sigma} = \frac{2 \cdot a_w}{m} = \frac{2 \cdot 50,0}{2,50} = 40,0, \quad (20)$$

Определение числа зубьев шестерни:

$$Z_1 = \frac{Z_{\Sigma}}{U - 1} = \frac{40,0}{2,60 - 1} = 25,0. \quad (21)$$

Назначаем $Z_1 = 25$.

Определение числа зубьев колеса.

Для внутреннего зацепления:

$$Z_2 = Z_{\Sigma} + Z_1 = 40 + 25 = 65; \quad (22)$$

$$U_{\phi} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{65,0}{25,0} = 2,60.$$

Определение геометрических размеров колёс.

Делительные диаметры:

$$d_1 = \frac{m_n \cdot Z_1}{\cos \beta} = \frac{2,5 \cdot 25}{\cos 0^{\circ}} = 62,50 \text{ мм}; \quad (23)$$

$$d_2 = \frac{m_n \cdot Z_2}{\cos \beta} = \frac{2,5 \cdot 65}{\cos 0^{\circ}} = 162,50 \text{ мм}.$$

Диаметры вершин зубьев внутреннего зацепления:

$$d_{a_1} = d_1 + 2 \cdot m_n = 62,50 + 2 \cdot 2,5 = 67,50 \text{ мм}; \quad (24)$$

$$d_{a_2} = d_2 - 2 \cdot m_n = 162,50 - 2 \cdot 2,5 = 157,50 \text{ мм}.$$

Диаметры впадин зубьев внутреннего зацепления:

$$d_{f_1} = d_1 - 2,5 \cdot m_n = 62,50 - 2,5 \cdot 2,5 = 56,25 \text{ мм}; \quad (25)$$

$$d_{f_2} = 2 \cdot a_w + d_{a1} + 0,5 \cdot m_n = 2 \cdot 50,0 + 67,50 + 0,5 \cdot 2,50 = 168,75 \text{ мм}.$$

Ширина колеса:

$$b_2 = \psi_a \cdot a_w = 0,60 \cdot 50,0 = 30,0 \text{ мм, примем } 30,0 \text{ мм}. \quad (26)$$

Ширина шестерни:

$$b_1 = b_2 = 30,0 \text{ мм}. \quad (27)$$

Определение усилий в зацеплении:

$$F_t = \frac{2 \cdot T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 177,83}{0,0625} = 5690,56 \text{ Н}; \quad (28)$$

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha_w = 5690,56 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 2071,19 \text{ Н}. \quad (29)$$

Проверка зубьев колёс по напряжениям изгиба:

$$\frac{[\sigma]_{F_1}}{Y_{F_1}} \text{ и } \frac{[\sigma]_{F_2}}{Y_{F_2}},$$

$$Z_1 = 25$$

$$Z_2 = 65,$$

$$Y_{F_1} = 3,79$$

$$Y_{F_2} = 3,75,$$

$$\frac{293,90}{3,79} = 77,55 \text{ и } \frac{255,81}{3,75} = 68,22,$$

$$77,55 > 68,22.$$

Проверочный расчёт на изгиб ведём по зубчатому колесу:

$$\sigma_{F_2} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot Y_{F_2} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV} \cdot T_2}{m^2 \cdot Z_2 \cdot b_2} \leq [\sigma]_{F_2}, \quad (30)$$

где σ_{F_2} - рабочее напряжение изгиба по колесу, МПа;

$K_{F\beta}$ - коэффициент концентрации нагрузки;

K_{FV} - коэффициент динамической нагрузки;

$$\psi_{bd} = \frac{b_2}{d_1} = \frac{30,0}{62,50} = 0,48,$$

При постоянной нагрузке, твёрдости $\leq 350HB$ и скорости $V < 15$ м/с коэффициент $K_{F\beta} = 1$ [1].

Найдём скорость колеса:

$$V = \frac{\pi \cdot d_2 \cdot n_2}{6 \cdot 10^4} = \frac{3,14 \cdot 162,50 \cdot 721,15}{60000} = 6,13 \text{ м/с, поэтому } K_{F\beta} = 1 \text{ [26]}. \quad (31)$$

По скорости назначают 8 степень точности передачи и коэффициент динамичности $K_{FV} = 1,18$.

$$\sigma_{F_2} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 3,75 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 448,71}{2,50^2 \cdot 65,0 \cdot 30,0} = 225,83 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{F_2} = 225,83 \text{ МПа} < [\sigma]_{F_2} = 255,81 \text{ МПа}$$

Прочность зубьев на изгиб обеспечена.

Проверка зубьев колёс на контактную прочность:

$$\sigma_H = K \cdot \sqrt{\frac{K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV} \cdot F_t \cdot (U-1)}{d_1 \cdot b_2 \cdot U}} \leq [\sigma]_H, \quad (32)$$

где σ_H - контактное напряжение, МПа;

K - вспомогательный коэффициент, $K = 428,0$ – для прямозубых передач [1];

$K_{H\alpha}$ - коэффициент распределения нагрузки между зубьями,

$$K_{H\alpha} = 1 [1];$$

$K_{H\beta}$ - коэффициент концентрации нагрузки, $K_{H\beta} = 1,03$ [26];

K_{HV} - коэффициент динамичности нагрузки, $K_{HV} = 1,06$ [26];

F_t - окружное усилие, $F_t = 5690,56$ Н (см. ранее);

d_1 - делительный диаметр шестерни, $d_1 = 62,50$ мм (см. ранее);

b_2 - ширина колеса, $b_2 = 300,0$ мм (см. ранее);

«-» - для внутреннего зацепления.

$$\sigma_H = 428,0 \cdot \sqrt{\frac{1 \cdot 1,03 \cdot 1,06 \cdot 5690,56 \cdot (2,60-1)}{62,50 \cdot 300,0 \cdot 2,60}} = 611,17 \text{ МПа}$$

$$\sigma_H < [\sigma]_H \Rightarrow 611,17 \text{ МПа} < 638,43 \text{ МПа}$$

Условие контактной прочности выполняется.

3.3 Определение геометрических параметров зубчатых зацеплений

«В данном разделе пояснительной записки проводится подбор геометрических параметров зубчатого зацепления. Правильный расчет обеспечивает возможность дальнейших расчетов - расчетов на контактную и изгибную выносливости, - а также показывает возможность составления планетарных рядов.» [14]

«При выборе чисел зубьев шестерен, входящих в состав планетарного механизма, следует руководствоваться выполнением четырех условий:

- условия соосности;
- условия сборки;
- условия соседства;
- условия не подрезания зубов.

Методика расчета основных геометрических параметров зубчатого зацепления сводится к следующим пунктам:

- вводятся исходные данные: число зубьев шестерни z_1 и колеса z_2 ; модуль зубчатых колес m ; угол наклона зубьев β ; угол главного профиля α ; коэффициенты: высоты головки зуба h_a , ножки зуба h_f радиального зазора в паре исходных контуров s радиуса кривизны переходной кривой ρ_f , предельной высоты h_l , глубины мероприятия зубов в паре выходных контуров h_w , коэффициенты смещения шестерни x_1 и колеса x_2 и ширины зубчатых венцов b_w ;

- проверка выбранных коэффициентов смещения по блокирующим контурам, при неудовлетворительных результатах - выбор производится заново;

- проводится выбор угла наклона зубьев;
- определяется степень кинематической точности зубчатых колес;
- производится расчет геометрии зубчатой передачи.» [15]

Определение межосевого расстояния по формуле:

$$a = \frac{(z_2 \pm z_1)m}{2 \cos \beta}, \quad (33)$$

где знак «+» берется для внешнего, а знак «-» - для внутреннего зацепления;

Определение коэффициента суммы (разности) смещений по формуле:

$$x_{\Sigma} = x_1 + x_2; \quad (34)$$

Определение угла профиля α_t по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta}; \quad (35)$$

Определение угла зацепления α_w по формулам:

а) для внешнего зацепления:

$$\operatorname{inv} \alpha_w = \frac{2x_2 \operatorname{tg} \alpha}{z_1 + z_2} + \operatorname{inv} \alpha_t \quad (36)$$

б) для внутреннего зацепления:

$$\operatorname{inv} \alpha_w = \frac{2x_d \operatorname{tg} \alpha}{z_2 - z_1} + \operatorname{inv} \alpha_t \quad (37)$$

где, $\operatorname{inv} \alpha = \operatorname{tg} \alpha - \alpha$, и величину угла по известному значению. Уточнение межосевого расстояния по формуле:

$$a_w = a \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_w}; \quad (38)$$

Определение делительных диаметров по формуле:

$$d_{1(2)} = \frac{z_{1(2)}m}{\cos \beta}; \quad (39)$$

Определение передаточного отношения по формуле:

$$u = \frac{z_2}{z_1}; \quad (40)$$

Определение начального диаметра по формулам:

$$d_{w1} = \frac{2a_w}{u \pm 1}; \quad (41)$$

$$d_{w2} = \frac{2a_w u}{u \pm 1} \quad (42)$$

где знак плюс берется для внешнего зацепления, а минус - для внутреннего зацепления.

Определение коэффициента воспринимаемого смещения по формуле:

$$y = \frac{a_w - a}{m} \quad (43)$$

Определение коэффициента уравнительного смещения по формулам:

а) для внешнего зацепления:

$$\Delta y = x_\Sigma - y \quad (44)$$

б) для внутреннего зацепления:

$$\Delta y = x_d - y \quad (45)$$

Определение диаметров вершин зубьев по формулам:

а) для внешнего зацепления:

$$\begin{aligned}d_{a1} &= d_1 + 2m(h_a^* + x_1 - \Delta y), \\d_{a2} &= d_2 + 2m(h_a^* + x_2 - \Delta y).\end{aligned}\tag{46}$$

б) для внутреннего зацепления:

$$\begin{aligned}d_{a1} &= d_1 + 2m(h_a^* + x_1), \\d_{a2} &= d_2 - 2m(h_a^* - x_2 - 0,2).\end{aligned}\tag{47}$$

Определение диаметров впадин зубьев по формулам:

а) для внешнего зацепления:

$$\begin{aligned}d_{f1} &= d_1 - 2m(h_a^* + c^* - x_1), \\d_{f2} &= d_2 - 2m(h_a^* + c^* - x_2).\end{aligned}\tag{48}$$

б) для внутреннего зацепления:

$$\begin{aligned}d_{f1} &= d_1 - 2m(h_a^* + c^* - x_1), \\d_{f2} &= d_2 + 2m(h_a^* + c^* + x_2).\end{aligned}\tag{49}$$

Определение основного диаметра по формуле:

$$d_{b1(2)} = d_{1(2)} \cos \alpha_t;\tag{50}$$

Определение угла профиля зуба в точке круга вершин по формуле:

$$\cos \alpha_{a1(2)} = \frac{d_{b1(2)}}{d_{a1(2)}}. \quad (51)$$

Определение шага зацепления по формуле:

$$p_\alpha = \pi m \cos \alpha \quad (52)$$

Определение осевого шага (для косозубых передач) по формуле:

$$p_x = \frac{\pi m}{\sin \beta} \quad (53)$$

Определение коэффициентов торцевого перекрытия соответственно шестерни и колеса по формуле:

$$\varepsilon_{\alpha 1(2)} = \frac{z_{1(2)}}{2\pi} (\operatorname{tg} \alpha_{a1(2)} - \operatorname{tg} \alpha_{tw}). \quad (54)$$

Определение коэффициента торцевого перекрытия по формулам:

а) для внешнего зацепления:

$$\varepsilon_\alpha = \frac{z_1 \operatorname{tg} \alpha_{a1} + z_2 \operatorname{tg} \alpha_{a2} - (z_1 + z_2) \operatorname{tg} \alpha_{tw}}{2\pi}; \quad (55)$$

б) для внутреннего зацепления:

$$\varepsilon_\alpha = \frac{z_1 \operatorname{tg} \alpha_{a1} - z_2 \operatorname{tg} \alpha_{a2} + (z_2 - z_1) \operatorname{tg} \alpha_{tw}}{2\pi}; \quad (56)$$

Для прямозубых передач рекомендуется $\varepsilon_\alpha \geq 1,2$, а для косозубых $\varepsilon_\alpha \geq 1,0$.

Определение коэффициента осевого перекрытия по формуле:

$\varepsilon_\beta = 0$ для прямозубой передачи;

$\varepsilon_\beta = \frac{b}{P_x}$. - для косозубой передачи;

Рекомендуется $\varepsilon_\beta \geq 1,2$.

Определение коэффициента перекрытия по формуле:

$$\varepsilon_\gamma = \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta; \quad (57)$$

Определение основного угла наклона β_b из соотношения:

$$\sin \beta_b = \sin \beta \cos \alpha; \quad (58)$$

Определение эквивалентного числа зубьев по формуле:

$$z_{v1(2)} = \frac{z_{1(2)}}{\cos^3 \beta}; \quad (59)$$

Определение окружной скорости в зацеплении по формуле:

$$V = \frac{\pi d_1 n_1}{60000}; \quad (60)$$

- проводится проверка подрезки, обострение и интерференции внешних зубьев зубчатых колес (определение минимальных и максимальных коэффициентов смещения, а также минимального числа зубьев шестерни и колеса)

- производится расчет номинальных размеров для определения положения разноименных профилей зубьев (определение постоянной хорды s_c и высоты до постоянной хорды s_c)

- рассматривается необходимость и вид модификации головки зуба.

Результаты расчета геометрии зубчатых колес планетарной передачи сведем в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты расчетов геометрии зубчатых колес

Параметр		Значение	Номер планетарного ряда		
			1	2	3
	МЦК	Z_1	31	31	34
Число зубьев	сателлит	Z_2	45	45	39
	БЦК	Z_3	121	121	112
Модуль, мм		m	2,5	2,5	2,5
Угол наклона зубьев		β	0	0	0
Угол главного профиля		α	20	20	20
Коэффициент высоты головки		h_a	1	1	1
Коэффициент радиального зазора в паре исходных контуров		c_a	0,25	0,25	0,25
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой		ρ_f	0,38	0,38	0,38
Коэффициент смещения, мм	МЦК	X_1	0,5	0,5	0,5
	сателлит	X_2	0,5	0,5	0,5
	БЦК	X_3	1,5	1,5	1,5
Ширина зубчатого венца, мм		b_w	35	35	45
Делительное межосевое расстояние, мм	МЦК-сателлит	a	95	95	91,25
	БЦК-сателлит		95	95	91,25
Угол зацепления	МЦК-сателлит	α_{tw}	23,439	23,439	23,65
	БЦК-сателлит		23,439	23,439	23,65
Межосевое расстояние, мм	МЦК-сателлит	a_w	97,297	97,297	93,607
	БЦК-сателлит		97,297	97,297	93,607
Делительные диаметры, мм	МЦК	d	77,5	77,5	85
	сателлит		112,5	112,5	97,5
	БЦК		302,5	302,5	280
Передаточные отношения	МЦК-сателлит	u	1,452	1,452	1,147
	БЦК-сателлит		2,689	2,689	2,872
Начальные диаметры, мм	МЦК	d_w	79,374	79,374	87,195
	сателлит		115,221	115,221	100,02
	БЦК		309,84	309,84	287,23

Продолжение таблицы 2

Параметр		Значение	Номер планетарного ряда		
			1	2	3
Диаметры вершин зубьев, мм	МЦК	d_a	84,595	84,595	92,13
	сателлит		119,59	119,59	104,71
	БЦК		306	306	283,5
Диаметры впадин зубьев, мм	МЦК	d_f	73,75	73,75	81,25
	сателлит		108,75	108,75	93,75
	БЦК		316,25	316,25	293,75
Основной диаметр зубов, мм	МЦК	d_b	72,831	72,831	79,88
	сателлит		105,72	105,72	91,63
	БЦК		284,25	284,25	263,13
Угол профиля зуба в точке круга вершин, град	МЦК	α_a	30,594	30,594	29,99
	сателлит		27,885	27,885	28,968
	БЦК		21,729	21,729	21,863
Коэффициенты торцевого перекрытия	МЦК	ε_a	0,778	0,778	0,753
	сателлит		0,684	0,684	0,718
	БЦК		-	-	-
Коэффициент торцевого перекрытия	МЦК-сателлит	ε_a	1,462	1,462	1,471
	БЦК-сателлит		1,538	1,538	1,412
Коэффициент перекрытия	МЦК-сателлит	ε_γ	1,462	1,462	1,471
	БЦК-сателлит		1,538	1,538	1,412
Угол зацепления	МЦК-сателлит	P_a	7,377	7,377	7,377
	БЦК-сателлит		7,377	7,377	7,377
Максимальная линейная скорость в зацеплении, м/с	МЦК-сателлит	V	7,706	7,706	6,483
Эквивалентное число зубьев	МЦК	z_{vl}	31	31	34
	сателлит		45	45	39
	БЦК		121	121	112

Расчет мотор-редуктора является ключевым этапом в проектировании и разработке данного компонента транспортного средства. Они позволяют определить необходимые параметры и размеры редуктора для обеспечения требуемых характеристик. Расчет мотор-редуктора включают определение передаточного отношения, крутящего момента на выходе, скорости

вращения, эффективности передачи мощности и других параметров, учитывая требования к производительности и надежности.

Расчет передаточного отношения редуктора основан на соотношении крутящих моментов на входе и выходе, а также требуемой частоты вращения колеса. Оптимальное передаточное отношение выбирается таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью движения автомобиля и крутящим моментом. Расчет крутящего момента на выходе редуктора основан на требуемой мощности транспортного средства и требуемом максимальном крутящем моменте на колесе. Редуктор должен быть спроектирован таким образом, чтобы обеспечить достаточный крутящий момент для эффективного движения автомобиля.

Расчет частоты вращения редуктора основан на скорости движения транспортного средства и передаточном отношении редуктора. Редуктор должен быть спроектирован таким образом, чтобы обеспечить достаточную частоту вращения колеса для требуемой скорости движения.

Расчеты мотор-редуктора требуют использования соответствующих математических моделей и формул, а также учета реальных условий эксплуатации и требований к транспортному средству. В целом, расчеты мотор-редуктора являются неотъемлемой частью его проектирования и разработки. Они позволяют определить оптимальные параметры и размеры редуктора для обеспечения требуемых характеристик и производительности транспортного средства. Точные расчеты помогают убедиться в надежности и эффективности мотор-редуктора перед его изготовлением и эксплуатацией.

4 Технологический раздел дипломного проекта

В качестве взятой на проработку в технологическом разделе дипломного проекта сборочной единицы, принимаем изделие «Заднее мотор-колесо в сборе». Исходными данными для проработки технологического процесса сборки будут являться следующие документы и данные:

- рабочая конструкторская документация изделия, полученная при его конструкторской проработке;
- данные о годовом объеме сборки изделий, принятом в количестве $N = 100$ шт.

На базе исходных данных приступаем к разработке технологического процесса сборки.

К конструкции предъявляются общие требования технологичности, типичные для большинства узлов транспортных средств.

- изделие должно иметь возможность сборки по узлам;
- все узлы могут присоединяться к базовой детали независимо друг от друга;
- работы по сборке должны иметь возможность механизации;
- все детали должны иметь инструментальную доступность, каждая из деталей по возможности должна иметь возможность без демонтажа сопутствующих, либо их число должно быть минимизировано;
- изделие должно обладать свойством контролепригодности;
- детали и сборочные единицы должны быть унифицированы;
- сборочные работы должны вестись без применения специнструмента и спецоснастки.
- обеспечение расчленения его на отдельные узлы и сборочные единицы, сборка которых может иметь примерно одинаковые по длительности и по возможности однородные по технологическому содержанию этапы;

– обеспечение свободного инструментального доступа к деталям узла.

Разработку технологической схемы сборки ведем на основе сборочного чертежа мотор-колеса с ротором и присоединенными колесами в сборе. Определяем последовательность сборки мотор-колеса и разбиваем сборку на узловую и общую. Технологическая схема сборки показана на чертеже «Технологическая схема сборки заднего мотор-колеса в сборе»

Составление перечня сборочных работ.

Перечень сборочных работ составляем на основе технологической схемы сборки. Перечень сборочных работ показан в таблице 3.

Таблица 3 - Перечень сборочных работ

Операция	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время (мин.) Тшт
1. Узловая сборка редуктора			
Сборка редуктора колеса	1. Запрессовать подшипники в сателлиты 2. Установить сателлиты на водило, соединив осью 3. Нанести консистентную смазку на сателлиты 4. Установить водило с сателлитами в корпус 5. Убедиться в фиксации водила в корпусе 6. Поместить корпус в кожух ротора. 7. Поместить крышку катушки на корпус и зафиксировать болтами на 17 8. Зафиксировать болтами на 17 заднюю крышку 9. Убедиться в отсутствии заеданий 10. Переместить сборочную единицу на следующую позицию	Стенд сборочный Молоток Выколотка Ключ на 17 Смазка	7,25

Продолжение таблицы 3

Операция	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время (мин.) Т _{шт}
2. Узловая сборка мотор-колеса			
Сборка корпуса мотор-колеса	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить обмотку в корпус и зафиксировать 2. Закрутить фиксирующие болты ДП 2105- 1/13438/33 ключом на 10 3. Запрессовать конические подшипники в корпус 4. Запрессовать манжету в корпус 5. Убедитесь в отсутствии заеданий при проворачивании ступицы 	<p>Ключ на 10 Стенд сборочный Молоток Выколотка Смазка</p>	6,85
Сборка мотор-колеса с редуктором	<ol style="list-style-type: none"> 1. Запрессовать в заднюю крышку статора подшипник ротора 2. Произвести предварительную затяжку болта ДП 2105- 1/13438/33 крышки статора 3. Установить собранный редуктор в корпус статора 4. Произвести предварительную затяжку болтов ДП 2105-1/13438/33 крышки 5. Произвести затяжку болтов ДП2105-1/13438/33 окончательно 6. Затянуть болты задней крышки ключом на 10 	<p>Ключ на 17 Ключ на 10 Стенд сборочный</p>	6,87
3. Установка мотор-колеса на автомобиль			
Монтаж мотор-колеса на транспортное средство	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить мотор-колесо на посадочные места фланца моста 2. Произвести предварительную затяжку болтов ДП 2105-1/13438/33 крепления мотор-колеса 3. Произвести подключение силового кабеля к контроллеру управления 4. Произвести затяжку болтов ДП2105-1/13438/33 окончательно 5. Установить спаренные колеса на фланец полуоси 6. Завернуть гайки крепления колеса к фланцу полуоси 7. Произвести пробный пуск на вывешенном мосту 	<p>Ключ на 19 Ключ на 17</p>	5,05

«Техническое нормирование слесарно-сборочных работ, определение типа производства и формы организации технологического процесса сборки

Нормы времени на переходы операций сборки определяем по приложениям 1-47. Суммируем нормы времени на каждый вспомогательный и технологический переход операции и заносим в таблицу 3.

Общее оперативное время на все виды работ при сборке изделия:» [32]

$$t_{\text{опобщ}} = \Sigma t_{\text{оп}} = 26,02 \text{ мин.} \quad (61)$$

Суммарная трудоемкость сборки:

$$t_{\text{штобщ}} = t_{\text{опобщ}} + t_{\text{опобщ}} (\alpha/100 + \beta/100), \quad (62)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места, принимаем $\alpha = 3 \%$;

β – часть оперативного времени на перерывы для отдыха, принимаем $\beta = 5 \%$.

$$t_{\text{штобщ}} = 26,02 + 26,02 \cdot (3/100 + 5/100) = 13,57 + 13,57 \cdot 0,08 = 28,10 \text{ мин.}$$

Определение типа производства

По таблице 3 определяем тип производства при годовом объеме выпуска $N = 100$ шт. и $t_{\text{штобщ}} = 28,10$ мин. – производство мелкосерийное.

«Для мелкосерийного производства такт выпуска определяем по формуле:

$$T_{\text{в}} = F_{\text{д}} \cdot 60 \cdot m / N, \quad (63)$$

где $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимаем $F_{\text{д}} = 2030$ час.;

m – количество рабочих смен в сутки, принимаем $m = 1$;

N – годовой объем выпуска.» [32]

$$T_B = 2030 \cdot 60 \cdot 1 / 100 = 1218 \text{ мин.}$$

Результатом технологического раздела явилось формирование технологической карты выполнения работ по сборке трансмиссии автомобиля с гибридной силовой установкой. Работы производятся на специализированном стенде, расположенном на участке сборки.

Особенностью проведенных работ является то, что сборочные работы производятся с использованием специальных устройств и приспособлений, что позволяет производить сборку, обеспечив требуемое качество и точность сборочных работ.

Также в разделе выполнен расчет оперативного времени и такта производства. Расчет основывался на сформированной технологической карте, а также исходя из типа производства, определенного как мелкосерийное.

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

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

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

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 абсистенции, 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;
- аperiodически 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 моторного участка, сводятся в таблицу 4.

Таблица 4 – 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
«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

Продолжение таблицы 4

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«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
«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

Продолжение таблицы 4

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«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 5 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 5 – Классификация факторов пожарной опасности объекта дипломного проектирования (сборочного участка)

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
«А – горение твердых веществ А1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением А2 – 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]

Продолжение таблицы 5

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
<p>«В – горение жидких веществ</p> <p>В2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ» [12]</p>	<p>«топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости» [12]</p>	<p>«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объёмное горение, взрыв» [12]</p>	<p>«пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N₂, CO₂, и т.п.» [12]</p>
<p>«С - горение газообразных горючих веществ» [12]</p>	<p>сварочные газы, метан</p>	<p>«Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объёмное горение, взрыв» [12]</p>	<p>«объёмное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)» [12]</p>

«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 транспортного средства, 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, оснащенным 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.

6.2 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 6.

Таблица 6 – 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	16К20	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 64.

$$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * На}{100}, \quad (64)$$

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

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

$На$ – норма амортизации площадей помещения, $На = 2,5\%$.

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

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 65. Расчет сведен в таблицу 7.

$$P_{э} = \frac{M_{д} \cdot T \cdot K_{о} \cdot K_{м} \cdot K_{в} \cdot K_{п} \cdot Ц_{эл}}{\eta \cdot 60}, \quad (65)$$

«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 $K_v = 0,35$;

$K_{п}$ – коэффициент сетевых потерь, принимаем $K_{п} = 1,05$;

$Цэ$ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, $Цэ = 4,56$ руб;

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

Таблица 7 – Расчет затрат на электрическую энергию

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Кол-во	Км	Кв	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 66.

$$P_{св} = (M_{св} \cdot n \cdot T \cdot Код \cdot K_v \cdot K_{п} \cdot Цэ) / \eta, \quad (66)$$

где $M_{св}$ – мощность светильника, $M_{св} = 95$ 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 $K_v = 0,75$;

$K_{п}$ – коэффициент сетевых потерь, принимаем $K_{п} = 1,05$;

$Цэ$ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, $Цэ = 4,56$ 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 67.

$$P = P_{э} + P_{св} \quad (67)$$

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

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 8. Расчет выполняется по формуле 68.

$$Озп = Ст \cdot Т \cdot \left(1 + \frac{Дп}{100}\right), \quad (68)$$

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

Т – годовой фонд рабочего времени, чел-час;

Дп – коэффициент премиальных доплат.

Таблица 8 – 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 69.

$$Дзп = Озп \cdot Кд/100, \quad (69)$$

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

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

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 70.

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (70)$$

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.

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (71)$$

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

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 9.

Таблица 9 – 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 9

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.

$$H_p = 1,25 \cdot O_t \quad (72)$$

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

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 10.

Таблица 10 – 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 73.

$$Снч = Собщ / Туч, \quad (73)$$

где Собщ – сумма общих затрат на участке, руб

Туч – фонд рабочего времени составит для участка сборки, чел-ч,

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

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 обзор видов и типов конструкции гибридных силовых установок транспортных средств.

Выводы из анализа конструкции гибридов подтверждают, что они предлагают ряд преимуществ и инноваций в автомобильной индустрии. Гибридные транспортные средства с применением мотор-колес представляют собой инновационное решение, которое сочетает в себе преимущества электрической и традиционной силовых установок. Мотор-колеса являются эффективным способом интеграции электрического двигателя в колеса транспортного средства. Они обеспечивают прямой привод колес и эффективную передачу мощности на дорогу. Применение мотор-колес позволяет увеличить эффективность движения, улучшить динамические характеристики и повысить маневренность транспортного средства. Компактные размеры мотор-колес делают их удобными для интеграции в различные типы автомобилей, включая легковые, грузовые и коммерческие транспортные средства. Применение мотор-колес также может способствовать уменьшению выбросов вредных веществ и снижению расхода топлива, особенно при использовании электрического режима движения.

Однако, необходимо учитывать некоторые ограничения, связанные с применением мотор-колес, такие как ограниченная грузоподъемность и возможные проблемы с обслуживанием и ремонтом. Анализ конструкции транспортного средства гибридного типа с применением мотор-колес позволяет определить его преимущества и недостатки, а также возможности и ограничения использования в различных ситуациях и условиях эксплуатации.

В целом, анализ конструкции транспортного средства гибридного типа с применением мотор-колес показывает, что эта технология представляет собой перспективное направление развития автомобильной индустрии,

обеспечивая более эффективное использование энергии и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Однако, для успешной реализации этой концепции необходимы дальнейшие исследования и разработки, чтобы преодолеть ограничения и повысить надежность и доступность этой технологии.

Во втором разделе дипломного проекта произведена конструкторская проработка мотор-колеса автомобиля с гибридной силовой установкой.

Разработка конструкции мотор-колеса является важным шагом в развитии гибридных и электрических транспортных средств. Она позволяет интегрировать электрический двигатель в колеса автомобиля, что обеспечивает прямой привод и эффективное использование энергии. Конструкция мотор-колеса должна учитывать такие факторы, как мощность и скорость вращения двигателя, передаточное отношение редуктора, габариты и вес компонентов, а также требования к прочности и надежности. Важным аспектом разработки конструкции мотор-колеса является эффективное охлаждение двигателя и редуктора, чтобы предотвратить перегрев и обеспечить нормальную работу в различных условиях эксплуатации.

При разработке конструкции мотор-колеса необходимо учитывать компактность и интеграцию с другими системами транспортного средства, чтобы обеспечить оптимальную эффективность и производительность. Выбор материалов и процессов производства играют важную роль в разработке конструкции мотор-колеса. Материалы должны быть легкими, прочными и устойчивыми к воздействию окружающей среды.

В целом, разработка конструкции мотор-колеса для автомобиля с гибридной силовой установкой представляет собой сложную и перспективную задачу, которая требует учета различных факторов и интеграции с другими компонентами транспортного средства. Эта разработка имеет потенциал для повышения эффективности и экологической

устойчивости автомобилей, и требует дальнейших исследований и инноваций в этой области.

В конструкторском разделе выполнен расчет редуктора мотор-колеса, проектируемого в рамках дипломного проекта. Расчет мотор-редуктора является ключевым этапом в проектировании и разработке данного компонента транспортного средства. Они позволяют определить необходимые параметры и размеры редуктора для обеспечения требуемых характеристик. Расчет мотор-редуктора включают определение передаточного отношения, крутящего момента на выходе, скорости вращения, эффективности передачи мощности и других параметров, учитывая требования к производительности и надежности.

Расчет передаточного отношения редуктора основан на соотношении крутящих моментов на входе и выходе, а также требуемой частоты вращения колеса. Оптимальное передаточное отношение выбирается таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью движения автомобиля и крутящим моментом. Расчет крутящего момента на выходе редуктора основан на требуемой мощности транспортного средства и требуемом максимальном крутящем моменте на колесе. Редуктор должен быть спроектирован таким образом, чтобы обеспечить достаточный крутящий момент для эффективного движения автомобиля.

Расчет частоты вращения редуктора основан на скорости движения транспортного средства и передаточном отношении редуктора. Редуктор должен быть спроектирован таким образом, чтобы обеспечить достаточную частоту вращения колеса для требуемой скорости движения.

Расчеты мотор-редуктора требуют использования соответствующих математических моделей и формул, а также учета реальных условий эксплуатации и требований к транспортному средству. В целом, расчеты мотор-редуктора являются неотъемлемой частью его проектирования и разработки. Они позволяют определить оптимальные параметры и размеры редуктора для обеспечения требуемых характеристик и производительности

транспортного средства. Точные расчеты помогают убедиться в надежности и эффективности мотор-редуктора перед его изготовлением и эксплуатацией.

Результатом технологического раздела явилось формирование технологической карты выполнения работ по сборке трансмиссии автомобиля с гибридной силовой установкой. Работы производятся на специализированном стенде, расположенном на участке сборки.

Особенностью проведенных работ является то, что сборочные работы производятся с использованием специальных устройств и приспособлений, что позволяет производить сборку, обеспечив требуемое качество и точность сборочных работ.

Также в разделе выполнен расчет оперативного времени и такта производства. Расчет основывался на сформированной технологической карте, а также исходя из типа производства, определенного как мелкосерийное.

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.

На основании изложенного, можно сделать вывод о достижении целей, поставленных в ходе выполнения дипломного проекта.

Список используемых источников

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

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

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

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

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

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

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

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

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

17. Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и мотоцикла : учебное пособие / В.А. Стуканов. – Москва : ИД «ФОРУМ» :

ИНФРА-М, 2020. – 368 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-101654-1.

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

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

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

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

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

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

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

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