

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 Проектирование конструкции электрического мотоцикла

Обучающийся

Я.А. Якушев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.В. Зотов

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

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

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

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Тольятти 2025

Аннотация

В условиях глобального ужесточения экологических норм и роста стоимости традиционных энергоносителей всё большую популярность приобретает электротранспорт. Электрические мотоциклы, как один из сегментов этого рынка, сочетают в себе энергоэффективность, маневренность и минимальное воздействие на окружающую среду. Однако их массовое внедрение сдерживается рядом технических и экономических факторов, таких как ограниченный запас хода, высокая стоимость аккумуляторов и недостаточная развитость инфраструктуры зарядных станций. В связи с этим проектирование конкурентоспособной конструкции электрического мотоцикла, оптимизированной по массе, мощности и стоимости, представляет собой важную инженерную задачу.

Цель работы: разработка конструкции электрического мотоцикла с оптимальными эксплуатационными характеристиками, отвечающего современным требованиям по энергоэффективности, безопасности и эргономике.

Основные задачи:

- анализ существующих аналогов и тенденций развития электрических мотоциклов;
- определение основных технических параметров (мощность двигателя, ёмкость АКБ, запас хода);
- выбор компонентов силовой установки и системы управления;
- оценка экономической целесообразности и экологических преимуществ проекта

Объект: конструкция электрического мотоцикла.

Методы исследования:

- анализ технической и патентной документации,
- компьютерное моделирование (CAD/CAE-системы).

Структура работы включает введение, шесть разделов содержания, заключение, список используемой литературы и источников, приложение.

В первом разделе осуществлен комплексный анализ ключевых эксплуатационных характеристик современных электромотоциклов, включая их технологические преимущества и существующие ограничения. Особое внимание уделено актуальному рыночному предложению, представленному ведущими производителями.

Во второй главе осуществлён тягово-динамический расчёт разрабатываемого электрического мотоцикла, позволивший установить оптимальные соотношения между мощностью электродвигателя, массой транспортного средства и аэродинамическими показателями.

В третьем разделе составлены техническое задание и предложение на разработку электрического мотоцикла, конструкторские расчеты по подбору аккумуляторной батареи и проектные расчеты тормозных механизмов.

Четвертый раздел посвящен разработке технологического процесса сборки, представлен выбор оптимального метода, детальная схема выполнения операций.

В пятом разделе проведен комплексный анализ безопасности и экологичности проекта, оценены потенциальные риски для персонала и окружающей среды, разработаны инженерные и организационные меры по их минимизации, предложены решения, обеспечивающие соответствие проекта действующим нормам охраны труда и экологическим стандартам.

В шестом разделе проведена оценка финансовой целесообразности проекта, проведён расчёт ключевых показателей, подтверждающих его рентабельность и окупаемость.

Пояснительная записка на 107 страницах, объем графической части составляет 10 листов формата А1.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования результатов проектирования для создания опытного образца или дальнейшей коммерциализации разработки.

Abstract

The title of the graduation work is: «The design development of an electric motorcycle».

The graduation work consists of: an introduction, six general parts, a conclusion, a list of references, appendices and a graphic part on 10 A1 sheets.

The key issue of the graduation project is the structure design of the electric motorcycle.

A motorcycle with an electric motor doesn't harm the environment, because it doesn't emit exhaust gases. It works silently, but at the same time it is often not inferior to gasoline motorcycles in dynamics, acceleration and other characteristics. The electric motorcycle doesn't require regular maintenance, fuelling, insurance, and registration costs.

We touch upon the problem of high cost and low availability of the electric motorcycles for a wide range of consumers. The developed design of the electric motorcycle is much cheaper with the similar technical characteristics.

The aim of the work is to develop the design of the electric motorcycle.

The graduation work may be divided into several logically connected parts, which are: the consideration of the electric motorcycles features, the overview of electric motorcycles is available both on the market and in perspective developments; the traction-dynamic calculation of an electric motorcycle; the terms of reference and the proposal for the electric motorcycle development; the design calculations for choosing the controller and battery; the calculation of the brake mechanisms; the determination of the organizational form of the assembly of designed electric motorcycle, its technological process and labor intensity.

The special part of the graduation work gives details about the safety and environmental friendliness of the project.

Finally, we calculate the economic efficiency of the project.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	9
2 Тягово-динамический расчет мотоцикла.....	20
3 Конструкторская часть	29
3.1 Техническое задание на разработку электрического мотоцикла.....	29
3.2 Техническое предложение на разработку электрического мотоцикла...	32
3.3 Подбор электрической батареи.....	43
3.4 Проектные расчеты тормозных механизмов	45
4 Технологический раздел.....	56
4.1 Выбор рациональной организации технологии сборки	57
4.2 Проектирование технологического процесса сборки электрического мотоцикла.....	63
5 Безопасность и экологичность проекта	69
5.1 Структурно-функциональный анализ	71
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	73
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	76
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	82
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки электрического мотоцикла	87
6 Экономическая эффективность проекта.....	91
Заключение	100
Список используемой литературы и используемых источников.....	101
Приложение А. Спецификация.....	106

Введение

В последние годы мировой транспортный сектор активно переходит на экологически чистые технологии, и одним из ключевых направлений становится развитие электрических двухколесных транспортных средств – скутеров и мотоциклов. Рост цен на топливо, ужесточение экологических норм, а также совершенствование аккумуляторных технологий способствуют увеличению спроса на электромобильную технику.

Согласно данным исследовательских компаний (Statista, MarketsandMarkets), мировой рынок электрических мотоциклов и скутеров в 2023 году оценивался в 30–35 млрд долларов, к 2030 году ожидается его рост до 80–100 млрд долларов при среднегодовом темпе роста (CAGR) 10–15%.

Основными драйверами роста являются:

- экологические инициативы (запреты ДВС в городах, субсидии на электромобильность),
- снижение стоимости аккумуляторов (на 80% за последнее десятилетие),
- развитие зарядной инфраструктуры,
- популяризация шеринга электроскутеров.

Рынок имеет ярко выраженную региональную специфику.

На азиатский регион приходится 68% мирового рынка:

- Китай – 38 млн единиц в 2023 году;
- Индия – рост продаж на 136% (650 тыс. единиц);
- Вьетнам, Индонезия – быстрорастущие рынки.

На европейский рынок приходится 22% мирового рынка:

- Германия – 1,2 млн единиц;
- Франция, Нидерланды – лидеры по темпам роста.

На Северную Америку приходится 8% мирового рынка:

- США – 950 тыс. единиц;
- Канада – умеренный рост.

Анализ конкурентной среды выявил следующих лидеров отрасли:

- Niu Technologies (Китай) – 25% рынка (бюджетные городские модели);
- Ola Electric (Индия) – 18% рынка (массовый сегмент);
- Zero Motorcycles (США) – 12% рынка (премиальные модели);
- Yadea (Китай) – 10% рынка (широкий модельный ряд).

Анализ рынка показывает устойчивый рост спроса на электрические двухколесные транспортные средства. Основными драйверами развития являются экологические требования и технологический прогресс в области аккумуляторных систем. Наибольший потенциал роста наблюдается в азиатском регионе, особенно в сегменте городской мобильности. Для успешного вывода новых моделей на рынок необходимо решить проблемы стоимости и инфраструктуры зарядки.

Ключевые игроки мотоиндустрии активно включаются в «зеленую» гонку. Если ранее сегмент электромотоциклов развивали преимущественно инновационные стартапы, то сегодня традиционные мотопроизводители запускают собственные линейки электротранспорта.

Знаковым событием стал релиз Harley-Davidson LiveWire – первого электробайка легендарного бренда, получившего признание среди мотоэнтузиастов глобально. Этот шаг ознаменовал стратегический поворот компании к устойчивым технологиям.

Тренд поддержали автогиганты:

- BMW анонсировал разработку электромотоциклов премиум-класса
- Honda раскрыла планы по электрификации модельного ряда

Рост инвестиций крупных производителей свидетельствует о том что электромотоциклы переходят из категории нишевых продуктов в массовый сегмент; потребительский спрос формирует новые рыночные реалии; устойчивый транспорт становится драйвером инноваций в отрасли.

Динамика продаж подтверждает – эра электробайков переходит из экспериментальной фазы в коммерчески перспективную.

Основными барьерами для развития электрических мотоциклов являются:

- высокая стоимость (45% респондентов отмечают как основной фактор);
- недостаток зарядной инфраструктуры (30%);
- ограниченный запас хода (в среднем 80-120 км для бюджетных моделей);
- длительное время зарядки (4-6 часов для полного цикла).

Ожидаемые изменения к 2030 году:

- увеличение доли на рынке до 25% от общего объема продаж двухколесной техники;
- снижение стоимости аккумуляторов на 40-50%;
- появление новых стандартов быстрой зарядки (до 80% за 15 минут);
- развитие рынка подержанных электромотоциклов.

Выход на рынок традиционных производителей (Harley-Davidson, BMW) и появление специализированных брендов (Zero Motorcycles) свидетельствует о переходе электромотоциклов из нишевого сегмента в массовый, при этом в России данный сегмент практически не представлен отечественными разработками. Проект приобретает особую значимость в условиях импортозамещения, позволяя разработать конкурентоспособную конструкцию с применением современных решений (композитные материалы, системы рекуперации, цифровое моделирование), что соответствует как глобальным трендам электромобилизации, так и государственным программам развития экологичного транспорта, открывая перспективы для создания городских, коммерческих и специализированных моделей при экономической эффективности.

Таким образом, тема дипломного проекта является актуальной для разработки..

1 Состояние вопроса

Электрические мотоциклы перестают быть технологической экзотикой, превращаясь в полноценную альтернативу традиционной мототехнике. Рост их популярности обусловлен как экологическими трендами, так и прогрессом в области аккумуляторных технологий.

Рассмотрим общие преимущества и недостатки электрических мотоциклов.

Преимуществами электрических мотоциклов являются:

- мгновенный крутящий момент – разгон быстрее, чем у ДВС-аналогов;
- низкий уровень шума – комфорт в городских условиях;
- простота обслуживания – отсутствие масла, свечей, выхлопной системы;
- энергоэффективность – КПД электродвигателя >90% (против 30-40% у ДВС) [30].

Недостатками электрических мотоциклов являются:

- запас хода – в среднем 100-200 км на одном заряде (зависит от режима езды);
- время зарядки – от 30 минут (быстрая зарядка) до 6-8 часов (от розетки);
- высокая начальная стоимость – пока дороже бензиновых аналогов;
- зависимость от температуры – на морозе ёмкость батареи снижается.

В мире электромотоциклов конкуренция растёт: одни модели ориентированы на городские поездки, другие – на спорт или бездорожье.

Выполним сравнение 8 ключевых моделей по основным параметрам: мощность, запас хода, динамика, цена и уникальные технологии.

В категории лучшие спортивные электромотоциклы рассмотрим две модели Zero SR/F и Energica Ego+ RS.

Zero SR/F (рисунок 1) – один из самых сбалансированных электробайков на рынке, сочетающий спортивный характер, городскую практичность и передовые технологии.



Рисунок 1 – Электромотоцикл Zero SR/F

Технические характеристики электромотоцикла Zero SR/F представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики электромотоцикла Zero SR/F

Параметр	Значение
Мощность, л.с.	110
Крутящий момент, Н·м	190
Масса, кг	220
Тип батареи	литий-ионная
Ёмкость, кВт·ч	14,4
Запас хода, км	260–320
Разгон 0–100, с	3,5
Максимальная скорость, км/ч	200
Цена, руб.	1600898,6

Zero SR/F – это премиальный электромотоцикл для города и активной езды, но не для дальних путешествий. Он подойдет тем, кто ценит технологии, динамику и экологичность

Energica Ego+ RS (рисунок 2) – это топовый электробайк от итальянского производителя Energica Motor Company, известного своими

мощными и технологичными моделями. Это обновлённая версия классической Ego+, с улучшенной динамикой, запасом хода и электроникой.



Рисунок 2 – Электромотоцикл Energica Ego+ RS

Технические характеристики электромотоцикла Energica Ego+ RS представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики электромотоцикла Energica Ego+ RS

Параметр	Значение
Мощность, л.с.	145
Крутящий момент, Н·м	215
Масса, кг	260
Тип батареи	литий-ионная
Ёмкость, кВт·ч	21,5
Запас хода, км	230
Разгон 0–100, с	2,8
Максимальная скорость, км/ч	240
Цена, руб.	2133126,8

Электромотоцикл Energica Ego+ RS для фанатов скорости и технологий, который ближе к Ducati Panigale, чем к городским электромотоциклам.

Он лучше всего подходит для:

- трековых заездов (мощность + подвеска Öhlins);

- агрессивной езды по трассе (разгон и динамика);
- поклонников премиальных компонентов (Brembo, Öhlins, Bosch ABS).

Оба мотоцикла – топовые электробайки, но с разной философией: Zero SR/F – это сбалансированный спорт-стрит, а Energica Ego+ RS – заряженный трековый аппарат.

Таким образом, Zero SR/F – лучший универсальный электробайк для города и активной езды. Energica Ego+ RS – гиперспорт для тех, кому важны скорость и премиальные компоненты.

В категории лучшие внедорожные электробайки рассмотрим две модели Cake Kalk и Trevor DTRE Stella.

Cake Kalk (рисунок 3) – это ультралёгкий электрический мотоцикл от шведского бренда Cake, созданный для офф-роуда, эндуро и мотокросса. Он отличается минималистичным дизайном, экологичностью и простотой эксплуатации [29].



Рисунок 3 – Электромотоцикл Cake Kalk

Технические характеристики электромотоцикла Cake Kalk представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики электромотоцикла Cake Kalk

Параметр	Значение
Мощность, л.с.	15
Крутящий момент, ·м	252
Масса, кг	83
Тип батареи	литий-ионная
Ёмкость, кВт·ч	2,6
Запас хода, км	60
Разгон 0–100, с	4,2
Максимальная скорость, км/ч	90
Цена, руб.	1264200

Этот мотоцикл создан для

- любителей офф-роуда и эндуро (лёгкий и проходимый);
- экологичных райдеров (бесшумный, без выхлопов);
- фанатов минимализма (никакой лишней электроники).

Trevor DTRE Stella (рисунок 4) – это полноценный электрический эндуро-мотоцикл от итальянской компании Trevor Motorcycles, созданный для агрессивного офф-роуда. В отличие от легких моделей вроде Cake Kalk или SurRon, это мощный аппарат с профессиональной подвеской и батареей увеличенной емкости.



Рисунок 4 – Электромотоцикл Trevor DTRE Stella

Технические характеристики электромотоцикла Trevor DTRE Stella представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики электромотоцикла Trevor DTRE Stella

Параметр	Значение
Мощность, л.с.	20
Крутящий момент, Н·м	260
Масса, кг	121
Тип батареи	литий-ионная
Ёмкость, кВт·ч	2,6
Запас хода, км	120
Разгон 0–100, с	5,8
Максимальная скорость, км/ч	90
Цена, руб.	1306340

Trevor DTRE Stella подходит для серьезных офф-роуд райдерам (лучше, чем Sur-Ron и Cake Kalk), для тех кому нужна мощность и запас хода, дюбителям эндуро с «электрическим» уклоном.

Оба мотоцикла – электрические внедорожники, но с разной философией: Cake Kalk – это ультралёгкий минималистичный аппарат, а Trevor DTRE Stella – полноценный эндуро с профессиональными характеристиками.

Для трейла и соревнований однозначно лучше Trevor. Для неспешных прогулок по бездорожью может хватить и Cake, но его цена завышена за дизайн.

В категории лучшие городские электробайки с футуристическим дизайном рассмотрим две модели Fuell Fflow и Harley-Davidson LiveWire.

Fuell Fflow (рисунок 5) революционный электрический мотоцикл от компании Fuell (основанной экс-инженерами Harley-Davidson), созданный для городской эксплуатации. Он сочетает в себе рекордный запас хода, мощный мотор и уникальную систему рекуперации [28].



Рисунок 5 – Электромотоцикл Fuell Flow

Технические характеристики электромотоцикла Fuell Flow представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики электромотоцикла Fuell Flow

Параметр	Значение
Мощность, л.с.	47
Крутящий момент, Н·м	750
Масса, кг	180
Тип батареи	литий-ионная
Ёмкость, кВт·ч	10
Запас хода, км	350
Разгон 0–100, с	3,5
Максимальная скорость, км/ч	140
Цена, руб.	1179498,6

Fuell Flow подходит для городских райдеров, которым нужен максимальный запас хода; кто ценит быструю зарядку и удобство, а также поклонникам инновационных решений.

Harley-Davidson LiveWire (рисунок 6) – это первый серийный электромотоцикл от Harley-Davidson, сочетающий фирменный дизайн, мощный электродвигатель и технологии премиум-сегмента. После выделения в отдельный бренд LiveWire (включая модели LiveWire One, S2 Del Mar и S3 Charger) стал флагманом электрической линейки Harley.



Рисунок 6 – Электромотоцикл Harley-Davidson LiveWire

Технические характеристики электромотоцикла Harley-Davidson LiveWire представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики электромотоцикла Harley-Davidson LiveWire

Параметр	Значение
Мощность, л.с.	84
Крутящий момент, Н·м	263
Масса, кг	249
Тип батареи	литий-ионная
Ёмкость, кВт·ч	10,5
Запас хода, км	193
Разгон 0–100, с	3
Максимальная скорость, км/ч	180
Цена, руб.	1348395,72

LiveWire подходит для фанатов Harley-Davidson, готовым платить за бренд, любителям премиального дизайна и технологий, городским райдерам, ценящим динамику и комфорт.

Оба электробайка ориентированы на городскую эксплуатацию, но с разной философией: Fuell Flow – это практичный электромотоцикл с рекордным запасом хода, а LiveWire – премиальный спорт-байк с акцентом на бренд и динамику.

В категории самые мощные электробайки рассмотрим две модели Verge TS и Lightning LS-218.

Verge TS (рисунок 7) инновационный электрический мотоцикл от финского стартапа Verge Motorcycles, главной особенностью которого является безредукторный мотор в заднем колесе с рекордным крутящим моментом. Это не просто электробайк – это технологический демонстратор, сочетающий футуристичный дизайн и необычную инженерную концепцию.



Рисунок 7 – Электромотоцикл Verge TS

Технические характеристики электромотоцикла Verge TS представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики электромотоцикла Verge TS

Параметр	Значение
Мощность, л.с.	139
Крутящий момент, Н·м	1000
Масса, кг	245
Тип батареи	литий-ионная
Ёмкость, кВт·ч	20,2
Запас хода, км	350
Разгон 0–100, с	3,5
Максимальная скорость, км/ч	200
Цена, руб.	2604252

Verge TS подходит для технологических энтузиастов, которым важно «не как у всех», поклонникам футуристичного дизайна и тем, кто готов платить за инновации.

Lightning LS-218 (рисунок 8) рекордсмен среди серийных электробайков, разработанный американской компанией Lightning Motorcycles. Свое название он получил благодаря максимальной скорости 218 миль/час (350 км/ч), что делает его быстрее большинства бензиновых спортбайков.



Рисунок 8 – Электромотоцикл Lightning LS-218

Технические характеристики электромотоцикла Lightning LS-218 представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики электромотоцикла Lightning LS-218

Параметр	Значение
Мощность, л.с.	244
Крутящий момент, Н·м	298
Масса, кг	220
Тип батареи	литий-ионная
Ёмкость, кВт·ч	15
Запас хода, км	302
Разгон 0–100, с	2
Максимальная скорость, км/ч	350
Цена, руб.	3285908

LS-218 подходит для гонщиков и трек-энтузиастов, так как это самый быстрый электробайк в мире, для коллекционеров эксклюзивной мототехники с инновациями за большие деньги.

Оба байка – технологические флагманы, но с разной философией: Verge TS делает ставку на революционное мотор-колесо, а Lightning LS-218 – на абсолютные скоростные рекорды.

Составим общую сводную таблицу 9 и сравним технические характеристики электрических мотоциклов.

Таблица 9 – Технические характеристики электрических мотоциклов

Параметр	Значение							
	Zero SR/F	Energica Ego+ RS	Cake Kalk	Trevor DTRE Stella	Fuell Fllow	Harley-Davidson LiveWire	Verge TS	Lightning LS-218
Мощность, л.с.	110	145	15	20	47	84	139	244
Крутящий момент, Н·м	190	215	252	260	750	263	1000	298
Масса, кг	220	260	83	121	180	249	245	220
Тип батареи	литий-ионная							
Ёмкость, кВт·ч	14,4	21,5	2,6	2,6	10	10,5	20,2	15
Запас хода, км	260–320	230	60	120	350	193	350	302
Разгон 0–100, с	3,5	2,8	4,2	5,8	3,5	3	3,5	2
Максимальная скорость, км/ч	200	240	90	90	140	180	200	350
Цена, руб.	1600898	2133126	1264200	1306340	1179498,6	1348395	2604252	3285908

Все представленные модели уникальны и подходят для разных задач. Выбор зависит от бюджета, стиля езды и приоритетов (скорость/запас хода/дизайн).

Выводы по разделу.

В рамках проведенной работы был осуществлен комплексный анализ ключевых эксплуатационных характеристик современных электромотоциклов, включая их технологические преимущества и существующие ограничения. Особое внимание уделено актуальному рыночному предложению, представленному ведущими производителями.

2 Тягово-динамический расчет мотоцикла

Ключевым этапом конструирования электрического мотоцикла является осуществление тягово-динамического расчета, задачей которого является правильный подбор элементов силовой установки, обеспечивающих требуемую динамику движения и должный уровень безопасности.

В качестве отправной точки принимаются базовые технические характеристики популярного электрического байка Cake Kalk, известного своими выдающимися ездовыми качествами и высокими потребительскими свойствами.

«Параметры электрического мотоцикла приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Базовые параметры электрического мотоцикла Cake Kalk [1]

Параметр	Значение
Тип	заднеприводный мотоцикл
Колесная формула	2×1
Количество человек	1
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	1910×565×1155
Снаряженная масса, кг	78
Размерность шин	175/65R 18
Коэффициент сопротивления воздуха, C_x	0,3
Коэффициент сопротивления качению, f_0	0,013
Коэффициент, зависящий от уклона дороги, α_{max}	0,25
Максимальная скорость, V_{max} , км/ч	90
Максимальная частота вращения вала электродвигателя, ω_{max} , с ⁻¹	398
КПД трансмиссии, η_{mp}	0,75» [1].

«Определяем полную массу автомобиля по формуле:

$$M_a = M_0 + (M_{\text{ч}} \cdot n) + M_{\text{г}} \cdot n, \quad (1)$$

где M_0 – снаряженная масса мотоцикла, принимаем 80 кг;

$M_{\text{ч}}$ – масса человека, принимаем 80 кг;

$M_{\text{г}}$ – масса груза на одного человека, 10 кг;

n – количество людей» [21].

$$M_a = 80 + (80 \cdot 1) + (10 \cdot 1) = 170 \text{ кг} .$$

«Определяем статический радиус колеса по формуле:

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H , \quad (2)$$

где d – посадочный диаметр, принимаем 0,256 м;

λ_z – коэффициент вертикальной деформации шин, зависящий от специфики используемых шин, принимаем 0,92;

H – высота профиля шины, принимаем 0,114 м» [21].

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot 0,256 + 0,92 \cdot 0,114 = 0,233 \text{ м} .$$

$$r_{\text{ст}} \approx r_d \approx r_k = 0,233 \text{ м} .$$

«Определяем коэффициент обтекаемости по формуле:

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2} , \quad (3)$$

где ρ – плотность воздуха, принимаем 1,293 кг/м³» [21].

$$k = \frac{0,3 \cdot 1,293}{2} = 0,194 .$$

Определяем лобовую площадь мотоцикла по формуле:

$$F = 0,8 \cdot B_r \cdot H_r , \quad (4)$$

$$F = 0,8 \cdot 0,565 \cdot 1,115 = 0,5 \text{ м}^2 .$$

Определяем коэффициент сопротивления качению по формуле:

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V^2}{25000} \right), \quad (5)$$

$$f = 0,013 \cdot \left(1 + \frac{25^2}{25000} \right) = 0,0131.$$

Определяем внешнюю скоростную характеристику необходимого электродвигателя.

«Сначала определяем мощность электродвигателя при наивысшей скорости мотоцикла с учетом КПД трансмиссии по формуле мощностного баланса:

$$N_v = \frac{1}{\eta_{mp}} \cdot \left(G_a \cdot \psi_v \cdot V_{\max} + \frac{C_x}{2} \cdot \rho \cdot F \cdot V_{\max}^3 \right), \quad (6)$$

где G_a – полный вес мотоцикла;

ψ_v – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости мотоцикла. При небольшой массе коэффициент сопротивления дороги принимают равным коэффициенту качения при максимальной скорости и равен 0,0131» [21].

$$N_v = \frac{1}{0,75} \cdot (170 \cdot 9,81 \cdot 0,0131 \cdot 25 + 0,15 \cdot 0,5 \cdot 25^3) = 2290,7 \text{ Вт.}$$

Определив мощность электродвигателя, достигаемую при максимальной скорости движения электрического мотоцикла, и учтя коэффициент полезного действия трансмиссионной системы, представляется возможным грамотно подобрать подходящий электрический мотор. Выбор двигателя, адекватного заданным параметрам производительности и энергобаланса, станет залогом надежного функционирования транспортного

средства, его энергоэффективности и соответствия заявленным динамическим показателям.

«Наиболее распространенным электрическим двигателем, используемым на электрических мотоциклах является бесколлекторный, бесщёточный электродвигатель постоянного тока (BLDC) модели НРМ3000В, с максимальной мощностью 3 кВт.

На рисунке 16 представлены характеристики электрического двигателя НРМ3000В.

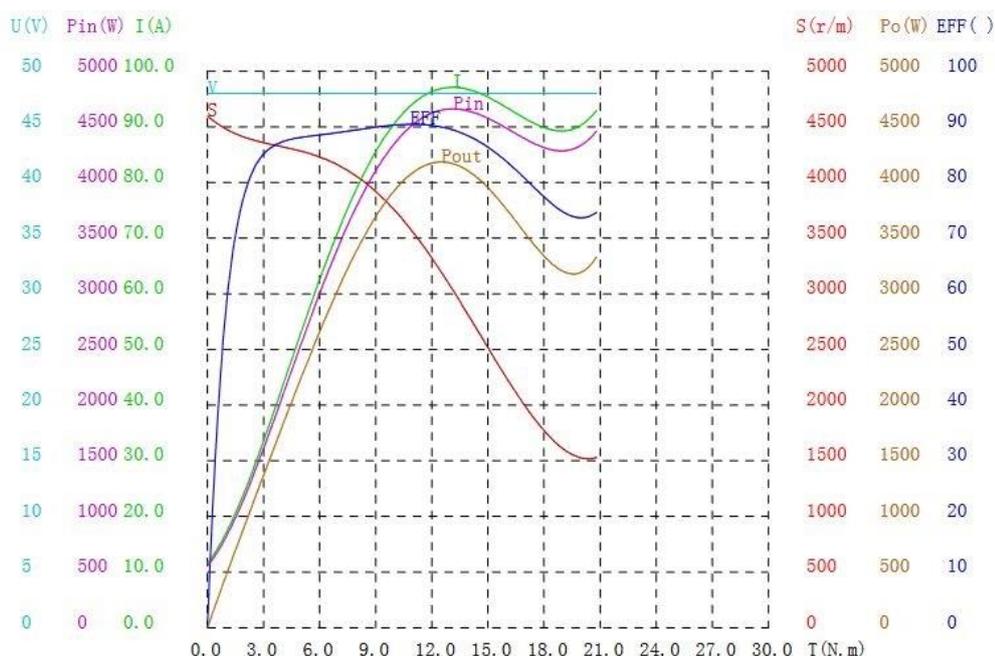


Рисунок 16 – Характеристика электрического двигателя НРМ3000В» [4]

«Определяем передаточное число главной передачи по формуле:

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \cdot \frac{\omega_{\max}}{V_{\max}}, \quad (7)$$

где ω_{\max} – максимальная угловая скорость вала электродвигателя.

U_k – передаточное число коробки передач, так как в разрабатываемом электрическом мотоцикле не будет коробки передач передаточное число равняется 1» [21].

$$U_0 = \frac{0,233}{1} \cdot \frac{398}{13,89} = 6,67.$$

«Для того чтобы избежать буксование ведущих колес тяговая сила должна быть меньше силы сцепления колес с дорогой:

$$U_1 \leq \frac{G_{cy} \cdot \phi \cdot r_k}{M_{max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_0}, \quad (8)$$

где ϕ – сцепной вес автомобиля, определяется по формуле:

$$G_{cy} = \lambda_k \cdot G_{\text{в0}}, \quad (9)$$

$$G_{cy} = 9,81 \cdot 0,8 \cdot 348 = 2731,1 \text{ Н},$$

где λ_k – коэффициент сцепления шин ведущих колес с дорожным покрытием, равняется 0,8 для сухого асфальтобетонного покрытия в хорошем состоянии» [21].

$$U_1 \leq \frac{2731,1 \cdot 0,8 \cdot 0,233}{21 \cdot 0,65 \cdot 6,67} \leq 5,59.$$

Выполняем анализ тяговой динамики.

«Определяем силу тяги на ведущих колесах, в зависимости от скорости электрического мотоцикла по формуле:

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{r_k}. \quad (10)$$

Определяем силу сопротивления воздуха по формуле:

$$P_B = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2. \quad (11)$$

Определяем силу сопротивления качению электрического мотоцикла по формуле:

$$P_d = G_a \cdot \psi. \quad (12)$$

Определяем суммарную силу сопротивления движению электрического мотоцикла по формуле:

$$P_\Sigma = P_B \cdot P_d. \quad (13)$$

Сводим результаты расчетов в таблицы 11 и 12» [21].

Определяем динамический фактор по формуле:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a}. \quad (14)$$

Таблица 11 – Результаты расчета

n, об/мин	Тяговая сила на ведущих колесах, Н	Сила сопротивления, Н		
		P_6	P_d	P_Σ
1529	390,75	1,70	42,05	43,75
2000	316,32	6,77	47,68	54,46
2500	279,11	15,26	48,37	63,63
3000	241,89	27,10	49,52	76,62
3500	204,68	42,37	51,13	93,50
4000	163,74	60,97	53,21	114,18
4500	13,03	83,03	55,74	138,77

Таблица 12 – Зависимость сопротивления воздуха от скорости электрического мотоцикла

Скорость, м/с	P_6 , Н
3,12	1,70
6,23	6,77
9,35	15,26
12,46	27,10
15,58	42,37
18,69	60,97
21,81	83,03
24,92	108,40

Результаты расчетов коэффициента сопротивления качению и динамического фактора сведены в таблицу 13.

Таблица 13 – Зависимость коэффициента сопротивления качению и динамического фактора от скорости вращения электродвигателя

Частота вращения коленчатого вала, об/мин	Динамический фактор	Коэффициент сопротивления
1529	0,1951	0,013
2000	0,1937	0,013
2500	0,1914	0,014
3000	0,1882	0,014
3500	0,184	0,015
4000	0,1984	0,015
4500	0,1963	0,016

Выполняем анализ динамики разгона.

«Ускорение во время разгона рассчитывают при движении электромобиля по горизонтальной дороге хорошего качества с твердым покрытием при максимальном использовании мощности электродвигателя и при отсутствии пробуксовывания ведущих колес.

Определяем ускорение по формуле:

$$J = \frac{(D - f) \cdot g}{\delta_{ep}}, \quad (15)$$

$$\delta_{ep} = 1 + \frac{(I_M \cdot \eta_{mp} \cdot U_{mp} + I_k) \cdot g}{G_a \cdot r_k^2}, \quad (16)$$

где I_M – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

I_k – суммарный момент инерции ведущих колес» [21].

«В случае если точное значение I_M и I_k неизвестно, то δ_{ep} определяют по формуле:

$$\delta_{ep} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2), \quad (17)$$

где δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес;

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс электродвигателя.

Принимаем, что $\delta_1 = \delta_2 = 0,03 \div 0,05$ [21].

Результаты расчетов ускорений и обратных ускорений $1/j$ сведены в таблицу 14.

Таблица 14 – Зависимость ускорений и обратных ускорений от частоты вращения электродвигателя

Частота вращения коленчатого вала, об/мин	Ускорение на передаче, м/с ²	Величина, обратная ускорению на передаче, с ² /м
1529	1,5455	0,647
2000	1,5321	0,6527
2500	1,5097	0,6624
3000	1,4784	0,6764
3500	1,4381	0,6954
4000	1,5549	0,6431
4500	1,5299	0,6536

«Путь и время разгона электромобиля определяем по формуле (18).

$$\Delta t = \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{j} \cdot d_v \approx \left(\frac{1}{j_{cp}} \right)^2 \cdot (V_2 - V_1) \Delta t. \quad (18)$$

Результаты расчетов приведены в таблицах 15 и 16» [21].

Таблица 15 – Результаты расчета

V, м/с	0	3,12	6,23	9,35	12,46	15,58	18,69	21,81	24,92
1/j _{cp}	0	0,647	0,653	0,662	0,676	0,695	0,643	0,654	0,684
t, с	0	1,76	3,54	5,34	7,19	9,08	10,83	12,61	14,48

Таблица 16 – Результаты расчета

t, с	0	1,76	3,54	5,34	7,19	9,08	10,83	12,61	14,48
V, м/с	0	3,12	6,23	9,35	12,46	15,58	18,69	21,81	24,92
ΔS	0	7,1	13,04	17,98	22,9	27,84	32,77	37,71	42,64
S	0	7,1	20,15	38,12	61,04	88,88	121,66	159,37	202

Выполняем анализ мощностного баланса электрического мотоцикла.
«Определяем мощность, передаваемую ведущему колесу по формуле:

$$N_T = N_e - N_{TP} = N_f + N_{II} + N_B + N_{II} + N_D, \quad (19)$$

где N_{TP} – мощность, затрачиваемая в трансмиссии;

N_f – мощность, затрачиваемая на качение колеса;

N_{II} – мощность, затрачиваемая на преодоление подъема;

N_B – мощность, затрачиваемая на сопротивление воздуха;

N_{II} – мощность, затрачиваемая на преодоление силы инерции;

N_D – мощность, затрачиваемая на преодоление подъема» [21].

$$N_f = P_k \cdot V, \quad (20)$$

$$N_{II} = P_{II} \cdot V, \quad (21)$$

$$N_B = P_B \cdot V, \quad (22)$$

$$N_{II} = P_{II} \cdot V, \quad (23)$$

$$N_D = P_D \cdot V. \quad (24)$$

Расчеты выполнялись в программе Microsoft Excel, и в программе Компас-3D строились графики тягово-динамических характеристик.

В результате выполненных расчетов установлены основные тяговые и динамические характеристики мотоцикла, подтверждающие его способность развивать запланированную максимальную скорость и обеспечивать достаточную динамику разгона. Выбран оптимальный режим работы электродвигателя, обеспечивающий максимальный КПД и минимальный расход энергии аккумулятора. Определены необходимые размеры аккумуляторов и емкость батарей, удовлетворяющие требованиям дальности пробега и продолжительности автономной работы.

3 Конструкторская часть

3.1 Техническое задание на разработку электрического мотоцикла

«Конструкторская разработка относится к области мотоциклетного транспорта и может быть использована для передвижения в городских условиях и в условиях легкого бездорожья на экологически чистом электротранспорте.

Электрический мотоцикл представляет собой двухколесное транспортное средство рамной конструкции, оснащенное в передней части мотоциклетной вилкой с колесом, использующейся для управления мотоциклом, в задней части колесом с подвеской (маятником с одним амортизатором), в средней части электродвигателем контроллером и аккумуляторной батареей» [9].

«Электрический мотоцикл предназначен для передвижения по обычным дорогам, небольшому бездорожью, преимущественно летом и в межсезонье» [21].

«При выполнении конструкторской разработки особое внимание следует обратить на следующие источники информации: интернет-форумы по тематике электрические мотоциклы, журналы, методические пособия и другую техническую литературу.

Наименование и условное обозначение темы разработки не имеет» [6].

«Электрический мотоцикл должен состоять из металлической рамы, мотоциклетной вилки с колесом и тормозным суппортом в передней части, в задней части должно располагаться колесо с тормозным суппортом и подвеской (маятник с одним амортизатором), в средней – электродвигатель, набор аккумуляторных батарей, контроллер.

К конструкции электрического мотоцикла предъявляются следующие требования:

- должен быть предназначен для перевозки одного человека;

- должен отвечать требованиям правил эксплуатации и электрической безопасности при эксплуатации в различных погодных условиях;
- конструкция рамы должна обладать достаточной жёсткостью и прочностью;
- для оснащения транспортного средства должны максимально использоваться механические узлы, электрические и электронные элементы, агрегаты и отдельные элементы автомобильной промышленности, отвечающие современным и перспективным международным и российским требованиям» [3];
- «в передней части мотоцикла должна быть выполнена мотоциклетная вилка, с колесом, с тормозным суппортом и органами управления мотоцикла;
- в задней части мотоцикла должна располагаться подвеска – маятник с одним амортизатором» [2];
- «должен быть выполнен с электрическим приводом на заднее колесо, через цепную передачу от электродвигателя;
- дизайн должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид, отвечающий последним тенденциям;
- в процессе эксплуатации не должен требовать частых профилактических работ и особого ухода. При проведении технического обслуживания необходимо использовать только эксплуатационные материалы, выпускающиеся серийно, не требующие использования специальных инструментов;
- разработку конструкции выполнить в инженерном программном обеспечении КОМПАС-3D» [4].

«Основываясь на представленных в свободном доступе электромотоциклах, и с учетом конструктивных соображений, ориентировочно принимаем следующие технические показатели:

- a) Габаритные размеры:

- 1) длина, не более мм 1400;
- 2) ширина, не более мм 600;
- 3) высота, не более мм 1000;
- б) Угол поворота, не менее град. 40;
- в) Тип привода электрический, задний, цепная передача;
- г) Количество двигателей, не более шт. 1;
- д) Мощность двигателя, не более Вт 4000;
- е) Запас хода, не менее км 40;
- ж) Грузоподъемность, не менее кг 40;
- з) Масса, не более кг 150.

Электрический мотоцикл изготовить в 1 экземпляре. Поскольку серийное производство не предусмотрено, то поиск на патентную чистоту не обязателен.

Управлять электрическим мотоциклом должны люди, прошедшие специальный инструктаж по технике безопасности и изучившие правила эксплуатации» [11].

«Составные части конструкции должны легко подвергаться сборке-разборке при замене деталей или транспортировке.

Транспортировка осуществляется в разобранном виде, все части устройства должны быть упакованы в деревянные ящики, которые маркируются соответственным образом. Хранить устройство в собранном или разобранном виде в сухом помещении» [6].

«При выполнении задания предусмотреть разработку технического предложения с эскизным проектом.

На согласование предоставляется техническое предложение с эскизным проектом. Согласование с другими организациями не требуется.

Возможность экспорта разрабатываемой установки в зарубежные страны не предусмотрена» [12].

3.2 Техническое предложение на разработку электрического мотоцикла

«В соответствии с условиями технического задания необходимо разработать конструкцию электрического мотоцикла.

Электрический мотоцикл представляет собой рамное двухколесное транспортное средство, оснащенное мотоциклетной вилкой с колесом и тормозным суппортом в передней части, в задней части расположено колесо с тормозным суппортом и подвеска, в средней – электродвигатель, набор аккумуляторных батарей, контроллер» [7].

«Электрический мотоцикл должен иметь следующие технические показатели:

- а) Габаритные размеры:
 - 1) длина, не более мм 2100;
 - 2) ширина, не более мм 800;
 - 3) высота, не более мм 1300;
- б) Угол поворота, не менее град. 40;
- в) Тип привода электрический, задний, цепная передача;
- г) Количество двигателей, не более шт. 1;
- д) Мощность двигателя, Вт не более 4000;
- е) Запас хода, км не менее 40;
- ж) Грузоподъемность, кг не менее 40;
- з) Масса не более 150» [21].

Проведенный поиск аналогов показал, что широко распространены конструкции двухколесных мотоциклов с приводом при помощи цепной передачи на заднее колесо, либо с приводом от моторколеса. Представленные в продаже электрические мотоциклы имеют значительную стоимость (от 700 000 рублей), что затрудняет их широкое распространение среди населения.

«Анализ конструктивных особенностей транспортных средств – аналогов показал, что ни одно из них не отвечает в полной мере, установленным в ТЗ требованиям, что обуславливает необходимость разработки новой конструкции.

Техническим заданием рекомендовано обратить внимание на следующие открытые источники информации:

- интернет-форумы по тематике электрические мотоциклы,
- журналы на техническую тематику,
- техническую литературу» [7].

«Основными частями электрического мотоцикла являются:

- рама,
- передняя мотоциклетная вилка с органами управления мотоциклом,
- переднее колесо с тормозным суппортом,
- задняя подвеска – маятник с одним амортизатором,
- заднее колесо с тормозным суппортом,
- цепная передача,
- электродвигатель,
- аккумуляторные батареи,
- контроллер» [15].

Предлагаются следующие варианты исполнения элементов транспортного средства.

В первую очередь необходимо определиться с рамой, так как она должна обеспечивать требуемую прочность, надёжность крепления элементов.

«Рама является основанием, на котором крепятся все узлы и агрегаты мотоцикла. Изготавливается она из труб и состоит из головной части с рулевым колодцем, в нем устанавливается на подшипниках рулевой стержень передней вилки.

В раме имеются верхняя основная балка, нижняя труба, на которой монтируется электродвигатель, и задняя вилка с амортизатором. В задней части

вилки рамы располагается задняя подвеска, служащая для крепления заднего колеса» [21].

«Рама может быть изготовлена из профиля круглого сечения (рисунок 17, а) или профиля прямоугольного сечения (рисунок 17, б).

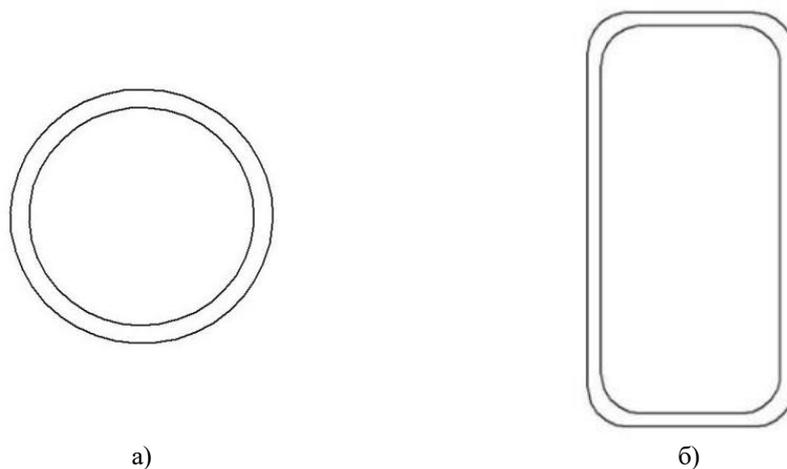


Рисунок 17 – Виды профиля для рамы

Наиболее выгодными в плане устойчивости к изгибу являются круглые трубы. Используя минимальное количество материала обеспечивается максимальная жесткость конструкции и в то же время легко изгибаются, что позволяет создавать изделия криволинейной формы.

Недостатками профильной прямоугольной трубы является:

- высокая себестоимость – труба весит на 30% больше аналогичной круглой, а стоит примерно на 35% дороже;
- наличие сварного шва. Трубы квадратного (прямоугольного) сечения производятся только по сварной технологии. По одной из сторон идет сварной шов на всю длину трубы. Труба начинает активно корродировать, причем окраска практически не предотвращает возникновение коррозии по сварному шву» [12].

Принимаем форму рамы, представленную на рисунке 18, частично доработанную под крепление электродвигателя и контроллера.

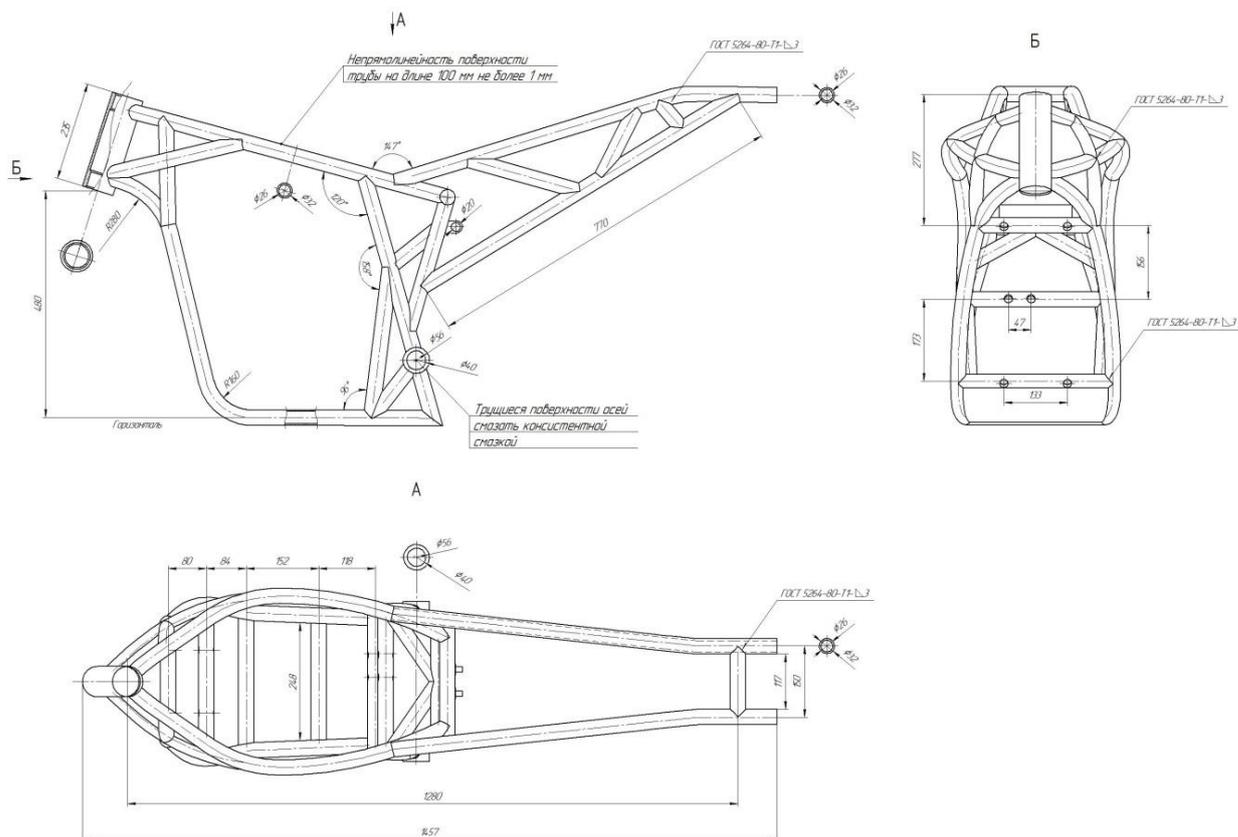


Рисунок 18 – Конструкция рамы электрического мотоцикла

«Для обеспечения поворота колес предусматриваем рулевое управление. Передняя вилка служит для поворота колеса электрического мотоцикла, соединения переднего колеса с рамой, а также для смягчения толчков колеса при движении» [2].

«Телескопические вилки – самый распространенный тип подвески современных мотоциклов. «Телескопы» появились еще в тридцатые годы и с тех пор постоянно совершенствовались.

Применяем в передней части электрического мотоцикла телескопическую вилку (рисунок 19).

Для обеспечения поддресорования ходовой части и гашения возникающих при этом колебаний между маятником и рамой устанавливается один амортизатор (рисунок 20).

На мотоциклах примерно 70% тормозного усилия приходится на передний тормоз» [25].



Рисунок 19 – Конструкция телескопической вилки



Рисунок 20 – Конструкция маятника с кронштейном под крепление амортизатора

«Для обеспечения торможения электрического мотоцикла предусматриваем тормозные суппорта на переднем (рисунок 21) и заднем колесе. В дисковом тормозе к ступице колеса крепится стальной диск, к которому прижимаются тормозные колодки с фрикционными накладками.

Материалом для дисков служат серый чугун, дюраль или нержавеющей сталь. Диаметр дисков современных мотоциклетных дисковых тормозов колеблется от 200 до 300 мм – в зависимости от класса мотоцикла.

Масса дюралевого диска обычно около 0,4 кг; чугунного – 1,2 кг; стального – 2,3 кг» [3].

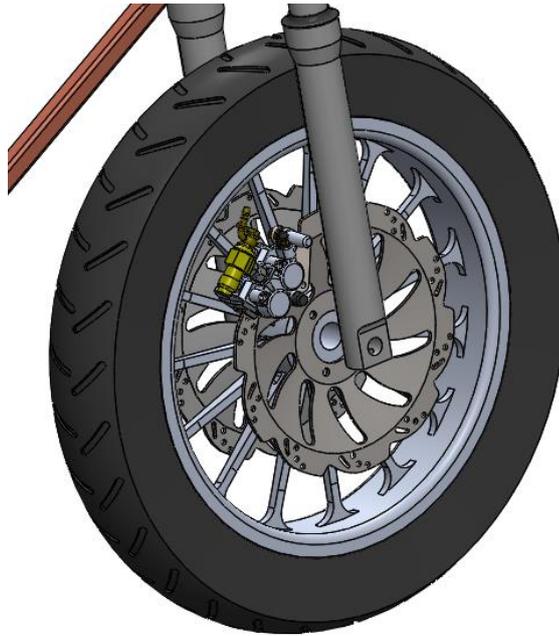


Рисунок 21 – Расположение переднего дискового тормоза на мотоцикле

«Для торможения электрического мотоцикла предусматриваем совмещённый гидравлический и электронный тормоз МР-4(5) и SMP-4(5) (рисунок 22)» [22].

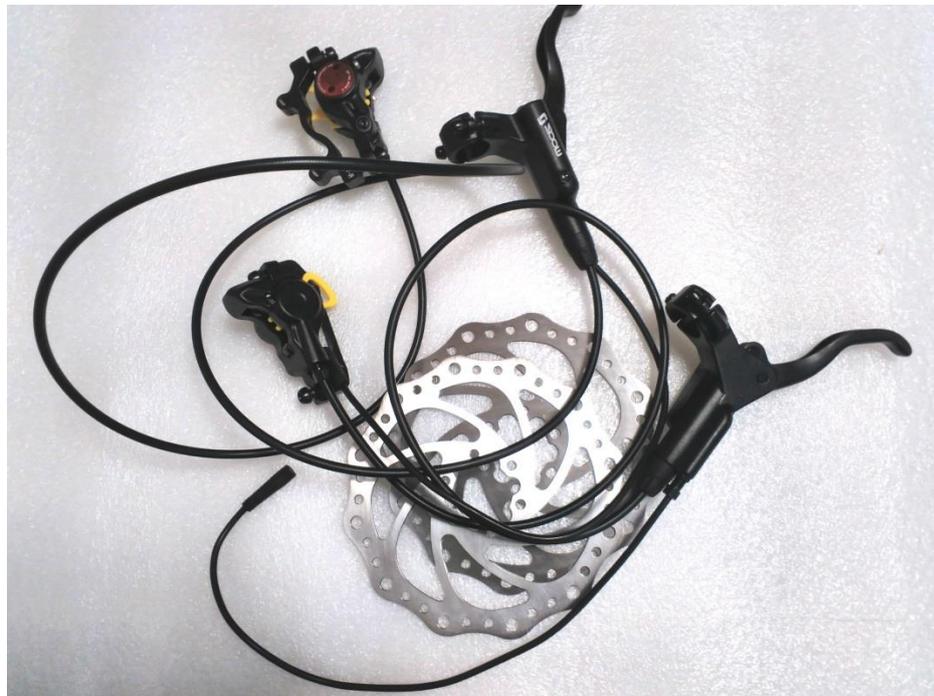


Рисунок 22 – Совмещённый гидравлический и электронный тормоз МР-4(5) и SMP-4(5)

«В комплект входят правая (задняя) и левая (передняя) рычаги, совмещенные с электронным рекуперативным микропереключателем, гидрролинии, машинки, 2 тормозных диска» [22].

«Для обеспечения привода электрических мотоциклов используют 3 вида электрических двигателей:

- центральный двигатель,
- мотор-колеса: с прямым приводом или редукторное» [5].

Центральный двигатель устанавливается в кареточный узел, мотор-колеса располагаются вместо штатных втулок передних или задних колес.

«Для электрических мотоциклов средней мощности, при невысоких скоростях передвижения, в большинстве случаев используют мотор-колеса. В электромотоциклах высокой мощности применяется центральный электродвигатель» [4].

Рассмотрим общие преимущества и недостатки каждого варианта.

«Редукторное мотор-колесо широко распространено и популярно. При аналогичной мощности оно выдает более высокую тягу, чем мотор-колесо с прямым приводом. Из-за более сложной конструкции и наличия деталей из нейлона, считается менее надежным.

Преимущества:

- значительный крутящий момент;
- повышенная тяга;
- экономичность в обслуживании;
- хороший накат при выключении двигателя;
- компактность и небольшой вес.

Недостатки:

- ограничение мощности до 1 кВт;
- необходимость периодической смазки и износ шестерен;
- меньший срок эксплуатации – около 10000 км;
- ограничение скорости в пределах 40 км/ч.;
- из-за сложности конструкции более шумное и менее надежное» [7].

«Мотор-колесо с прямым приводом имеет более простую конструкцию – ротор и статор, что гарантирует потребителю высокий уровень надежности и увеличенный срок службы. Диапазон мощности также отличается, он варьируется от 500 до 15000 Вт, что, в свою очередь, значительно увеличивает скоростные показатели. Мотор-колесо с прямым приводом обладает более низким КПД при работе на маленьких скоростях и хуже справляется с подъемами, однако более надежен и не требует регулярных ТО» [8].

«Преимущества:

- большой диапазон мощности при стандартном оснащении;
- надежность, долговечность и отсутствие ТО;
- сравнительно высокая скорость езды 100 км/ч и выше;
- способность выдерживать усиленные нагрузки.

Недостатки:

- практически отсутствие свободного наката;
- увеличенные габариты в сравнении с РМК;
- низкий крутящий момент;
- необходимость установки мощных АКБ» [8].

«Месторасположение центрального электродвигателя мотоцикла позволяет достигнуть сразу нескольких результатов – оптимальное расположение центра тяжести без утяжеления колес, комфортное размещение детали по отношению к водителю и приятный внешний вид. Основным преимуществом является возможность личного регулирования величины крутящего момента. Этому электромотору необходимы надежная чуткая трансмиссия и мощный управляющий контроллер, гарантирующие плавное переключение скоростей и четкость общей работы.

Преимущества:

- оптимальная развесовка;
- контроль крутящего момента;
- максимальное облегчение колесной базы;

- широкий диапазон мощности;
- высокая скорость езды;
- сильная тяга;
- компактные габариты.

Недостатки:

- обязательные ТО и дорогой ремонт;
- сложная конструкция и необходимость в дополнительном оснащении;
- высокая стоимость» [4].

«В качестве привода электрического мотоцикла предлагается использовать центральный электродвигатель, приводящий через цепную передачу заднее колесо» [10].

Рассмотрев, представленные на рынке электродвигатели, выбираем электродвигатель НРМ3000В BLDC с воздушным охлаждением (рисунок 23) мощностью 3000 Вт.

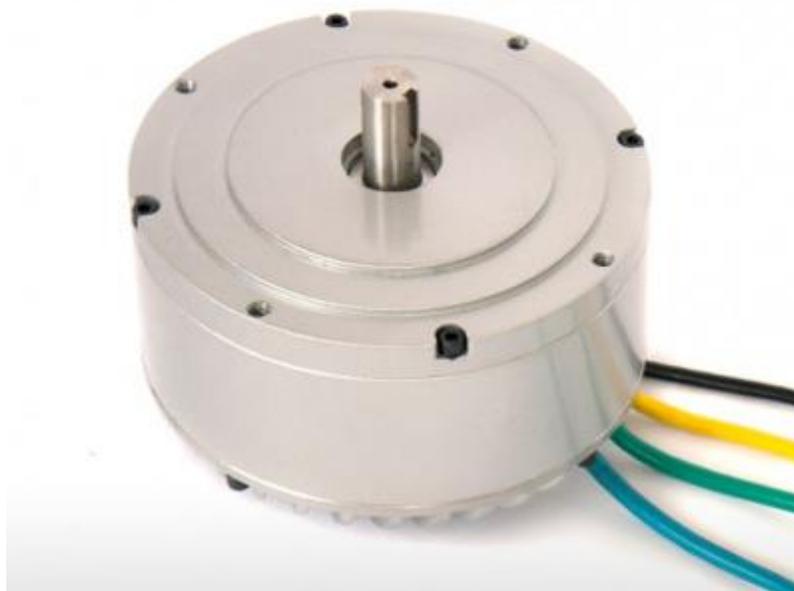


Рисунок 23 – Электродвигатель НРМ3000В BLDC

«Технические характеристики электродвигателя НРМ3000В BLDC представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Технические характеристики электродвигателя НРМ3000В BLDC [18]

Параметр	Значение
Тип двигателя	бесколлекторный, бесщёточный электродвигатель постоянного тока
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	380×310×280
Мощность, кВт: – номинальная – пиковая	3 6
Напряжение, В	48, 72, 96
Момент, Н·м: – номинальный – пиковый	10 22
Сила тока А	15
КПД, %	91
Масса, кг	8» [11].

На конце вала электродвигателя установлена звездочка для привода цепной передачи (рисунок 24).



Рисунок 24 – Звездочка для привода цепной передачи

Выбранная цепная передача позволяет обеспечить передаточное число равное 4.

Для управления мощностью электродвигателя размещаем ручку акселератора мотоциклетного типа (рисунок 25).



Рисунок 25 – Ручка акселератора

Технические характеристики батареи и контроллера будут определены в следующем подразделе пояснительной записки.

После выбора всех элементов конструкции электрического мотоцикла составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 26).

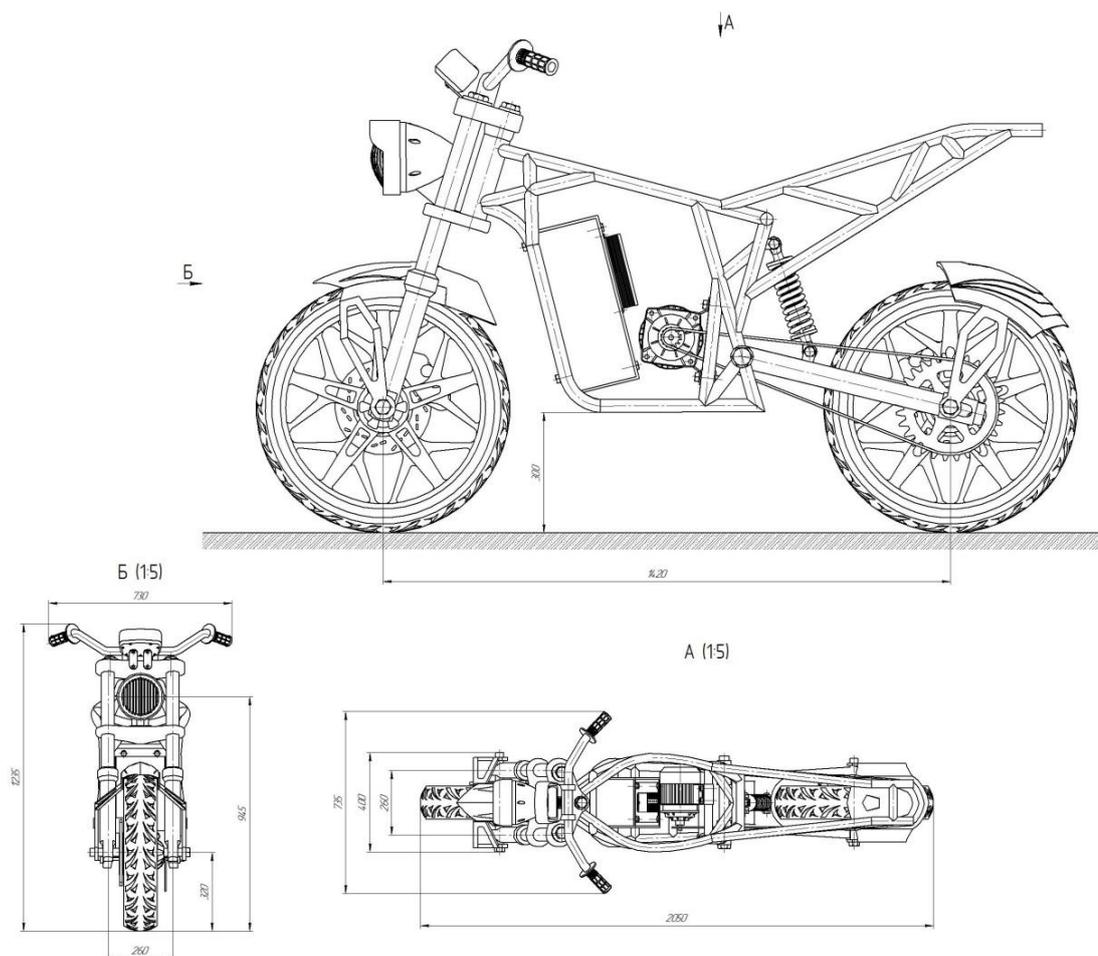


Рисунок 26 – Общая компоновка электрического мотоцикла

Спецификация на модель электрического мотоцикла представлена в Приложении А (рисунок А.1). Спецификация на тормозную систему представлена в Приложении А (рисунок А.2).

«Все компоненты должны быть монтированы и интегрированы в мотоцикл таким образом, чтобы обеспечивать безопасность и эффективность работы системы в целом. Перед началом эксплуатации мотоцикла необходимо проверить все компоненты и осуществить калибровку системы» [4].

3.3 Подбор электрической батареи

«Выбор напряжения батареи, то есть числа ее элементов, определяется следующими соображениями:

- батарея должна допускать заряд от сети постоянного тока, от умформерных групп составленных из нормальных электрических машин или выпрямительных устройств серийного производства;
- сила тока в главной цепи электрического транспортного средства не должна быть чрезмерно велика.

Первое требование вызвано тем, чтобы для зарядки батареи не требовались электрические машины и аппараты специального изготовления. Стандартные, применяемые для зарядки напряжения постоянного тока – 110...220 В. Второе требование вызвано тем, что большая сила тока усложняет конструкцию и увеличивает вес и стоимость коммутационной аппаратуры и проводки. Поэтому с увеличением грузоподъемности электрического транспортного средства, а, следовательно, и мощности электродвигателя проходится применять более высокое напряжение, то есть большее число элементов батареи» [7].

«При расчете мощности и потребности в энергии следует учитывать деградационные процессы, возникающие из-за циклической работы и старения.

Устройства и системы, использующие аккумуляторы, должны быть рассчитаны на некоторое постепенное снижение характеристик своих источников питания – примерно до 80 процентов от первоначальной мощности. Еще одним фактором, влияющим на параметры аккумуляторов, является низкая температура» [27].

При средней скорости 65 км/час и дальности хода 70 км требуемое время хода 1,07 часа чистого времени.

Затрачиваемая энергия на движение:

$$Q = N_{II} \cdot t, \quad (25)$$
$$Q = 3000 \cdot 1,07 = 3210 \text{ Дж.}$$

Ток отдачи батареи:

$$I_{отд} = \frac{N_{II}}{U}, \quad (26)$$
$$I_{отд} = \frac{3000}{48} = 62,5 \text{ А.}$$

Определяем минимальную емкость аккумуляторной батареи:

$$C = \frac{Q}{U}, \quad (27)$$
$$C = \frac{3210}{48} = 66,87 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Исходя из рассчитанных характеристик, с учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, изучив представленные в свободной продаже батареи, принимаем аккумуляторную батарею 48В 70 А·ч Li-Ion.

«Технические характеристики батареи представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Технические характеристики батареи [7]

Параметр	Значение
Тип АКБ	Li-Ion
Размеры (Д×Ш×В), мм	291×173×159
Производитель ячеек	Panasonic
Номинальное напряжение, В	48
Ёмкость аккумулятора, А·ч	70
Время заряда батареи, ч	7
Циклов заряда	1000
Масса, кг	15

Данная аккумуляторная батарея для электровелосипеда позволит проехать от 60 до 70 км на одном заряде. Дальность пробега зависит от манеры езды, плавности трогания с места, массы мотоциклиста, массы перевозимого груза и так далее» [7].

3.4 Проектные расчеты тормозных механизмов

Составим расчетную схему электромотоцикла (рисунок 27).

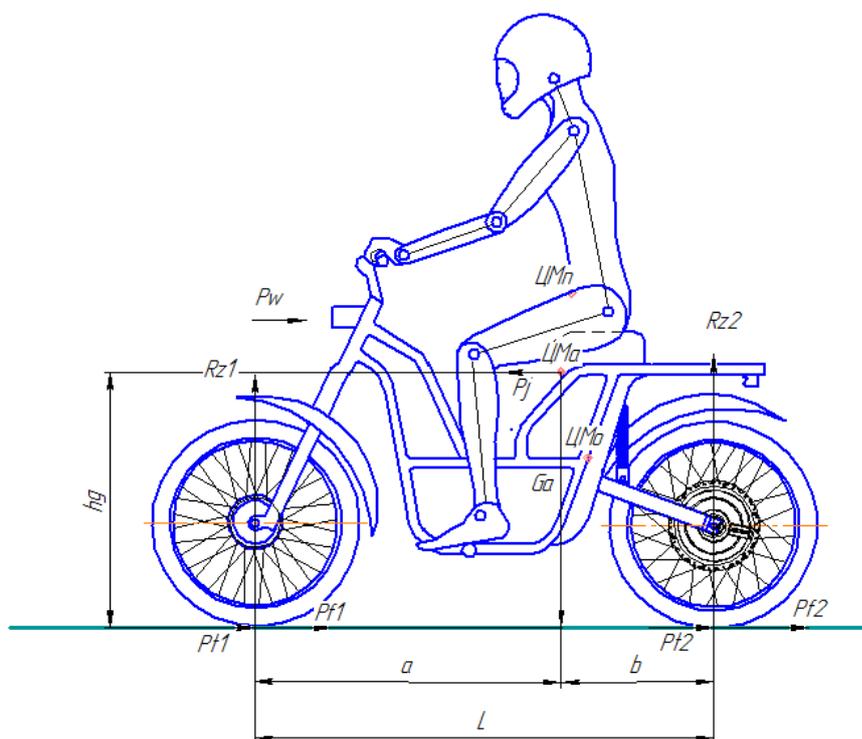


Рисунок 27 – Расчетная схема электромотоцикла

Задний дисковый тормозной механизм.

Представим схему и параметры тормозного механизма для проектного расчета (рисунок 28).

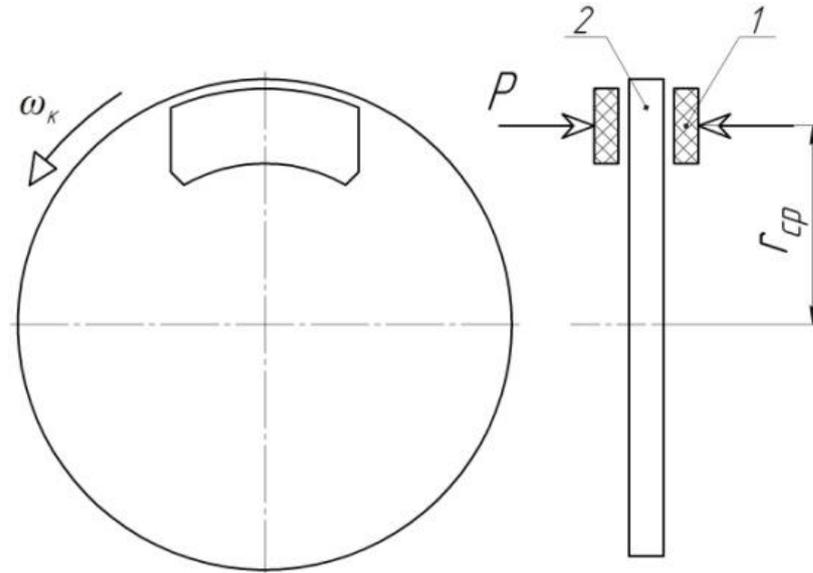


Рисунок 28 – Расчетная схема заднего дискового тормозного механизма

«Параметры заднего дискового тормозного механизма:

- диаметр поршня колесного цилиндра $d_{п}$ равно 0,021 м;
- число пар трения i равно 2;
- КПД колесного цилиндра $\eta_{п}$ равен 0,9;
- диаметр тормозного диска D равен 0,18 м;
- масса заднего тормозного диска $m_{д}$ равен 0,114 кг;
- коэффициент трения между накладкой и тормозным диском $f_{нак}$ равен 0,4.
- начальное давление срабатывания заднего тормоза p_0 равно 0,09807 МПа» [13].

«Средний радиус тормозного диска:

$$r_{cp} = \frac{2}{3} \cdot \frac{r_n^3 - r_e^3}{r_n^2 - r_e^2}, \quad (28)$$

где r_n – наружный радиус поверхности трения накладок, принимается равным 0,091 м;
 r_g – внутренний радиус поверхности трения накладок, принимается равным 0,0785 м» [13].

$$r_{cp} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0,091^3 - 0,0785^3}{0,091^2 - 0,0785^2} = 0,0849 \text{ м.}$$

Нормальная реакция задней оси:

$$R_2 = (m_2 \cdot g) - \left(\frac{m_a \cdot j_{max} \cdot h_g}{L} \right). \quad (29)$$

$$R_2 = (87 \cdot 9,81) - \left(\frac{130 \cdot 4,4 \cdot 0,685}{1300} \right) = 853 \text{ Н.}$$

«Момент тормозной на колесе:

$$M_{T_1} = \varphi \cdot \left(\frac{R_2}{2} \right) \cdot r_m, \quad (30)$$

где φ – коэффициент сцепления с дорогой, принимается равной 0,7» [13].

$$M_{T_1} = 0,7 \cdot \left(\frac{853}{2} \right) \cdot 0,274 = 81,8 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Сила трения на диске:

$$P_{T_1} = \frac{M_{T_1}}{r_{cp}}, \quad (31)$$

$$P_{T_1} = \frac{81,8}{0,0849} = 963,5 \text{ Н.}$$

«Нормальная сила, создаваемая поршнем колесного цилиндра:

$$N_{\text{п}} = \frac{P_{T_1}}{\mu \cdot i \cdot \eta_n}, \quad (32)$$

где μ – коэффициент трения между накладкой и диском, принимается равным 0,4» [13].

$$N_{\text{п}} = \frac{963,5}{0,41 \cdot 2 \cdot 0,9} = 1305,6 \text{ Н.}$$

«Давление рабочей жидкости в цилиндре:

$$P_{\text{жс}} = \frac{N_{\text{п}}}{S_{\text{п}}}, \quad (33)$$

где $S_{\text{п}}$ – площадь поршня, м²» [19].

$$P_{\text{жс}} = \frac{1305,6}{0,000346} = 3,77 \text{ МПа.}$$

Передний барабанный тормозной механизм.

Представим схему и параметры ТМ для проектного расчета (рисунок 29).

«Параметры барабанного механизма:

- диаметр барабана, принимается равным 0,13 м;
- масса барабана m_6 , принимается равной 1,072 кг;
- коэффициент трения между накладкой и тормозным диском $f_{\text{нак}}$ принимается равным 0,35» [19].

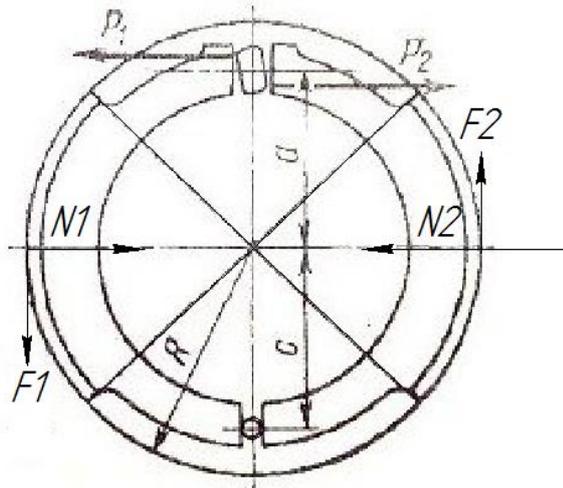


Рисунок 29 – Расчетная схема барабанного тормозного механизма

Нормальная реакция передней оси:

$$R_1 = (m_1 \cdot g) + \left(\frac{m_a \cdot j_{max} \cdot h_g}{L} \right), \quad (34)$$

$$R_1 = (43 \cdot 9,81) + \left(\frac{130 \cdot 4,4 \cdot 0,685}{1300} \right) = 422 \text{ Н.}$$

Момент тормозной на колесе:

$$M_{T_2} = \varphi \cdot \left(\frac{R_2}{2} \right) \cdot r_m, \quad (35)$$

$$M_{T_2} = 0,7 \cdot \left(\frac{422}{2} \right) \cdot 0,274 = 40,5 \text{ Н м.}$$

«Суммарная сила P давления кулачка на концы колодок, считая коэффициент трения обшивки μ_0 равным 0,35:

$$P_{T_2} = \frac{M_{T_2} \cdot \cos \beta}{f_{нак} \cdot r_б (\pi - 2\beta)}, \quad (36)$$

где r_6 – радиус тормозного барабана» [13].

$$P_{T_2} = \frac{40,5 \cdot 0,866}{0,35 \cdot 0,066(3,14 - 2 \cdot 0,525)} = 726 \text{ Н.}$$

Принимая максимальное давление на рычаг P_n равным 196 Н, найдем необходимое передаточное отношение:

$$X_1 = \frac{PT_2}{P_n}, \quad (37)$$

$$X_1 = \frac{726}{196} = 3,7.$$

Следовательно можно определить длину тормозного рычага для обеспечения расчетного давления тормозных колодок

Составим расчетную схему для нахождения передаточного отношения тормозного привода (рисунок 30).

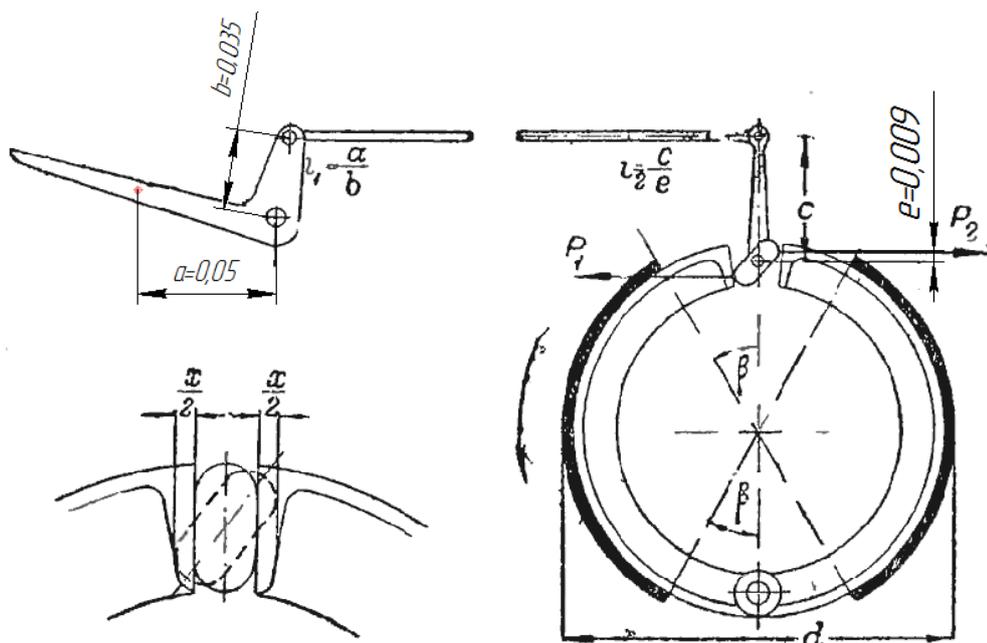


Рисунок 30 – Расчетная схема для нахождения передаточного отношения тормозного привода

Зная суммарное передаточное число и длину ручного рычага вычислим длину тормозного рычага на тормозном барабане используя зависимость передаточных отношений:

$$c = \frac{Xae}{b}, \quad (38)$$

$$c = \frac{3,7 \cdot 0,05 \cdot 0,009}{0,035} = 0,048 \approx 50 \text{ мм.}$$

Из конструктивных соображений запаса прочности ручного привода примем длину тормозного рычага l_p равной 80мм.

Удельное давление.

«Площадь фрикционной накладки переднего тормоза (рисунок 31) найдем по формуле:

$$F_{\text{нак}} = Sb, \quad (39)$$

где S – длина дуги тормозной колодки, м;

b – ширина колодки, м» [14].

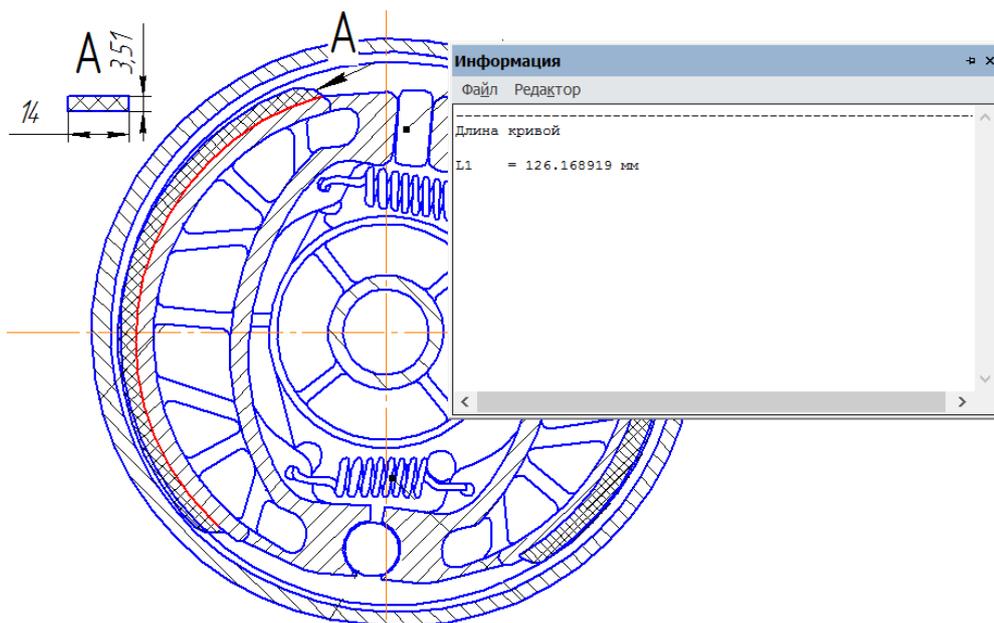


Рисунок 31 – Площадь фрикционной накладки переднего тормоза

$$F_{\text{нак}} = 12,6 \cdot 1,4 = 17,6 \text{ см}^2.$$

Для переднего колеса:

$$p_{y\partial} = \frac{726}{17,6 \cdot 2} = 20,6 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}.$$

«Удельное давление для фрикционной накладки дискового тормозного механизма определяется по формуле:

$$p_{y\partial} = \frac{N}{F_{\text{нак}} \cdot i}, \quad (40)$$

где $F_{\text{нак}}$ – площадь фрикционной накладки;

i – число пар трения» [11].

Площадь фрикционной накладки заднего тормоза $F_{\text{нак}}$ посчитаем с помощью программы «Компас 3D» рисунок 32.

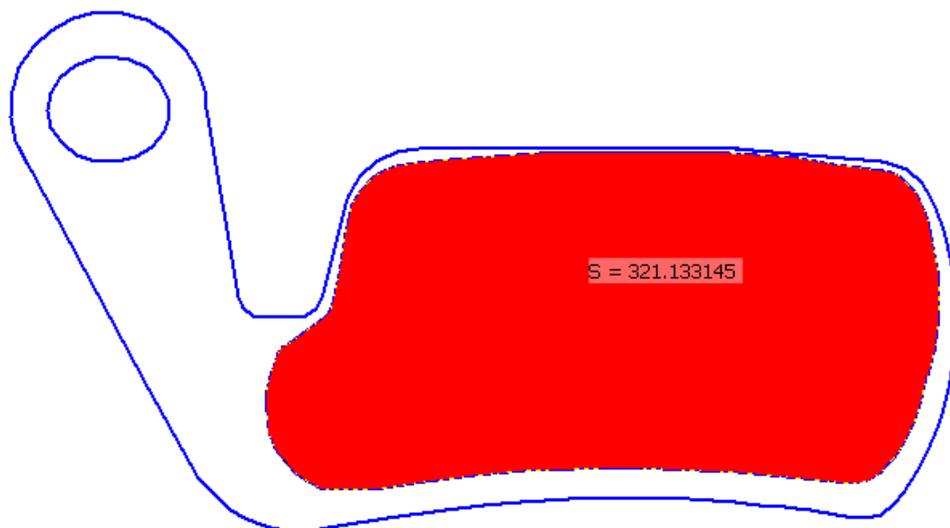


Рисунок 32 – Площадь фрикционной накладки заднего тормоза

Для заднего колеса:

$$p_{y\partial} = \frac{1305,6}{3,21 \cdot 2} = 203 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}.$$

Работа трения.

«Наиболее слабым элементом тормозного механизма, подвергающимся быстрому изнашиванию, является тормозная накладка.

Удельная работа трения зависит от начальной скорости торможения, при которой вся кинетическая энергия автомобиля поглощается работой трения в тормозных механизмах:

$$q_{y\partial} = \frac{A}{F_{\text{нак.сум}}}, \quad (41)$$

где A – кинетическая энергия автомобиля массой m_a при максимальной скорости v начала торможения;

$F_{\text{нак.сум}}$ – суммарная площадь поверхности накладок тормозных механизмов, всех колес мотоцикла» [20].

$$q_{y\partial} = \frac{(130 \cdot 16,6^2) / 2}{41,6} = 25,9 \text{ Дж/см}^2.$$

«Средние значения удельной работы трения составляют от 1 до 2 кДж/см² для легковых автомобилей (большее значение для дисковых тормозных механизмов)» [23].

Нагрев тормозного диска.

«Нагрев тормозного барабана (или диска) за одно торможение определяется по формуле:

$$\Delta t_n = \frac{m_k \cdot v^2}{2 \cdot m_d \cdot c}, \quad (42)$$

где m_k – масса автомобиля, приходящаяся на тормозящее колесо, кг;

m_d – масса тормозного диска, кг;

c – удельная теплоемкость чугуна или стали, принимается равной 500 Дж/(кг·К)» [20].

Для переднего колеса:

- при начальной скорости торможения v_n равной 30 км/ч температура нагрева не должно превышать 15 °С:

$$\Delta t_n = \frac{43 \cdot 8,4^2}{2 \cdot 2,8 \cdot 920} = 0,6 \text{ °С.}$$

- при максимальной скорости торможения v_n равной 50 км/ч температура нагрева должна быть в пределах от 40 до 60 °С:

$$\Delta t_n = \frac{43 \cdot 13,9^2}{2 \cdot 2,8 \cdot 920} = 1,6 \text{ °С.}$$

Для заднего колеса:

- при начальной скорости торможения v_n равной 30 км/ч температура нагрева не должно превышать 15 °С:

$$\Delta t_n = \frac{87 \cdot 8,4^2}{2 \cdot 0,114 \cdot 500} = 53,8 \text{ °С.}$$

- при максимальной скорости торможения v_n равной 50 км/ч температура нагрева должна быть в пределах 40...60 °С:

$$\Delta t_n = \frac{87 \cdot 13,9^2}{2 \cdot 0,114 \cdot 500} = 147 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Сделаем вывод что целесообразнее заменить задний тормозной механизм на более эффективный.

Выводы по разделу.

Самостоятельная разработка электромотоцикла открывает перед энтузиастами уникальную возможность воплотить собственные идеи и создать транспортное средство, идеально соответствующее личным вкусам и потребностям. Такое творческое начинание позволяет отказаться от типичных заводских решений и разработать собственную конструкцию, отражающую индивидуальность владельца.

Собственная сборка электромотоцикла нередко оказывается экономически выгодной альтернативой приобретению готовых моделей. Благодаря самостоятельному выбору компонентов и материалов появляется шанс сэкономить значительную сумму денег, ведь выбор основывается исключительно на личном бюджете и приоритетах создателя.

В данном проекте были разработаны техническое задание и концепция будущего электромотоцикла, подробно проработаны конструкторские расчёты по подбору оптимальной аккумуляторной батареи, обеспечивающей продолжительный пробег и надёжность работы транспортного средства. Также проведены инженерные вычисления для выбора подходящей конструкции тормозных механизмов, гарантирующих безопасность и эффективность торможения.

Такой комплексный подход даёт уверенность в качестве конечного результата и гарантирует, что каждый элемент будущей машины продуман и адаптирован под конкретные условия эксплуатации

4 Технологический раздел

«Технологический процесс сборки автомобилей и тракторов представляет собой строго регламентированную последовательность операций по соединению деталей и компонентов» [21].

В ходе данного процесса осуществляется:

- поэтапная интеграция отдельных элементов в функциональные узлы,
- комплексирование механизмов в единую систему,
- формирование готового транспортного средства.

Все операции выполняются в соответствии с:

- техническими спецификациями производителя,
- нормативными требованиями безопасности,
- параметрами качества сборки,
- производственными стандартами предприятия.

Ключевыми характеристиками процесса являются:

- четкая последовательность операций,
- контроль на каждом этапе сборки,
- соблюдение технологических нормативов,
- обеспечение заданных эксплуатационных качеств конечного продукта.

Результатом процесса становится полностью функциональное транспортное средство, соответствующее всем заявленным техническим и эксплуатационным требованиям.

Трудоемкость сборочных работ при производстве автомобилей и тракторов определяется совокупностью следующих ключевых факторов:

- конструктивные особенности: сложность и количество соединяемых узлов; степень унификации деталей; применение модульных принципов сборки;

- технологические аспекты: тип организации производства (конвейерная/позиционная сборка); степень механизации и автоматизации процессов; используемое оборудование и оснастка; требования к точности соединений;
- человеческий фактор: квалификация рабочих; организация рабочих мест; система контроля качества; применение нормативов времени.

Габаритные характеристики изделия являются определяющим параметром при проектировании процесса сборки:

- для крупногабаритных конструкций (корпуса машин, рамы) требуются: подъемно-транспортное оборудование (мостовые краны, тельферы), специализированные сборочные стенды, позиционная организация работ;
- мелкие узлы и компоненты позволяют применять: роботизированные сборочные комплексы, конвейерные линии, высокую степень автоматизации.

4.1 Выбор рациональной организации технологии сборки

Рациональная организация сборки – это оптимизация процесса сборки изделий для минимизации времени, затрат и трудоёмкости при обеспечении высокого качества.

Основные принципы рациональной организации сборки:

- разделение сборки на узлы и подузлы;
- сборка сложных изделий разбивается на отдельные узлы, которые собираются параллельно, это ускоряет процесс и позволяет специализировать рабочие места;
- поточный метод сборки: организация конвейерных линий с чётким тактом (ритмом) работы. Каждая операция выполняется за фиксированное время на отдельной рабочей позиции;

- механизация и автоматизация: использование сборочных роботов, автоматических линий, пневмо- и электроинструмента;
- внедрение систем ЧПУ (числового программного управления) для точной сборки;
- стандартизация и унификация: применение одинаковых крепёжных элементов, соединений и методов сборки; использование модульных конструкций для упрощения сборки;
- оптимизация трудовых процессов: изучение и устранение лишних движений (методы научной организации труда);
- правильная организация рабочего места (эргономика, доступность инструментов): контроль качества на каждом этапе, встроенный контроль (проверка узлов после каждой операции), использование систем визуализации дефектов (например, контрольные метки, датчики);
- логистика и снабжение: чёткое планирование подачи деталей и комплектующих к месту сборки (система «just-in-time»); минимизация простоев из-за нехватки материалов.

Методы оптимизации сборки:

- метод групповой сборки – одновременная сборка однотипных изделий;
- комплекточные тележки/контейнеры – предварительная подготовка деталей для каждой операции;
- использование CAD/CAM-систем – цифровое моделирование сборки для выявления ошибок до производства.

Учитывая ограниченный спрос на согласующий редуктор, наиболее эффективным решением станет организация сборки по мелкосерийному принципу.

Такой подход позволит: минимизировать издержки за счёт гибкости производства, избежать избыточных запасов комплектующих, адаптировать процесс под индивидуальные требования заказчиков.

В отличие от массового выпуска, мелкосерийная сборка обеспечит экономическую целесообразность при небольшом количестве заказов.

В условиях мелкосерийного выпуска применяется стационарная непоточная сборка, при которой процесс делится на два ключевых этапа:

- узловая сборка – формирование отдельных компонентов конструкции;
- общая сборка – компоновка готовых узлов в конечное изделие.

«Работы выполняются специализированными бригадами, что обеспечивает:

- гибкость производственного процесса,
- эффективное использование квалификации персонала,
- возможность параллельного выполнения операций.

Для определения такта выпуска продукции используем формулу:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (43)$$

где $F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованном оборудовании;

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 120 шт.» [12].

$$T_{д} = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{120} = 1035 \text{ ч.}$$

«Такой подход позволяет оптимизировать затраты при ограниченных объемах производства.

После завершения проектирования разрабатывается технологическая карта сборки, включающая: графическую схему последовательности операций, детальное описание всех сборочных этапов» [17].

Данный подход обеспечивает:

- четкую стандартизацию производственных этапов,
- контроль трудоемкости операций,
- минимизацию технологических простоев.

Спецификация операций узловой и общей сборки для конструкции электрического мотоцикла приведена в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень операций с указанием трудоемкости и необходимого оборудования технологического процесса сборки электрического мотоцикла

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
«Взять раму мотоцикла в сборе	0,3
Осмотреть раму мотоцикла в сборе на наличие повреждений и дефектов	1
Подборка рулевого управления	
Взять вилку мотоцикла в сборе	0,3
Осмотреть вилку мотоцикла в сборе на наличие повреждений и дефектов	1
Взять руль	0,3
Осмотреть руль на наличие повреждений и дефектов	1
Установить руль на вилку в сборе	20
Взять фару	0,3
Осмотреть фару на наличие повреждений и дефектов	1
Установить фару на руль	5
Взять бортовой компьютер Sonic	0,3
Осмотреть бортовой компьютер Sonic на наличие повреждений и дефектов	1
Установить бортовой компьютер Sonic на руль	8
Взять грипсы с рычагами тормоза	0,3
Осмотреть грипсы с рычагами тормоза на наличие повреждений и дефектов	1
Установить грипсы с рычагами на руль	6
Взять болт M12×1,5 (6 шт.), шайбу 12 (6 шт.), гайку M12×1,5 (6 шт.)	0,3
Установить рулевое управление на раму при помощи болтов M12×1,5, шайб 12, гаек M12×1,5	12
Взять переднее колесо с тормозным диском в сборе	0,3
Осмотреть переднее колесо с тормозным диском в сборе на наличие повреждений и дефектов	1
Взять ось переднего колеса, гайку оси переднего колеса	0,3
Установить переднее колесо с тормозным диском в сборе в переднюю вилку при помощи оси переднего колеса и закрепить при помощи гайки оси переднего колеса	15
Подборка привода мотоцикла	
Взять электродвигатель постоянного тока 3000 Вт	0,3» [15]

Продолжение таблицы 19

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
«Осмотреть электродвигатель постоянного тока 3000 Вт на наличие повреждений и дефектов	1
Установить электродвигатель постоянного тока 3000 Вт на место предназначенное для крепления	10
Взять шпонку	0,2
Установить шпонку на вал электродвигателя	0,3
Взять звездочку	0,3
Осмотреть звездочку на наличие повреждений и дефектов	1
Установить звездочку на вал электродвигателя	2
Взять кабель мотор-колеса 3000 Вт с проводами фаз и датчиков Холла	0,3
Осмотреть кабель мотор-колеса 3000 Вт с проводами фаз и датчиков Холла на наличие повреждений и дефектов	1
Взять кронштейн крепления электродвигателя к раме	0,3
Осмотреть кронштейн крепления электродвигателя на наличие повреждений и дефектов	1
Установить кронштейн крепления электродвигателя на раму	2
Взять цепь приводную	0,3
Осмотреть цепь приводную на наличие повреждений и дефектов	1
Подборка системы питания	
Взять аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч	0,3
Осмотреть аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч на наличие повреждений и дефектов	1
Установить аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч на место предназначенное для крепления	8
Взять провода электрические	0,3» [15].
«Взять контроллер НРС300Н	0,3
Осмотреть контроллер НРС300Н на наличие повреждений и дефектов	1
Установить контроллер НРС300Н на место предназначенное для крепления	8
Взять клеммы для соединения проводов	0,3
Выполнить соединение аккумуляторной батареи, контроллеров и рукоятки газа	10
Подборка задней подвески	
Взять маятник	0,3
Осмотреть маятник на наличие повреждений и дефектов	1
Взять амортизатор	0,3
Проверить амортизатор на наличие повреждений и дефектов	1
Взять болт М8×50 (2 шт.), гайку М8 (2 шт.)	0,2
Установить амортизатор на маятник при помощи болтов и гаек	7
Взять колесо заднее	0,3
Осмотреть заднее колесо на наличие повреждений и дефектов	1
Взять ось заднего колеса, гайку оси заднего колеса	0,3
Установить заднее колесо на маятник при помощи оси заднего	6» [15].

Продолжение таблицы 19

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
колеса и закрепить при помощи гайки оси заднего колеса	
«Взять сиденье	0,3
Осмотреть сиденье на наличие повреждений и дефектов	1
Установить сиденье	6
Провести регулировочные операции и испытание электрического мотоцикла	100
Устранить выявленные замечания в ходе испытания	40» [15].
Итого:	290,6

Для оптимизации производственного графика выполним расчет суммарной продолжительности всех технологических операций по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{onm} . \quad (72)$$

Методика расчета основана на суммировании нормированного времени по всем позициям технологической карты с применением поправочных коэффициентов. Полученные данные позволяют точно планировать производственные мощности и загрузку оборудования.

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{шт}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (73)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимаем равным 3%;
 β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимаем равным 5%» [23].

$$t_{шт}^{общ} = 290,6 + 290,6 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 313,84 \text{ мин.}$$

Суммарная трудоемкость сборки равна 313,84 мин.

4.2 Проектирование технологического процесса сборки электрического мотоцикла

Формируем алгоритм монтажных работ, фиксируем необходимый инструмент и оснастку и сводим всё в таблицу 20.

Таблица 20 – Технологический процесс сборки электрического мотоцикла

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Время, мин.
«005	Сборочная	1	Взять раму мотоцикла в сборе	Сборочная платформа, подъемник, сварочное оборудование, 3D-принтер,	1,3
		2	Осмотреть раму мотоцикла в сборе на наличие повреждений и дефектов		
010	Сборочная	1	Подборка рулевого управления	мультиметр, осциллограф (опционально), паяльная станция, набор клеммных инструментов (обжимные клещи для разъемов), термофен, изолирующие материалы (термоусадка, изолента, кабельные стяжки), набор проводов и разъемов (ХТ-90, Anderson, разъемы типа "банан"), набор гаечных ключей и головок,	45,5
		2	Взять вилку мотоцикла в сборе		
		3	Осмотреть вилку мотоцикла в сборе на наличие повреждений и дефектов		
		4	Взять руль		
		5	Осмотреть руль на наличие повреждений и дефектов		
		6	Установить руль на вилку в сборе		
		7	Взять фару		
		8	Осмотреть фару на наличие повреждений и дефектов		
		9	Установить фару на руль		
		10	Взять бортовой компьютер Sonic		
		11	Осмотреть бортовой компьютер Sonic на наличие повреждений и дефектов» [15]		

Продолжение таблицы 20

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Время, мин.
		12	«Установить бортовой компьютер Sonic на руль	динамометрический ключ, шестигранники (имбусовые ключи), торцевые ключи и трещотка, кусачки, плоскогубцы, круглогубцы, молотки (резиновый, металлический), съемники подшипников и ступиц, гидравлический пресс, стенд для тестирования батарей (измерение напряжения, балансировка ячеек), BMS (Battery Management System) программатор, изолирующие прокладки и термопрокладки, крепежные системы (хомутные стяжки, алюминиевые пластины для фиксации батарей), специальные ключи для шкивов/звездочек, лазерный или механический индикатор	
		13	Взять грипсы с рычагами тормоза		
		14	Осмотреть грипсы с рычагами тормоза на наличие повреждений и дефектов		
		15	Установить грипсы с рычагами на руль		
015	Сборочная	1	Взять болт M12×1,5 (6 шт.), шайбу 12 (6 шт.), гайку M12×1,5 (6 шт.)		28,9
		2	Установить рулевое управление на раму при помощи болтов M12×1,5, шайб 12, гаек M12×1,5		
		3	Взять переднее колесо с тормозным диском в сборе		
		4	Осмотреть переднее колесо с тормозным диском в сборе на наличие повреждений и дефектов		
		5	Взять ось переднего колеса, гайку оси переднего колеса		
		6	Установить переднее колесо с тормозным диском в сборе в переднюю вилку при помощи оси переднего колеса и закрепить при помощи гайки оси переднего колеса		
020	Сборочная	1	Подборка привода мотоцикла		16,4
		2	Взять электродвигатель постоянного тока 3000 Вт» [15]		

Продолжение таблицы 20

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Время, мин.			
		3	«Осмотреть электродвигатель постоянного тока 3000 Вт на наличие повреждений и дефектов	совмещения, натяжитель цепи/ремня, программатор контроллера двигателя, пирометр	16,4			
		4	Установить электродвигатель постоянного тока 3000 Вт на место, предназначенное для крепления					
		5	Взять шпонку					
		6	Установить шпонку на вал электродвигателя					
		7	Взять звездочку					
		8	Осмотреть звездочку на наличие повреждений и дефектов					
		9	Установить звездочку на вал электродвигателя					
		10	Взять кабель мотор-колеса 3000 Вт с проводами фаз и датчиков Холла					
		11	Осмотреть кабель мотор-колеса 3000 Вт с проводами фаз и датчиков Холла на наличие повреждений и дефектов					
		025	Сборочная			1	Взять кронштейн крепления электродвигателя к раме	4,6
		2				Осмотреть кронштейн крепления электродвигателя на наличие повреждений и дефектов		
3	Установить кронштейн крепления электродвигателя на раму» [15]							

Продолжение таблицы 20

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Время, мин.
		4	«Взять цепь приводную		
		5	Осмотреть цепь приводную на наличие повреждений и дефектов		
030	Сборочная	1	Подборка системы питания		29,2
		2	Взять аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч		
		3	Осмотреть аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч на наличие повреждений и дефектов		
		4	Установить аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч на место предназначенное для		
		5	Взять провода электрические		
		6	Взять контроллер НРС300Н		
		7	Осмотреть контроллер НРС300Н на наличие повреждений и дефектов		
		8	Установить контроллер НРС300Н на место, предназначенное для крепления		
		9	Взять клеммы для соединения проводов		
		10	Выполнить соединение аккумуляторной батареи, контроллеров и рукоятки газа крепления» [15]		

Продолжение таблицы 20

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Время, мин.
«035	Сборочная	1	Подборка задней подвески		9,8
		2	Взять маятник		
		3	Осмотреть маятник на наличие повреждений и дефектов		
		4	Взять амортизатор		
		5	Проверить амортизатор на наличие повреждений и дефектов		
		6	Взять болт М8×50 (2 шт.), гайку М8 (2 шт.)		
		7	Установить амортизатор на маятник при помощи болтов и гаек		
040	Сборочная	1	Взять колесо заднее		14,9
		2	Осмотреть заднее колесо на наличие повреждений и дефектов		
		3	Взять ось заднего колеса, гайку оси заднего колеса		
		4	Установить заднее колесо на маятник при помощи оси заднего колеса и закрепить при помощи гайки оси заднего колеса		
		5	Взять сиденье		
		6	Осмотреть сиденье на наличие повреждений и дефектов		
045	Регулировочная	1	Провести регулировочные операции и испытание электрического мотоцикла	Набор головок, рожковые ключи, мультиметр	140» [15].

Дополнительные требования: все операции проводить в чистом помещении с контролем влажности (не более 60%), использовать только сертифицированные инструменты и оснастку, после сборки провести тестовый прогон редуктора на стенде для проверки шумов и вибраций,

утилизировать упаковочные материалы и отходы согласно экологическим нормам, зафиксировать результаты контроля в журнале учета (серийные номера деталей, моменты затяжки, параметры запрессовки).

Графическая часть выпускной квалификационной работы включает технологическую схему сборки электрического мотоцикла.

В настоящем разделе выполнено комплексное исследование и обоснован выбор наиболее эффективного технологического процесса, предназначенного для организации производственной линии сборки электрического мотоцикла. Проведён глубокий анализ существующих методов и технологий, позволяющих обеспечить высокое качество готовой продукции при минимальных трудозатратах и материальных ресурсах.

Особое внимание уделено оптимизации этапов подготовки материалов, обработки деталей и последующей сборке отдельных модулей и компонентов мотоцикла. Были рассчитаны точные нормы трудоёмкости на каждом этапе технологического процесса, что позволило точно спрогнозировать временные рамки и ресурсы, необходимые для полной готовности изделия.

Одним из важнейших результатов раздела стало создание детализированного технологического маршрута, отображённого в виде схем и графиков в графической части выпускной квалификационной работы. Здесь наглядно представлена последовательность операций, необходимая оснастка и оборудование, применяемые методы контроля качества, а также этапы проверки соответствия изделий установленным нормам и стандартам.

Графическое оформление технологического процесса позволяет легко ориентироваться в последовательности действий, выявлять узкие места и потенциальные риски, оперативно вносить изменения и улучшения в производственный цикл. Таким образом, проделанная работа служит прочной основой для последующего запуска полноценного производства качественных и надежных электрических мотоциклов.

5 Безопасность и экологичность проекта

Автомобилестроение – сложная отрасль с многоэтапным производственным циклом, требующая комплексного подхода к вопросам безопасности.

Согласно данным Международной организации труда (ILO):

- ежегодно происходит 2,78 миллионов смертей из-за профессиональных заболеваний;
- 374 миллиона несчастных случаев на производстве с потерей трудоспособности;
- экономические потери достигают 3,94% мирового ВВП.

Структура отраслевых рисков:

- травмы при работе с прессами (42% случаев),
- отравления парами красок (23%),
- поражения током (15%),
- падения с высоты (12%).

В таблице 21 представлен сравнительный анализ по странам (в % от ВВП).

Таблица 21 – Сравнительный анализ затрат на несчастные случаи (% ВВП) по странам

Страна	Затраты (% ВВП)	Особенности регулирования
Германия	2,8-3,2%	Система обязательного страхования Berufsgenossenschaften
США	3,1-3,5%	Workers' compensation + судебные иски
Япония	2,6-2,9%	Пожизненные компенсации при профзаболеваниях
Россия	3,5-4,1%	Высокий уровень скрытого травматизма
Бразилия	4,2-4,8%	Неформальный сектор до 35% занятости

Типичные затраты на 1 тяжелый несчастный случай составляют:

- Европа: 250000-400000 евро;
- США: 500000-1200000 долларов (с учетом судебных исков);
- Китай: 800000-1500000 йен.

В дипломном проекте необходимо учитывать специфические риски и современные тенденции отрасли.

Рассмотрим особенности производственной и экологической безопасности в автомобилестроении.

Технологические риски:

- работа с прессовым оборудованием (риск травматизма),
- сварочные операции (опасность возгораний, поражения током),
- окрасочные работы (взрывоопасность, токсичные испарения),
- конвейерные линии (движущиеся механизмы).

К мерам обеспечения безопасности относятся:

- автоматизация опасных процессов (роботизированная сварка и покраска; автоматические прессы с оптической защитой; конвейеры с датчиками присутствия персонала);
- системы контроля (мониторинг концентрации ЛВЖ в окрасочных цехах; термоконтроль электрооборудования; видеонаблюдение за опасными зонами);
- защита персонала (специальные СИЗ для разных участков (термостойкая одежда для сварщиков, респираторы для маляров); антистатические комплекты для работы с электроникой; системы принудительной вентиляции).

Основные источники воздействия на экологическую безопасность:

- выбросы лакокрасочных материалов,
- сточные воды гальванических производств,
- отходы полимерных материалов,
- шумовое воздействие испытательных стендов.

Таким образом, современное автомобилестроение требует интегрированного подхода к безопасности, сочетающего технические инновации, экологическую ответственность и экономическую эффективность.

В долгосрочной перспективе каждый рубль, вложенный в профилактику профессиональных рисков, приносит предприятию ориентировочно 3-5 рублей совокупной выгоды за счет синергетического эффекта от улучшения всех ключевых показателей деятельности.

5.1 Структурно-функциональный анализ

«Для детального исследования сборочного цикла, либо технологического процесса обслуживания, включая его конструктивные параметры и организационно-технические условия, необходимо разработать технологический паспорт» [18].

Паспорт представлен в таблице 22

Таблица 22 – Технологический паспорт процесса сборки электрического мотоцикла

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
«Сборка электрического мотоцикла»	1 Сборка рамы. 2 Покраска рамы. 3 Сборка электрического мотоцикла. 4 Испытание электрического мотоцикла	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда» [24].	Набор гаечных ключей (рожковых, накидных, торцевых), шестигранные ключи (имбусовые), отвертки (крестовые, шлицевые, биты), пассатижи, кусачки, круглогубцы, молоток (резиновый/металлический), ножницы по металлу / болгарка	Перчатки, ветошь, смазка Литол-24, ЦИАТИМ-221) – для штока, пружины, уплотнений. Уплотнительная паста (типа Loctite 577) – для резьбовых соединений, чистящие средства

Продолжение таблицы 22

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
			(УШМ), напильники, надфили, шуруповерт / дрель с регулировкой оборотов сварочный аппарат (ММА/МIG), болгарка (УШМ) с отрезными и шлифовальными кругами, термофен / паяльник, динамометрический ключ	

Данный документ является обязательным требованием для:

- технически сложных изделий,
- продукции, подлежащей обязательной сертификации,
- оборудования с повышенными требованиями безопасности.

Функциональное назначение технологического паспорта:

- систематизация производственных данных – фиксация ключевых параметров сборки;
- обеспечение контроля качества – регламентация технологических норм и допусков;
- оптимизация технического обслуживания – упрощение диагностики и ремонта;
- повышение безопасности эксплуатации – четкие инструкции по монтажу и обслуживанию

Преимущества оформления паспорта:

- упрощение процедур сертификации и аудита,
- снижение рисков производственного брака,
- повышение прозрачности технологических процессов,
- обеспечение соответствия международным стандартам (ISO, ГОСТ, ТР ТС).

Таким образом, технологический паспорт служит не только формальным требованием, но и практическим инструментом управления качеством на всех этапах жизненного цикла изделия.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Комплексная оценка производственных угроз является ключевым элементом системы охраны труда, направленной на сохранение здоровья персонала и устойчивую работу предприятия.

Реализация данного процесса требует последовательного выполнения четырех взаимосвязанных этапов:

- выявление потенциальных угроз: комплексное обследование рабочих мест на предмет наличия физических факторов (шум, вибрация, излучение), химических агентов (токсичные вещества, аэрозоли), биологических опасностей (микробактерии, вирусы, аллергены), психофизиологических нагрузок (стресс, монотонность операций), эргономических проблем (неудобные позы, чрезмерные нагрузки);
- количественная и качественная оценка угроз: расчет вероятности возникновения опасных ситуаций; прогнозирование возможного ущерба здоровью сотрудников; ранжирование рисков по степени значимости;
- разработка защитных мер: внедрение многоуровневой системы защиты, включающей технические усовершенствования (модернизация оборудования); организационные изменения

(оптимизация рабочих процессов); средства индивидуальной защиты; целевые программы обучения персонала; периодические контрольные проверки;

- динамический контроль и совершенствование: регулярный аудит условий труда; анализ эффективности принятых мер; своевременная корректировка защитных мероприятий.

Практическая значимость систематической оценки производственных рисков заключается в:

- создании безопасной рабочей среды,
- предупреждении профессиональных заболеваний,
- снижении экономических потерь от несчастных случаев,
- повышении производственной дисциплины,
- обеспечении соответствия требованиям регуляторных органов.

Реализация данного подхода позволяет трансформировать систему охраны труда из формального требования в действенный инструмент повышения эффективности производства.

В представленной таблице 23 систематизированы данные по выявленным профессиональным рискам, характерным для процесса сборки электрического мотоцикла.

Таблица 23 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
«1 Сборка рамы. 2 Покраска рамы. 3 Сборка электрического мотоцикла. 4 Испытание электрического мотоцикла»	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей энергоаккумулятора, навесного оборудования	Элементы конструкции базовой машины, навесного оборудования

Продолжение таблицы 23

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, шум базовой машины
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Элементы конструкции базовой машины, навесного оборудования» [12].
	«Возможность поражения электрическим током	Инструмент в зоне проведения технического обслуживания
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [12].
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой Напряжение зрительных анализаторов Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции, требующие повышенного внимания и точности» [12]

Оценка рисков проведена по методике ГОСТ 12.0.230-2007. Таблица позволяет наглядно сопоставить технологические операции с соответствующими рисками и разработать комплекс профилактических мероприятий для минимизации профессиональных заболеваний и травматизма.

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для эффективного снижения профессиональных рисков применяется комплекс технических, организационных и индивидуальных мер.

Технические решения:

- автоматизация опасных процессов (роботизированные линии),
- установка защитных ограждений и блокировок,
- внедрение систем принудительной вентиляции,
- использование инструментов с антивибрационными свойствами.

Организационные мероприятия:

- оптимизация режимов труда и отдыха,
- введение ротации персонала на вредных участках,
- разработка четких регламентов безопасной работы,
- организация производственного контроля.

Средства индивидуальной защиты:

- специализированные костюмы (термостойкие, химически стойкие),
- антистатические комплекты,
- респираторы с многоуровневой фильтрацией,
- защитные каски с системой вентиляции.

Инженерные разработки:

- системы дистанционного управления,
- датчики контроля опасных факторов,
- аварийные остановы оборудования,
- звуковая и световая сигнализация.

Профилактические программы:

- медицинские осмотры,
- специальная оценка условий труда,
- тренинги по безопасности,
- психологическая поддержка.

Особое внимание уделяется:

- внедрению цифровых систем мониторинга,
- использованию эргономичного инструмента,
- применению экологичных материалов,
- совершенствованию технологических процессов.

Реализация данных мер позволяет:

- снизить уровень травматизма на 40-60%,
- уменьшить профзаболеваемость,
- повысить производительность труда,
- обеспечить соответствие международным стандартам.

Эффективность применяемых методов регулярно оценивается через:

- анализ показателей травматизма,
- медицинскую статистику,
- результаты специальной оценки условий труда,
- опросы сотрудников.

Для эффективного решения обозначенных проблем необходимо:

- применять нормативно-обоснованные меры,
- реализовывать адресные мероприятия,
- обеспечивать системный контроль.

Нормативно-обоснованные меры по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: <ul style="list-style-type: none">– инструктажи по охране труда;– содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].

Продолжение таблицы 24

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	<p>Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания.</p> <p>Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией.</p> <p>Санитарно-гигиенические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования; – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; – обеспечение дистанционного управления оборудованием 	<p>Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].</p>
«Повышенный уровень шума	<p>Мониторинг здоровья работников:</p> <ul style="list-style-type: none"> – систематическое проведение аудиометрии для сотрудников шумных цехов; – создание индивидуальных аудиограмм для отслеживания динамики слуха; – включение исследований в программу периодических медосмотров. <p>Инструктаж по:</p> <ul style="list-style-type: none"> – правилам эксплуатации СИЗ органов слуха; – технике подбора и применения противошумных устройств; – методам проверки плотности прилегания защитных средств. <p>Техническая модернизация:</p> <ul style="list-style-type: none"> – плановый контроль уровня шума оборудования; – внедрение шумопонижающих технологий (вибрационные демпферы, звукоизолирующие кожухи, акустические экраны); – приоритетная замена устаревшего шумного оборудования. <p>Организация рабочего процесса:</p>	<p>Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [20].</p>

Продолжение таблицы 24

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> – введение регламентированных «тихих пауз»; – создание зон акустической разгрузки; – оптимизация графика работы с учетом шумовой нагрузки. <p>Тренинги по:</p> <ul style="list-style-type: none"> – техникам стрессоустойчивости; – методам звуковой релаксации; – профилактике слухового утомления. <p>Консультации корпоративного психолога.</p> <p>Инженерные решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – установка звукопоглощающих панелей; – применение антивибрационных креплений; – модернизация вентиляционных систем; <p>использование шумоподавляющих материалов</p>	
«Возможность поражения электрическим током	<p>Образовательные мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проведение специализированных курсов по принципам безопасной эксплуатации электроустановок, методам идентификации опасных участков, правилам применения электротехнических средств; – организация регулярных тематических семинаров с разбором реальных случаев <p>Практическая подготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ежеквартальные тренировки по алгоритмам действий в аварийных ситуациях, технике безопасного отключения оборудования, особенностям работы под напряжением; – внедрение системы ежегодной аттестации электротехнического персонала 	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [12].

Продолжение таблицы 24

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>Техническая защита:</p> <ul style="list-style-type: none"> – оснащение рабочих мест современными устройствами защитного отключения, диэлектрическими коврами и инструментами, сигнализаторами напряжения, заземляющими устройствами нового поколения. <p>Профилактический контроль:</p> <ul style="list-style-type: none"> – внедрение системы планово-предупредительных ремонтов: – ежемесячный осмотр силовых линий, – термографический контроль соединений, – диагностика изоляции электрооборудования, – ведение электронного журнала технического состояния. <p>Административный надзор:</p> <ul style="list-style-type: none"> – реализация трехступенчатой системы контроля, – ежедневный осмотр ответственным лицом, – еженедельная проверка начальником участка, – месячная комиссионная инспекция, – автоматизированная система учета нарушений <p>Медицинское сопровождение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – углубленные медосмотры для электротехперсонала; – проверка нервной системы; – контроль сердечно-сосудистых показателей; – тесты на скорость реакции 	
Отсутствие или недостаток естественного света	<p>Оптимальное расположение рабочих мест с акцентом на естественный свет (размещение столов и зон активности рядом с окнами или в хорошо освещённых участках).</p> <p>Использование прозрачных конструкций для свободного</p>	–

Продолжение таблицы 24

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	проникновения дневного света (стеклянные перегородки, светопропускающие стены или другие решения, обеспечивающие равномерное освещение без искусственных источников)	
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [27]. 	–
«Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> – чередование задач и ротация видов деятельности, периодическая смена рабочих операций для предотвращения однообразия и поддержания вовлеченности; – внедрение элементов автономности и разнообразия, предоставление сотрудникам возможности влиять на порядок выполнения задач и варьировать методы работы; – регламентированные перерывы и микропаузы, введение коротких перерывов для отдыха и смены активности в течение рабочего дня; – использование технологических решений, автоматизация рутинных задач 	–

Продолжение таблицы 24

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>течение рабочего дня;</p> <ul style="list-style-type: none"> – использование технологических решений, автоматизация рутинных процессов и применение интерактивных систем для повышения вариативности труда; – психологическая разгрузка и мотивация, организация зон отдыха, проведение мини-тренингов или использование геймификации для поддержания интереса; – оптимизация эргономики рабочего места, создание комфортных условий, снижающих физическое и эмоциональное напряжение (например, регулируемая мебель, динамическое освещение). <p>Мероприятия подбираются с учетом специфики труда и рекомендаций по охране здоровья (СНиП, СанПиН, ТК РФ)</p>	

Данный подход гарантирует не только формальное соблюдение требований охраны труда, но и создание по-настоящему безопасной производственной среды. Все мероприятия должны быть задокументированы и включены в систему управления охраной труда предприятия.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

План пожарной безопасности – это документ, регламентирующий порядок действий при пожаре, эвакуации людей и материальных ценностей, а также меры по предотвращению возгораний.

Этот план должен быть доступен всем сотрудникам и регулярно пересматриваться.

План пожарной безопасности содержит:

- ответственных за пожарную безопасность;
- профилактику (проверки оборудования, хранение горючих материалов);
- порядок действий при пожаре: оповещение (сигнализация, вызов МЧС); эвакуация (схемы путей, сборные пункты); тушение (огнетушители, пожарные краны);
- проверки и обновления (регулярные тренировки, корректировка плана).

Производим анализ потенциальных источников пожаров и определяем опасные факторы, способные их вызвать (таблица 25).

Таблица 25 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Участок сборки»	Технологическое оборудование, применяемое в зоне ТО	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [17].

Классификация пожарной техники (по ГОСТ Р 53325-2012 и нормам МЧС) включает следующие основные категории:

- первичные средства пожаротушения: огнетушители (пенные, порошковые, углекислотные, хладоновые); пожарные щиты и инвентарь (вёдра, лопаты, ящики с песком, кошмы (противопожарные полотна), багры, топоры, ломы);

- пожарные автомобили: основные (АЦ – автоцистерны, АНР – насосно-рукавные); специальные (автолестницы, дымоудаление, аварийно-спасательные);
- «пожарные поезда, суда, вертолёты (для спецобъектов);
- мотопомпы (переносные насосы для воды)» [18];
- установки пожаротушения: автоматические системы (водяные (спринклерные, дренчерные), газовые, порошковые, аэрозольные);
- пожарные краны и рукава (в зданиях);
- пожарная сигнализация и связь (извещатели (дымовые, тепловые, ручные);
- приёмно-контрольные приборы (ПКП);
- системы оповещения (громкоговорители, световые табло);
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) для пожарных: костюмы, каски, дыхательные аппараты (ДАСВ), теплоотражающие экраны; для эвакуируемых: противогазы, самоспасатели (например, «Феникс»);
- специальная техника: роботы-пожарные (для АЭС, химических объектов); термокамеры и тепловизоры для поиска очагов.

«Выполним классификацию средств пожаротушения, применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1 шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);

- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [16].

Разработка планов действий по пожарной безопасности – обязательная процедура для организаций, зданий и сооружений, регламентированная ФЗ №69 «О пожарной безопасности» и Правилами противопожарного режима в РФ.

Цели разработки планов:

- предотвращение пожаров (профилактика нарушений);
- обеспечение безопасности людей (эвакуация, первая помощь);
- минимизация ущерба (быстрое тушение, защита имущества);
- соответствие закону (избежание штрафов и приостановки деятельности).

Рассмотрим основные виды планов по пожарной безопасности.

План эвакуации при пожаре состоит из графической части (схема путей эвакуации, выходы, места огнетушителей) и текстовой инструкции (действия персонала, вызов МЧС, порядок отключения оборудования).

Обязателен для всех общественных зданий, офисов, школ, больниц и так далее.

Инструкция о мерах пожарной безопасности включает в себя Правила содержания территории, электрооборудования, хранения ЛВЖ (легковоспламеняющихся жидкостей), порядок проведения огневых работ, ответственных лиц и их обязанности.

План противопожарных мероприятий содержит:

- регулярные проверки (электропроводки, систем сигнализации);
- обучение персонала (инструктажи, тренировки);
- техническое обслуживание средств пожаротушения.

План ликвидации аварийных ситуаций оформляется для опасных объектов (АЗС, склады ГСМ, химические производства). Включает взаимодействие с МЧС, локализацию возгораний, защиту окружающей среды.

Разработка планов состоит из 5 этапов:

- анализ объекта (категория пожарной опасности, особенности здания);
- определение рисков (где возможны возгорания, слабые места);
- разработка документов (схемы, инструкции, приказы);
- согласование (при необходимости – с МЧС или экспертами);
- обучение персонала и проведение тренировок.

Разрабатываем планы соблюдения требований пожарной безопасности при сборке электрического мотоцикла (таблица 26).

Таблица 26 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке электрического мотоцикла

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [15]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007»	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [22]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования»	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [24]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ»	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [15].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения»	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта»	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения

Продолжение таблицы 26

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения	также средств с истекшим сроком действия» [26]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143-2009, ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [15]

Рассмотрим обязанности работодателя по пожарной безопасности.

Контроль горючих отходов: не допускать скопления легковоспламеняющихся материалов, включить регулярную уборку в систему противопожарных мер.

Обучение персонала: четко разъяснять сотрудникам риски, связанные с используемыми материалами и технологическими процессами; вводный инструктаж для новых работников; ознакомить каждого нового сотрудника с разделами плана пожарной безопасности, которые касаются его личной защиты в ЧС.

Техническое обслуживание оборудования: проводить плановые проверки и ремонт теплогенерирующих установок, чтобы исключить риск возгорания.

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки электрического мотоцикла

Экологическая безопасность – это комплекс мер, направленных на сохранение природных систем и предотвращение их разрушения в результате человеческой деятельности.

Ключевые аспекты:

- защита экосистем от загрязнения, истощения и необратимых изменений;
- рациональное использование ресурсов (воды, почвы, воздуха, биоразнообразия);
- минимизация антропогенного воздействия на окружающую среду.

Основные направления:

- контроль загрязнений (промышленные выбросы, отходы, химические вещества);
- сохранение биоразнообразия (защита редких видов, восстановление лесов);
- устойчивое развитие (баланс между экономикой и экологией).

Экологическая безопасность – не просто синоним охраны природы, а системный подход к гармоничному взаимодействию человека и окружающей среды.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе сборки электрического мотоцикла и сведем их в таблицу 27.

Таблица 27 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка электрического мотоцикла»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло трансмиссионное	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [11].

Последствия игнорирования негативных факторов

- ухудшение здоровья населения (респираторные, онкологические заболевания);
- деградация экосистем (исчезновение видов, опустынивание);
- экономические потери (ущерб сельскому хозяйству, туризму);
- климатические катастрофы (учащение экстремальных погодных явлений).

Идентификация вредных экологических факторов – первый шаг к разработке стратегий устойчивого развития и снижению антропогенной нагрузки на природу.

Для минимизации вреда от пыли и СОЖ требуется комплексный подход:

- технический – фильтрация и модернизация оборудования,
- организационный – обучение персонала, контроль норм,
- экологический – правильная утилизация отходов.

Составляем сводную таблицу 28 с мероприятиями по минимизации вреда от пыли и СОЖ.

Таблица 28 – Сводная таблица с мероприятиями по минимизации вреда от пыли и СОЖ

Вредный фактор	Способ устранения	Примечание
Мелкодисперсная пыль	Фильтрация: циклоны – грубая очистка крупных частиц (эффективность ~70–80%). рукавные фильтры – задерживают частицы до 1 мкм (эффективность 95–99%). электрофильтры – для субмикронной пыли (используют коронный разряд). мокрые скрубберы – улавливание пыли водой (актуально для литейных цехов).	–
Испарения СОЖ и масляных аэрозолей	Маслоуловители (коалесцентные фильтры) – отделяют масло от воздуха. Угольные адсорбенты – для летучих органических соединений (ЛОС). Плазменно-каталитические очистители – разложение паров	ПДК для металлической пыли – 0,5–10 мг/м ³ (зависит от металла). ПДК для масляных аэрозолей – 5 мг/м ³ (СанПиН 1.2.3685-21).

Продолжение таблицы 28

Вредный фактор	Способ устранения	Примечание
	СОЖ на CO ₂ и H ₂ O	
Отходы различного типа: металлическая стружка и лом; промасленная ветошь, спецодежда; твердые коммунальные отходы (ТКО)	Переплавка на металлургических заводах. Обезжиривание и сжигание в спецпечах. Сортировка и захоронение/переработка. Регенерация или сжигание в цементных печах	–
Опасные отходы	Масла (код 4 13 101–4 13 110). Промасленные материалы (код 4 13 201–4 13 204) – класс опасности 3–4	–

Выводы по разделу.

В рамках обеспечения производственной и экологической безопасности проекта выполнены следующие работы:

- составлен технологический паспорт процесса сборки электрического мотоцикла;
- проведена оценка профессиональных рисков с разработкой эффективных методов их минимизации;
- определен класс пожарной опасности производства, выявлены ключевые факторы возгорания и предложены превентивные меры;
- проанализировано воздействие на окружающую среду при сборке оборудования, разработан комплекс природоохранных мероприятий.

6 Экономическая эффективность проекта

«Для определения финансовых затрат на разработку конструкции электрического мотоцикла необходимо учесть следующие факторы:

- стоимость материалов: необходимо определить, какие материалы будут использоваться для создания электрического мотоцикла, и рассчитать их стоимость;
- трудозатраты: необходимо определить количество человеко-часов, которые будут потрачены на разработку конструкции электрического мотоцикла, и рассчитать стоимость труда в соответствии с тарифами на работу;
- оборудование: необходимо определить, какое оборудование будет необходимо для создания электрического мотоцикла (например, инструменты, станки и так далее) и рассчитать их стоимость;
- дополнительные расходы: необходимо учесть все дополнительные расходы, такие как аренда помещения, расходы на транспортировку материалов и оборудования, расходы на электроэнергию и так далее.

После того как все факторы были учтены, можно рассчитать общую сумму финансовых затрат на разработку конструкции электрического мотоцикла» [13].

«Для определения финансовых затрат на сборку электрического мотоцикла воспользуемся формулой:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{о.н}}, \quad (46)$$

где $C_{\text{к.д}}$ – стоимость изготовления корпусных деталей, р.;

$C_{\text{о.д}}$ – затраты на изготовление оригинальных деталей, р.;

$C_{\text{сб.п}}$ – полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{\text{п.д}}$ – цена покупных деталей, изделий, агрегатов, р.;

$C_{O.H}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [13].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{K.Д} = Q_K \cdot C_K, \quad (47)$$

где Q_K – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

C_K – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, р./кг» [13].

В таблице 29 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 29 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Деталь	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама электрического мотоцикла	Ст.3	100	95	72	7200
Итого:	–	–	–	–	7200

$$C_{K.Д} = 100 \cdot 72 = 7200 \text{ р.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{O.Д} = C_{ПРН} + C_M, \quad (48)$$

где $C_{ПРН}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений, р.;

C_M – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.» [13].

«Заработную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{\text{ПР}} = t \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_t, \quad (49)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление маятника – 5,05 чел.-ч.;

$C_{\text{ч}}$ – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, р./ч;

k_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,030» [13].

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 января 2025 года МРОТ составляет 23562 р.

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: $23562/(7 \cdot 21) = 160,28$ р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80» [14].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $160,28 \cdot 1,42 = 227,6$ р./ч.

$$C_{\text{ПР}} = 5,05 \cdot 227,6 \cdot 1,03 = 1183,86 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\text{Д}} = (5 \dots 12) \cdot C_{\text{ПР}} / 100, \quad (50)$$

$$C_{\text{Д}} = 10 \cdot 1183,86 / 100 = 118,38 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{СОЦ}} = 30 \cdot (C_{\text{ПР}} + C_{\text{Д}}) / 100, \quad (51)$$

$$C_{\text{СОЦ}} = 30 \cdot (1183,86 + 118,38) / 100 = 390,67 \text{ р.,}$$

$$C_{\Sigma IP} = 1183,86 + 118,38 + 390,67 = 1692,91 \text{ р.}$$

В таблице 30 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 30 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	1183,86
Дополнительная заработная плата	118,38
Начисления на заработную плату	390,67
Итого:	1692,91

«Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (52)$$

где C – цена 1 кг материала заготовок, р./кг;

Q_3 – масса заготовки, кг» [13].

В таблице 31 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 31 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Маятник	Сталь 40Х	1	4,7	86	404,2
Итого:	–	–	–	–	404,2

$$C_M = 4,7 \cdot 86 = 404,2 \text{ р.}$$

$$C_{O,д} = 1166,89 + 404,2 = 1571,09 \text{ р.}$$

«Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определяется по формуле:

$$C_{CB.П} = C_{CB} + C_{Д.СБ} + C_{СОЦ.СБ}, \quad (53)$$

где C_{CB} – основная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{Д.СБ}$ – дополнительная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{СОЦ.СБ}$ – страховые взносы в фонды, р» [13].

«Основная заработная плата рабочих, занятых на сборке рассчитывается по формуле:

$$C_{CB} = T_{CB} \cdot C_{Д.СБ} \cdot k_t, \quad (54)$$

где T_{CB} – нормативная трудоемкость на сборку, чел.-ч» [13].

«Значение определяем по формуле:

$$T_{CB} = k_C \cdot \Sigma t_{CB}, \quad (55)$$

где t_{CB} – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч ;

k_C – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [13].

По справочным данным принимаем трудоемкость сборки составных частей равной 6 чел.-ч.

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 6 = 7,5 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 7,5 \cdot 227,6 \cdot 1,03 = 1758,21 \text{ р.},$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 1211,89 = 175,82 \text{ р.},$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (1758,21 + 175,82) = 580,2 \text{ р.}$$

$$C_{сб.п} = 1758,21 + 175,82 + 580,2 = 2514,23 \text{ р.}$$

В таблице 32 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.

Таблица 32– Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	1758,21
Дополнительная заработная плата	175,82
Страховые взносы в фонды	580,2
Итого	2514,23

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{OH} = \frac{(C'_{ПР} \cdot R_{OH})}{100}, \quad (56)$$

где $C'_{ПР}$ – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении, р.;

R_{OH} – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [13].

$$C'_{ПР} = (C_{ПР} + C_{сб}). \quad (57)$$

Подставив числовые значения в формулы получим:

$$C'_{IP} = 1183,86 + 1758,21 = 2942,07 \text{ р.}$$

$$C_{OH} = \frac{(2942,07 \cdot 15)}{100} = 441,31 \text{ р.}$$

Для данной конструкции необходимо приобрести переднюю вилку, амортизатор, колеса, рулевое управление, электродвигатель, контроллер, аккумуляторную батарею, электрические провода, ручки газа и тормоза, а также метизы.

Перечень покупных деталей представлен в таблице 33.

Таблица 33 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Электродвигатель	1	9130	9130
Контроллер	1	4620	4620
Аккумуляторная батарея	1	10560	10560
Электрические провода (пучок)	1	1760	1760
Ручки газа и тормоза	1	2310	2310
Амортизатор	1	1430	1430
Колеса	2	4180	8360
Рулевое управление	1	6600	6600
Передняя вилка	1	22000	22000
Метизы крепежные	50	13,2	660
Итого:			63190

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 34.

$$C_{KOH} = 7200 + 1571,09 + 63190 + 2514,23 + 441,31 = 74916,63 \text{ р.}$$

Таблица 34 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	7200
Затраты на изготовление оригинальных деталей	1571,09
Затраты на сборку	2514,23
Общепроизводственные накладные расходы	441,31
Стоимость покупных изделий (деталей)	63190
Итого:	74916,63

Общие затраты на сборку электрического мотоцикла равны 74916,63 р.

Далее рассчитаем годовую экономию, годовой экономический эффект и срок окупаемости разработки.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{ПР} - C_{КОН}, \quad (58)$$

где $C_{ПР}$ – стоимость прототипа, р.» [13];

$$\mathcal{E}_Г = 168000 - 74916,63 = 93083,37 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ОК} = \frac{C_{КОН}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (59)$$

$$O_{ОК} = \frac{74916,63}{93083,37} = 0,8 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{КОН} \quad (60)$$

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 93083,37 - 0,15 \cdot 74916,63 = 81845,87 \text{ р.}$$

В таблице 35 представлены основные показатели проекта.

Таблица 35 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	168000	74916,63
Экономия от снижения трудоемкости при внедрении конструкции	р.	–	93083,37
Экономический эффект	р.	–	81845,87
Срок окупаемости	год	–	0,8

Выводы по разделу.

Анализируя экономическую составляющую проекта, мы провели оценку финансовой привлекательности выпуска нового вида транспорта — электрического мотоцикла. Было установлено, что затраты на производство одной единицы составляют около 74 тысяч рублей. Важнейшим показателем является срок возврата вложенных инвестиций, который оказался достаточно коротким – всего 0,8 года.

Предлагаемый электрический мотоцикл представляет интерес не только для индивидуального пользования, но и способен стать востребованным в коммерческой среде, особенно в прокате транспортных средств. Кроме того, существуют дополнительные направления, способствующие росту спроса и увеличению объемов реализации продукта:

- оптимизация закупок комплектующих деталей позволит снизить общую стоимость продукции, повысив конкурентоспособность товара на рынке.
- партнерство с операторами аренды транспортных средств обеспечит стабильный спрос и дополнительный канал сбыта.
- рассмотрение возможностей государственной поддержки экологически чистых видов транспорта создаст благоприятные условия для расширения парка.

Подводя итог, разработка и запуск серийного производства электрического мотоцикла демонстрируют высокую степень экономической эффективности и открывают широкие перспективы дальнейшего роста.

Заключение

В соответствии с утвержденной темой дипломного проекта была разработана конструкция электрического мотоцикла.

Ключевым вопросом дипломной работы являлось проектирование конструкции электрического мотоцикла. Мотоцикл с электрическим мотором не вредит окружающей среде, так как не выделяет выхлопных газов. Он работает бесшумно, но при этом часто не уступает динамикой, разгоном и другими характеристиками бензиновым моделям. Не требует регулярного сложного обслуживания, заправки бензином, расходов на страховку и регистрацию.

В работе затронута проблема высокой стоимости и низкой доступности электрических мотоциклов для широкого круга потребителей. Разрабатываемая конструкция электрического мотоцикла значительно дешевле при схожих технических характеристиках.

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- рассмотрены особенности электрических мотоциклов, выполнен обзор электрических мотоциклов, представленных как для свободной продажи, так и перспективные разработки;
- выполнен тягово-динамический расчёт мотоцикла;
- составлены технические задание и предложение на разработку электрического мотоцикла, конструкторские расчеты по подбору аккумуляторной батареи и проектные расчеты тормозных механизмов;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки проектируемого электрического мотоцикла;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность разработки конструкции электрического мотоцикла с экономической стороны.

Список используемой литературы и используемых источников

1 Аносов В. Н. Повышение эффективности систем тягового электропривода автономных транспортных средств [Текст] = [Improving the efficiency of traction electric drive systems for autonomous vehicles] / В. Н. Аносов, В. М. Кавешников. Новосибирск: НГТУ, 2014. 218 с.

2 Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : В 3-х т. / В. И. Анурьев. - 6-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1982. 22 см. Т. 2. М.: Машиностроение, 1982. 584 с.

3 Беспалов В. Я. Электрические машины: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 140600 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / В. Я. Беспалов, Н. Ф. Котеленец. - 2-е изд., испр. Москва: Академия, 2008. 312 с.

4 Блинов Е. И. Автомобиль и трактор: энергетика сложных механических систем [Текст]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / Е. И. Блинов; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Московский гос. ун-т приборостроения и информатики. - Москва: МГУПИ, 2014. 113 с.

5 Бокман Г. А. Конструкция и технология производства электрических машин и аппаратов [Текст] : [Учебник для сред. проф.-техн. училищ] / Бокман Г.А., Пузевский И.С. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высш. школа, 1977. 368 с.

6 Болотов А. К. Конструкция тракторов и автомобилей : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по агроинженерным специальностям / А. К. Болтов, А. А. Лопарев, В. И. Судницын. Москва: КолосС, 2006 (Смоленск: Смоленская обл. тип. им. В.И. Смирнова). 349 с.

7 Вахламов В. К. Техника автомобильного транспорта: Подвиж. состав и эксплуатац. свойства: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Организация перевозок и упр. на трансп. (автомобил. трансп.) направления подгот. дипломир. специалистов «Организация перевозок и упр. на трансп.» / В.К. Вахламов. Москва: Academia, 2004 (ГУП Саратов. полигр. комб.). 521 с.

8 Галимзянов, Р. К. Теория автомобиля: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 190201 - "Автомобиле- и тракторостроение" / Р. К. Галимзянов; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Автомобили". Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. 219 с.

9 Галкин В. И. Транспортные машины: учебник для вузов. Москва: Издательство «Горная книга»: Издательство МГГУ, 2010. 587 с.

10 Горина Л. Н., Фесина М. И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). Тольятти: изд-во ТГУ, 2021. 22 с.

11 Гуревич А. М. Тракторы и автомобили: [Для инж. спец.] / А. М. Гуревич. - 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Колос, 1983. 336 с.

12 Конаков А. М. Трансмиссия тракторов и автомобилей : учеб. пособие для студентов вузов обучающихся по агроинженер. специальностям / А. М. Конаков; М-во высш. образования РФ, Нижегород. гос. с.-х. акад. Н. Новгород: Нижегород. гос. с.-х. акад., 2004. 106 с.

13 Конструирование и эксплуатация транспортно-технологических машин [Текст]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / [А. Ю. Барыкин, Р. М. Галиев, А. Т. Кулаков и др.]; Казанский федеральный университет, Набережночелнинский институт. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2016. 176 с.

14 Лавриков, И. Н. Экономика автомобильного транспорта [Текст]: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям 190601

"Автомобили и автомобильное хозяйство" и 190702 "Организация и безопасность движения (автомобильный транспорт)" и специалистов автомобильного транспорта / И. Н. Лавриков, Н. В. Пеньшин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Тамбовский гос. технический ун-т". Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. 115 с.

15 Норин В. А. Разработка технологического процесса изготовления деталей [Текст]: дипломное проектирование : учебное пособие / В. А. Норин [и др.]; М-во образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский гос. архитектурно-строит. ун-т. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский гос. архитектурно-строит. ун-т, 2013. 161 с.

16 Огороднов С. М. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст]: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» и специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» / С. М. Огороднов, Л. Н. Орлов, В. Н. Кравец; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева". Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, 2017. 284 с.

17 Петров Г. Г. Трансмиссия автомобилей (анализ конструкций, основы расчета): учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Автомобили и автомобильное хозяйство" направления подготовки дипломированных специалистов «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» / Г. Г. Петров, Э. И. Удлер; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Томский гос. архитектурно-строительный ун-т». Томск: Изд-во Томского гос. архитектурно-строительного ун-та, 2008. 255 с.

18 Потапов С. И. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» / С. И. Потапов, Е. А. Чащин; Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Ковровская гос. технологическая акад. им. В. А. Дегтярева». Ковров: КГТА им. В. А. Дегтярева, 2014. 87 с.

19 Савкин А. Н. Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов транспортных средств [Текст]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190109 «Наземные транспортно-технологические средства» / А. Н. Савкин, В. И. Водопьянов, О. В. Кондратьев; М-во образования и науки Российской Федерации, Волгоградский гос. технический ун-т. Волгоград: ВолгГТУ, 2014. 211 с.

20 Смирнов, Ю. А. Силовая электроника электромобилей. Управление инверторной генерацией энергии: учебное пособие для вузов / Ю. А. Смирнов, В. А. Детистов. Санкт-Петербург: Лань, 2024. 256 с.

21 Смирнов, Ю. А. Электромобиль: инфраструктура и электротехнические компоненты: учебное пособие для вузов / Ю. А. Смирнов. Санкт-Петербург: Лань, 2024. 476 с.

22 Сухочев Г. А. Разработка технологического процесса изготовления детали: Учеб. пособие / Г.А. Сухочев, К.А. Яковлев ; М-во образования Рос. Федерации, Воронеж. гос. лесотехн. акад. Воронеж : ВГЛТА, 2002. 67 с.

23 Черепанов Л. А. Наземные транспортно-технологические средства. Выполнение дипломного проекта: электронное учебно-методическое пособие / Л. А. Черепанов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения. Тольятти: Тольяттинский гос. ун-т, 2021. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

24 Энтони Джутон, Ксавье Рейн, Валери Совант-Мойно, Франсуа Орсини, Кристель Сабер, Седдик Бача, Оливье Бету, Эрик Лабуре
Электромобиль: устройство, принцип работы, инфраструктура / пер. с франц.
В. И. Петровичева – М.: ДМК Пресс, 2022. 440 с.

25 Ютт, В. Е. Электромобили и автомобили с комбинированной
энергоустановкой. Расчет скоростных характеристик: учеб. пособие / В.Е.
Ютт, В.И. Строганов. М.: МАДИ, 2016. 108 с.

26 Arnold, M. Simulation Algorithms in Vehicle System Dynamics / M.
Arnold // Technical Report 27. - Martin-Luther-University Halle, Department of
Mathematics and Computer Science, 2004. 27 p.

27 Lowndes, E.M. Development of an Intermediate DOF Vehicle Dynamics
Model for Optimal Design Studies / E.M. Lowndes, - Raleigh, 1998. 209 p.

28 Pettersson, M. Driveline Modeling and Control / M. Pettersson. -
Linkoping, 1997. 150 p.

29 Puhs, Allen E., Hybrid vehicles. CRC Press, London NewYork 2009.
505 p.

30 Wagner G. Transmission options / Gerhard Wagner// Automotive
Engineering International. 2001. - Vol. 7 (109). 64 - 70 p.

Продолжение Приложения А

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание		
						Перв. примен.	
			<u>Документация</u>				
A1		25.ДП.01.139.62.00.000.СБ	Сборочный чертёж	1			
			<u>Детали</u>				
Справ. №	1	25.ДП.01.139.62.00.001	Штуцер	1			
	2	25.ДП.01.139.62.00.002	Гибкий шланг	1			
	3	25.ДП.01.139.62.00.003	Бачок с тормозной жидкостью	1			
	4	25.ДП.01.139.62.00.004	Ручной рычаг	1			
	5	25.ДП.01.139.62.00.005	Штуцер для прокачки	1			
	6	25.ДП.01.139.62.00.006	Суппорт	1			
	7	25.ДП.01.139.62.00.007	Ротор	1			
	8	25.ДП.01.139.62.00.008	Опорный кронштейн	1			
	9	25.ДП.01.139.62.00.009	Оголовник	1			
	10	25.ДП.01.139.62.00.010	Пружина	1			
	11	25.ДП.01.139.62.00.011	Поршень	1			
	12	25.ДП.01.139.62.00.012	Тормозная колодка	1			
Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	25.ДП.01.139.62.00.000			
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Инд. № подл.	Разраб. Якушев Я.А.	Проб. Зотов А.В.	Система тормозная		Лит.	Лист	Листов
Инд. № подл.	Н.контр. Зотов А.В.	Утв. Бобровский А.В.	электромотоцикла		Д		1
				ТГУ, АТс-2001б			

Копировал

Формат А4

Рисунок А.2 – Спецификация на тормозную систему электромотоцикла