

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 электромобиля на базе автомобиля Газель Некст
с применением мотор-колеса

Студент

А.Ю. Пикуль

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Н.С. Соломатин

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

Тольятти 2021

Аннотация

Выпускная квалификационная работа на тему «Разработка электромобиля на базе автомобиля Газель Некст с применением мотор-колеса» включает в себя расчет и конструкторское проектирование устройства электрической трансмиссии грузового автомобиля малого класса. Актуальность темы связана с увеличением числа транспортных средств, занятых в развозных работах, развозе строительных материалов на небольшие расстояния и курьерской доставке. Для этих транспортных средств характерны сравнительно небольшие пробеги на коротких плечах работы, при этом работа выполняется преимущественно в жилых городских кварталах, что предъявляет повышенные требования к экологичности и шумности данного транспорта. Традиционный подход в автомобилестроении предполагает применение неких универсальных решений, основанных на применении электрического и гибридного привода, не смотря на то, что условия работы этих транспортных средств различны.

Выполнен обзор имеющихся конструкций электрических трансмиссий, включая производимые автомобильными компаниями и используемые на автомобилях аналогичного транспортного назначения. Выполнен расчет силовых и прочностных параметров электрической трансмиссии под конкретный автомобиль. Произведен расчет конструкции мотор-колеса на уровне технического проекта. Произведен подбор необходимого для производства конструкции технологического оборудования, разработана технологическая схема сборки узла трансмиссии. Произведена разработка технологии проведения сборочных работ проектируемого механизма и составлена технологическая карта сборки.

Проведен анализ безопасности и охраны труда при производстве автомобильных компонентов.

В экономической части произведен расчет затрат при производстве конструкции и обоснована целесообразность данного проекта.

Abstract

The final qualification work on the topic "Development of an electric car based on the Gazelle Next car with the use of a motor wheel" includes the calculation and design of the electric transmission device of a small class truck. The relevance of the topic is associated with an increase in the number of vehicles engaged in delivery work, delivery of construction materials over short distances and courier delivery. These vehicles are characterized by relatively small runs on short work shoulders, while the work is performed mainly in residential urban areas, which places increased demands on the environmental friendliness and noise of this transport. The traditional approach in the automotive industry involves the use of some universal solutions based on the use of electric and hybrid drive, despite the fact that the operating conditions of these vehicles are different.

The review of the available designs of electric transmissions, including those produced by automobile companies and used on cars of similar transport purposes, is carried out. The calculation of the power and strength parameters of the electric transmission for a specific car is performed. The calculation of the design of the motor-wheel at the level of the technical project is made. The selection of the technological equipment necessary for the production of the design was made, the technological scheme of the assembly of the transmission unit was developed. The technology of assembly work of the designed mechanism was developed and the technological map of the assembly was compiled.

The analysis of safety and labor protection in the production of automotive components is carried out.

In the economic part, the costs for the production of the structure are calculated and the feasibility of this project is justified.

Содержание

Введение	5
1 Теоретические положения объекта разработки	8
1.1 Автомобили на электрической тяге	8
1.2 Устройство гибридных автомобилей	16
1.3 Автомобиль ГАЗель Некст и привязка разрабатываемой конструкции к нему	24
2 Обоснование выбора схемы и описание конструкции и работы проектируемого узла	28
2.1 Разработка структурной схемы трансмиссии автомобиля с использованием вместо заднего моста мотор-колес	28
2.2 Разработка структурной схемы мотор-редуктора	31
3 Конструкторский раздел	33
3.1 Кинематические расчёты мотор-редуктора	33
3.2 Прочностной расчёт тихоходной цилиндрической ступени	36
3.3 Определение геометрических параметров зубчатых зацеплений	42
4 Технологический раздел дипломного проекта	49
5 Безопасность и экологичность объекта дипломного проекта	53
5.1 Описание условий труда	53
5.2 Идентификация вредных производственных факторов	54
5.3 Общие требования по обеспечению безопасности на предприятии	55
5.4 Требования эргономики при работе за компьютером	57
5.5 Расчет вентиляции в помещении	63
6 Экономический раздел дипломного проекта	66
Заключение	73
Список используемых источников	74

Введение

«Автомобильный транспорт играет существенную роль в транспортном комплексе страны. Согласно оценкам, вклад автомобильного транспорта в перевозки грузов составляет 75-77%, а пассажиров (без индивидуального легкового) 53-55%. Регулярными автомобильными перевозками (основными в пассажирских перевозках) охвачено 1,3 тыс. городов и 79,8 тыс. населённых пунктов.

Главной задачей автомобильного транспорта является полное, качественное и своевременное удовлетворение потребностей предприятий и населения в перевозках при возможно минимальных материальных затратах.

Поэтому основными задачами являются повышение уровня технического обслуживания, повышение производительности подвижного состава, и снижение затрат на перевозки грузов.» [1]

В процессе эксплуатации в автомобиле появляются различные неисправности, которые снижают эффективность его использования, соответственно своевременное выполнение технического обслуживания или ремонта играет важную роль при эксплуатации подвижного состава, обеспечения безопасности движения, экономии топлива и смазочных материалов. К тому же трудовые и материальные затраты на поддержание подвижного состава в технически исправном состоянии значительно ниже, чем затраты на его изготовление, а также.

«Внедряя доработки и изменения в конструкцию подвижного состава можно добиться значительного повышения производительности, а также снижения немало важного показателя – себестоимости грузоперевозок.» [1]

«Идея электрического мотор-колеса родилась практически сразу же после того, как появились достаточно мощные и компактные электромоторы.

Первые в истории патенты на подобные механизмы были получены в Америке Веллингтоном Адамсом из Сент-Луиса в 1884 году и еще через шесть лет – Альбертом Парселлом из Бостона. Но «пионером» в деле

практического применения мотор-колес стал Фердинанд Порше. В 1900 году на Всемирной выставке в Париже был показан его электромобиль Lohner-Porsche с передними ведущими электрическими мотор-колесами. В 1906 году патент на силовую установку был продан Daimler, и до начала Первой мировой войны компания выпустила более 300 электромобилей. Впоследствии эта технология не получила развития, и всерьез к ней вернулись лишь после Второй мировой войны в СССР.» [4]

«В рамках советской лунной программы Ленинградский ВНИИтрансмаш создал шасси для планетохода с использованием электрического мотор-колеса. В его герметичном модуле помещались редуктор, электромотор, тормоза и необходимые датчики. Аналогичные проекты разрабатывались NASA. В конце 1970-х в Новосибирске был создан первый прототип колеса-мотора для автомобиля «Жигули». В 1979 году на Волжском автозаводе такие колеса были собраны в металле и тогда же экспонировались на советско-американском симпозиуме по электромобилям.

В 1980-1990-х годах исследования технологии мотор-колес с разным успехом велись практически всеми крупными автокомпаниями. Интересно, что наибольших успехов на этом поприще вновь добились наши соотечественники Александр Пунтиков и Борис Маслов. В 1998 году они запатентовали оригинальную концепцию мотора, симулирующего работу человеческих мышц (Adaptive motor), а в 2000 году создали в Америке технологическую компанию Wavecrest Laboratories. Идея была успешно осуществлена на практике, и теперь мотор-колеса Пунтикова и Маслова используются в различных отраслях промышленности.» [6]

«Другой россиянин, изобретатель Владимир Шкондин, еще в начале 1990-х разработал мотор-колесо собственной конструкции и запатентовал его в 28 странах мира. Уникальный механизм состоит всего из семи деталей. Стоит отметить еще одну интересную идею, родившуюся в России, – вариоколесо Н.В. Гулиа, М. Ференца и С.А. Юркова. Ученые предложили построить бесступенчатый вариатор в ступицу колеса совместно с

понижающей передачей. При более высокой сложности конструкции такое решение мотор-колеса дает серьезный выигрыш в компактности, массе и КПД.» [1]

«Авто с электрическими мотор-колесами обладают рядом веских преимуществ перед традиционными.

В первую очередь это отсутствие множества сложных и тяжелых передаточных механизмов между двигателем и колесом – сцепления, трансмиссии, приводных валов и дифференциалов.

Во-вторых, отменная динамика: компактные и легкие электрические моторы способны развивать крутящий момент вплоть до 700 Н м даже на самых низких оборотах.

В-третьих, управляемое мотор-колесо делает автомобиль чрезвычайно маневренным – ведь все колеса могут вращаться с разной скоростью и даже в разных направлениях. Машина способна разворачиваться на 360 градусов, парковаться в самых сложных условиях и мгновенно адаптироваться к качеству дорожного покрытия.

В-четвертых, значительно упрощается конструкция важнейшей для электромобилей системы регенерации энергии торможения.

Ну и в-пятых, ничто не сможет сравниться с мотор-колесом в обеспечении активной безопасности движения – все продвинутые электромеханические алгоритмы типа ABS, ESP, Traction Control, Brake Assist и так далее запросто прошиваются в управляющий софт и воздействуют на каждое отдельное колесо.» [6]

Поэтому, в рамках дипломного проекта, мы будем рассматривать конструкцию транспортного средства с гибридной электрической трансмиссией с мотор-колесом в качестве двигателя.

1 Теоретические положения объекта разработки

1.1 Автомобили на электрической тяге

Появление транспортных средств с приводом от электрического двигателя – явление в исторической перспективе достаточно давнее. Первые электромобили появились практически в то же самое время, что и остальные транспортные средства, приводимые в движение автономными движителями на различных источниках энергии. Первые образцы самодвижущихся транспортных средств, приводимых от электромотора появились в 1841 году. В 1899 году российским инженером И.Романовым был создан один из первых массовых электромобилей, которые являлись копиями английских кэбов. Пример такой конструкции представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Электрокэб – один из первых образцов транспортного средства на электрической тяге

Однако, технологии конца 19 – 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.

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



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

В послевоенной Японии, при отсутствии собственных месторождений полезных ископаемых и нефти в частности, были очень большие проблемы с топливом для автомобилей. Именно этот фактор стал решающим в появлении электротранспорта и его популярности в те годы.

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.

На рисунке 1.3 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.

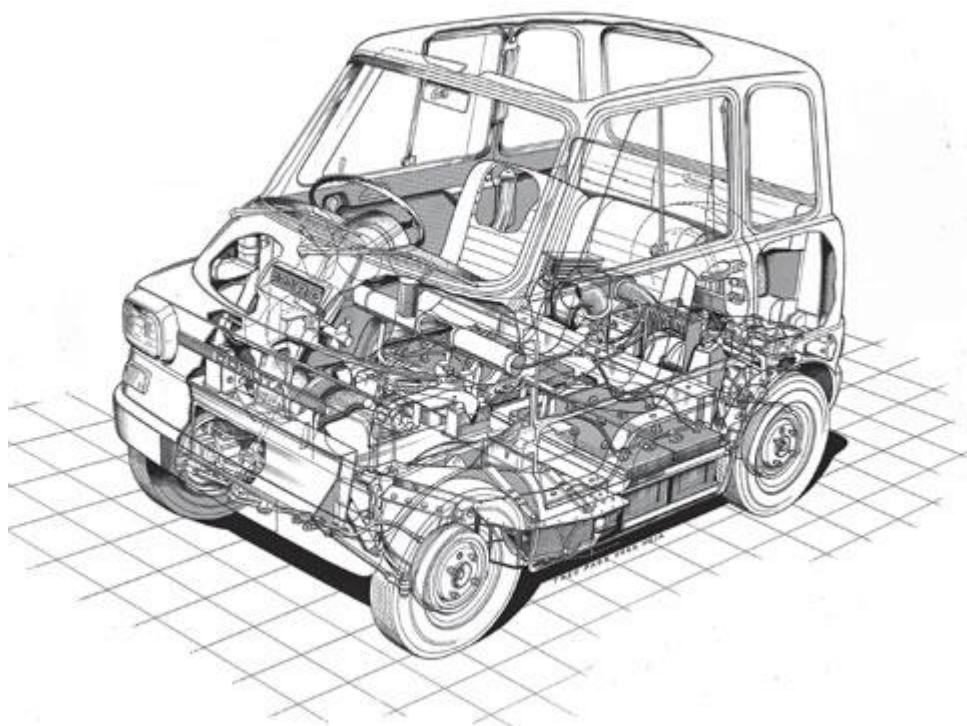


Рисунок 3 – Электромобиль Comuta, Ford Motor Company

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

Как и любой другой электромобиль, Chevrolet Electrovette представляет собой компактный автомобиль, предназначенный для эксплуатации в условиях дорожного трафика. Пробег транспортного средства был сравнительно небольшим из-за несовершенства аккумуляторов.



Рисунок 5 – Электромобиль на базе автомобиля ВАЗ-2102

В СССР и России также неоднократно были попытки создания серийных образцов электромобилей.

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 Комбинат питания. Конструкция транспортного средства была несовершенна, в качестве элементов питания использовались обычные автомобильные стартерные кислотные-свинцовые аккумуляторы. По этой причине широкого распространения проект не получил, оставшись на уровне экспериментального образца.

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 показано на рисунке 7.



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 ВАЗ-1801

На рисунке 9 представлен электромобиль также производившийся на ВАЗе и получивший обозначение ВАЗ-2802-02. Электромобиль создавался как транспортное средство для службы быта. Особенностью являлось то, что данный автомобиль был выполнен по схеме пространственной рамы и имел облицовку из пластика.



Рисунок 9 – Электромобиль ВАЗ-2802-02

В настоящее время интерес к электротранспорту только нарастает и многие современные автомобильные компании представляют свои разработки. На рисунке 1.10 представлен электромобиль на базе автомобиля ГАЗель Next.



Рисунок 10 – Электромобиль базе автомобиля ГАЗель Next

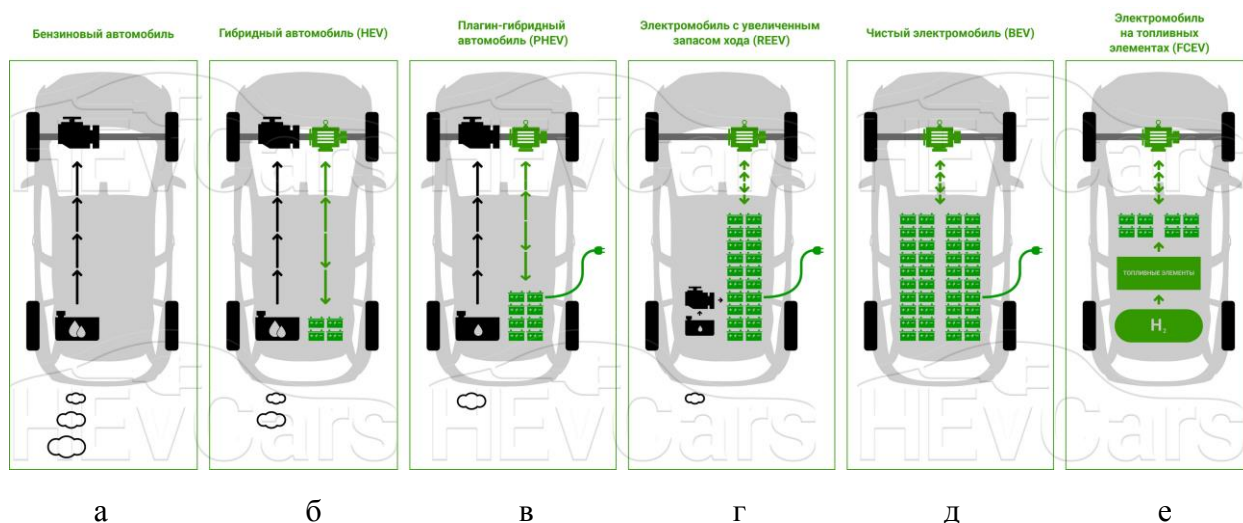
Данный образец лектромобиля пока не поступил в широкую продажу и находится в стадии исследования. Автомобиль имеет задний привод, реализованный от понижающего редуктора, питание от литий-ионных аккумуляторов, которые размешены между балок рамы. В автомобиле конструкторы убрали коробку передач, поскольку данный агрегат не нужен.

Как видно, развитие электромобилей идет на протяжении длительного времени и в настоящее время развивается особенно бурно. Наиболее перспективным на данном этапе является развитие транспортных средств, реализованных по схеме гибрида, способной значительно увеличить дальность пробега, а значит повысить эксплуатационную привлекательность.

1.2 Устройство гибридных автомобилей

Известны электромобили, имеющие аккумуляторные батареи, приводящие в действие электродвигатель, который, в свою очередь, осуществляет привод колес транспортного средства. Известны два типа транспортных средств, в которых применяются электродвигатели, и первым из них является гибридный электромобиль, включающий в себя электродвигатель и бортовой двигатель, работающий на топливе, причем этот двигатель используется для привода колес при определенных обстоятельствах эксплуатации транспортного средства.

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.



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 CO_2 и потребление топлива агрегата. В этой заявке уделяется внимание многочисленным аспектам конструкции и эксплуатации расширителя диапазона в транспортном средстве.

Первым фактором таких агрегатов является подключение двигателя внутреннего сгорания к генератору, потому что высокая мощность сгорания топлива двигателя вызывает существенные дисбалансы вращения и деформацию коленчатого вала. Вообще говоря, для того, чтобы подключить генератор к двигателю внутреннего сгорания, сегодня известны несколько решений, в которых конструкция генератора играет важную роль. Известные решения, касаются приложений в так называемых гибридных транспортных средствах с параллельной схемой, имеющих сложную систему подключения, в которой подключаемые части сочленены в осевом направлении.

Можно предвидеть различные решения для соединения вала генератора с коленчатым валом, например, можно предусмотреть эластомерную муфту, которая, однако, требует очень много места, как в осевом направлении, так и в радиальном направлении, и приходится выбирать очень большие допуски.

Эти муфты также не могут поглощать требуемый растущий динамический крутящий момент.

Другие соединения включают в себя соединение валов посредством конической или конусной муфты. Эти соединения обеспечивают жесткое соединение, но нуждаются в пространстве по длине и диаметру, чтобы иметь достаточную жесткость. Кроме того, проблемными являются осевые допуски, поскольку во время сборки не удастся точно определить положение монтажа в зависимости от крутящего момента затяжки. Также затрудняются сборка и демонтаж.

Другие соединения включают в себя соединение валов посредством внутренних зубьев. Однако эти соединения сложны в изготовлении; генерируемое количество движения провоцирует механический люфт и шум при движении, если используется допуск на осевую нагрузку; сборка и демонтаж при обжимных соединениях являются проблематичными, а требования к длине или пространству для сборки являются относительно высокими.

«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.

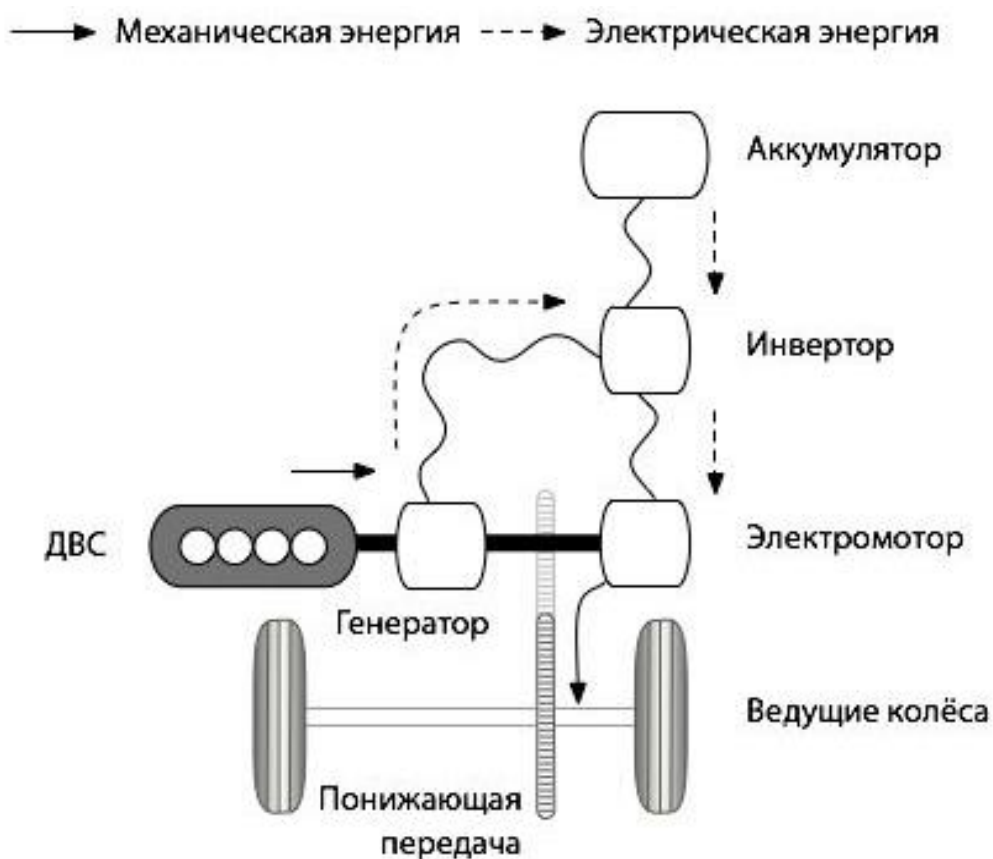


Рисунок 12 – Последовательная гибридная схема

«Самая распространённая сейчас схема – параллельная (рисунок 1.13). Она запатентована ещё в 1905 году немцем Генри Питером. Ей отвечают почти все умеренные гибриды. Они оснащаются мощным электромотором (10...15 кВт), который помогает двигателю внутреннего сгорания при разгоне, а при торможении запасает рекуперативную энергию. В качестве трансмиссии, как правило, используются вариатор или планетарная передача.» [6]

Параллельная гибридная схема электромобиля представлена на рисунке 13. Достоинством такой схемы является то, что для получения максимальной отдачи от силовой установки в необходимые моменты одновременно в работу включается тепловой и электрический двигатель. Недостатком является то, что тепловой двигатель является основным, а электрический используется для разгона и движения на малой скорости.

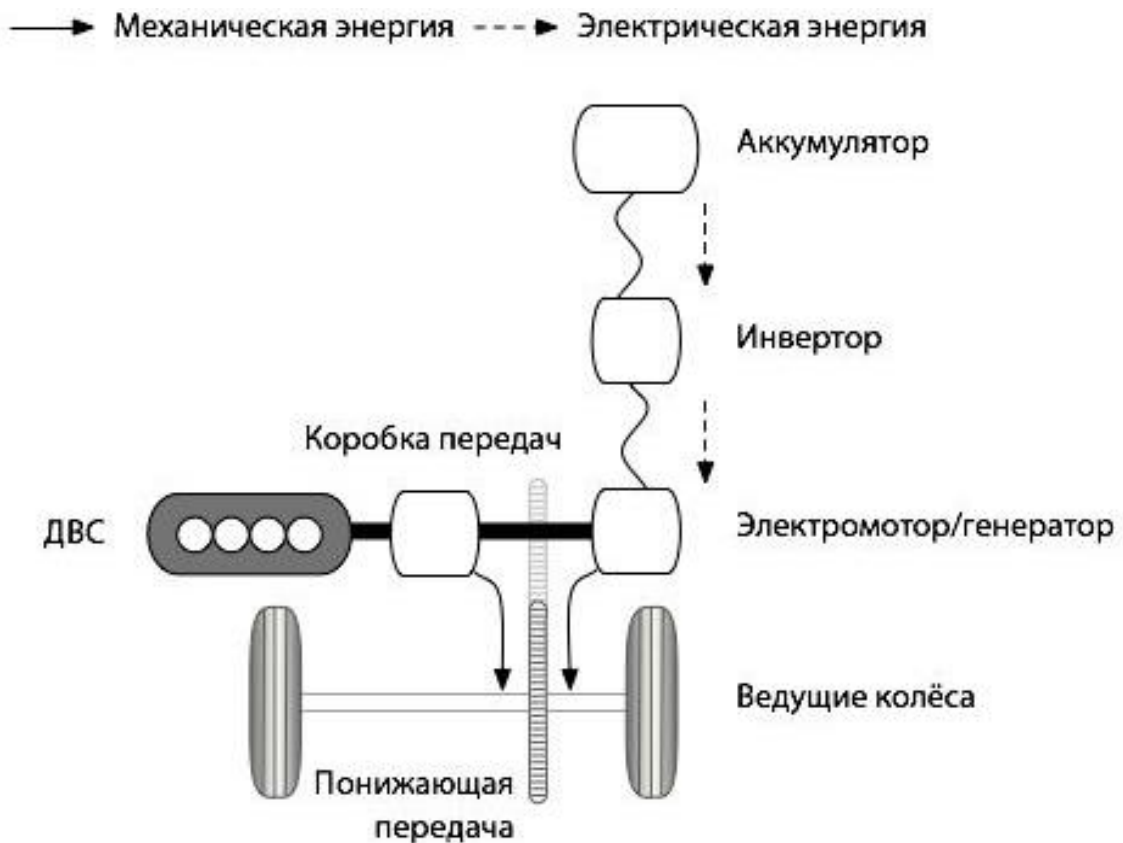


Рисунок 13 – Параллельная гибридная схема

«Распространены также смешанные, или, как их ещё называют, последовательно-параллельные гибриды. Классические представители этого семейства – хэтчбек Toyota Prius и Лексусы с индексом h, оснащённые фирменным «синергитическим» приводом HSD (Hybrid Synergy Drive). Чтобы объяснить принцип его работы ниже размещены иллюстрации (можно открыть в отдельном окне кликом мыши по картинке). Благодаря планетарной передаче и 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]

«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 не знакомой с дизелем Америке. Кроме того, дизельный мотор дороже бензинового, а это лишь увеличивает немалую цену гибрида.» [1]

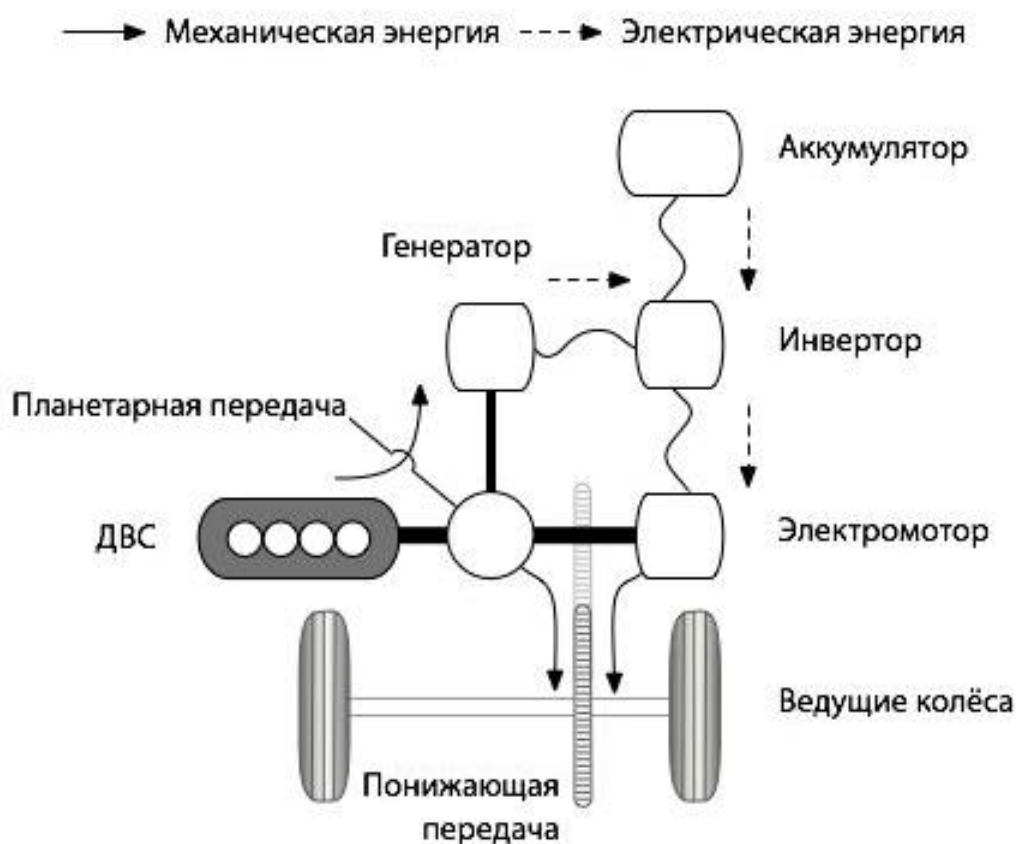


Рисунок 1.14 – Последовательно-параллельная гибридная схема

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

В зависимости от конструкции и стабильности соединения между двигателем внутреннего сгорания и генератором, генератор может служить в качестве массы махового колеса для двигателя внутреннего сгорания, что,

однако, не исключает затруднения ввиду генерируемого количества движения, но это затруднение устранимо посредством предлагаемого решения.

Рассматриваемое конструкторское решение относится к двигателю/генератору и механизму управления для двигателя расширителя диапазона.

В одном варианте осуществления, гибридный электромобиль с последовательной схемой оснащен двигателем внутреннего сгорания, который служит для расширения рабочего диапазона. Двигатель внутреннего сгорания подключен к генератору расширителя диапазона посредством самоцентрирующейся цилиндрической зубчатой передачи.

В еще одном варианте осуществления конструкторского решения, гибридный электромобиль с последовательной схемой оснащен двигателем внутреннего сгорания, который служит для расширения рабочего диапазона. Коленчатый вал двигателя неподвижно соединен с валом генератора. На стороне генератора находятся неподвижный подшипник и первый плавающий подшипник, а подшипники на стороне двигателя имеют конфигурацию плавающих подшипников для поглощения удлинений валов, обуславливаемых влиянием температуры.

Предлагаемый способ управления двигателем электромобиля, включающего в себя генератор, привод которого осуществляется двигателем, и электродвигатель, привод которого осуществляется бортовым аккумулятором, включает в себя этапы, на которых: обеспечивают блок управления транспортного средства для управления электрической системой электромобиля, причем эта электрическая система включает в себя электродвигатель и аккумулятор; осуществляют привод электродвигателя с помощью аккумулятора; осуществляют контроль множества параметров аккумулятора с помощью блока управления транспортного средства, при этом множество параметров включает в себя, по меньшей мере, один из уровня напряжения, уровня заряда и уровня температуры; запускают

двигатель электромобиля, когда каждый из множества параметров аккумулятора оказывается ниже предварительно определенного минимального порогового значения; генерируют с помощью генератора электрическую энергию для использования электромобилем; и заряжают аккумулятор электромобиля с помощью генерируемой электрической энергии.

Предлагаемый способ зарядки аккумулятора электромобиля, включающего в себя генератор, привод которого осуществляется двигателем, и электродвигатель, привод которого осуществляется аккумулятором, причем электродвигатель сконфигурирован с возможностью привода ведущей оси электромобиля для движения электромобиля.

Способ включает в себя этапы, на которых: обеспечивают систему рекуперативного торможения электромобиля, причем система рекуперативного торможения сконфигурирована с возможностью передачи кинетической энергии электромобиля электродвигателю для вращения электродвигателя в обратном направлении; вращают электродвигатель в прямом направлении с помощью электрической энергии из аккумулятора для движения электромобиля; генерируют первый электрический ток с помощью генератора, причем первый электрический ток направляют к аккумулятору; вращают электродвигатель в обратном направлении с помощью системы рекуперативного торможения для замедления движения электромобиля и для генерирования второго электрического тока, причем второй электрический ток направляют к аккумулятору; заряжают аккумулятор с помощью первого и второго электрических токов; осуществляют контроль первого и второго электрических токов во время этапа зарядки, чтобы определить суммарный электрический ток, подаваемый в аккумулятор; и отводят первый электрический ток из аккумулятора, когда суммарный электрический ток превышает первое предварительно определенное пороговое значение.

В ходе выполнения дипломного проекта нами будет разработана собственная структурная схема трансмиссии с мотор-колёсами вместо заднего моста и карданной передачи с коробкой.

1.3 Автомобиль ГАЗель Некст и привязка разрабатываемой конструкции к нему

В качестве объекта внедрения электрической трансмиссии рассматривается автомобиль ГАЗель Некст, как наиболее перспективный автомобиль малой грузоподъемности, производимый современной автомобильной промышленностью и широко используемый в развозных и курьерских работах.

Техническая характеристика автомобиля категории ГАЗель Некст:

1. Общее описание транспортного средства – автомобиль бортовой с двухдверной металлической кабиной. Платформа металлическая с откидными боковыми и задним бортами, со съёмным тентом;
2. Колёсная формула – 4x2;
3. Количество мест в кабине – 3 чел.;
4. Масса снаряжённого автомобиля – 3500,0 кг;
5. Полная масса автомобиля – 7400 кг;
6. Грузоподъёмность – 3500 кг;
7. Минимальный радиус поворота по оси следа переднего внешнего колеса – 6,40 м;
8. Полезный объём платформы – 3,91 м³;
9. Шины – 215/75 R17,5;
10. Сцепление – однодисковое, сухое с гидравлическим приводом (с изменением трансмиссии сцепление и КПП может быть демонтировано);

11. Коробка перемены передач – механическая пятиступенчатая (с изменением трансмиссии сцепление и КПП могут быть демонтированы);

12. Главная передача – одинарная, гипоидная (до модернизации – после модернизации устанавливаем по одному мотор-колесу на каждую сторону задней оси);

13. Подвеска: - передних колёс – зависимая рессорная; задних колёс – зависимая рессорная;

14. Рулевое управление с гидроусилителем – рулевой механизм типа «винт-шариковая гайка» с встроенным гидроусилителем. Рулевая колонка с двухшарнирным рулевым валом и компенсатором, с механизмом регулировки положения рулевого колеса;

15. Тормозная система рабочая - передние и задние тормозные механизмы - дисковые. Привод пневматический, двухконтурный, с АБС (до модернизации, после модернизации - задние тормозные механизмы ленточные с пневматическим приводом);

16. Тормозная система запасная – каждый контур рабочей тормозной системы;

17. Тормозная система стояночная - тормозной привод - пневматический на заднюю ось, действует от ручного крана, снабжен сигнализатором на щитке приборов, тормозные механизмы – с пневматическим цилиндром с пружинными аккумуляторами;

18. Габаритные размеры – 6090x2643x2245 мм.

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



Рисунок 15 – Вид общий автомобиля категории N_2 на колёсных двигателях

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.

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.

2 Обоснование выбора схемы и описание конструкции и работы проектируемого узла

2.1 Разработка структурной схемы трансмиссии автомобиля с использованием вместо заднего моста мотор-колес

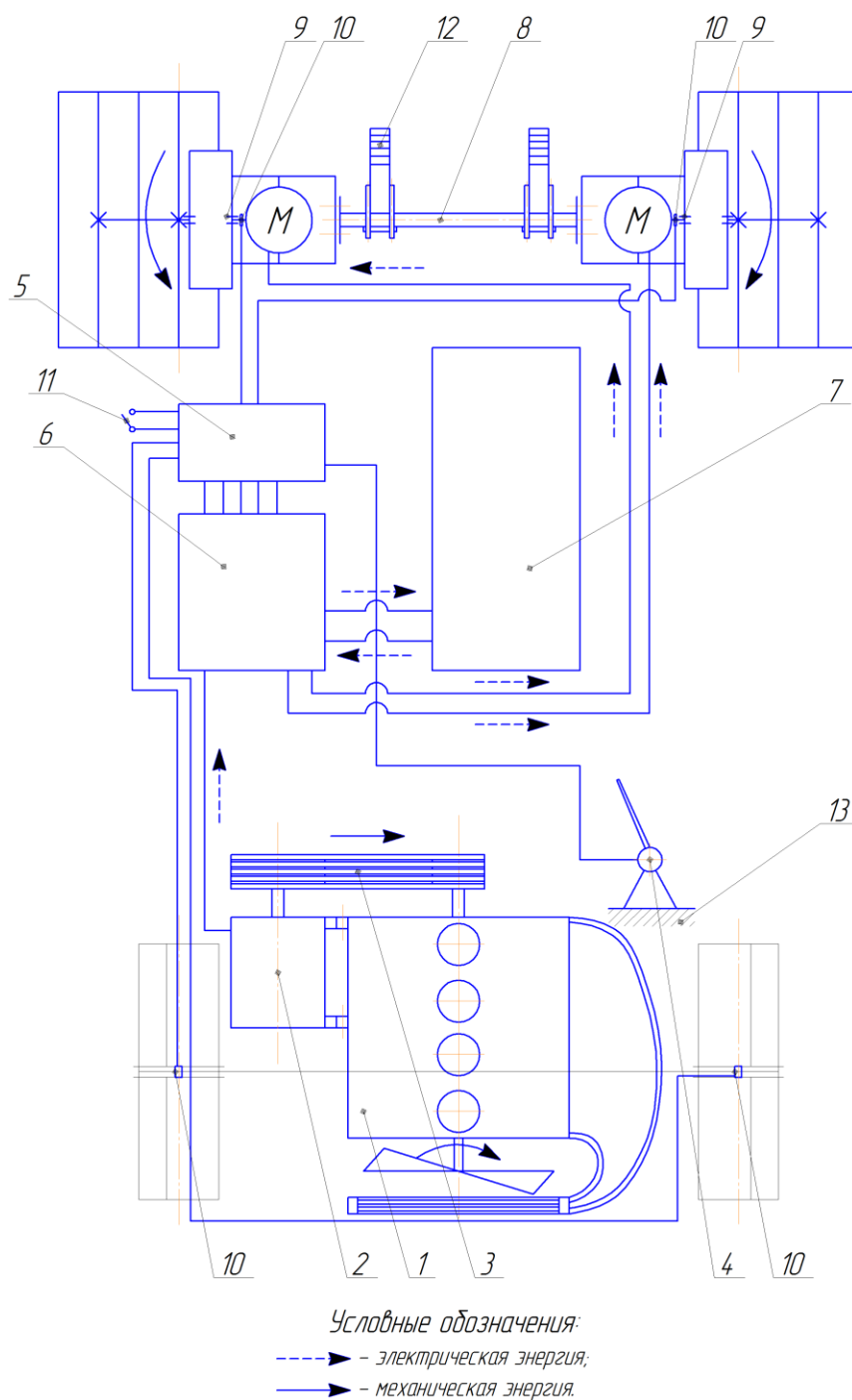
Как уже говорилось ранее, схема компоновки автомобиля выбрана последовательная, гибридная (рисунок 12).

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.

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 2.2). 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]

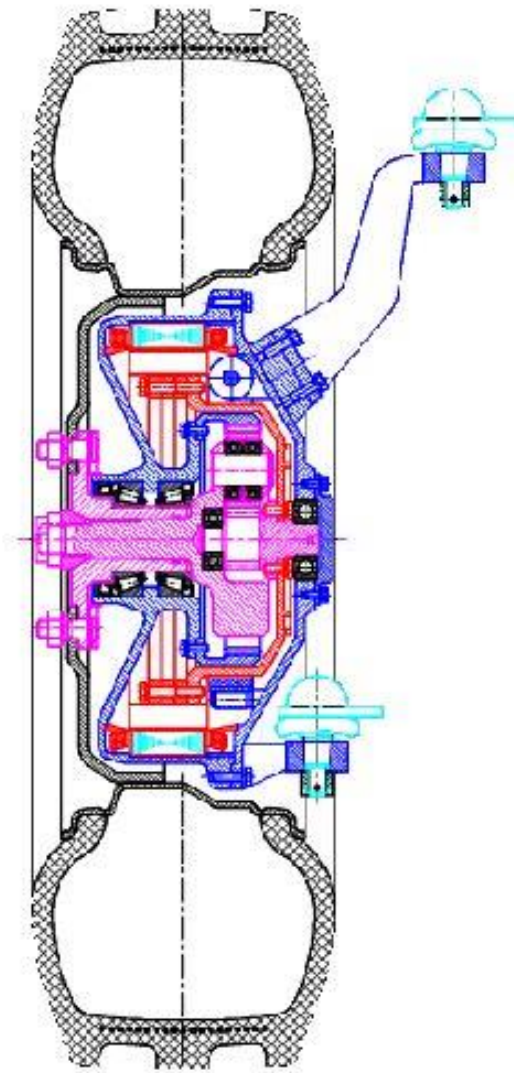
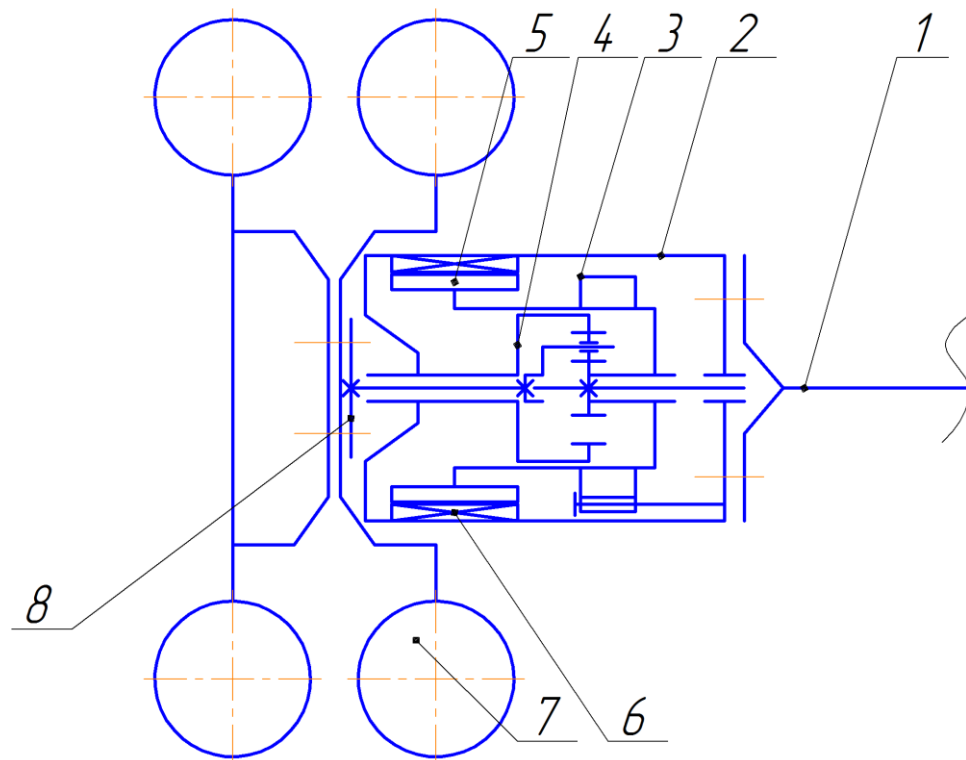


Рисунок 17 – Управляемое мотор-колесо 415 НИЛД

Конструкция данного колеса принимается для использования в устройстве разрабатываемого автомобиля ввиду простоты и технологичности его исполнения, а также исходя из общей доступности и возможности его использования.

2.2 Разработка структурной схемы мотор-редуктора

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

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

При подаче напряжения на статор 6 возникает магнитное поле, которое начинает вращать ротор 5. При вращении ротора начинает работать редуктор 4, ведущие колёса 7 получают возможность вращаться.

Регулирование частоты вращения для изменения скорости движения регулируется посредством инвертора, связанного в педалью газа.

3 Конструкторский раздел

3.1 Кинематические расчёты мотор-редуктора

Для модернизации ранее нами был выбран серийный автомобиль категории N_2 – ГАЗ-3310. На автомобиле установлен двигатель ММЗ-245.7 ЕЗ. Мощность двигателя – 87,5 кВт. Максимальная возможная скорость при полной массе 7400,0 до модернизации трансмиссии – 95,0 км/ч.

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 3.7), 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; $n_{КОЛЕСА\text{МАХ}} = 663,51$ мин⁻¹; $r_{КОЛ} = 0,38$ м; $M_{e(\text{при максим скорости})} = 575,97$ 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: $U_{\text{БЫСТР.ЦИЛ.}} = 1,60$; $U_{\text{ТИХ.ЦИЛ.}} = 2,60$. Сейчас просчитаем нашу конструкцию с данными передаточными числами и проверим, подходят ли они нам:

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

Итак, нам необходима конструкция электродвигателя: номинальная мощность 40,0 кВт, КПД 90%, диапазон частот вращения 0...3000 мин⁻¹, максимальный крутящий момент 2750,0 Нм, крутящий момент электродвигателя $M_{эл.} = 9554 \cdot \frac{(0...40,0) \cdot 0,90}{0...3000} = 114,65$ Нм, питающее напряжение 300 В, масса конструкции 75,0 кг, диапазон рабочих температур от -50⁰С до +50⁰С.

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

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

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

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

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 вычислений

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	$U_B = 1,60$ $U_T = 2,60$
II	34,92	1875,0	177,83	
III	33,87	721,15	448,71	

Все последующие расчёты ведутся на основании таблицы 1.

3.2 Прочностной расчёт тихоходной цилиндрической ступени

Выбор материала и термообработка.

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.

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

где σ_{Hlim} - длительный предел контактной выносливости, МПа;

Z_R - коэффициент, учитывающий шероховатость сопряжённых поверхностей;

Z_V - коэффициент, учитывающий влияние скорости;

S_H - коэффициент запаса прочности;

Шестерня:

Колесо:

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

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

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

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

$$Z_{V_1} = 1$$

$$Z_{V_2} = 1 \text{ [26]},$$

$$S_{H_1} = 1,2$$

$$S_{H_2} = 1,2 \text{ [26]},$$

$$[\sigma]_{HO_1} = \frac{641,0 \cdot 0,95 \cdot 1}{1,2} = 507,46 \text{ МПа} \quad [\sigma]_{HO_2} = \frac{567,0 \cdot 0,95 \cdot 1}{1,2} = 448,88 \text{ МПа [26]},$$

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

где N_{HO} - базовое число циклов нагружения;

N_{HE} - эквивалентное число циклов нагружения;

m – показатель степени кривой усталости поверхностных слоёв зубьев;

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

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

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

$$Z_{N_1} = 1,2$$

$$Z_{N_2} = 1,2,$$

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

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

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

нереверсивной нагрузке, МПа;

Y_A - коэффициент, вводимый при двустороннем приложении нагрузки;

Y_N - коэффициент долговечности;

$$Y_{A_1} = 1$$

$$Y_{A_2} = 1 [26],$$

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

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.

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

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

$$Y_{R_1} = 1$$

$$Y_{R_2} = 1 [26],$$

$$Y_{X_1} = 1$$

$$Y_{X_2} = 1 [26],$$

$$Y_{\delta_1} = 1$$

$$Y_{\delta_2} = 1 [26],$$

$$s_{F_1} = 1,7$$

$$s_{F_2} = 1,7 [26],$$

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

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

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

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

N_{FE} - эквивалентное число циклов нагружения;

$$m = 6 [7],$$

$$[\sigma]_{F_1} = 293,90 \cdot 1 \cdot 1 = 293,90 \text{ МПа}$$

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

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) [7].

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

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:

$$Z_2 = Z_2 + Z_1 = 40 + 25 = 65; \quad (22)$$

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

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:

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

$$d_{f_2} = 2 \cdot a_w + d_{a_1} + 0,5 \cdot m_n = 2 \cdot 50,0 + 67,50 + 0,5 \cdot 2,50 = 168,75 \text{ мм}.$$

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:

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

$$Z_1 = 25$$

$$Z_2 = 65,$$

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

$$Y_{F_2} = 3,75 \text{ [1]},$$

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

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

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, [26];

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

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 $K_{FV} = 1,18$ [1].

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

$$\sigma_{F_2} = 225,83 \text{ МПа} < [\sigma]_{F_2} = 255,81 \text{ МПа} - \text{прочность зубьев на изгиб}$$

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,

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

K_{HB} - коэффициент концентрации нагрузки, $K_{HB} = 1,03$ [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 пункте 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.

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 с 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.

1. 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;

2. определение коэффициента суммы (разности) смещений по формуле:

$$x\Sigma = x_1 + x_2; \quad (34)$$

3. Определение угла профиля α_t по формуле:

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

4. Определение угла зацепления α_{tw} по формулам:

а) для внешнего зацепления:

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

б) для внутреннего зацепления:

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

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

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

5. Определение делительных диаметров по формуле:

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

6. Определение передаточного отношения по формуле:

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

7. 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.

8. Определение коэффициента воспринимаемого смещения по формуле:

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

9. Определение коэффициента уравнительного смещения по формулам:

а) для внешнего зацепления:

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

б) для внутреннего зацепления:

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

10. Определение диаметров вершин зубьев по формулам:

а) для внешнего зацепления:

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

б) для внутреннего зацепления:

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

11. 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:

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

12. Определение основного диаметра по формуле:

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

13. Определение угла профиля зуба в точке круга вершин по формуле:

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

14. Определение шага зацепления по формуле:

$$p_\alpha = \pi m \cos \alpha\tag{52}$$

15. Определение осевого шага (для косозубых передач) по формуле:

$$p_x = \frac{\pi m}{\sin \beta}\tag{53}$$

16. Определение коэффициентов торцевого перекрытия соответственно шестерни и колеса по формуле:

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

17. Определение коэффициента торцевого перекрытия по формулам:

а) для внешнего зацепления:

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

б) для внутреннего зацепления:

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

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

18. Определение коэффициента осевого перекрытия по формуле:

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

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

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

19. Определение коэффициента перекрытия по формуле:

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

20. Определение основного угла наклона β_b из соотношения:

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

21. Определение эквивалентного числа зубьев по формуле:

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

22. 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
1	2	3	4	5	6
	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_{rw}	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
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

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
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_α	0,778	0,778	0,753
	сателлит		0,684	0,684	0,718
	БЦК		-	-	-
Коэффициент торцевого перекрытия	МЦК-сателлит	ε_α	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_α	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_{v1}	31	31	34
	сателлит		45	45	39
	БЦК		121	121	112

Таким образом, мы произвели расчет основных параметров проектируемого редуктора, монтируемого в мотор-колесе транспортного средства.

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

№ п/п	Операция	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время (мин.) T _{шт}
1. Узловая сборка редуктора				
005	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

2. Узловая сборка мотор-колеса				
010	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
015	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				
020	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]

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

Суммарная трудоемкость сборки:

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

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

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

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

Определение типа производства

По таблице 4.1 определяем тип производства при годовом объеме выпуска $N = 100$ шт. и $t_{\text{штобш}} = 28,10$ 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]

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

5 Безопасность и экологичность объекта дипломного проекта

5.1 Описание условий труда

Задание для выполнения раздела: разработать мероприятия по обеспечению промышленной, экологической безопасности и безопасности при выполнении проектных и испытательных работ.

«Стремление человека защитить себя от негативных последствий своей же разумной деятельности привело к осознанию необходимости создания системы специальных мероприятий, объединенных понятием «безопасность жизнедеятельности».

Безопасность жизнедеятельности - это область знаний о состоянии окружающей среды и о безопасном взаимодействии человека со средой его обитания, при котором вероятность повреждения организма человека в процессе его жизни и деятельности в определенных условиях является минимальной.

Охрана труда - это система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.» [3]

Процесс осуществления разработки стенда был разбит на несколько этапов. Поскольку целью дипломного проекта является разработка мотор-колеса транспортного средства, в данном разделе мы рассмотрим обеспечение безопасных условий труда для конструктора, не затрагивая условия труда при непосредственной сборке, испытании, доводке и монтаже самого автомобиля, поскольку эти работы выходят за компетенции текущего проекта. Спецификация оборудования и оснастки, используемого при проведении конструкторской работы по разработке проекта мотор-колеса приводится в таблице 4.

Таблица 4 Спецификация оборудования и оснастки при выполнении конструкторской работы

Этап	Оборудование, оснащение, ресурсы	Операция
1	Компьютер, сетевой маршрутизатор обеспечения выхода в сеть Интернет, принтер	Поиск аналогов конструкции
2	Компьютер, принтер	Проведение расчетов мощностных и прочностных параметров конструкции
3	Компьютер, специализированная программа САМ-CAD, принтер	Разработка чертежей конструкции по полученным параметрам
4	Компьютер, сетевой маршрутизатор обеспечения выхода в сеть Интернет, принтер	Расчет ТЭО
5	Компьютер, принтер	Отчет
6	Компьютер, сетевой маршрутизатор обеспечения выхода в сеть Интернет, принтер	Передача пакета конструкторской документации для изготовления прототипа

5.2 Идентификация вредных производственных факторов

Вредные физические производственные факторы (на основании информационных данных в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74), которые могут возникнуть при выполнении этапов проектирования, представлены в виде таблицы 5.

Таблица 5 – Вредные производственные факторы

Операция	Фактор
1	2
Поиск аналогов конструкции	«умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, повышенный уровень электромагнитных излучений» [29]

Продолжение таблицы 5

1	2
Проведение расчетов мощностных и прочностных параметров конструкции	«умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, повышенный уровень электромагнитных излучений» [29]
Разработка чертежей конструкции по полученным параметрам	«умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, повышенный уровень электромагнитных излучений» [29]
Расчет ТЭО	«умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, повышенный уровень электромагнитных излучений» [29]
Отчет	«умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, повышенный уровень электромагнитных излучений» [29]
Передача пакета конструкторской документации для изготовления прототипа	«умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, повышенный уровень электромагнитных излучений» [29]
Непредвиденные работы	

На основании проведенного анализа вредных производственных факторов возникающих в процессе осуществления НИОКР были разработаны мероприятия по обеспечению промышленной, экологической безопасности и безопасности в экстремальных ситуациях при выполнении НИОКР.

Сформулированы санитарно-эпидемиологические и эргономические требования при работе на ПЭВМ на основании правила и нормативов СанПин 2.2.2/2.4.1340-18. от 01.06.2018 г.

Произведена экологическая экспертиза объекта дипломного проектирования

5.3 Общие требования по обеспечению безопасности на предприятии

Общие требования безопасности:

Каждый вновь поступающий на предприятие рабочий и инженер должен пройти вводный инструктаж по правилам техники безопасности, противопожарной безопасности, и пройти санитарный и медицинский осмотр.

После прохождения вводного инструктажа инженер - конструктор должен получить первичный инструктаж по организации работ и технике безопасности согласно настоящей инструкции у начальника отдела (цеха).

Для инженеров - конструкторов один раз в три года проводится переаттестация по общим правилам техники безопасности и выдачей соответствующего удостоверений.

К испытаниям повышенной опасности на дорогах, сооружениях автополигона, специальных участках и сооружениях автотрека ВАЗа относятся:

«Категория А: испытания, связанные с движением на высокой скорости по криволинейным трассам согласно методикам испытаний (например, управляемость и устойчивость, испытание дисков и ступиц колес и т.п.); испытания тормозов.

Категория Б: форсирование испытания в условиях автомобильных соревнований.

Категория В: испытания, проводимые на скоростях свыше 120 км/ч; определение динамических и экономических показателей; испытание на высоких скоростях по пересеченной местности; испытание опытных шин; испытание опытных узлов и деталей ходовой части, тормозов и рулевого управления, выход которых из строя может привести к аварии; пробеговые испытания на горных дорогах.

Категория Г: испытания на плавучесть и по преодолению водных преград.»
[6]

Ведущий инженер – конструктор, наравне с водителем - испытателем, несет ответственность за техническое состояние закрепленных за ним автомобилей и их оборудование средствами безопасности.

Ведущий инженер – конструктор обязан постоянно контролировать техническое состояние автомобиля в целом и состояние установленных на нем опытных деталей, своевременно принимать меры к устранению возникших неисправностей, не допускать выхода на линию технически неисправного автомобиля.

5.4 Требования эргономики при работе за компьютером

При проведении проектирования и конструирования основная нагрузка ложится на инженера-конструктора, существенное время его работы отведено работе с ЭВМ.

«Проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами, относится к числу важнейших проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники. Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость рабочего места и его элементов. Утомляемость, работающих за дисплейным терминалом, представляет собой серьезную проблему.» [3]

«Выделяются 8 условий для того, чтобы деятельность на рабочем месте, оснащеном ПЭВМ, осуществлялась без жалоб и без усталости. Эти условия обусловлены санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПин 2.2.2/2.4.1340-03. от 01.06.2003 г.» [14]

Требования к помещениям:

Помещения для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение. Эксплуатация ПЭВМ в помещениях без естественного освещения допускается только при соответствующем

обосновании и наличии положительного санитарно-эпидемиологического заключения, выданного в установленном порядке.

Естественное и искусственное освещение должно соответствовать требованиям действующей нормативной документации. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированны на север и северо-восток. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) – 4,5 м².

Для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПЭВМ, должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка – 0,7 – 0,8; для стен – 0,5 – 0,6; для пола – 0,3 – 0,5.

Помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

Не следует размещать рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ.

Требования к микроклимату:

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является вспомогательной, температура, относительная влажность и скорость движения воздуха на рабочих местах должны соответствовать действующим санитарным нормам микроклимата производственных помещений.

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.) и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные

параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. На других рабочих местах следует поддерживать параметры микроклимата на допустимом уровне, соответствующем требованиям указанным выше нормативов.

В помещениях всех типов, где расположены ПЭВМ, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата.

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

Уровни положительных и отрицательных аэроионов в воздухе помещений, где расположены ПЭВМ, должны соответствовать действующим санитарно-эпидемиологическим нормативам.

Содержание вредных химических веществ в воздухе производственных помещений, в которых работа с использованием ПЭВМ является вспомогательной, не должно превышать предельно допустимых концентраций веществ в воздухе рабочей зоны в соответствии с действующими гигиеническими нормативами.

Требования к уровням шума и вибрации:

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

При выполнении работ с использованием ПЭВМ в производственных помещениях уровень вибрации не должен превышать допустимых значений вибрации для рабочих мест (категория 3, тип «в») в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

Шумящее оборудование (печатающие устройства, серверы и т.п.), уровни шума которого превышают нормативные, должно размещаться вне помещений с ПЭВМ.

Требования к освещению:

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видео терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Следует ограничивать прямую блесккость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м².

Следует ограничивать отраженную блесккость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за чет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40 кд/м² и яркость потолка не должна превышать 200 кд/м².

Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м², защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов.

Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов.

Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 – 5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

Общие требования к организации рабочих мест:

При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора), должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов не менее 1,2 м.

Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками 1,5 – 2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных

конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 – 0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Требования к оборудованию рабочих мест:

Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680-800 мм, при отсутствии такой возможности высота стола должна составлять 725мм.

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм; глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Конструкция рабочего стула должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с закругленным передним краем; регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 – 550 мм и углам наклона вперед до 15 град., и назад до 5 град.; высоту опорной поверхности спинки 300 +/- 20 мм, ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости – 400 мм; угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах +/- 30 градусов; регулировку расстояния

спинки от переднего края сиденья в пределах 260 – 400 мм; стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной 50 – 70 мм; регулировка подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 +/- 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350 – 500 мм.

Рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 градусов. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

5.5 Расчет вентиляции в помещении

«Для обеспечения требуемого качества воздушной среды необходима постоянная смена воздуха в помещении.

Вентиляционные установки - устройства, обеспечивающие в помещении такое состояние воздушной среды, при котором человек чувствует себя нормально и микроклимат помещений не оказывает неблагоприятного действия на его здоровье. Общеобменная вентиляция - система, в которой воздухообмен, найденный из условий борьбы с вредностью, осуществляется путем подачи и вытяжки воздуха из всего помещения.» [29]

Температура удаляемого воздуха определяется из формулы:

$$t_{yx} = t_{pz} + d (h - 2), \quad (64)$$

где t_{pz} - температура воздуха в рабочей зоне ($t_{pz} = 20$ град);

d - коэффициент нарастания температуры на каждый метр высоты ($d = 1,5$ град/м);

h - высота помещения ($h = 4$ м).

$$t_{ух} = 20 + 1,5 \cdot (4 - 2) = 23 \text{ град.}$$

Тепло от работы оборудования:

$$Q_{обор} = r \cdot P_{уст} = 0,15 \cdot 14520 = 2178 \text{ Вт}, \quad (65)$$

где r - доля энергии, переходящей в тепло;

$P_{уст}$ - мощность установки.

Тепло, поступающее от людей:

$$Q_{л} = n \cdot q = 5 \cdot 90 = 450 \text{ Вт}, \quad (66)$$

, где n - количество человек в зале ($n = 5$);

q - количество тепла, выделяемое человеком ($q = 90$ Вт).

Тепло от источников освещения:

$$Q_{осв} = f \cdot P_{осв} = 0,4 \cdot 2000 = 800 \text{ Вт}, \quad (67)$$

где $f = 0,4$ для люминесцентных ламп;

$P_{осв}$ - мощность осветительной установки.

Тепло от солнечной радиации через окна:

$$Q_{рад} = A \cdot k \cdot S \cdot m = 180 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 0,8 = 1296 \text{ Вт}, \quad (68)$$

где A - теплопоступление в помещение с 1 кв.м стекла (127-234 Вт/м);

S - площадь окна ($S = 3$ м²);

m - количество окон ($m = 3$);

k - коэффициент, учитывающий характер остекления ($k = 0,8$).

Поступающее в помещение тепло определяется по формуле:

$$Q_{прих} = Q_{обор} + Q_{л} + Q_{осв} + Q_{рад} \quad (69)$$

где $Q_{обор}$ - тепло от работы оборудования;

$Q_{л}$ - тепло, поступающее от людей;

$Q_{осв}$ - тепло от источников освещения;

$Q_{рад}$ - тепло от солнечной радиации через окна.

$$Q_{прих} = 4724 \text{ Вт.}$$

Тепло расходуемое:

$$Q_{расх} = 0,1 \cdot Q_{прих} = 472,4 \text{ Вт} \quad (70)$$

Количество избыточного тепла:

$$Q_{изб} = Q_{прих} - Q_{расх}. \quad (71)$$

$$Q_{изб} = 4251.6 \text{ Вт.}$$

Количество вентиляционного воздуха определяется по формуле:

$$V_{вент} = 3600 * Q_{изб} / (C * Q * (t_{ух} - t_{пр})) \quad (72)$$

, где $Q_{изб}$ - выделение в помещении явного тепла, Вт;

C - теплоемкость воздуха ($C = 10 \text{ Дж/кг}$);

Q - удельная плотность воздуха ($Q = 1,3 \text{ кг/м}^3$);

$t_{ух}$ и $t_{пр}$ - температура удаляемого и приточного воздуха, град.

$$V_{вент} = 3600 * 4251,6 / (10 * 1,3 * 2) = 5886,83 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Определяем необходимую кратность воздухообмена:

$$K = V_{вент} / V_{пом} \quad (73)$$

$$, \text{ где } V_{пом} = n * S_{чел} * h, \quad (74)$$

где $n = 5$ - число людей в помещении;

$S_{чел}$ - площадь производственного помещения, приходящаяся на 1 человека (по нормам для умственного труда $S_{чел} = 4 \text{ м}^2$);

$h = 4 \text{ м}$ - высота помещения.

$$K = 5886,83 / 140 = 42.$$

Расчетная производительность вентилятора:

$$V_{расч} = 1,1 * V_{вент} = 1.1 * 5886.83 = 6475,5 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (75)$$

где 1,1 - коэффициент, учитывающий утечки и подсосы воздуха.

Напор (полное давление), обеспечиваемый вентилятором:

$$H_v = v * Q / 2 \quad (76)$$

где $Q = 1,3 \text{ кг/м}^3$ - плотность воздуха,

v - окружная скорость вентилятора; ограничивается предельно допустимым уровнем шума в помещении. $v = 25 \text{ м/с}$.

$$H_v = 25 * 1,3 / 2 = 406 \text{ Па.}$$

Необходимая установочная мощность электродвигателя:

$$N = V_{расч} * H_v / (3600 * \eta) \quad (77)$$

, где η - КПД вентилятора = 0,8.

$$N = 6475,5 * 406 / (3600 * 0,8) = 912,87 \text{ Вт.}$$

6 Экономический раздел дипломного проекта

В экономическом разделе дипломного проекта необходимо рассчитать себестоимость изготовления в условиях мелкосерийного производства мотор-колеса, устанавливаемого на автомобиль ГАЗель. В качестве исходных данных будут использоваться расчетные значения, полученные в конструкторском разделе дипломного проекта. Поскольку доработка будет производиться в рамках ОПП, рассчитываться будет себестоимость производимых работ.

«Планирование себестоимости продукции осуществляется при разработке перспективных и годовых планов предприятия. Годовые планы по себестоимости продукции состоят как правило, с разбивкой по кварталам, а при необходимости - по месяцам. Планирование себестоимости продукции предприятия включает расчет затрат на производство продукции, а также расходов на работы и услуги промышленного характера. Затраты на производство планируют и учитывают по экономическим элементам и по статьям затрат.

Группировка затрат на производство по экономическим элементам дает возможность определить общую потребность предприятия в материальных ресурсах, общую сумму амортизационных отчислений основных фондов, затраты на оплату труда, отчисления на социальные нужды и другие денежные расходы, связанные с производством и реализацией продукции. Этой группировкой пользуются при составлении сметы затрат на производство.» [7]

Затраты, образующие себестоимость продукции, группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

- материальные затраты (за вычетом себестоимости возвратных отходов);
- расходы на оплату труда;
- отчисления на социальные нужды;

- амортизация основных фондов;
- прочие расходы.

Расчет материальных затрат.

Сырье и основные материалы без учета НДС и акцизов. Затраты на сырье и основные материалы. Расходы на сырье и основные материалы рассчитываются по формуле:

$$C_{.m} = \left[\sum_{i=1}^n (H_{pi} \cdot C_{Mi}) \right] \cdot (1 + \eta_{mз}) \quad (78)$$

где H_{pi} – норма расхода i -того вида материалов (сырья) на изготовление изделия, кг .;

$C_{,mi}$ – оптовая цена i -го вида материалов (сырья), грн.,

$\eta_{m.з}$ – коэффициент , учитывающий затраты на транспортировку сырья;

n – количество видов материалов.

Перечень материалов, нормы их расхода и цена приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Сырье и основные материалы

Материальные затраты	Норма затрат, кг	Цена, руб	Стоимость, руб
Отливка корпуса мотор-колеса (Д16Т)	14,75	30,50	481,37
Горячая штамповка ротора	22,30	40,20	959,21
Отливка крышек мотор-колеса (Д16Т)	0,85	30,50	27,74
ИТОГО			1468,32

При наличии реализованных отходов их величина исключается из затрат. В этом случае формула расчета затрат на сырье и основные материалы будут иметь следующий вид:

$$C_m = \left[\sum_{i=1}^n (H_{pi} \times C_{mi} \sum B_{видx} \times C_{видx}) \right] \times (1 + \eta_{мз}), \quad (79)$$

где $B_{омx}$ - величина отходов i -го вида материалов (сырья):

$$B_{видx} = H_{pi} \times B_{чист}, \quad (80)$$

где $B_{чист}$ - чистый вес i -го вида материалов (сырья):

$$B_{чист} = H_{pi} \times K_{вик.i}, \quad (81)$$

где K_i - коэффициент использования i -го вида материалов (сырья);

$C_{омx}$ - оптовая цена отходов i -го вида материалов (сырья).

Перечень реализуемых отходов приведен в таблице 7.

Таблица 7 - Реализуемые отходы производства

Отходы	Масса,	Цена, руб	Стоимость, руб
Сталь	0,85	25,50	21,68
Чугун	0,75	20,20	15,15
Бронза	0,05	150,50	7,53
ИТОГО			44,35

Общие затраты на материалы и сырье составляют:

$$C_m = \left[\sum_{i=1}^n (H_{pi} \cdot C_{mi} - \sum B_{омx} \cdot C_{омx}) \right] \cdot (1 + \eta) \quad (82)$$

Стоимость вспомогательных материалов. Стоимость вспомогательных материалов определяется условно в процентном отношении к стоимости основных материалов (2% -3%, 5% -10%; 15-30%). Принимаем стоимость вспомогательных материалов равной 5%, тогда:

$$C_m = (1468,32 - 44,35) \cdot (1 + 0,03) = 1466,69 \text{ руб}$$

Расходы на комплектующие и другие изделия. Расходы на комплектующие и другие изделия рассчитываются по формулам на единицу выпускаемого изделия:

$$C_{ki} = \left[\sum_{i=1}^n (H_{ki} \cdot C_{ki}) \right] \cdot (1 + \eta) \quad (83)$$

где: N_{ki} - норма расхода i -того вида комплектующего изделия на конкретный вид продукции;

C_{ki} - оптовая цена i -го вида комплектующего изделия;

η – коэффициент, учитывающий величину расходов по транспортировке сырья (материалов) к потребителю;

n - количество видов выпускаемых изделий; C

Перечень комплектующих на единицу изделия приведена в таблице 8.

Таблица 8 - Перечень комплектующих

Комплектующие изделия	Норма затрат, ед	Цена, руб	Стоимость, руб
Комплект крепежных элементов	1	225,00	240,75
Комплект прокладок	1	132,00	141,24
Комплект электрооборудования	1	16750,00	17922,50
Обмотка статора	1	32500,00	34775,00
Герметик	1	200,00	214,00
ИТОГО			53293,49

Следовательно, сумма затрат на материалы и комплектующие с учетом реализуемых отходов составляет:

$$C_{\Sigma} = C_{м} + C_{ki} = 1466,69 + 53293,49 = 54760,18 \text{ руб}$$

Стоимость электроэнергии (топлива) для работы машин и оборудования рассчитывается по формуле:

$$C_{эл} = N_i * F * C_{эл} * K_{зо} \quad (84)$$

где N_i - установленная мощность;

F - фонд времени работы оборудования;

$C_{эл}$ - тариф за 1 кВт / ч;

$K_{зо}$ - коэффициент загрузки оборудования.

$$C_{эл} = 55 * 420 * 4,35 * 0,7 = 70 \ 339,50 \text{ руб}$$

Стоимость электроэнергии (топлива) на освещение и отопление определяется исходя из объема потребленных энергоресурсов и тарифов на них ($\approx 10\%$ от технологических расходов):

$$C_{\text{э.осв}} = Q_{\text{эл}} * Ц_{\text{эл}} \quad (85)$$

где $Q_{\text{эл}}$ – количество кВт / ч, потраченных на освещение (отопление).

$$C_{\text{э.осв}} = 240 * 4,35 = 1044,00 \text{ руб}$$

Расчет стоимости электроэнергии. Затраты на электроэнергию формируются из стоимости электроэнергии на технологические нужды и стоимости энергоресурсов на отопление и освещение:

$$C_{\Sigma\text{эл}} = C_{\text{эл}} + C_{\text{э.осв}} \quad (86)$$

$$C_{\Sigma\text{эл}} = 70\,339,50 + 1044,00 = 71\,383,50 \text{ руб}$$

«Статья, характеризующий затраты на оплату труда, входит в «Смета затрат на производство», носит название «Общий фонд заработной платы всего промышленно-производственного персонала». Данная статья учитывает как основную, так и дополнительную заработную плату всех категорий работающих на предприятии: основных и вспомогательных производственных рабочих, инженерно-технических работников (ИТР), служащих и обслуживающего персонала всех цехов, служб и отделов предприятия.» [7]

Расчет заработной платы исполнителей приводится в таблице 9.

Таблица 9 – Заработная плата исполнителей

Виды операций	Разряд работы	Труд-ть, ч/час	Часовая тарифная ставка, руб	Тарифная зарплата, руб
1	2	3	4	5
Заготовительная	3	12	250,00	3 000,00
Гибочная	4	4	285,00	1 140,00
Сварочная	5	16	355,00	5 680,00
Токарная	5	8	355,00	2 840,00
Фрезерная	5	6	355,00	2 130,00

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5
Шлифовальная	5	4	355,00	1 420,00
Литейная	4	10	285,00	2 850,00
Термическая	4	8	285,00	2 280,00
Сверлильная	4	4	285,00	1 140,00
Слесарная	4	8	285,00	2 280,00
Сборочная	5	8	355,00	2 840,00
Окрасочная	4	4	285,00	1 140,00
Испытательная	6	4	420,00	1 680,00
ИТОГО				26 280,00
Премияльные доплаты				5 256,00
Основная заработная плата				31 536,00

Засчитаем затраты на отчисления в фонд социального страхования:

$$\text{СОЦ} = (\text{Зо} + \text{Зпр}) * \text{Ксоц} \quad (87)$$

где Ксоц – коэффициент отчислений в фонд социального страхования,

Ксоц = 30%

$$\text{СОЦ} = (28\,280,00 + 5\,256,00) * 0,30 = 9\,460,8 \text{ руб}$$

Определим затраты на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$\text{Зсэоб} = \text{Зо} * (\text{Ксэоб} - 1) \quad (88)$$

где Ксэоб – коэффициент понесенных затрат, связанных с содержанием и эксплуатацией оборудования, Ксэоб = 1,95

$$\text{Зсэоб} = 31\,536,00 * (2,04 - 1) = 29\,939,52 \text{ руб}$$

Произведем расчет общепроизводственных расходов:

$$\text{Робщ} = \text{Зо} * (\text{Кобщ} - 1) \quad (89)$$

где Кобщ – коэффициент общепроизводственных расходов, Кобщ = 2,46

$$\text{Робщ} = 31\,536,00 * (2,6 - 1) = 46\,060,80 \text{ руб}$$

Произведем расчет общехозяйственных расходов:

$$\text{Рохр} = \text{Зо} * (\text{Кохр} - 1) \quad (90)$$

где Кохр – коэффициент общехозяйственных расходов, Кохр = 2,37

$$\text{Рохр} = 31\,536,00 * (2,5 - 1) = 43\,182,00 \text{ руб}$$

Расчет себестоимости изготовления мотор-колеса в условиях мелкосерийного производства представим в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет себестоимости изготовления мотор-колеса

Статьи затрат	Обозначение	ПРОЕКТ	
		Сумма	%
Сырье и материалы	М	1 466,69	0,6%
Покупные изделия и полуфабрикаты	Пи	53 293,49	22,9%
Зарплата основная	Зо	31 536,00	13,6%
Отчисления на соцстрах	Ос	9 460,80	4,1%
Расходы на содержание оборудования	Рс.об	29 939,52	12,9%
Общепроизводственные расходы	Ропр	46 060,80	19,8%
Общехозяйственные расходы	Рохр	43 182,00	18,6%
Производственная себестоимость	Спр	214 939,30	92,4%
Внепроизводственные расходы	Рвн	17 709,98	7,6%
Полная себестоимость	Сп	232 649,28	100,0%

В результате выполнения экономического раздела дипломного проекта составлен калькуляцию основных и вспомогательных расходов на изготовление доработанной тормозной системы.

Представленный расчет содержит данные о себестоимости изготовления мотор-колеса в условиях опытного производство. При серийном производстве себестоимость узла может быть уменьшена, в зависимости от масштаба производства.

Заключение

В рамках выполнения дипломного проекта была выполнена разработка конструкции мотор-колеса для грузового автомобиля малого класса.

Разработка и расчет конструкции производилась на основе произведенного поиска аналогов конструкции, как производимых промышленностью, так и существующих в виде патентных образцов.

Был произведен мощностной и прочностной расчет как всей конструкции мотор-колеса для грузового автомобиля малого класса, так и отдельных узлов. На основе выполненных расчетов были выполнены чертежи ответственных узлов конструкции и скомпонованы сборочные чертежи. Были также выполнены чертежи наиболее ответственных деталей, результаты представлены на листах графической части.

Также на лист графической части была вынесена технологическая карта проведения сборочных работ мотор-колеса. Поскольку, по заданию на дипломный проект, мотор-колесо устанавливается на грузовой автомобиль малого класса, был произведен обзор аналогичных конструкций, производимых как во времена СССР, так и современными автопроизводителями.

Был выполнен анализ безопасности работы при проведении опытно-конструкторских работ. Произведен анализ нормативных документов, регламентирующих безопасность работ за компьютерной техникой. Произведен инженерный расчет воздухообмена в помещении.

Были рассчитаны экономические показатели эффективности проекта. Была рассчитана себестоимость изготовления мотор-колеса в условиях опытного производства.

На основании всего изложенного, считаем задачи, поставленные в рамках дипломного проекта полностью выполненными.

Список используемых источников

1. Анопченко, В. Г. Практикум по теории движения автомобиля [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Анопченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. - 116 с. - ISBN 978-5-7638-2494-0.
2. 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, 2019. – 655 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – www.dx.doi.org/10.12737/2530. - ISBN 978-5-16-101092-1.
3. Безопасность и экологичность проекта/ Ю.Н. Безбородов [и др.] - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. - 148 с. ISBN 978-5-7638-3176-4.
4. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет: Учебное пособие / Е.В. Березина. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 320 с.: ил.; . - (ПРОФИЛЬ). ISBN 978-5-98281-309-1. - Текст : электронный.
5. Вахламов, В. К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ В.К. Вахламов — М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.
6. Ведущие мосты тракторов и автомобилей: Учебное пособие / Кобозев А.К., Швецов И.И., Койчев В.С. - Москва :СтГАУ - "Агрус", 2016. - 64 с.
7. Волков, В.С. Конструкция автомобиля : учеб. пособие / В.С. Волков. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 200 с. - ISBN 978-5-9729-0329-0.
8. Высочкина, Л. И. Автомобили: конструкция, расчет и потребительские свойства [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / сост. Л.И. Высочкина, М.В. Данилов, В.Х. Малиев и др. - Ставрополь, 2013. - 68 с.
9. Головин, С. Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. Ф. Головин. -

Москва : ИНФРА-М, 2017. - 282 с. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011135-3

10.Гринцевич, В. И. Техническая эксплуатация автомобилей. Технологические расчеты [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. И. Гринцевич. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 194 с. - ISBN 978-5-7638-2378-3.

11.Карташевич А.Н. «Тракторы и автомобили. Конструкция» / А.Н. Карташевич, А.В. Понталев, А.В. Гордеенко // учебное пособие, Изд-во Инфра-М, 2013 – 313 с.

12.Кибанов, А. Я. Проектирование функциональных взаимосвязей структурных подразделений производственного объединения (предприятия) [Электронный ресурс] / А. Я. Кибанов, Т. А. Родкина. - М. : МИУ им. С. Орджоникидзе, 2016

13.Коханов, В. Н. Безопасность жизнедеятельности : учебник / В.Н. Коханов, В.М. Емельянов, П.А. Некрасов. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 400 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – [www.dx.doi.org/ 10.12737/2883](http://www.dx.doi.org/10.12737/2883). - ISBN 978-5-16-100439-5.

14.Корниенко, Евгений. Информационный сайт по безопасности жизнедеятельности [Электронный ресурс] / Е. Корниенко. – Электрон. текстовые дан. – Москва: [б.и.], 2018. – Режим доступа http://www.kornienko-ev.ru/teoria_auto/page233/page276/index.html, свободный

15.Лата, В.Н. Основы моделирования управляемого движения автомобиля : учебное пособие / В.Н. Лата. - Тольятти : ТГУ, 2012. – 60 с. [11] : ил.-Библиогр.: с.10-21.

16.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.

17.Мигаль, В. Д. Методы технической диагностики автомобилей : учебное пособие / В.Д. Мигаль, В.П. Мигаль. – Москва : ИД «ФОРУМ» :

ИНФРА-М, 2020. – 417 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-100107-3.

18. Муравьева, А.М., Яковлев Ю.В. Методические указания к выполнению домашнего задания по винтовым устройствам: Харьков, Харьк. авиац. ин-т, 1981;

19. Набоких, В. А. Испытания автомобиля : учебное пособие / В.А. Набоких. – 2-е изд. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. – 224 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-106839-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1087951> (дата обращения: 09.06.2020)

20. 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.

21. Огороднов С.М. «Конструкция автомобилей и тракторов»/ С.М. Огороднов, Л.Н. Орлов, В.Н. Кравец // учебник, Изд-во Инфра Инженерия, 2019 – 284 с

22. Пантелеева, Е. В. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е. В. Пантелеева, Д. В. Альжев. – Москва : ФЛИНТА, 2013. – 286 с. - ISBN 978-5-9765-1727-1.

23. Радин, Ю. А. Справочное пособие авторемонтника / Ю. А. Радин, Л. М. Сабуров, Н. И. Малов. - Москва : Транспорт, 2018. - 285 с. : ил. - Библиогр.: с. 277. - Предм. указ.: с. 278-278. - ISBN 5-277-00094-1 : 28-80.

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

25. Руководство по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей КамАЗ 5320, 5410, 55102, 55111, 53212, 53211, 53213, 43114, 65111, 4326, 54155 – М., 2010. – 286 с.

26. Руктешель, О.С. Выбор параметров и оценка тягово-скоростных и топливно-экономических свойств автомобиля / О.С. Руктешель. – Минск : БНТУ, 2015. – 77 с.

27.Савич, Е. Л. Легковые автомобили : учебник / Е.Л. Савич. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2019. – 758 с. : ил. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-104387-5.

28.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.

29.Сайт торговой компании «Все инструменты» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://tolyatti.vseinstrumenti.ru>, свободный

30.Сергеенко, В.А. Проверочный расчет зубчатых передач трансмиссии автомобилей / В.А. Сергеенко. – Минск : БНТУ, 2016. – 61 с.

31.Соломатин, Н.С. Испытания узлов, агрегатов и систем автомобиля : учебное пособие / Н.С. Соломатин. – Тольятти : ТГУ, 2013. – 140 с. [1] : ил.- Библиогр: с. 110-112.

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

33.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.

34.Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник / В. М. Власов [и др.] ; под ред. В. М. Власова. - Гриф МО. - Москва : Academia, 2003. - 477 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 473. - Прил.: с. 421-472. - ISBN 5-7595-1150-8 : 191-82.

35.Халтурин Д.В., Испытание автомобилей и тракторов : практикум / Д.В. Халтурин, Н.И. Финченко, А.В. Давыдов - Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. - 172 с. (Серия "Учебники ТГАСУ") - ISBN 978-5-

- 93057-791-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930577914>
- 36.Чернова, Е.В. Детали машин : проектирование станочного и промышленного оборудования : учеб. пособие для вузов / Е. В. Чернова. - Москва : Машиностроение, 2011. - 605 с.
- 37.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.
- 38.Catalin, Alexandru. Vlad, Totu, Method for the multi-criteria optimization of car wheel mechanisms / Alexandru, Catalin. Totu, Vlad;. - Ingeniería e Investigación, 2016. – 137s
- 39.Denton, Tom Automobile Mechanical and Electrical Systems: 2nd Edition / Tom Denton: Routledge, 2017 – 378p. - ISBN 9780415725781
- 40.Duna, Tariq Yaseen, Graphical user interface (GUI) for design of passenger car system using random road profile / Tariq Yaseen, Duna;. - International Journal of Energy and Environment, 2016. – 97s.
- 41.G. A. Einicke, Smoothing, Filtering and Prediction: Estimating the Past, Present and Future (2nd ed.), Prime Publishing, 2019
- 42.Haney, Paul. The racing and high-performance tire / Paul Haney. – TV MOTORSPORT : Springfield, 2003. – 285 p. [2]. – ISBN 0-9646414-2-9.
- 43.Jan, Ziobro. Analysis of element car body on the example silentblock / Ziobro Jan;. - Advances in Science and Technology Research Journal, 2015. - 37s.
- 44.Lucian, Roman, Mathematical model and software simulation of system from opel cars / Roman, Lucian;. - Annals of the Oradea University: Fascicle Management and Technological Engineering, 2014. -77s.
- 45.Singh, H. Rewat The Automobile: Textbook for Students of Motor Vehicle Mechanics / H. Rewat Singh: S Chand & Co Ltd, 2004 - 532 p.