

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)

13.03.03 Энергетическое машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Проектирование и эксплуатация автомобилей с гибридными силовыми установками

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка электромотоцикла на базе КТМ 690 Duke

Обучающийся

Г.А. Сорокин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук А.В. Бобровский

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

Консультант

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

канд. пед. наук, доцент Д.А. Романов

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

Аннотация

В данной работе представлен обзор ремоторизации мототехники на базе КТМ 690 Duke.

Введены основные понятия для правильности проектирования и расчета тягового узла.

В первом разделе описывается цель ремоторизации КТМ 690 Duke. Описана методология осуществления реинжиниринга на примере конструкции мотоцикла КТМ 690 Duke, а также проведен анализ рынка электрических мотоциклов.

Во втором разделе проведен тягово-динамический расчет.

В третьем разделе подобраны электрических компонентов, произведён расчет необходимой батареи, проведен анализ защитных элементов электромотоцикла.

В четвертом разделе описаны основные требования к безопасности и экологичности выполнения работ.

Итогом работы является цифровая модель прототипа, а также полностью изготовленный электрический мотоцикл, который соответствует всем требованиям передвижения по дорогам общего пользования.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки в размере 81 страницы, содержащей 22 таблиц, 41 рисунков и графической части, содержащей 7 листов.

Abstract

The title of the graduation work is «Remotorization of motor vehicles based on KTM 690 Duke ».

The aim of the work is to electrify a motorcycle based on the KTM 690 Duke, which meets the requirements of the federal law on road safety, as well as providing high dynamic characteristics compared to this motorcycle with an internal combustion engine.

The graduation work may be divided into several logically connected points which are: description of the reverse engineering methodology, carrying out traction and dynamic calculations, selection of electrical components for an electric motorcycle. Description of the economic significance of the project, as well as a description of the main requirements for the safety and environmental friendliness of the project.

Finally, we present the work on the successful creation of a prototype electric motorcycle, carried out on the basis of the KTM 690 Duke motorcycle, which allows to increase the service life of transport, increase its dynamic characteristics.

In conclusion, I'd like to stress this work is relevant in solving the problem of the Russian motor vehicle market under sanctions. Such technological and constructive solutions allow to solve similar problems for different types of vehicles.

The senior paper consists of an introduction, eight parts, a conclusion, tables, list of references including foreign sources and the graphic part on 7 A1 sheets.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса.....	7
1.1 Актуальность.....	7
1.2 Методология обратного проектирования с использованием 3d-скана	8
1.3 Обзор аналогов	22
1.3.1 SUR-RON Light BEE X.....	23
1.3.2 Super Soco TC	25
1.3.3 ECO Honda CB150R MK	26
1.3.4 ECO Ducati Paginal PRO Black.....	28
1.3.5 Электрический мотоцикл на базе KTM 690 Duke	29
1.3.6 Сравнительный анализ представленных моделей электрических мотоциклов	31
2 Тягово-динамический расчёт для прототипа электрического мотоцикла KTM 690 Duke	35
2.1 Исходные данные.....	35
2.2 Тягово-динамический расчет.....	36
3 Разработка конструкции прототипа электрического мотоцикла	52
3.1 Основные сведения, необходимые для проектирования электрической силовой установки	52
3.2 Подбор электрокомпонентов для электрического прототипа.....	54
3.2.1 Электродвигатель.....	54
3.2.2 Расчет тяговой батареи для прототипа.....	56
3.2.3 Контроллер двигателя	62

3.3 Разработка элементов безопасности	63
3.4 Валидация жесткости рамы мотоцикла	64
4 Безопасность и экологичность технического объекта	68
Заключение	76
Список используемой литературы	77
Приложение А Спецификация к сборочному чертежу рамы электромотоцикла	80

Введение

Реинжиниринг в области автомобилестроения представляет собой процесс обновления конструктивных и технологических решений с целью улучшения эксплуатационных характеристик, повышения эффективности и снижения негативного воздействия на окружающую среду. В России реинжиниринг автомобилей приобретает все большую актуальность в связи с необходимостью адаптации к современным экологическим требованиям и повышением конкурентоспособности отечественных автомобильных производителей на мировом рынке.

Целью данной работы является осуществление процесса ремоторизации мотоцикла KTM 690 Duke, соответствующий требованиям федеральному закону о безопасности дорожного движения, а также обеспечивающий высокие динамические характеристики, относительно мотоцикла на двигателе внутреннем сгорании.

В связи с этим был определен ряд задач:

- описать техническое решение проекта,
- выполнить сканирования с последующей оцифровкой каждой детали мотоцикла KTM 690 Duke,
- провести анализ рынка,
- определить исходные данные, провести тягово-динамические расчеты,
- подобрать электрокомпоненты,
- провести валидацию жесткости рамы после извлечения мотора,
- провести анализ безопасности и экологичности проекта.

Во время работы над проектом была проведена научно-исследовательская работа на тему «Модернизация мототранспорта через реинжиниринг силовой установки». В рамках НИР исследовалась актуальность внедрения реинжиниринга в производственные процессы инженерных центров в РФ, его своевременность и востребованность.

1 Состояние вопроса

1.1 Актуальность

В последние годы электрификация транспорта превратилась в важный аспект автомобильной индустрии. Электрический транспорт решает ряд глобальных проблем, включая снижение уровня шума в городах, уменьшение выхлопных газов и избыточного тепла, а также снижение высоких затрат на топливо. Электромобили уже продемонстрировали свою эффективность и преимущества, обеспечивая низкий уровень выбросов и экономию средств благодаря отсутствию необходимости в покупке топлива.

Популярность сегмента электрической мототехники обусловлена глобальной тенденцией электрификации транспорта, а также связана с тем, что эксплуатация (подзарядка) электрического транспортного средства может обойтись в 2-3 раза дешевле по сравнению с заправкой топливом бензинового ТС. Также следует учитывать, что электротранспорт является малозумным и не выделяет вредных выбросов на этапе эксплуатации, т.е. его выгодно использовать на природе в туристических целях: для езды по бездорожью, мото-туров, езде по парковым зонам и т.д. Данная сфера использования мотоциклов в России становится сейчас особенно актуальной в связи с увеличением популярности внутреннего туризма в стране.

Одним из ключевых преимуществ электрификации и переоборудования является повышение динамических характеристик. Электрические силовые установки обеспечивают мгновенную доступность к максимальному крутящему моменту, что приводит к более быстрой реакции на управление и улучшению общей динамики движения [26]. Благодаря этому, транспортные средства становятся более маневренными, отзывчивыми и безопасными для использования [13].

Переход на электрическую силовую установку предполагает изменение множества систем в транспортном средстве, таких как система охлаждения, тормозная система, электроника, шасси транспорта.

Для успешной замены необходимо иметь точную цифровую модель, отражающую геометрию всех компонентов транспортного средства, пространственных размеров. В этом помогает 3D-сканер, который позволяет получить высокоточное воспроизведение формы и размеров деталей. Это особенно важно при разработке новых компонентов или интеграции электрической силовой установки в существующую конструкцию.

Цифровая модель, созданная на основе данных, полученных с помощью 3D-сканера, становится основой для расчетов и анализа, необходимых для выбора правильных компонентов и оптимизации процесса переоборудования.

1.2 Методология обратного проектирования с использованием 3d-скана

В сфере автомобилестроения точность геометрии является главным параметром при проектировании транспорта. 3D-сканер позволяет получить цифровую модель с высокой точностью, при этом сократить время и расходы на этапе разработке. Этот метод основан на измерении расстояния до объекта с использованием лазеров, световых проекторов или камер. Затем собранные данные обрабатываются компьютером для создания точной цифровой реплики объекта. Данный процесс обеспечивает высокую точность и детализацию 3D-моделей объектов. Достаточно распространен и широко применяется в разных сферах. В автомобилестроении 3D-сканеры применяются для анализа геометрии, обратного инжиниринга, оптимизации производства и персонализации [16].

Одной из главных проблем, с которыми пришлось столкнуться при работе над проектом электрификации мотоцикла является необходимость оцифровки и компоновки электрических компонентов, таким образом, чтобы

была возможность быстрого демонтажа и ремонта узлов и деталей. Также в перспективе обеспечить возможность улучшения конфигурации транспортного средства [24].

Для решения данной проблемы мы воспользовались возможностью 3D-сканера. Для данной работы выбрали 3D-сканер от российского производителя Scanform. Scanform L5 это ручной портативный 3D-сканер, работающий по принципу определения положения точек в пространстве на поверхности сканируемого объекта методом оптической триангуляции, на основе измерений, полученных во время проекции лазеров на поверхность сканируемого объекта. Сканер обладает пятью лазерами и двумя оптическими камерами. Лазерные лучи проецируются на поверхность объекта, формируя деформированный рисунок. На основе снимков камеры происходит фиксация формы, после чего, в специализированной программе проводится расчёт расстояния до каждой точки в поле зрения одного кадра. На основе серии снимков производится построение трехмерной модели в виде облака точек.

На первом этапе использования сканера необходимо провести калибровку измерительного устройства. Калибровка подразумевает под собой настройку параметров лазерных лучей и камер. Материалы, из которых сделан 3D-сканер, подвержены внешним температурным изменениям, в следствии которых происходят изменения взаимного расположения оптических элементов. Во время калибровки устройства программное обеспечение корректирует оптические и геометрические параметры сканера [14].

На рисунке 1 изображена калибровочная плита, которая необходима для настройки камер сканера. Она представляет собой углепластиковую пластину, на которую нанесен лист с отверстиями под базирующие метки. Настройка проходит в специализированной программе от производителя 3D-сканера.



Рисунок 1 – Калибровочная плита

В первую очередь необходимо запустить программу и подключить донгл-ключ для запуска программного обеспечения, после чего подсоединить сканирующее устройство к девайсу. Перейти во вкладку калибровка камер и приступить к настройке. В дальнейшем необходимо провести настройку лазеров. Необходимо перейти в соответствующий раздел. В целях проведения калибровки лазеров, необходимо найти ровную, светлую площадку и с помощью плавных движений перемещать сканер в интервале 25-55 см, относительно линии, которая отображается в программном обеспечении.

После завершения калибровки 3D-сканера можно приступить к подготовке поверхности для сканирования. Данному 3D-сканеру, для определения положения и ориентации объекта в пространстве необходимы светоотражающие маркеры, изображенных на рисунке 2.

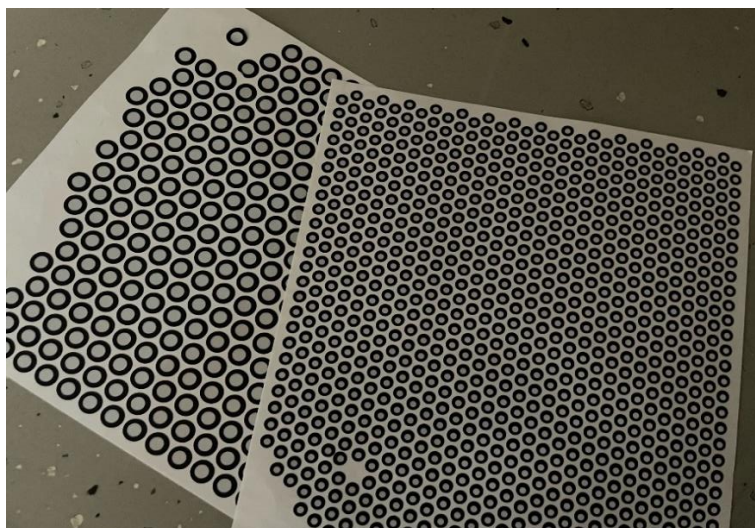


Рисунок 2 – Светоотражающие маркеры

Помимо этого, метки выполняют важную функцию на этапе постобработки. Во время синхронизации сканов позволяют их объединять между собой с большой точностью и скоростью. Наносить маркеры можно как на сам объект, так и на поверхность платформы, на котором расположен этот объект. Нельзя располагать метки равномерно, так как это может привести к сбою при сканировании, также не следует их располагать на острые грани, неравномерные пересечения, а также близко друг к другу [26]. Также не следует использовать дефектные метки. Они не должны быть мятыми, рванными или повреждёнными, так как напрямую зависят на результат сканирования. Для корректной работы устройства в обзор камер всегда должно попадать минимум 4 метки, которые будут ориентиром для измерительного прибора. В некоторых случаях, возможно, использования магнитных маркеров, изображенных на рисунке 3.



Рисунок 3 – Магнитные маркеры

При сканировании необходимо определить тип поверхности.

Поверхности могут различаться:

- гладкие,
- текстурированные,
- отражающие,
- прозрачные,
- многокомпонентные.

К гладким поверхностям относятся детали, не имеющие выраженных дефектов, шероховатостей или текстур, такие как архитектурные элементы, статуи. К текстурированным относятся такие детали, поверхность которых обладают рельефом или текстурой. Для таких поверхностей потребуется провести дополнительную обработку. Некоторые материалы, такие как стекло, металл или глянцевый пластик, могут отражать свет, что затрудняет сканирование. Для сканирования таких поверхностей необходимо воспользоваться матирующим спреем, обладающий специальным аэрозольным составом, способствующий матированию поверхности, способствующий уменьшению отражения и бликов. Также существуют

объекты, поверхность которых может включать в себя несколько различных материалов. Для сканирования таких тел, необходимо использовать комбинированные методы. В процессе сканирования потребуется менять яркость лазеров, что позволит получить более качественный скан объекта.

Сканированию подвергнется каждая из деталей мотоцикла КТМ 690 Duke. Для примера проведем полный цикл сканирования фары. Данная деталь включается в узел светотехники. Устанавливается в фартук, в который входит 5 компонентов. Поэтому для сборки необходимо получить точные габаритные и посадочные размеры фары.

Так как размеры фары невелики, сканирование детали будет осуществляться на поворотной платформе, изображенная на 4 рисунке. При таком методе сканировании метки лучше располагать как на самой платформе, так и на детали. Внешний диаметр меток 10мм, внутренний 6 мм.

Внешняя часть фары состоит из стекла и пластика, поэтому было принято решение использовать аэрозольный матовый спрей.



Рисунок 4 – Подготовка поверхности фары к сканированию

На следующем этапе необходимо настроить параметры сканирования. Для этого нужно перейти в раздел настройки. При сканировании использовались стандартные настройки ПО за исключением разрешения. Разрешение – минимальное расстояние между захваченными точками на заданном расстоянии сканирования. Чем выше разрешение, тем плотнее облако точек сканирования. В случае, если важна высокая детализация 3D модели, то разрешение стоит повысить. В нашем случае детализация не сильно важна, поэтому выбираем разрешение равное 0,4 мм.

После чего необходимо перейти в раздел поиск точек. При помощи камер, программа определяет, распознаёт и анализирует расположение каждого маркера. Запускаем процесс поиска маркеров, плавными движениями перемещаем 3D-сканер по всей поверхности сканируемой детали, где расположены точки. Стоит обратить внимание на индикатор, который показывает на каком расстоянии располагать сканер относительно объекта. На рисунке 5 изображен конец операции поиска точек. На экране отображаются множество фиксированных маркеров, относительно которых будет производиться сканирование.

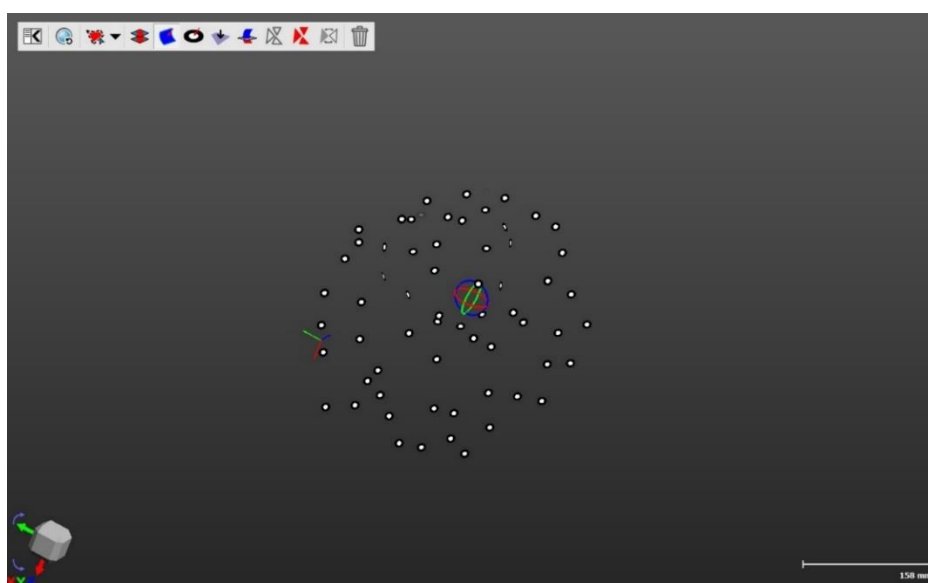


Рисунок 5 – Облако светоотражающих маркеров

Следующим этапом является непосредственное сканирование поверхности. Необходимо провести несколько сканов данного объекта с разных ракурсов, особую сложность представляет собой сканирование в труднодоступных местах. На рисунке 6 можно наблюдать процесс сканирования поверхности. При работе со сканом стоит учитывать, что некоторые части поверхности достаточно сложно отсканировать, например, глубокие отверстия, их необходимо будет дорабатывать на этапе постобработки. Осуществлять сканирование необходимо с большой осторожностью. Поворотная платформа состоит из двух деревянных пластинок и поворотного подшипника, который имеет небольшие биения, которые могут повлиять на качество скана. В результате сканирования получилось 7 сканов, которые включают в себя информацию о геометрии объекта в трехмерном пространстве.

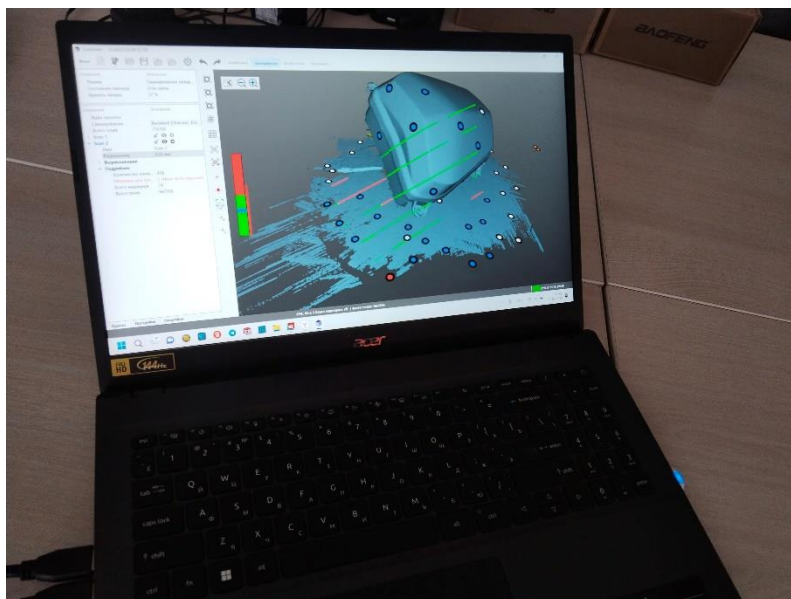


Рисунок 6 – Процесс сканирование поверхности фары

Во время процесса сканирования в обзор сканера попадали лишние элементы, которые необходимо почистить. Также желательно оставить светоотражающие маркеры, которые были нанесены на сам объект. При их

помощи гораздо проще осуществляется объединение сканов. Слияние сканов можно реализовать и без маркеров, но результат будет иметь небольшую погрешность.

Объединение сканов осуществляется во вкладке облако точек. Существует два способа объединения – автоматический и полуавтоматический. Автоматический способ объединения достаточно простой. Для этого требуется использовать инструмент «объединения сканов через маркеры». Этот инструмент позволяет обеспечить точное выравнивание объектов в трехмерном пространстве без участия пользователя. Полуавтоматический способ представляет собой ручной поиск общих точек. Необходимо определить минимум 5 точек на общей площади двух сканов, после чего выполнить операцию точного выравнивания точек. Выполнять данную операцию следует до тех пор, пока точность погрешности не будет удовлетворять вашим требованиям. Так как на нашем объекте существуют светоотражающие метки, используем автоматический способ выравнивания.

Дальнейшая работа подразумевает под собой обработку облака точек. Следует воспользоваться инструментом «Поверхность» и построить поверхность сканов. В данной вкладке также предоставляется возможность восстановления модели с помощью инструмента "заполнение дыр", который позволяет автоматически заполнять пробелы или пустоты в модели, повышая ее целостность. Также необходимо воспользоваться инструментом «выравнивайте вручную». На рисунке 7 можно наблюдать выравнивание поверхностей сканов, относительно координат. Выравнивание скана осуществлялось в ручном режиме. Он представляет собой создания базовых плоскостей, которые служат опорой для редактирования положения сканов в пространстве.

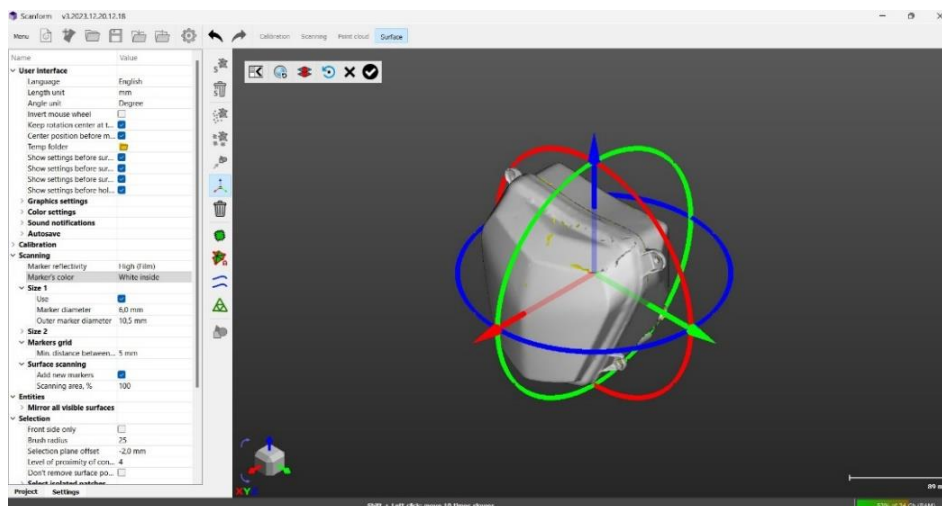


Рисунок 7 – Выравнивание модели относительно системе координат

После завершения выравнивания детали, ее необходимо импортировать в CAD программу, где будет осуществлена постобработка скана. Импортировать деталь будем в формате stl, так как данный формат является одним из самых распространенных в сфере трехмерного моделирования. STL файл необходимо экспортировать в специализированную программу, в нашем случае Siemens NX. Постобработка сканов – это процесс очистки и восстановления данных сканирования с последующим построением твердотельной 3D-модели. На первой стадии необходимо исправить дефекты, которые остались на полигональной модели. Лишние элементы необходимо удалить, используя инструмент «cut». Функция «Fill hole», предоставляет возможность избавиться от оставшихся отверстий в скане. Далее необходимо приступить к обратному проектированию.

Для создания твердотельной модели из скана можно применять два подхода. Один из них – это построение модели с использованием инструментов поверхностного моделирования. Также, если модель имеет сложную или биометрическую форму, возможно использовать функцию «Авто поверхность». Когда модель имеет посадочные элементы, их необходимо спроектировать вручную, после чего объединить с авто поверхностью. В нашем случае лучше всего использовать полное

проектирование вручную. Для этого требуется воспользоваться инструментом «Rapid Surfacing» [17]. Данный плагин позволяет работать с поверхностями свободной формы. Однако перед тем, как начать работу, необходимо произвести условное упрощение полигональной модели, то есть разделить ее на сектора. Это позволит получить более точный результат обработки, изображено рисунок 8.

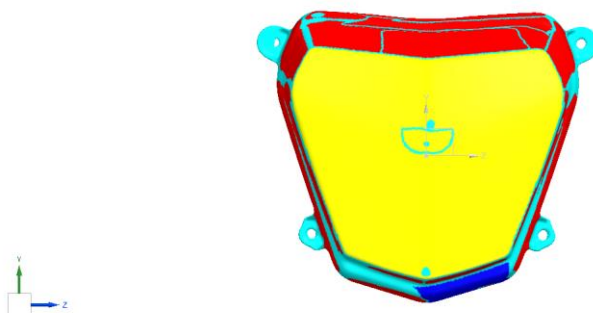


Рисунок 8 – Разбиение полигональной модели на сектора

Процесс разделения осуществляется программой в автоматическом режиме, но важно правильно настроить параметры, обеспечить оптимальное количество секторов. Обладая оптимальным количеством секторов, можно облегчить создание простых поверхностей первого и второго порядка.

На следующем этапе работы с моделью требуется создать поверхности, касающиеся каждого из ранее полученных секторов. Поверхности создаются таким образом, чтобы их можно было обрезать друг относительно друга, образуя замкнутую сложную поверхность. После объединения всех поверхностей, программа автоматически создает твердое тело, заполняя пустоты. На рисунке 9 можно наблюдать результат создания твердотельного тела.



Рисунок 9 – Твёрдотельная 3d-модель, результат постобработки скана

После завершения создания 3D-модели, необходимо провести проверку уровня кривизны твердотельной модели. Данный анализ поможет определить, близость поверхности к идеальной сферической или плоской форме. Анализ кривизны является ключевым инструментом для оценки качества поверхности, поскольку он дает возможность определить уровень гладкости или неровности поверхности.

Рисунок 10 показывает, что поверхность обладает незначительными неровностями, которые образовались во время сканирования на поверхности сканируемой детали. В случае, если дефект сильно выражен, его можно исправить при помощи инструмента «X- Form».

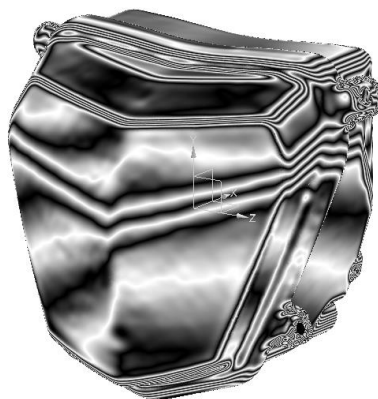


Рисунок 10 – Анализ кривизны поверхности модели

Эти шаги необходимо повторить для каждого компонента фартука. После этого необходимо собрать узел. Фартук состоит из пяти компонентов:

- визор,
- задний корпус,
- корпус поворотников,
- фара,
- корпус фары.

Каждая деталь подверглась сканированию и созданию твердотельной модели. Как только все детали были созданы, необходимо осуществить сборку фартука (Рисунок 11).

В таком порядке проводятся работы для каждого узла мотоцикла. После чего необходимо перейти к общей сборке цифровой модели мотоцикла. Для этого было принято решение отсканировать мотоцикл полностью. При сканировании всего мотоцикла было использовано 396 маркеров, произведено 5 сканов, после чего объединённых между собой. Относительно скану мотоцикла производится замер базирующих точек, эти точки служат ориентирами для корректной установки моделей в общей сборке. Точные базовые точки включать в себя такие элементы, как оси колес, крепления кузовных элементов, точки крепления двигателя, осевые точки труб рамы, крепление трансмиссии. Они необходимы для сборки и интеграции новой силовой установки [20].



Рисунок 11 – Сборка фартука KTM 690 Duke

Эти данные использовались для создания цифровой модели мотоцикла, которая затем использовалась в производственном процессе для точной установки компонентов. Правильное расположение базовых точек обеспечивает точное выравнивание всех компонентов мотоцикла в процессе сборки. Что достаточно важно для избежание излишнего износа, неточной геометрии узлов, перегрузке компонентов. Некорректный выбор базовых точек может усложнить процесс ремонта мотоцикла.

Следующим этапом является полная сборка цифровой модели мотоцикла. Каждый компонент размещается в цифровой модели в соответствии с его физическим расположением на мотоцикле. Базовые точки используются для корректного позиционирования компонентов относительно друг друга. «Проводится проверка совместимости и соответствия компонентов между собой с учетом их размеров, форм и функций. Данный этап достаточно важен для обеспечения правильной установки и эксплуатации мотоцикла. Цифровая модель корректируется и оптимизируется для повышения точности, производительности и реалистичности. Цифровую модель мотоцикла можно увидеть на рисунке 12» [18].



Рисунок 12 – Цифровая модель мотоцикла KTM 690 Duke

Методология, описанная выше, доказала свою практическую эффективность, позволяя получить высокую точность, скорость работы и сократить затраты на ресурсах. Это позволяет значительно ускорить процесс разработки и снизить затраты на производство, в результате чего достигается повышение конкурентоспособности продукции.

1.3 Обзор аналогов

Одним из важных аспектов при разработке конструкции электротранспорта является анализ существующих аналогов, исследований в области проектирования электротранспорта. Такой анализ позволяет выявить успешные решения, технические инновации и потенциальные улучшения, которые могут быть применены в новых проектах. Такой подход способствует разработке более эффективных, безопасных и удобных для использования транспортных средств на основе уже существующих технологий.

Для определения лучшей модели необходимо провести сравнительный анализ по ряду характеристик, таких как:

- SUR-RON Light BEE X;
- Super Soco TC;
- ECO Honda CB150R MK;
- ECO Ducati Panigale PRO Black.

Необходимо провести сравнение по следующим характеристикам:

- грузоподъёмность;
- аккумулятора;
- максимальная скорость;
- запас хода;
- стоимость;
- мощность двигателя.

1.3.1 SUR-RON Light BEE X

Sur-Ron Light Bee X – электрический внедорожный мотоцикл, выпускаемый компанией Sur-Ron, китайским производителем электромобилей, предназначенная для любителей бездорожья, которые ищут мощный и универсальный электрический байк.

Легкий Bee X оснащен облегченной алюминиевой рамой, подвеской с увеличенным ходом и агрессивными шинами для бездорожья, что позволяет ему с легкостью преодолевать различные участки местности. Его электрический двигатель обеспечивает мгновенный крутящий момент и плавное ускорение, а съемный литий-ионный аккумулятор обеспечивает достаточный запас хода для приключений на бездорожье. В таблице 1 и на рисунке 13 произведем анализ транспорта.



Рисунок 13 – Электромотоцикла Sur-Ron Light Bee X

Таблица 1 – Технические характеристики электромотоцикла Sur-Ron Light Bee X

Параметры	Грузоподъёмность, кг	Емкость батареи, Ач	Максимальная скорость, км/ч	Мощность двигателя, кВт	Запас хода, км	Стоимость, тыс.руб.
Значение	100	38	75	6	75	400

Sur-Ron Light Bee X представляет собой электрический мотоцикл, который выделяется своей легкостью и маневренностью благодаря алюминиевому каркасу. Он привлекателен для любителей экстремального вождения и приключений на бездорожье. Цена этой модели находится в среднем ценовом сегменте рынка. Ограниченный запас хода, который ограничивает время использования до двух часов, и запрет на езду по общественным дорогам сокращают число потенциальных покупателей.

1.3.2 Super Soco TC

«Электрический мотоцикл, который сочетает в себе ретро-стиль и передовые технологии, делая ее уникальной на рынке электротранспорта. Эта прекрасная машина обеспечит максимальный комфорт благодаря регулируемому сиденью с тремя положениями. Высококачественное освещение включает динамический прожектор LED, который обеспечивает яркое и четкое освещение даже в темное время суток. Световые индикаторы поворотов обеспечивают безопасность, соответствуя стандартам безопасности ЕС. Складные подножки для пассажиров и регулируемые подножки для водителя обеспечивают максимальный комфорт во время поездки. Благодаря дисковому тормозу, торможение становится надежным и четким. Емкость аккумулятора позволяет ездить на одном заряде до 100 км, что является большим преимуществом по сравнению с другими электрическими мотоциклами» [23]. Рассмотрим характеристики мотоцикла на рисунке 14 и выпишем технические характеристики в таблицу 2.



Рисунок 14 – Электромотоцикла Super Soco TC

Таблица 2 – Технические характеристики электромотоцикла Super Soco TC

Параметры	Грузоподъёмность, кг	Ёмкость батареи, Ач	Максимальная скорость, км/ч	Мощность двигателя, кВт	Запас хода, км	Стоимость, тыс.руб.
Значение	75	30	85	3	70	270

Преимуществом данной модели является его ретро стиль, который придает мотоциклу уникальный и привлекательный вид. Благодаря относительно низкой цене в своем сегменте, этот мотоцикл становится доступным для широкого круга потребителей, что делает его еще более привлекательным выбором. Super Soco T может использоваться на общественных дорогах. Недостатком этой модели является ограниченный запас хода, транспорт не подходит для длительных поездок или передвижении на большие расстояния.

1.3.3 ECO Honda CB150R MK

«ECO Honda CB150R MK выделяется продуманной конструкцией, объединяющей современный и футуристический дизайн. Среди его отличительных черт можно отметить эргономичные формы, которые не только обеспечивают удобство вождения, но и подчеркивают его визуальную привлекательность. Благодаря сочетанию привлекательного внешнего вида и превосходных технических характеристик, этот мотоцикл стал невероятно популярным среди мотолюбителей. Применение современных технологий и материалов в конструкции обеспечивает надежность и долговечность, делая его идеальным выбором для широкого круга пользователей» [22].

Дополнительные характеристики и параметры мотоцикла представлены на рисунке 15 и в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики электромотоцикла ECO Honda CB150R МК

Параметры	Грузоподъёмность, кг	Ёмкость батареи, Ач	Максимальная скорость, км/ч	Мощность двигателя, кВт	запас хода, км	Стоимость, тыс.руб.
Значение	150	60	110	5	100	570



Рисунок 15 – ECO Honda CB150R МК

Мотоцикл оснащен интегрированной системой управления электронными компонентами, которая обеспечивает оптимальную работу всех систем. Его футуристический дизайн и высокие технические характеристики делают его привлекательным для современных пользователей. Однако, одним

из недостатков является цена, которая может значительно увеличиваться в зависимости от выбранной конфигурации и дополнительных опций. Несмотря на это, его преимущества, такие как надежность, производительность и инновационные технологии, делают его востребованным среди мотолюбителей, готовых инвестировать в качество и передовые решения.

1.3.4 ECO Ducati Paginal PRO Black

«Данный электромотоцикл, является визуальной копией известного мотоцикла «Panigale». Создан для высокопроизводительного использования, как на трассе, так и в бездорожных условиях. Он отличается мощностью, передовыми технологиями и инновациями, представляя собой высококлассное итальянское мотоциклетное искусство и стиль. Обладает мощным двигателем, легкой конструкцией, обеспечивая превосходную производительность» [21]. Рассмотрим технические характеристики электрического мотоцикла на рисунке 16 и в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики электромотоцикла Ducati Panigale PRO Black

Параметры	Грузоподъёмность, кг	Емкость батареи, Ач	Максимальная скорость, км/ч	мощность двигателя, кВт	запас хода, км	Стоимость, тыс.руб.
Значение	200	120	135	3,9	120	800

Одним из ключевых преимуществ этого мотоцикла является его дизайн, вдохновленный культовым мотоциклом «Panigale», что придает ему уникальный и стильный вид. Высокие технические характеристики позволяют использовать мотоцикл в самых разнообразных условиях, обеспечивая надежность и производительность. Покупая этот мотоцикл, пользователь

может выбрать конфигурацию, которая наилучшим образом соответствует его индивидуальным потребностям и предпочтениям.

Тем не менее, стоит отметить некоторые недостатки. Цена мотоцикла может оказаться высокой для некоторых пользователей, а стоимость ремонта также может быть значительной из-за ограниченной серии производства и возможной сложности в поиске запчастей. Несмотря на эти минусы, мотоцикл привлекает внимание своим качеством, передовыми технологиями и уникальным дизайном, делая его желанным выбором для энтузиастов и коллекционеров.



Рисунок 16 – Ducati Panigale PRO Black

1.3.5 Электрический мотоцикл на базе KTM 690 Duke

Данное транспортное средство разрабатывается на основе мотоцикла KTM 690 Duke. Использование новых технологий позволяющие получить

цифровую модель, с возможностью проектирования новой силовой установки. Данный мотоцикл обладает отличительными чертами относительно КТМ 690 Duke с традиционным двигателем. Интегрированная силовая установка делает транспорт более тихим и экологичным. Наша технология позволяет получить более динамичное транспортное средство, с возможностью использования его как на дорогах общего пользования, так и на пересечённых местностях. Также обладает дополнительными аэродинамическими элементами. Данное транспортное средство обладает 4 kW двигателем со встроенным редуктором, благодаря чему балансируется крутящий момент со скоростью, обеспечивая высокие динамические характеристики. Большой аккумулятор с емкостью 60000 mAh позволяет транспорту передвигаться на большие расстояния, с достаточным запасом хода. Рассмотреть данное транспортное средство можно на рисунке 12. Технические характеристики размещены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики электромотоцикла Super Soco TC

Параметры	Грузоподъёмность, кг	Емкость батареи, Ач	Максимальная скорость, км/ч	Мощность двигателя, kW	Запас хода, км	Стоимость, тыс.руб.
Значение	200	60	80 (110)	4	110	200

Одним из главных преимуществ мотоцикла являются его инновационные технические решения. Возможность интеграции комплектов в любое транспортное средство с вышедшим из строя двигателем при ограниченных ресурсах является оптимальным решением для потребителей. Универсальные крепления, отличающиеся высокой функциональностью, позволяют производить мотоциклы с единой конструкцией, в которую можно установить электрические силовые установки различных параметров в зависимости от требований заказчика. К тому же, конструкция креплений

силовой установки настолько проста, что её установка не вызывает трудностей.

Дополнительным преимуществом является высокая ремонтпригодность и доступность комплектующих, что делает обслуживание более экономичным и удобным. Это особенно важно в условиях ограниченного доступа к специализированным ремонтным центрам. Мотоцикл также оснащен передовыми системами безопасности и эргономичными элементами, что повышает комфорт и безопасность при вождении. Всё это делает данный мотоцикл привлекательным выбором для широкого круга пользователей, обеспечивая надежность и удобство эксплуатации в различных условиях [6].

1.3.6 Сравнительный анализ представленных моделей электрических мотоциклов

«Для достоверной оценки качества технологического оборудования необходимо учитывать все показатели качества и формализовать оценки процесса. В случае если единичные показатели качества P_i могут быть выражены количественно, то их уровень может быть соотнесен со значением показателя, принятого за базу P_{i0} . Когда увеличение абсолютного значения единичного показателя качества приводит к улучшению качества, уровень показателя выражают отношением $U_i = P_i / P_{i0}$ » [12].

«В противном случае, когда увеличение приводит к ухудшению качества оборудования, уровень качества выражают отношением $U_i = P_{i0} / P_i$ » [12]. Таким образом, независимо от того, положительно или отрицательно влияет увеличение показателя на качество, улучшение всегда приводит к росту уровня качества по рассматриваемому показателю.

Создадим таблицу, в которую внесем все значения сравниваемых показателей объекта. Это позволит структурировать информацию и упростить её дальнейший анализ. В таблице 6 описаны технические характеристики сравниваемых объектов. Такая таблица позволит наглядно сравнить показатели и увидеть преимущества анализируемых объектов.

Таблица 6 – Технические характеристики сравниваемых транспортов

Сравниваемый объект	Грузоподъемность, кг	Емкость батареи, Ач	Максимальная скорость, км/ч	Мощность двигателя, кВт	Запас хода, км	Стоимость, тыс.руб.
Sur-Ron Light Bee X	100	38	75	6	75	400
Ducati Panigale PRO Black	200	120	135	3,9	120	800
Super Soco TC	75	30	85	3	70	270
ECO Honda CB150R MK	150	60	110	5	100	570
Прототип электрического мотоцикла	200	60	80	4	120	200

После анализа всех показателей сравниваемых объектов можно составить циклограмму технического уровня, которая визуальным образом представит результаты оценки. Циклограмму покажем на рисунке 17.

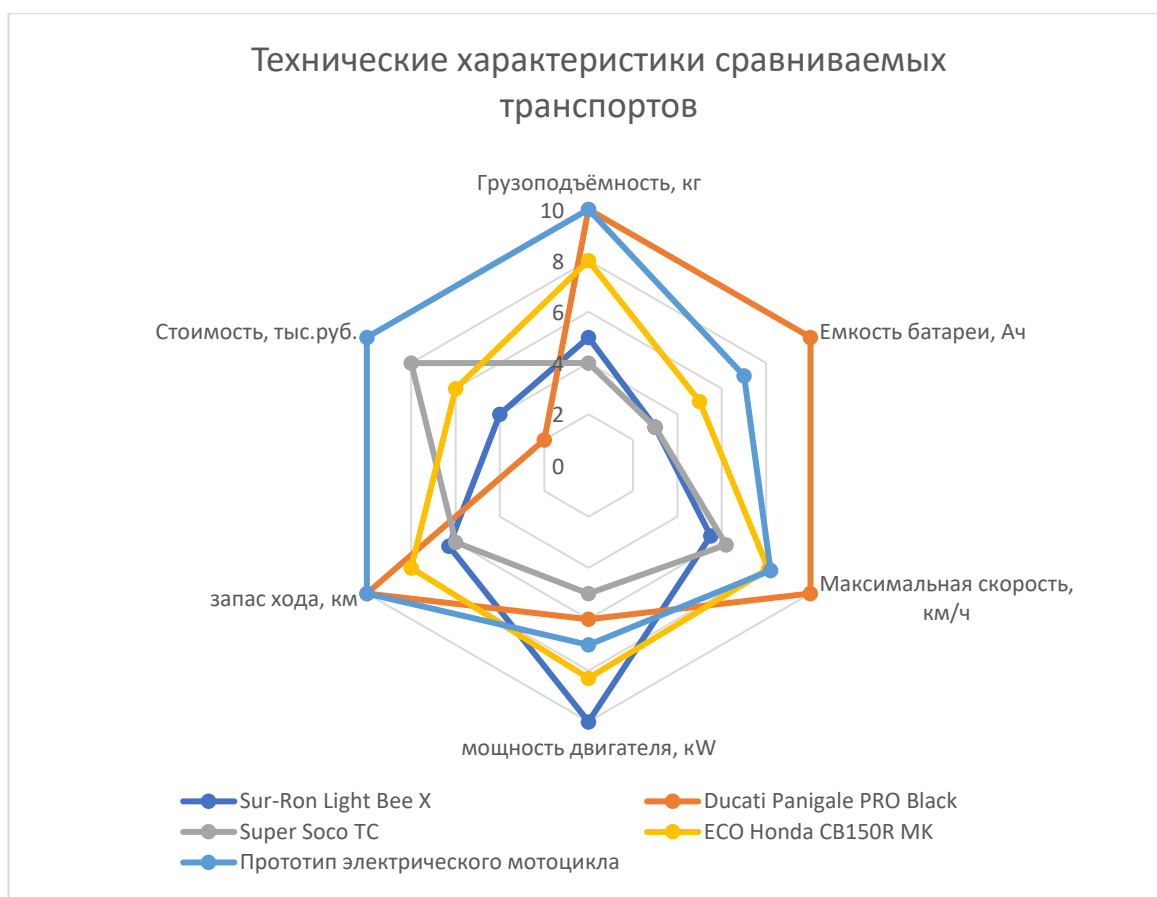


Рисунок 17 – Циклограмма технического уровня сравниваемых объектов

На циклограмме каждое значение уровня качества для соответствующего показателя будет представлено в виде точек или линий, что позволяет легко сравнить технические уровни различных объектов и определить области для улучшения. Кроме того, данная методика позволяет оценить эффективность изменений и инноваций в процессе разработки, улучшая качество и удовлетворение потребностей пользователей.

На диаграмме, изображена на рисунке 18, можно увидеть, что Ducati Panigale PRO Black доминирует по техническим характеристикам среди всех сравниваемых транспортных средств. Однако его главным недостатком является цена, которая значительно превышает стоимость всех остальных моделей. Мотоцикл ECO Honda CB150R MK демонстрирует достаточно сбалансированные показатели на графике. Остальные мотоциклы не сильно выделяются, так как ориентированы на другой сегмент рынка. Важно

отметить, что наш прототип также выглядит достойно на фоне более дорогих вариантов. Учитывая цену кит-комплекта, его характеристики значительно превосходят средние показатели на рынке, что делает его привлекательным предложением для потребителей.

Выводы по разделу

В данном разделе представлена методика реинжиниринга на примере модели мотоцикла KTM. В процессе работы была создана полная 3D-модель мотоцикла с использованием CAD-программы. Этот подход успешно продемонстрировал свою эффективность, обеспечив высокую точность, оперативность и оптимизацию затрат на ресурсы. Применение методологии реинжиниринга позволило не только ускорить процесс разработки, но и существенно повысить качество конечного продукта. Кроме того, был проведен анализ рынка электрических мотоциклов, что позволило выявить конкурентные преимущества прототипа по сравнению с аналогичными моделями других производителей.

2 Тягово-динамический расчёт для прототипа электрического мотоцикла KTM 690 Duke

2.1 Исходные данные

«Исходные данные для расчета тягово-динамических характеристик мотоцикла на базе KTM 690 Duke выведем в таблицу 7. Расчёт был проведён, используя подобный метод, который был применён в пособии» [19].

Таблица 7 – Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета

Параметры	Значение
Колесная формула	2x1
Количество мест	2
Снаряженная масса m_0 , кг	150
Максимальная скорость V_{max} , км/ч (м/с)	80(22.2)
Угловая скорость ω_{max} , рад/с (об/мин)	418,88 (4000)
ω_{max} Максимальная мощность двигателя N_e , кВт	16
ω_{max} Максимальный крутящий момент двигателя M_e , Н·м	108,88
Тип и размерность колеса	160/60 R17
Коэффициент аэродинамического сопротивления C_x	0,36
Величина максимального преодолеваемого уклона i , %	25
КПД трансмиссии $\eta_{тр}$	0,95
Габаритная ширина автомобиля B , мм	878
Габаритная высота автомобиля H , мм	1335
Коэффициент сопротивления качению f_0	0,05
Передаточные числа:	
Главной передачи U_0	2,6
Передача с понижающего редуктора	2.35

Исходные данные необходимы для расчёта параметров транспортного средства и определения его способности двигаться и преодолевать различные сопротивления в различных условиях эксплуатации.

2.2 Тягово-динамический расчет

Полная масса электромотоцикла рассчитывается по формуле 1.

$$m_a = m_0 + m_{ч} \cdot n + m_{б} \cdot n, \quad (1)$$

где m_0 – снаряженная масса болида, кг;

$m_{ч}$ – масса одного человека, кг; $m_{ч} = 75$ кг;

n – число пассажиров;

$m_{б}$ – вес багажа, кг.

$$m_a = 150 + 75 \cdot 2 + 10 \cdot 1 = 310 \text{ кг}$$

Полный вес мотоцикла рассчитывается по формуле 2:

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

где g – ускорение свободного падения, м/с².

$$G_a = 310 \cdot 9.81 = 3041,1 \text{ Н}$$

«Электрический мотоцикл имеет заднеприводную компоновку, принимаем распределение веса по осям в соотношении: 45% на передние колеса и 55% - на задние колеса» [19].

Вес, приходящийся на ведущие колеса:

$$G_2 = 0,55 \cdot G_a = 0,55 \cdot 3041,1 = 1672,6 \text{ Н}$$

Вес, приходящийся на ведомые колеса:

$$G_1 = 0,45 \cdot G_a = 0,45 \cdot 3041,1 = 1368,5 \text{ Н}$$

Параметры обтекаемости мотоцикла

Коэффициент обтекаемости мотоцикла рассчитывается по формуле 3:

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

где $\rho = 1,293$ – плотность воздуха в нормальных условиях, кг/м³.

$$k = \frac{0,36 \cdot 1,293}{2} = 0,233$$

Лобовая площадь мотоцикла рассчитывается по формуле 4:

$$F = 0,8 \cdot B \cdot H, \quad (4)$$

где B – габаритная ширина мотоцикла, м;

H – габаритная высота мотоцикла, м.

$$F = 0,8 \cdot 0,878 \cdot 1,335 = 0,938 \text{ м}^2$$

«Согласно выбранной ширине 160/60 R17, радиус качения данной шины рассчитывается по формуле 5:

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (5)$$

где $\lambda_z = 0,85$ – коэффициент вертикальной деформации;

H – высота профиля шины, м» [19].

$$r_k = 0.5 \cdot 0,43 + 0,85 \cdot 0,096 = 0,297 \text{ м}$$

Внешняя скоростная характеристика (ВСХ) двигателя

ВСХ двигателя рассчитывается по формуле 6:

$$Ne = N_{\max} \left[\frac{\omega e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega e}{\omega_N} \right)^3 \right], \quad (6)$$

где: ωe – текущее значение угловой скорости вала, рад/с;

ω_N – угловая скорость вала при максимальной мощности, рад/с.;

Ne – текущее значение эффективной мощности двигателя, Вт.

Для построения кривой эффективного момента M_e (Н · м) применяем формулу 7:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega e} \quad (7)$$

Рассчитываем зависимости $Ne(\omega e)$ и $M_e(\omega e)$. Результаты расчетов сводим в таблицу 8 и представляем в виде графика, на рисунке 18, 19. Для двигателя QS138 90Н, данные полученные от производителей при испытаниях со стенда, которые вы можете увидеть в таблице 8.

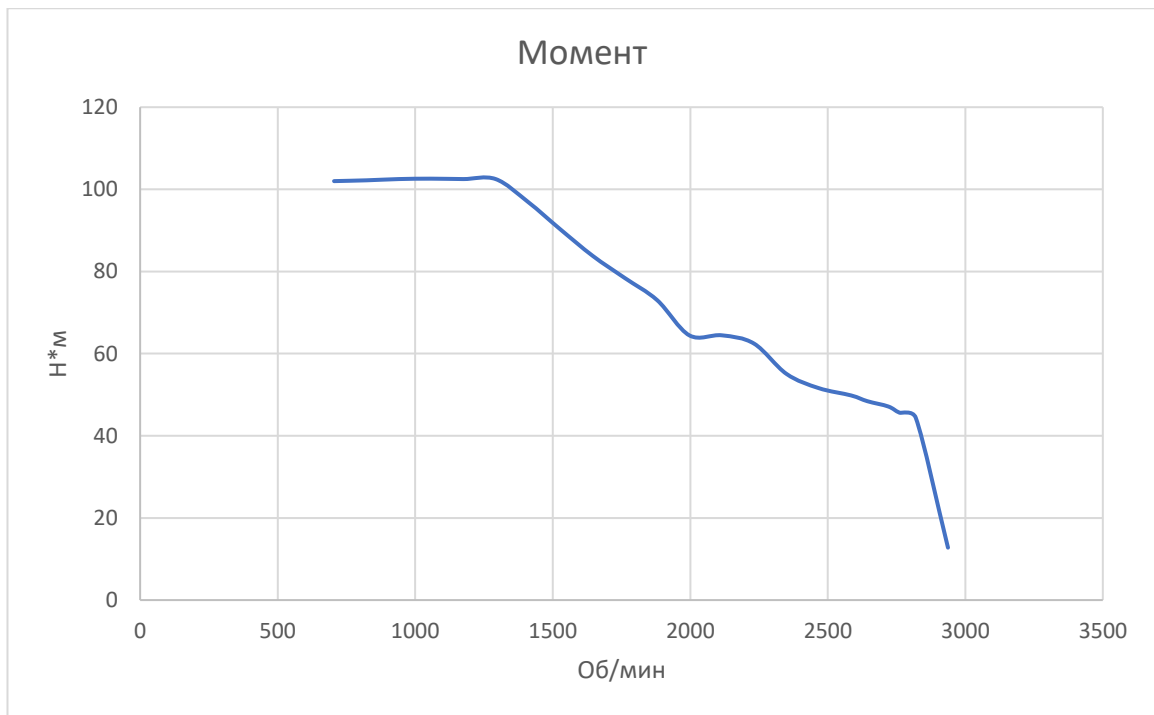


Рисунок 18 – График зависимости крутящего момента от частоты вращения с испытаний

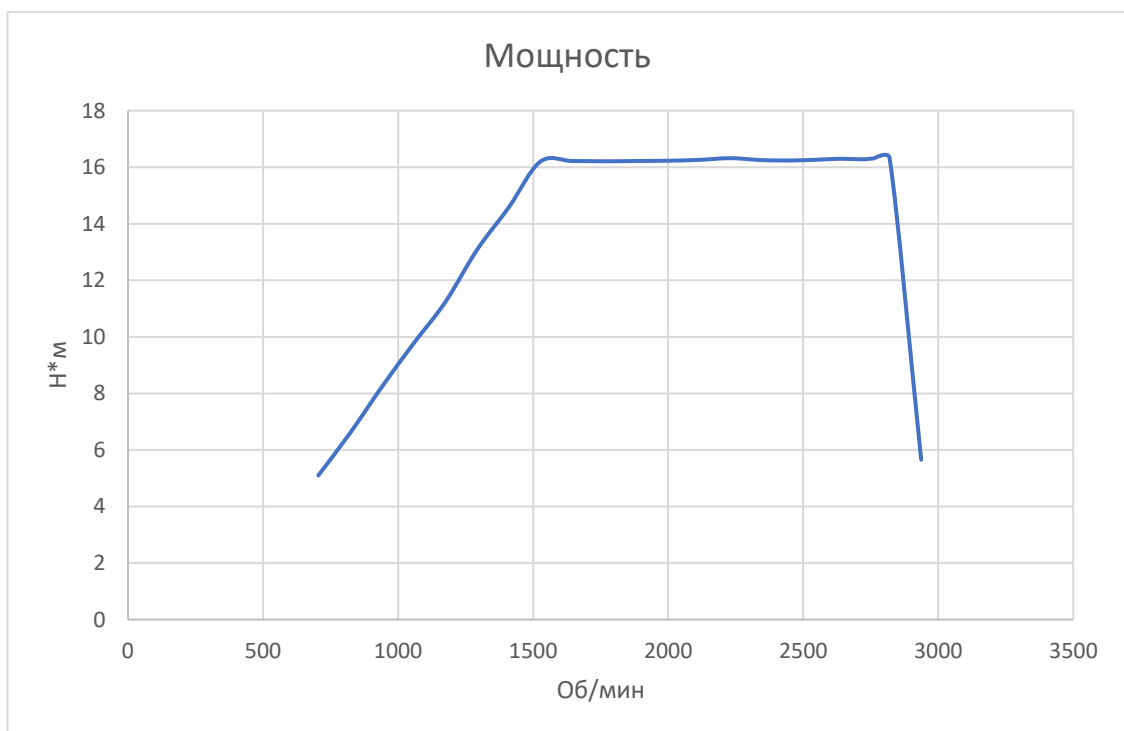


Рисунок 19 – График зависимости мощности от частоты вращения с испытаний

Таблица 8 – Результаты со стенда испытания двигателя

Me, Н · м	ne, об/мин	Ne, кВт
102	705	5,1
102,2	822,5	6,6
102,5	40	8,23
102,6	1057	9,76
102,5	1175	11,23
102,5	1292,5	13,08
96,95	1410	14,58
90,3	1527	16,2
83,82	1645	16,22
64,44	1997	16,23
64,46	2115	16,26
62,44	2232	16,32
55,06	2350	16,25
51,61	2467	16,24
49,82	2585	16,28
48,42	2644	16,3
47,13	2720	16,28
45,62	2761	16,31
44,38	2820	16,32
12,77	2937	5,65

Определение передаточного числа

«Передаточное число U_0 определяется, исходя из заданного значения максимальной скорости автомобиля и передачи, на которой мы хотим достигнуть эту скорость. Для того чтобы использовать транспортные средства в городе, в комфортных условиях передвижения, необходимо 3 скорости. В мотоцикле на электрической тяге отсутствует коробка переключения передач, потому исходя из этого подбираем главную передачу позволяющую достигнуть хороших показателей на разных покрытиях дороги» [10].

Расчет производится по данной формуле 8:

$$U_0 = \frac{r_k \cdot \omega_{\max}}{U_4 \cdot v_{\max} \cdot U_0} \quad (8)$$

$$U_0 = \frac{0,297 \cdot 310,14}{1 \cdot 22,3 \cdot 2,35} = 1,7$$

Силовой баланс прототипа

Уравнение силового баланса рассчитывается по формуле 9:

$$F_T = F_d + F_B + F_{и}, \quad (9)$$

где F_T – сила тяги ведущих колес, Н;

F_d – сила дорожного сопротивления, Н;

F_B – сила сопротивления воздуха, Н;

$F_{и}$ – сила сопротивления разгону болид, Н (не учитываем).

Силу тяги рассчитывают по формуле 10:

$$F_{Ti} = \frac{U_{ki} \cdot U_0 \cdot M_B - \eta_{Tp}}{r_k} \quad (10)$$

Сила аэродинамического сопротивления воздуха рассчитывается по формуле 11:

$$F_B = k \cdot F \cdot V_a^2 \quad (11)$$

Сила дорожного сопротивления автомобиля (без учета сопротивления подъему) рассчитывается по формуле 12:

$$F_D = G_a \cdot f, \quad (12)$$

где $f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{-V_a^2}{200}\right)$ – зависимость коэффициента трения качения от скорости движения электромотоцикла.

«Пользуемся выбранными при расчете ВСХ значениями ω_e , приводя в соответствие с ними скорости электрического мотоцикла. Результаты занесем в таблицу 9 и составим график, изобразив его на рисунок 20» [19].

Таблица 9– Результаты расчетов

Рсц	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670
об/мин	700	1200	1400	1800	2200	2400	2600	3000
ω_e	73,83	125,66	146,61	188,50	230,38	251,33	272,27	314,16
Me	102	102	96	75	63	53	49	12
V	3,5	5,97	6,96	8,95	10,94	11,93	12,93	14,91
Pt	2041	2038	1921	1500,84	1260,71	1060,59	980,55	240,13
Pв	5,42	15,69	21,36	35,32	52,75	62,78	73,68	98,09
Pд	62,18	62,90	63,30	64,28	65,50	66,20	66,97	68,68
F	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

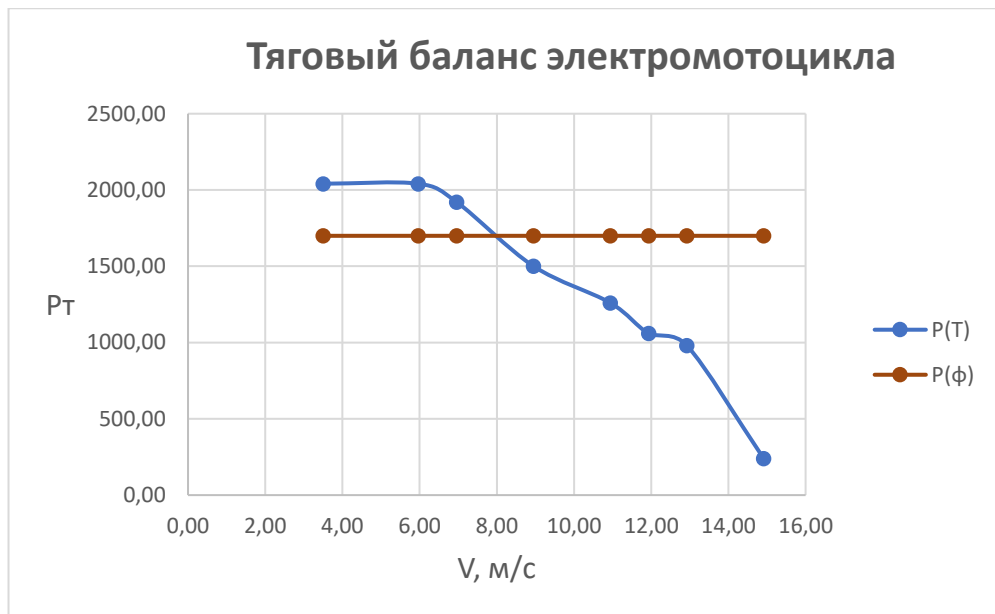


Рисунок 20 – Тяговый баланс боида

Динамическая характеристика автомобиля

При помощи формуле 13 и данным силового баланса рассчитываем и строим динамическую характеристику электромотоцикла, которая является графическим изображением зависимости динамического фактора D от скорости движения при полной загрузке мотоцикла» [19].

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_a} \quad (13)$$

Для того, чтобы учесть влияние буксования ведущего колеса необходимо определить динамический фактор по сцеплению.

$$D_{сц} \approx \frac{G_{сц} \cdot \varphi}{G_a} = \frac{2148,4 \cdot 0,8}{3041,1} = 0,56$$

Данные расчета заносим в таблицу 10 и представляем графически на рисунке 21.

Таблица 10 – Данные расчета динамической характеристики

Динамическая характеристика автомобиля								
$v_{(a)}$, м/с	3,50	5,97	6,96	8,95	10,94	11,93	12,93	14,91
Динамический фактор D	0,20	0,20	0,22	0,8	0,35	0,43	0,47	5,41

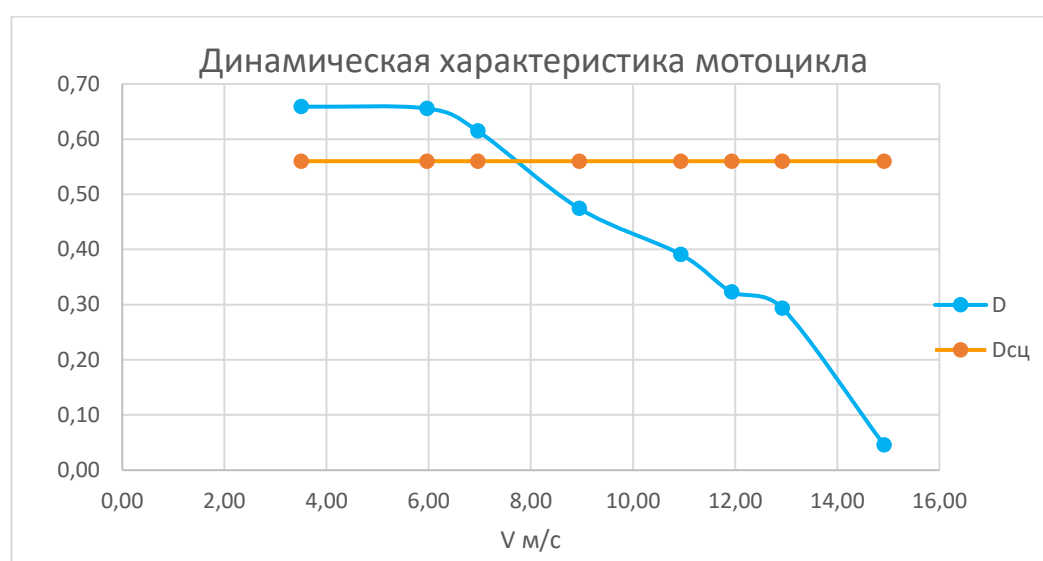


Рисунок 21 – Динамическая характеристика автомобиля Разгон автомобиля

Разгон электромотоцикла

«Ускорение во время разгона определяем для случая движения мотоцикла по горизонтальной дороге с твердым покрытием хорошего качества при максимальном использовании мощности двигателя и отсутствии буксования ведущих колес. Ускорение определяется по формуле 14» [19].

$$j = \frac{(D - f) \cdot g}{\delta_{вр}}, \quad (14)$$

«где $\delta_{вр} = 1 + 0,05(1 + U_K^2 \cdot U_D^2)$ – коэффициент учета вращающихся масс двигателя.

В нашем случае определяется только одна передача, рассчитываем по формуле 15:

$$\delta_{вр} = 1 + 0,05(1 + U_k^2 \cdot U_d^2) \quad (15)$$

$$\delta_{вр} = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 2,6^2 \cdot 2,35^2 = 2,91$$

Определяем ускорение разгона, вносим результаты в таблицу 11 и строим график зависимости $j = f(V)$, представленный на рисунке 22» [19].

Таблица 11 – Значения ускорение разгона

Ускорение мотоцикла								
v(a), м/с	3,50	5,97	6,96	8,95	10,94	11,93	12,93	14,91
j, м/с ²	4,97	4,94	4,62	3,53	2,88	2,35	2,11	0,18

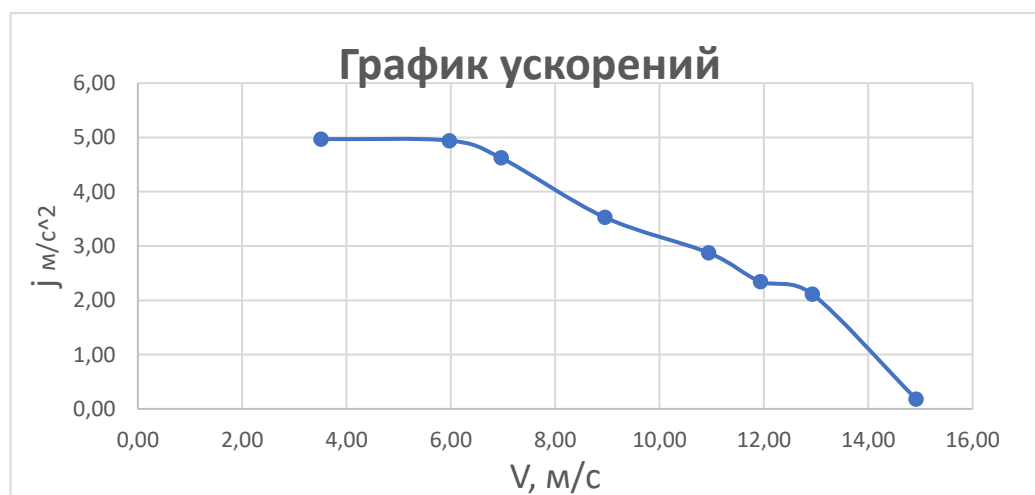


Рисунок 22 – Ускорение мотоцикла

После чего определяем значения обратных ускорений ($1/j$), представленные на рисунке 23 и заносим их в таблицу 12. «Поскольку при

скоростях V , близких к максимальной, ускорение стремится к нулю, то для расчета обратных ускорений ограничиваются скоростью $V = (0,8 \dots 0,92) V_{\max}$ [19].

Таблица 12 – Значения обратных ускорений

Обратные ускорения								
$v(a)$, м/с	3,50	5,97	6,96	8,95	10,94	11,93	12,93	14,91
j , м/с ²	0,20	0,20	0,22	0,8	0,35	0,43	0,47	5,41

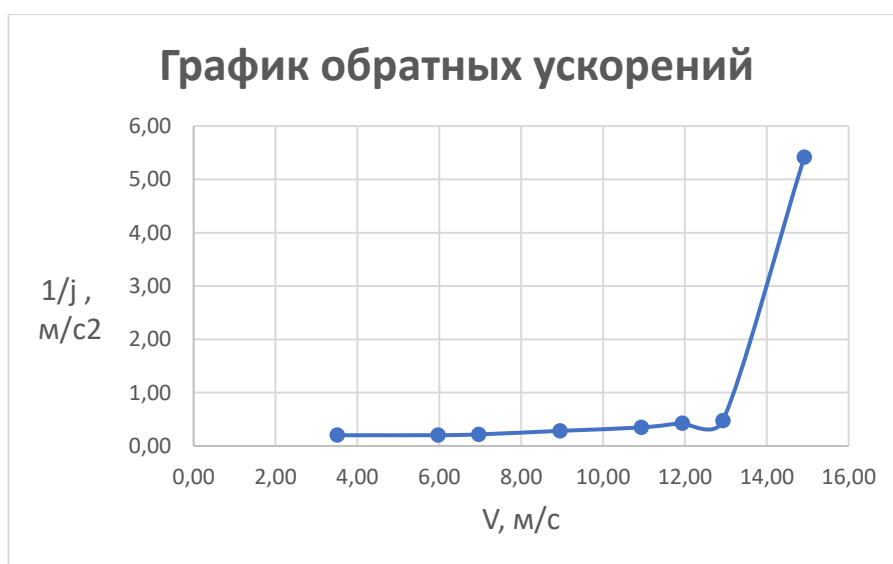


Рисунок 23 – График обратных ускорение мотоцикла

Время и путь разгона

«Время и путь разгона автомобиля определяем графоаналитическим способом. Смысл этого способа в замене интегрирования суммой конечных величин, рассчитываем по формуле 16:

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \cdot \frac{1}{j} dV = \left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i). \quad (16)$$

Для этого кривую обратных ускорений разбивают на интервалы и считают, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным ускорением $j = \text{const}$, которому соответствуют значения $(1/j) = \text{const}$ » [19].

Эти величины можно определить следующим образом, используя формулу 17:

$$\left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2}, \quad (17)$$

где k – порядковый номер интервала» [9].

«Заменяя точное значение площади под кривой $(1/j)$ в интервале ΔV_k на значение площади прямоугольника со сторонами ΔV_k и $\left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_k$, переходим к приближенному интегрированию, применяем формулу 18:

$$\Delta t = \left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}) \quad (18)$$

$$t_1 = \Delta t_1, \quad t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, \quad t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k,$$

где t_1 – время разгона от скорости V_0 до скорости V_1 ;

t_2 – время разгона до скорости V_2 » [19].

Результаты расчета сводим в таблицу 13 и представляем в виде графика, представленный на рисунке 24.

Таблица 13 – Значение скорости и времени

$v_a, \text{ м/с}$	3,50	5,97	6,96	8,95	10,94	11,93	12,93
$t, \text{ с}$	0,7	1,1	1,4	1,95	2,5	2,93	3,3

«Аналогичным образом проводится графическое интегрирование зависимости $t=f(V)$ для получения зависимости пути разгона S от скорости транспорта.

В данном случае кривая $t=f(V)$ разбивается на интервалы по времени, для каждого из которых находится соответствующие значения $V_{\text{срк}}$.

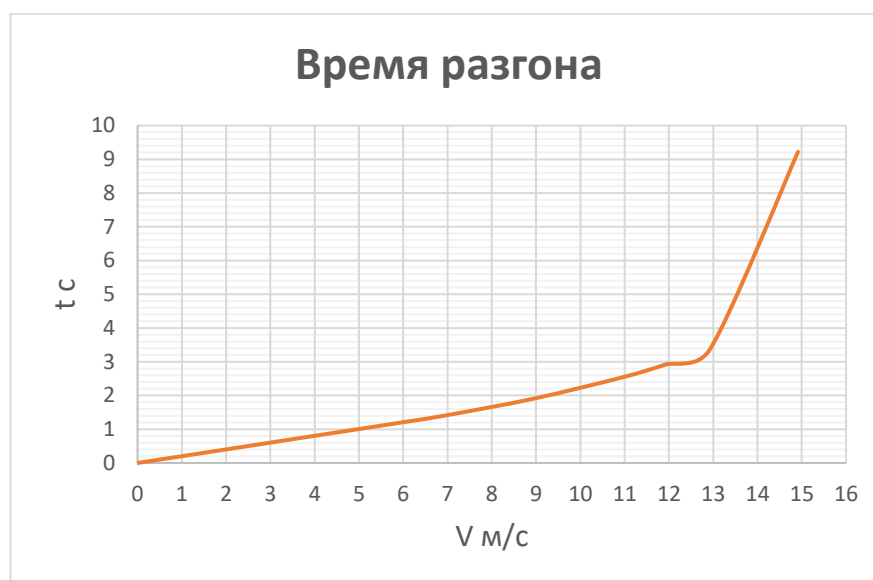


Рисунок 24 – Время разгона прототипа

Площадь элементарного прямоугольника в интервале Δt_k есть путь, который проходит прототип от отметки $t_k - 1$ до отметки t_k , двигаясь с постоянной скорости $V_{\text{срк}}$ » [19].

«Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом, используя формулу 19:

$$\Delta S = V_{cpk} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{cpk} \cdot \Delta t_k, \quad (19)$$

где $k=1\dots m$ – порядковый номер интервала, m выбирается произвольно ($m=n$).

Путь разгона от скорости V_0 до скорости V_1 : $S_1 = \Delta S_1$, до скорости V_2 : $S_2 = \Delta S_1 + \Delta S_2$, до скорости V_n : $S_n = \sum_{k=1}^n \Delta S_k$ » [19].

Все результаты расчета заносим в таблицу 14, также представляем все в виде графика, рисунок 25.

Таблица 14 – Значение пути и скорости разгона

$v_a, \text{ м/с}$	3,50	5,97	6,96	8,95	10,94	11,93	12,93
$S, \text{ м}$	3,45	5,9	8,7	15,5	19,5	25,5	106,5



Рисунок 25 – Путь разгона прототипа

Мощностной баланс электромотоцикла

Уравнение мощностного баланса рассчитывается по формуле 20:

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_n + N_B + N_d; \quad (20)$$

где N_T – тяговая мощность, подводимая к ведущим колесам, Вт.

$$N_T = N_e \cdot \eta_{тр} = N_e \cdot 0,93;$$

где $N_{тр}$ – мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии, Вт;

$N_T = F_T \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему, Вт;

$N_B = F_B \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления воздуха, Вт;

$N_d = F_d \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление силы инерции прототипа Вт.

«Для выбранных ранее интервалов по угловой скорости коленвала двигателя и скорости автомобиля необходимо построить значения мощностного баланса, при этом заполняем таблицу 15 и строим график, рисунок 26. Вверх от кривой N_T откладываем значения мощности сопротивления воздуха N_B » [19].

Таблица 15 – Значения мощностного баланса электромотоцикла.

Мощностной баланс электромотоцикла								
N_T	4850	6270	7820	9270	10670	12430	13850	15390
N_d	217	375	440	575	716	789	865	1024
$N_d + N_B$	236	468	589	891	1293	1538	1817	2487

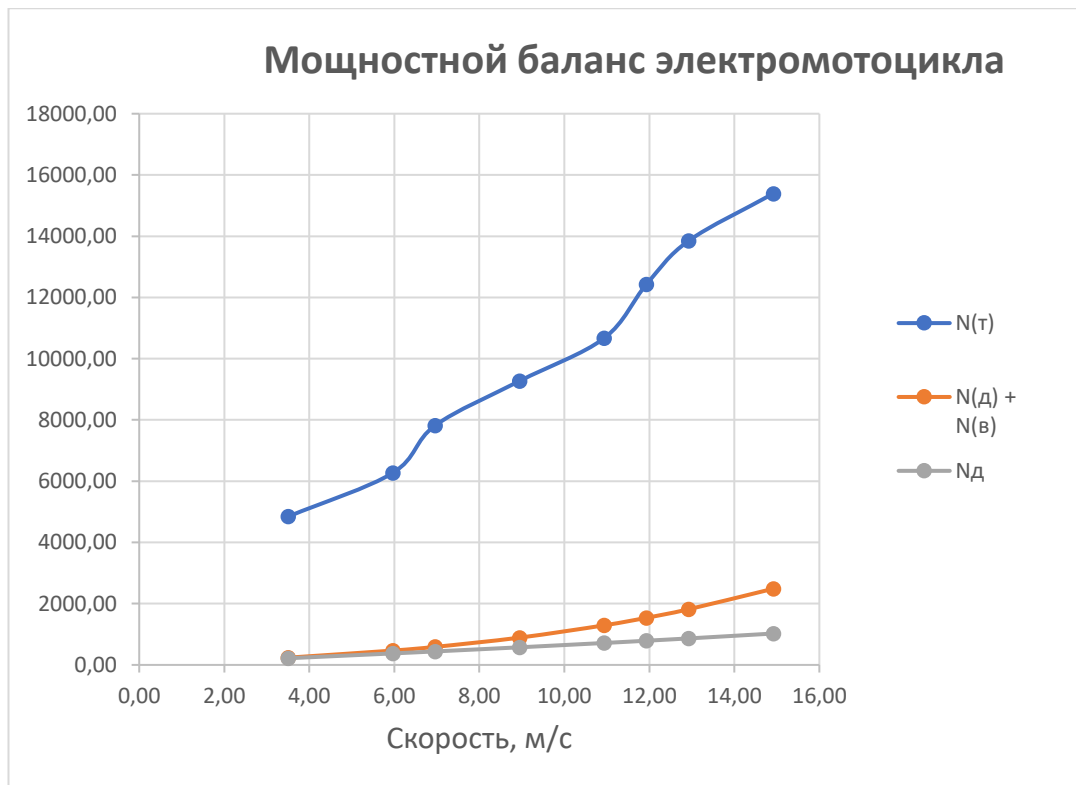


Рисунок 26 – Мощностной баланс электромотоцикла

Выводы по разделу

В данном разделе был проведен тягово-динамический расчет, который позволил определить оптимальное соотношение главной передачи трансмиссии для обеспечения более комфортного перемещения в городских условиях. В ходе расчёта были построены графики ускорения, скорости, мощностного баланса и обратного ускорения. Эти графики предоставляют возможность анализировать работоспособность транспортного средства в различных условиях эксплуатации, что позволяет в дальнейшем проводить модификации в электрическом мотоцикле с целью достижения требуемых характеристик путем оптимизации конструкции и параметров компонентов.

3 Разработка конструкции прототипа электрического мотоцикла

3.1 Основные сведения, необходимые для проектирования электрической силовой установки

Поломка силовой установки является наиболее распространенной причиной выхода из строя мотоциклетной техники. В отличие от несущей рамной конструкции, которая может годами безотказно служить своему владельцу, двигатели гораздо чаще подвержены поломкам. При этом уход ряда крупных компаний с российского рынка привел к дефициту комплектующих. Владельцы мотоциклов, которые столкнулись с поломкой или износом деталей, не имеют возможности приобрести и установить на свое транспортное средство новую запчасть. В этих условиях для отечественных производителей и пунктов ремонта актуальным становится процесс реинжиниринга, т.е. оцифровки (создания чертежа, 3д-модели или цифрового двойника) с возможностью последующего многократного воспроизведения детали или целого узла. Данный проект позволит снизить зависимость от импорта и обеспечить непрерывность производства, поскольку предлагает альтернативное решение в условиях дефицита комплектующих на рынке мототехники [9].

Основная концептуальная задача электрификации мотоцикла заключается в проектировании, разработке и интеграции электрической системы в транспортное средство вместо традиционного двигателя внутреннего сгорания. Это позволяет снизить шум и выбросы, а для потребителя – значительно снизить эксплуатационные расходы, поскольку зарядка аккумулятора будет обходиться в несколько раз дешевле по сравнению с заправкой топливом бензинового мотоцикла [2].

Для внедрения электрической силовой установки в имеющуюся конструкцию мотоцикла были получены пространственные габариты, что позволило облегчить компоновку новых компонентов на прототип.

При разработке концепта прототипа, были определены технические характеристики, которым должен удовлетворять готовый продукт. Так, например, в основу концепта было заложено:

- максимальная скорость – 120 км/ч,
- время заряда батареи – 4 часа,
- запас хода транспорта – 110 км,
- удовлетворение своду правил и законов использования транспорта на дорогах общего пользования,
- возможность изменять конфигурацию – модульность,
- простота эксплуатации и ремонта.

Во время разработки прототипа, необходимо было учитывать желаемые требования и реальные возможности. Пространственные ограничения являлись прямыми ограничениями внедрения новой силовой установки. Для начала, чтобы решить проблему возможности использования электрического прототипа на дорогах общего пользования, существовало ограничения в виде:

- установка двигателя мощностью до 4 кВт,
- рабочее напряжение в электрической цепи в использованном аккумуляторе составляет по меньшей мере 60 В,
- степень защиты кожухов в других частях транспортного средства составляет по меньшей мере IP57,
- элементы для зарядки батареи транспорта от внешнего источника, допускают отключение зарядного тока в случае разъединения без нанесения какого-либо материального ущерба,
- скорость транспорта ограничена до 50 км/ч.

Учитывая ограничения, приведенные выше, выполнялся подбор электрокомпонентов, которые будут использоваться в будущем на электромотоцикла.

3.2 Подбор электрокомпонентов для электрического прототипа

3.2.1 Электродвигатель

При выборе электродвигателя для прототипа необходимо учитывать множество факторов, включая соответствие требованиям для использования на дорогах общего пользования и интеграцию новой силовой установки без ограничения работоспособности других компонентов.

С учетом необходимости сохранения технических характеристик, подобных мотоциклу с двигателем внутреннего сгорания, было принято решение использовать мотор QS138. Этот синхронный двигатель с постоянными магнитами обладает следующими характеристиками:

- номинальная мощность: 4000 Вт,
- номинальное напряжение: 72 В,
- скорость: 4800 об/мин,
- непрерывный ток батареи: 80 А (72 В),
- пиковый ток батареи: 200 А (72 В),
- рабочая температура: 70-130 °С, пиковая 150 °С,
- класс водонепроницаемости: IP67,
- охлаждение: воздушное,
- фазный провод: 16 мм²,
- масса: 15 кг.

Эти характеристики соответствуют требованиям концепции мотоцикла. Встроенная в электромотор пониженная коробка передач позволяет увеличить крутящий момент, а функция понижения тока способствует увеличению скорости прототипа без изменения главной передачи или замены двигателя. Кроме того, данный двигатель оснащен рекуперацией, которая позволяет использовать энергию, выделенную при торможении, для зарядки батареи, что снижает энергопотребление [15].

Благодаря компактным размерам мотора, его размещение в рамное пространство мотоцикла упрощается, обеспечивая больше места для установки тяговой батареи.

Нами были разработаны универсальные крепления для электрического двигателя, которые представляют собой кронштейны, предназначенные для соединения двигателя с базовыми точками крепления двигателя внутреннего сгорания, расположенные на рисунках 27.

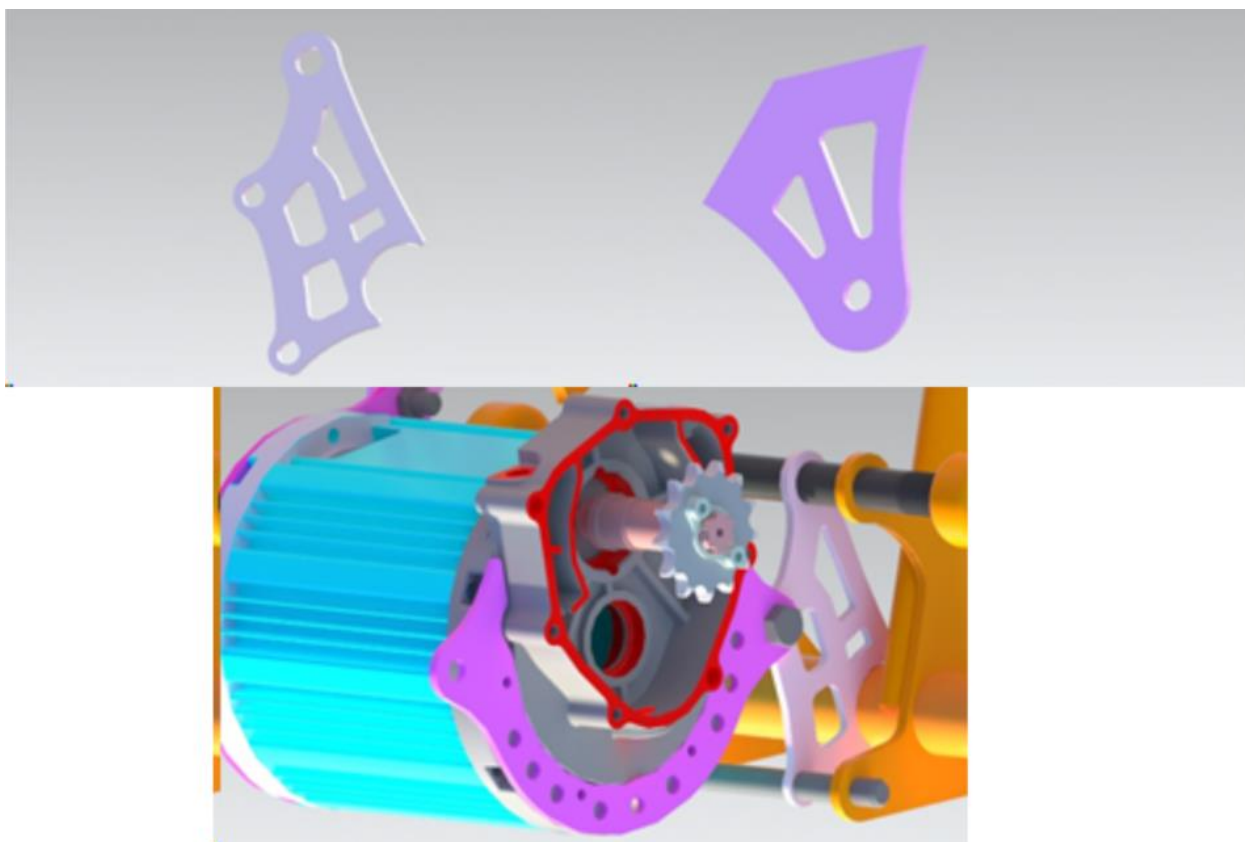


Рисунок 27 – Крепления двигателя

Эта конструкция включает в себя крепления, изготовленные из стали, которые свариваются на раме прототипа и соединяются механически шпилькой через стандартные крепления, обеспечивая прочное и надежное крепление двигателя [7]. Решение использовать две съемные стальные пластины, которые крепятся к раме при помощи болтовых соединений,

обосновывается тем, что такой подход повышает ремонтпригодность прототипа, упрощает систему интеграции и снижает вес, что значительно сказывается на его эксплуатационной экономии [1].

Таким образом данный двигатель является оптимальным выбором для прототипа мотоцикла, обеспечивая высокую производительность, надежность и удобство использования.

3.2.2 Расчет тяговой батареи для прототипа

Один из ключевых компонентов электромотоцикла является аккумулятор. Концепция прототипа предполагала запас хода равный не менее 100 км, при условии его использования в городских условиях. Для этого необходимо произвести расчет потребляемой энергии прототипом в городском режиме и спроектировать батарею с достаточной мощностью.

За основу выбрали аккумуляторный батареи от производителя Samsung. Литий-ионный аккумулятор Samsung типоразмера 21700 с номинальной емкостью 5000 мАч. Приблизительное число циклов заряда–разряда 1000 раз. Данный тип аккумуляторов позволяет собрать батарею с высокими техническими показателями, обеспечить долговечность использование транспорта и занимает меньшего пространства. Занесем технические характеристики данного типа аккумулятора в таблицу 16.

Таблица 16 – Технические характеристики аккумулятора

Модель	Номинальная емкость (мАч)	Напряжение (V)	Габариты (мм)	Вес (гр)	Постоянный ток (C)	Пиковый ток (C)
21700-5000 INR	5000	3,6	Диаметр-21 Длина - 70	72	5	9

Данный прототип необходимо обладать запасом хода равный 120 км при средняя скорости 80 км/ч. Для начало необходимо выяснить время для проделывания этого расстояния, по формуле 21:

$$t = \frac{S}{v} \quad (21)$$

$$t = \frac{110}{80} = 1,375 \text{ ч}$$

После чего требуется определить количество энергии, для проделывания этого расстояния. Для этого воспользуемся формулой 22:

$$N_o = N_e \cdot t, \quad (22)$$

где N_o – общая затраченная мощность.

$$N_o = 3558 \cdot 1,375 = 4892 \text{ Вт}$$

После чего определяем необходимую емкость батареи для прототипа.

$$I = \frac{N_o}{U}. \quad (23)$$

Напряжение тяговой системы составляет 72 В. Подставляем значение в формулу 23 и определяем необходимую емкость.

$$I = \frac{4892}{72} = 68 \text{ Ач}$$

На основании проведенных расчетов, а также техническим характеристикам аккумулятора была определена формулы батареи. Батарея

обладает формулой $18s12p$. Что означает, что в батареях используются 18 аккумуляторных ячеек, соединенных последовательно. Это означает, что напряжение батареи будет равно напряжению одной ячейки, умноженному на количество ячеек в серии. Соответственно, $12p$ означает то, что в батареях используются 12 групп аккумуляторных ячеек, соединенных параллельно. Емкость батареи будет равна емкости одной группы ячеек, умноженной на количество таких групп [8].

Получение характеристики аккумулятора запишем в таблицу 17.

Таблица 17 – Характеристики батареи.

Параметр	Номинальное напряжение, В	Емкость, Ач	Макс. ток заряда, А	Макс. ток разряда, А	Напряжение заряда, В
Значения	66,6	60	30	3С/6С	75,6

Для дальнейшей работы требуется разработать 3D-модель. При разработке стоит учитывать возможность расширения аккумуляторов при нагреве. Для решения этой проблемы будут использоваться «holder», которые обеспечат воздушный зазор между аккумуляторами, обеспечивая при этом охлаждение ячеек. А также стоит определить толщину питающих проводов, в нашем случае используются провода 8AWG [25].

После создания трехмерной модели, был оформлен заказ данного аккумулятора у производителей. Также был приобретен smart дисплей, который позволяет контролировать состояние батареи, ее зарядку и производительность в реальном времени как на самом транспорте, так дистанционно. Батарея показана на рисунке 28.



Рисунок 28 – Батарея для прототипа без корпуса

При разработке аккумулятора необходимо уделить внимание системе управления и защиты аккумуляторов. При расчёте и выборе BMS необходимо учитывать максимальный ток, напряжение системы, тепловыделение и дополнительные функции. Правильно выбранная BMS увеличивает срок службы аккумулятора, повышает безопасность и надёжность всего транспортного средства.

Основные функции BMS включают в себя:

- предотвращение перезаряда и пере разряда,
- защита от короткого замыкания,
- защита от перегрева,
- обеспечение равномерного заряда всех ячеек аккумулятора,
- измерение напряжения, тока и температуры.

При выборе BMS учитывались токовые характеристики аккумулятора в номинальном и пиковом значении. При кратковременных пиковых нагрузках BMS должна выдерживать ток выше 180 ампер.

Она должна обеспечивать наличие встроенных датчиков под нашу батарею. Наличие функции балансировки ячеек, также является обязательным параметром при выборе BMS. Балансировка отвечает за регулировку разброса

напряжения во всех ячейках батареи, что позволяет продлить срок службы аккумуляторов. Также, для увеличения запаса хода плата BMS должна обладать возможностью установки рекуперации. К нашей батарее идеально подошла плата «ant BMS 200 A», изображенная на рисунке 29.



Рисунок 29– Ant BMS 18s12p

Для защиты аккумулятора от внешних воздействий был разработан пластиковый корпус, который предотвращает проникновение влаги и защищает от механических повреждений. Этот корпус был напечатан на FDM-принтере с использованием ABS-пластика [4]. На рисунке 30 показан сам корпус. Кроме основной функции защиты, корпус также обеспечивает стабильное удержание аккумулятора в конструкции электромотоцикла, минимизируя вибрации и удары. ABS-пластик выбран за его высокую прочность и стойкость к внешним условиям, что гарантирует долговечность и надёжность корпуса.



Рисунок 30 – Пластиковый корпус для тягового аккумулятора

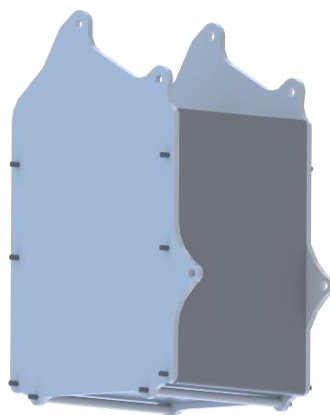


Рисунок 31 – Аккумулятора в сборе

Для крепления батареи к раме используются алюминиевые пластины, которые прикрепляются к пластиковому корпусу при помощи шпилек диаметром 6 мм. Пластины фиксируются к несущей раме в двух точках с помощью стальных креплений, а также в одной точке с креплениями мотора. Тяговая батарея в сборе изображена на рисунке 31.

3.2.3 Контроллер двигателя

При выборе инвертора для электромотоцикла, важно уделить особое внимание нескольким ключевым аспектам, чтобы обеспечить оптимальную работу системы.

Прежде всего, необходимо учитывать совместимость инвертора с выбранным мотором. Это означает, что инвертор должен быть способен обеспечить необходимую мощность для питания мотора, что является основным критерием его выбора. При этом важно учитывать тип мотора (например, постоянного тока или переменного тока) и его потребление энергии.

Помимо этого, стоит учитывать надежность и безопасность инвертора, его размеры и вес, чтобы он мог удобно размещаться на электрический мотоцикл, а также дополнительные функции, такие как защита от короткого замыкания и перегрузки [28].

Мы остановились на EM200-контроллере синусоидального двигателя 2SP со стандартным CAN-BUS, изображенный на рисунке 32.

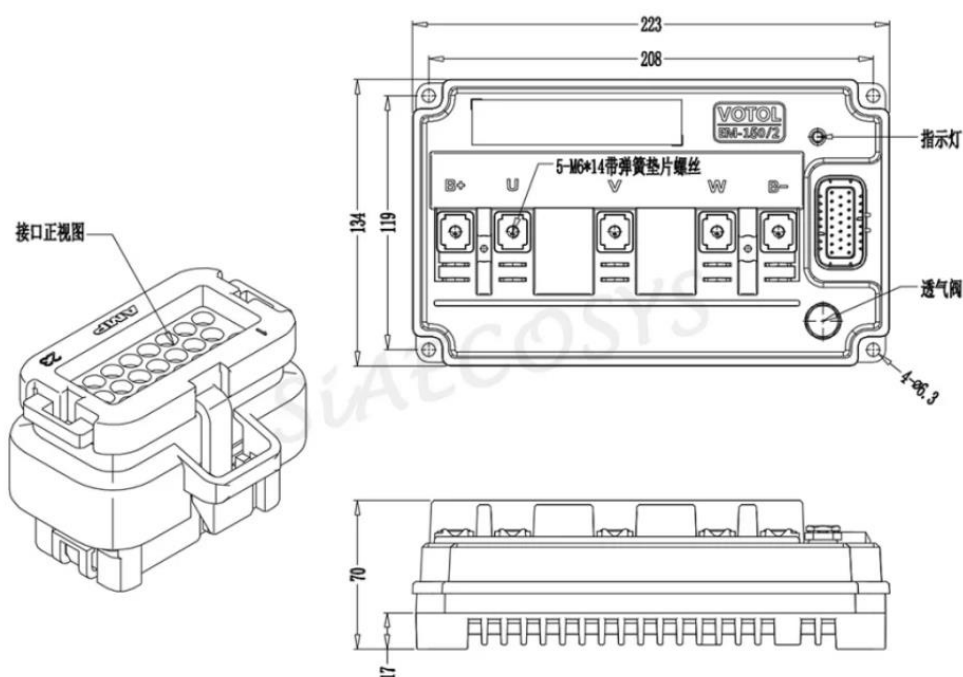


Рисунок 32 – EM200-контроллер для электродвигателя

Характеристики контроллера продемонстрированы в таблице 18.

Таблица 18 – Характеристики контроллера EM200

Показатели	Напряжение	Вес, кг	Пиковый ток, А	Класс защиты
Значения	72	2	390	IP67

Данный контроллер отлично подходит под выбранный мотор, обеспечивая отличную производительность по эффективности. Он также позволяет управлять тяговой системой через CAN-BUS, обеспечивая быструю и надежную передачу данных.

3.3 Разработка элементов безопасности

При эксплуатации электрического мотоцикла необходимо убедиться в его полной безопасности. Интеграция силовой установки в прототип требует особой осторожности, так как тяговая система должна быть изолирована от водителя и обеспечена дополнительной защитой. Поэтому был разработан защитный элемент. Он представляет собой аэродинамический обвес, который не только включает в себя обновлённый дизайн транспортного средства, но и обеспечивает защиту компонентов новой установки, его можно наблюдать на рисунке 33.



Рисунок 33 – Защитный аэродинамический обвес

Обвес изготовлен из композитных материалов, которые устойчивы к ударам и погодным условиям, что обеспечивает долговечность и безопасность эксплуатации. Также, он улучшает аэродинамические характеристики мотоцикла, способствуя его стабильности на высоких скоростях, при этом обеспечивает необходимое охлаждение для греющих деталей. Для повышения уровня защиты был предусмотрен слой изолирующего материала, который предотвращает контакт водителя с токопроводящими элементами.

3.4 Валидация жесткости рамы мотоцикла

При ремоторизации мотоцикла KTM 690 Duke, после извлечения двигателя, который обеспечивает 30% жесткости конструкции, необходимо провести тщательную проверку рамы на жесткость. Этот процесс включает проверку на скручивание, имитацию бокового удара при повороте на скорости 120 км/ч.

В исходном состоянии рама мотоцикла KTM 690 Duke получает 30% общей жесткости от установленного мотора. После его извлечения важно оценить оставшуюся жесткость рамы и выявить потенциальные слабые места и зоны возможной деформации. Также Рама мотоцикла претерпела значительные изменения, что сказалось на её жесткости, так как были убраны некоторые трубы. Подробная спецификация рамы приведена в Приложении А.

Во время вхождения в поворот рама мотоцикла подвергается крутящим и изгибающим напряжениям. Недостаточная жесткость рамы может привести к ее деформации, что, в свою очередь, может вызвать выход из строя ряда систем транспорта. Поэтому важно провести всесторонний анализ для выявления возможных проблем и определения необходимых мер для их устранения [5].

При нагружении рамы, рассматривается ситуация бокового удара в точку контакта шины с дорогой, при максимальном угле положения руля, рисунок 34.

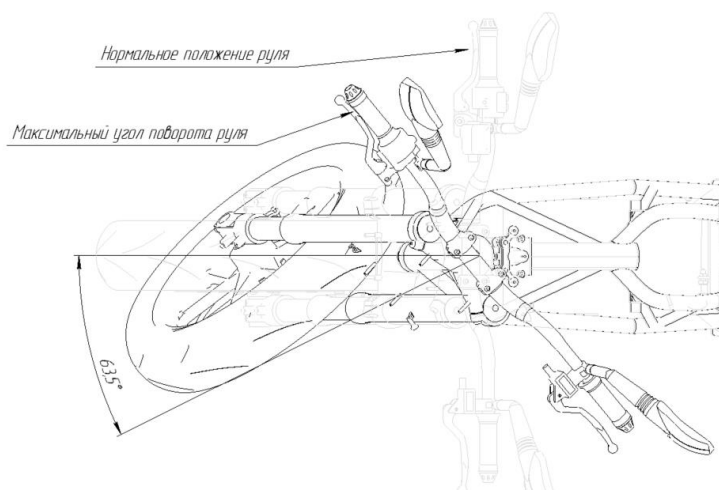


Рисунок 34 – Угол максимального положения руля

В таких условиях рама испытывает значительные нагрузки, и достаточно важно проверить её способность выдерживать силы без критической деформаций [27].

В данном случае сила нагружения в 3.5 кН имитирует боковой удар, вызванный силами при повороте мотоцикла при скорости 190 км/ч. Нагрузка представлена на рисунке 35 и рисунке 36.

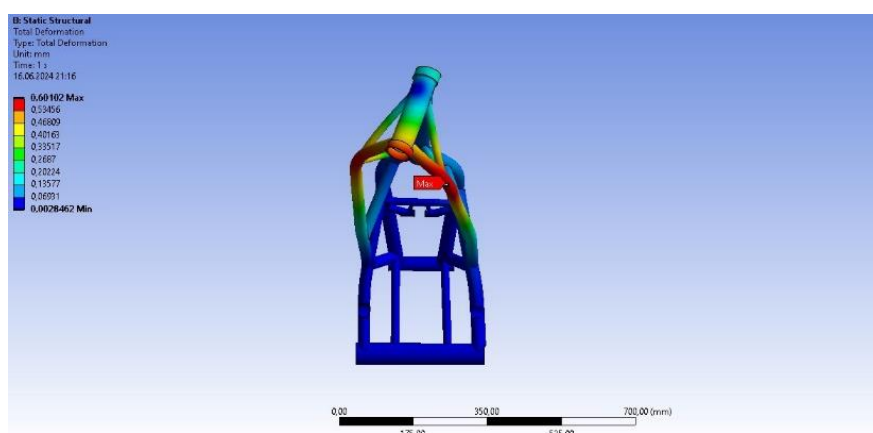


Рисунок 35 – Значения смещения конструкции при нагрузке

Из результатов нагрузки видно, что максимальное смещение происходит в стакане и нижней направляющей трубы стакана рамы мотоцикла и

составляет 0,6 мм. В целом, смещение в 0,6 мм является приемлемым, но требует внимания для обеспечения максимальной безопасности и устойчивости мотоцикла в условиях эксплуатации.

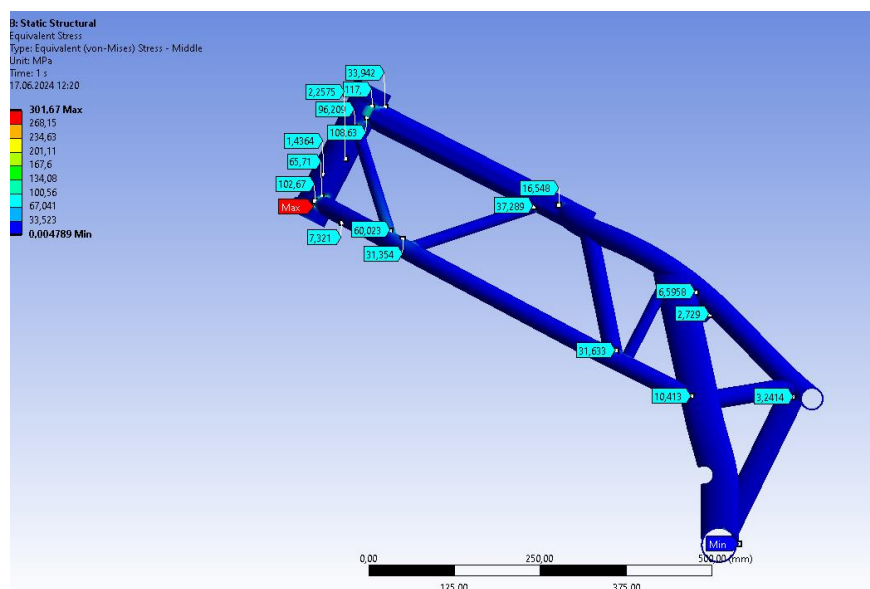


Рисунок 36 – Значения напряжения при нагрузке рамы

Максимальное напряжение по Мизуссу равно 302 МПа, что не превышает предел текучести стали 4130, из которой изготовлена рама мотоцикла (590-760 МПа).

На рисунке 37 видно, что наибольшее напряжение в конструкции во время поворота сосредоточено в стакане. Наиболее уязвимой областью является место сварки между стаканом и основной несущей трубой. Эти данные свидетельствуют о том, что несмотря на концентрацию напряжений в данной области, материал рамы сохраняет свою целостность и устойчивость под нагрузками.

В результате проведённого анализа жесткости конструкции при замене силовой установки были получены важные данные. Валидация показала, что замена мотора не оказало существенного влияния на жесткость конструкции, при наших условиях использования. Запас прочности оказался достаточно

высоким, что позволяет использовать данную раму для разработки и установки новой силовой установки. Это решение является достаточно безопасным и не окажет значительного влияния на управляемость мотоцикла. Таким образом, можно заключить, что дальнейшая модернизация транспортного средства с использованием этой рамы оправдана и перспективна, обеспечивая высокие эксплуатационные характеристики и надежность в различных условиях.

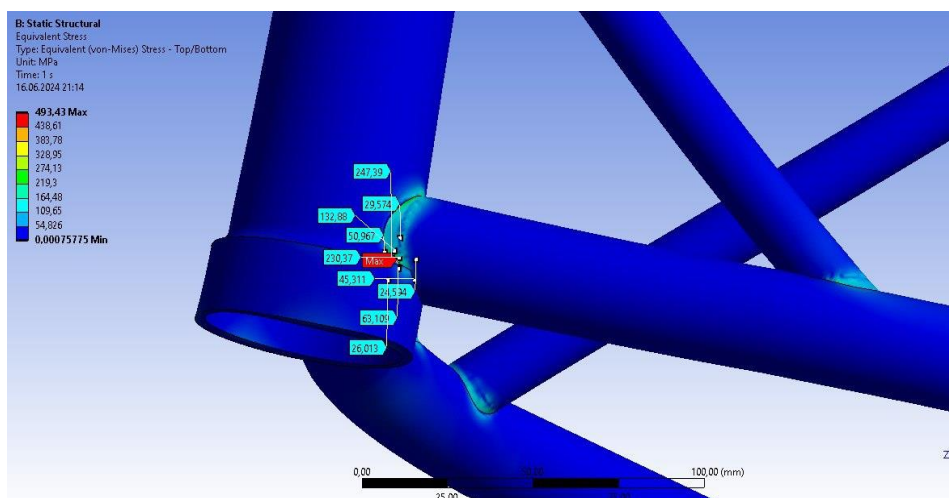


Рисунок 37 – Максимальное напряжение в конструкции рамы

Выводы по разделу

В данном разделе были подобраны необходимые электрические компоненты и детали для модификации мотоцикла. Проведена проектировка защитных элементов и разработан обновленный дизайн мотоцикла. Особое внимание уделено выбору аккумуляторной батареи и системе управления, для обеспечения оптимальной производительности и безопасности. Разработаны защитные элементы, с учетом требований к долговечности и устойчивости к внешним воздействиям. Также проведена валидация жесткости конструкции транспортного средства, что подтверждает его надежность в эксплуатации.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

«Процесс ремоторизации прототипа электрического мотоцикла представляет опасность для изготовителя, поэтому необходимо соблюдать положения по охране труда, которые обеспечивают безопасность работников. Документация разрабатывается на основе международного опыта автомобилестроительных предприятий, при этом учитываются требования законодательства Российской Федерации. Каждое предприятие обеспечено инструкционными материалами о правилах безопасности, а каждый сотрудник проходит обучение и инструктаж, это способствует обеспечению безопасности труда для персонала на территории предприятия» [11].

Для осуществления ремоторизации транспорта необходимы электромонтажные, слесарные, сварочные и сборочные работы. Каждый вид работы содержит опасные и вредные производственные факторы. Регламент по технике безопасности требует отдельные рабочие помещения и ОВПФ под каждый вид работы.

ОВПФ электромонтажных работ указаны в таблице 19.

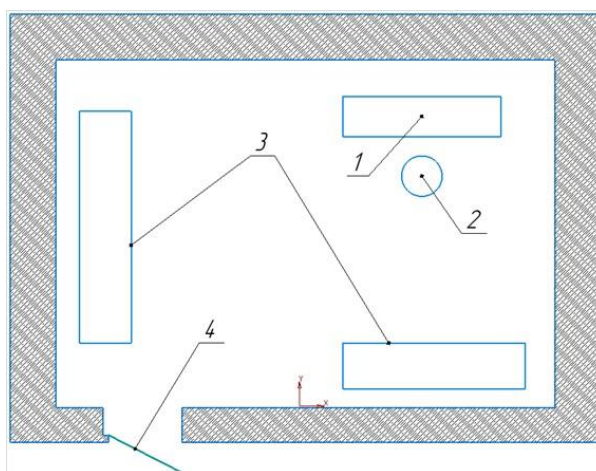
Таблица 19 – ОВПФ электромонтажных работ

Направление работы	Сущность работы	Список необходимых инструментов	ОВПФ
1	2	3	4
Электромонтажные работы	-Сварка аккумулятора; -подключение электрокомпонентов	Диэлектрический набор инструментов, электроизмерительные приборы, точечный сварочный аппарат; оснастка для сварки	Физические: электрические удары, физические перегрузки, ожог, электромагнитные излучения, движущие механизмы

«Для обеспечения безопасности в данном рабочем процессе необходимо соблюдать следующие технические требования:

- поддержание чистоты и порядка на рабочем месте, избегание масла, деталей и прочих отходов под ногами,
- обязательное отключение напряжения в сети перед ремонтом электрооборудования и установка плаката "Не включать. Работают люди,
- использование защитных очков и диэлектрических перчаток при сварке или пайке,
- проверка надежного крепления и заземления электрооборудования,
- производить разборку и сборку узлов электрооборудования на специализированных рабочих столах или стендах,
- проводить регулярный инструктаж по технике безопасности,
- прохождение медицинского обследования.» [3].

Рабочее место для работы с электрооборудованием изображено на рисунке 38.



1 – рабочий стол; 2 – стул; 3 – шкаф для инструментов; 4 – дверной проем.

Рисунок 38 – Рабочее место электротехника

Основными задачами электрика являются:

- производить маркировку готовых изделий, добавляя дополнительные комментарии или информацию,

- производить пайку аккумуляторов,
- проводить проверку точности установки компонентов,
- осуществлять установку защитных компонентов в процессе работы,
- соблюдать технику безопасности,
- проводить техническое обслуживание и ремонт аккумуляторов при необходимости.

ОВПФ слесарных работ указаны в таблице 20.

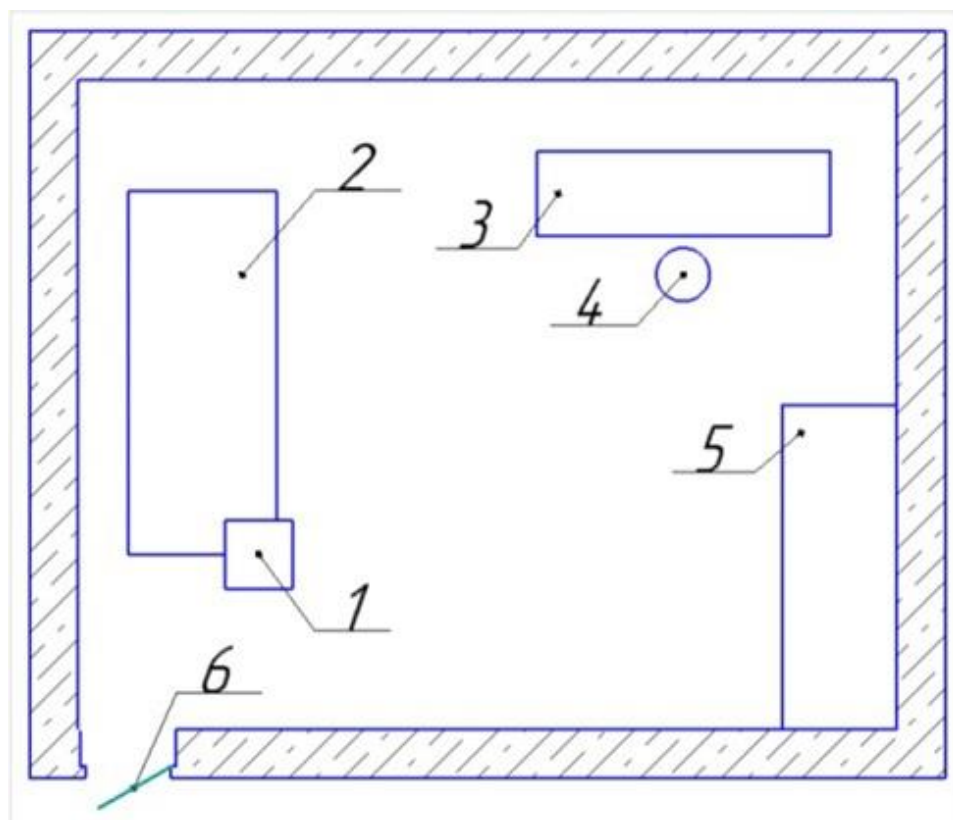
Таблица 20 – ОВПФ слесарных работ

Направление работы	Сущность работы	Список необходимых инструментов	ОВПФ
1	2	3	4
Слесарные работы	- обработка металла; - резка и гибка металла; - сверление; - резьбонарезание; - клепание	-напильники, шуруповерт, заклепочник, молоток, набор метчиков и плашек, угловая шлифовальная машина, штангенциркуль	Физические: вращающиеся части, острые кромки, повышенный уровень шумности, абразивная пыль, локальная вибрация

«Для данного рабочего помещения требования техника безопасности:

- проверять состояния и исправность слесарного оборудования и инструментов, а также их правильное использование согласно инструкциям производителя;
- соблюдать правила использования СИЗ;
- соблюдать чистоту на рабочем месте;
- использовать только исправную технику и инструменты, в соответствии с инструкцией предприятия;
- соблюдать технику безопасности и правил охраны труда;

Рабочее место для слесарных работ изображено на рисунке 39» [3].



1 – слесарные тиски; 2 – верстак; 3 – рабочий стол; 4 – стул; 5 – шкаф для инструментов;
6 – дверной проем.

Рисунок 39 – Рабочее место для слесарных работ

Основными задачами слесаря являются:

- выполнение резки металла,
- соблюдение техники безопасности,
- осуществление профилактических проверок оборудования, проверка качества инструмента,
- систематическая проверка знаний по технике безопасности и охране труда,
- регулярная проверка наличия необходимых материалов,
- по завершению работ требуется выполнить уборку.

ОВПФ сварочных работ представлен в таблице 21.

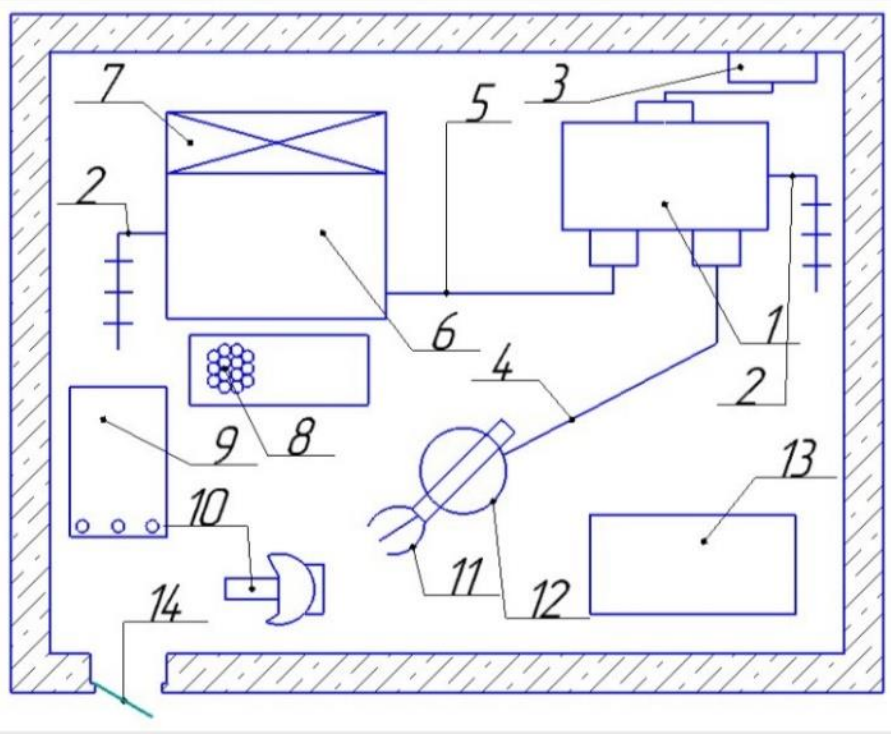
Таблица 21 – ОВПФ сварочных работ

Направление работы	Сущность работы	Список необходимых инструментов	ОВПФ
1	2	3	4
Сварочные работы	Сварка деталей	Сварочная оснастка, ручной инструмент, зажимы и струбцины, магнитные угольники для сварки	Физические: статическая нагрузка на верхние конечности, опасность ожогов, электромагнитные поля, острые кромки, опасность поражения электрическим током, взрывоопасность, повышенный уровень шума, излишняя яркость сварочной дуги Химические: -аргон, вольфрам, хлориды железа, натрия и калия

«Для данного рабочего помещения действуют следующие требования безопасности:

- перед началом работы требуется выполнить подготовку оборудования, проверить его работоспособность и состояние инструментов,
- необходимо проверять работоспособность оборудования и инструментов,
- соблюдение правил безопасности и охраны труда,
- требуется использовать средства индивидуальной защиты и защитное снаряжение во время работы,
- необходимость регулярных проверок состояния здоровья,
- соблюдать внутренние правила и положения на предприятии.» [3].

На рисунке 40 – изображено рабочее место сварщика.



1 – сварочный аппарат; 2 – заземление; 3 – силовой провод питания; 4 – шланг для подачи проволоки и газа; 5 – обратный токоподводящий провод; 6 – верстак; 7 – вентиляция; 8 – резиновая изоляция рабочего; 9 – проволока; 10 – щиток; 11 – пистолет для подачи проволоки и газа; 12 – стул; 13 – ящик для отходов; 14 – дверной проем.

Рисунок 40 – Рабочее место для сборочных работ

Основные задачи сварщика:

- сваривать конструкции и элементы в соответствии с предписаниями,
- выполнять прихватки деталей,
- выполнять постобработку сварной детали,
- выполнять проверку наличия сварочных расходных материалов,
- осуществлять контроль качества сварочного шва и его проникание в материал после сварки, специальными инструментами.,
- соблюдать технику безопасности.

ОВПФ сборочных работ указаны в таблице 22.

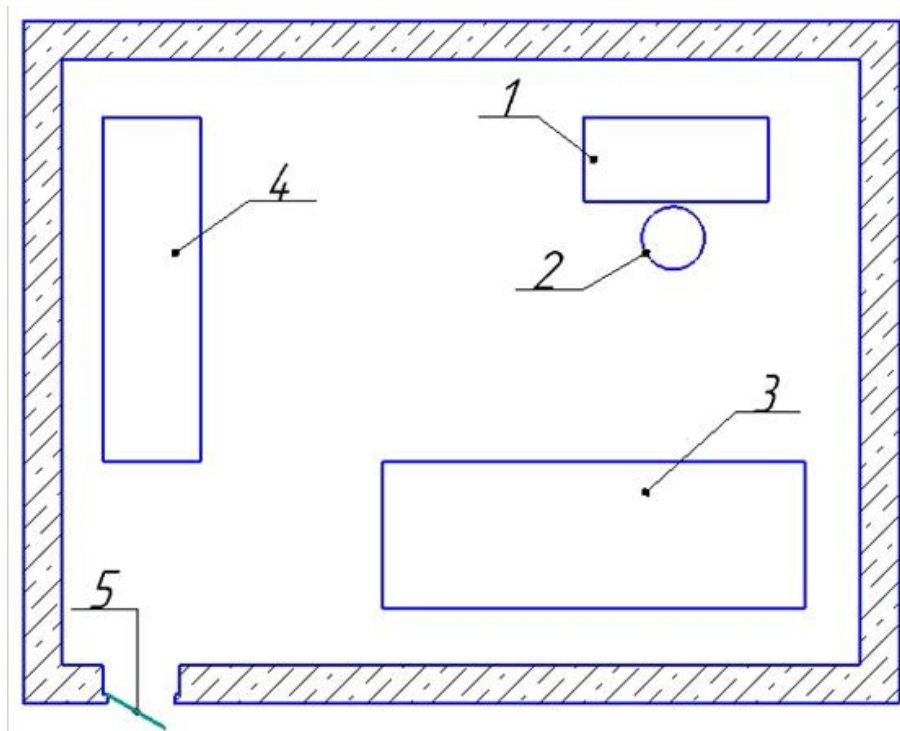
Таблица 22 – ОВПФ сборочных работ

Направление работы	Сущность работы	Список необходимых инструментов	ОВПФ
1	2	3	4
Сборочные работы	Сборка узлов с упором на чертежи и 3D-модели	Тиски, ручные инструменты (напильники, молоток, ключи), измерительные инструменты (штангенциркуль, линейка, рулетка), электроинструменты	Физические: движущие механизмы, изделия, части разрушившего изделия, повышенный уровень шума, абразивная пыль, воздействие электрического тока, острые кромки.

«Для данного рабочего помещения действуют следующие требования безопасности:

- ознакомление с инструктажами по технике безопасности;
- дисциплина на рабочем месте;
- Использование СИЗ;
- соблюдение правил безопасности и охраны труда;
- необходимо проверять работоспособность оборудования и инструментов;
- регулярная проверка наличия необходимых компонентов и заготовок» [3].

Рабочее место для сборочных работ представлено на рисунке 41.



1 – рабочий место; 2 – стул; 3 – верстак; 4 – шкаф с инструментами;
5 – дверной проем.

Рисунок 41 – Рабочее место для сборочных работ

Основные задачи сборщика включают в себя:

- сборка деталей строго по чертежу, 3d - модели;
- составление необходимой документации, требуемой для последующей работы с данным узлом;
- проверка точности монтажа деталей и узлов с использованием измерительных инструментов;

Выводы по разделу

Использование на практике организационных и технических мероприятий снижает риск возникновения травм и вредных воздействий на здоровье сотрудников, обеспечивая им более высокий уровень защиты от опасностей при осуществлении своих трудовых обязанностей.

Заключение

В данной работе представлен обзор ремоторизации мототехники на базе КТМ 690 Duke.

В первом разделе описывается цель ремоторизации КТМ 690 Duke. Описана методология осуществления реинжиниринга на примере конструкции мотоцикла КТМ 690 Duke, а также проведен анализ рынка электрических мотоциклов.

Во втором разделе был проведен тягово-динамический расчет, в результате которого получены графики работы мотоцикла и рассчитано передаточное число главной пары.

В третьем разделе подобраны электрические компоненты и произведен расчет тяговой батареи. Также выполнена проектировка защитных элементов электромотоцикла и валидация жесткости конструкции рамы.

В четвертом разделе изложены основные требования безопасности и экологичности выполнения работ. Рассмотрены меры по обеспечению безопасности эксплуатации электромотоцикла

Итогом данной работы является создание цифровой модели прототипа и изготовление электрического мотоцикла, соответствующего всем требованиям для передвижения по дорогам общего пользования. Новый мотоцикл обладает улучшенными эксплуатационными характеристиками, включая повышенную мощность, лучшую управляемость и надежность. Проект показал, что электрификация мототехники не только возможна, но и целесообразна.

Таким образом, проведенная работа подтверждает, что реинжиниринг и ремоторизации мотоциклов на базе КТМ 690 Duke являются перспективным направлением в развитии мототехники. Этот проект может служить примером для дальнейших разработок и внедрения инновационных технологий в производство транспортных средств, способствуя развитию более экологичного и эффективного транспорта.

Список используемой литературы

1. Бабичева И.В., Закерничная Н.В. Техническая механика: учебное пособие. М.: Русайнс, 2024. 101 с.
2. Борисова А. А., Галимова А. Н., Горевая Е. С. Менеджмент: магистерская диссертация просто и в удовольствие : учебное пособие / [и др.] ; под редакцией А. А. Борисовой, Т. Г. Озерниковой. — Новосибирск : НГТУ, 2021. С. 75-82.
3. Варламова, Е.С. Пути повышения устойчивости мотоцикла / Е.С. Варламова, В.В. Гаевский, И.М. Князев // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2013. — № 6. — С. 12-15.
4. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: Учеб.-методическое пособие. Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. 51 с.
5. Евсеев А. Н. Моделирование, 3D-печать и оценка полученной реплики с помощью измерительных инструментов и КИМ ТЗ : учебное пособие : в 3 частях / А. Н. Евсеев, И. В. Ефременков. — Ульяновск : УлГУ, 2021. — 52 с.
6. Зуев В. В. Изучение конструкции и принципов работы испытательной разрывной машины : учебное пособие / В. В. Зуев, Е. В. Преображенская ; составители по результатам ее выполнения. Предназначено для студентов,. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 43 с.
7. Исмаилова Ш.Я., Закрасовский Д.И Техника и технология горного дела. / — 2022, С. 41-52. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/338903> (дата обращения: 23.06.2024).
8. Ковтунов А.И. Материаловедение сварки: учебное пособие / А.И. Ковтунов, С.В. Мямин. — Тольятти: ТГУ, 2013. — 32 с.
9. Козадеров О. А. Современные химические источники тока : учебное пособие / О. А. Козадеров, А. В. Введенский. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 132 с.

10. Кобытов М.С., Князев И.М. Системы автоматизированного проектирования автомобилей: методические указания — Омск: СибАДИ, 2021. — 26 с.
11. Круташов А.В. Конструкция автомобиля: коробки передач: учебное пособие для сред. проф. образования. Москва: Издательство Юрайт, 2024. 117 с.
12. Малкин В.С. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта: учеб. методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2019. 35 с.
13. Пехальский А.П., Измайлов А.Ю., Амиров А.С., Пехальский И.А. Устройство, техническое обслуживание и ремонт автомобилей. Практикум: учебно-практическое пособие. Москва: КноРус, 2023. 304 с.
14. Середович В.А. Наземное лазерное сканирование: монография / В.А. Середович, А.В. Комиссаров, Д.В. Комиссаров, Т.А. Широкова. — Новосибирск: СГГА, 2009.
15. Степанов В.Н. Автомобильные двигатели. Расчеты: учебное пособие для сред. проф. образования. Москва: Издательство Юрайт, 2022. 149 с.
16. Селиванов А. С., Путеев П. А., Шенбергер П. Н., Аниськина Н. В. Цифровые технологии производственных процессов. Digital technologies in production processes : учебное пособие / — Тольятти : ТГУ, 2022, С. 65-82.
17. Семиглазов В. А. 3D Технологии : учебное пособие / В. А. Семиглазов. — Москва : ТУСУР, 2023. — 192 с.
18. Тамаркин М. А. Анализ и синтез размерного описания машины / М. А. Тамаркин, А. С. Мельников, Э. Э. Тищенко. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 200 с.
19. Черепанов Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учебное пособие. Тольятти: ТолПИ, 2001. 40 с.

20. 3D-сканирование – [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.3dpechat.su/?page_id=185- Заглавие с экрана. – яз. рус. (Дата обращения 18.03.2024).
21. Электрический мотоцикл Electro Ducati Panigale Pro Black [Электронный ресурс] // Eco-moto. – URL: <https://eco-moto.com/elektromototsikly/electro-ducatti-panigale-pro-black> (дата обращения: 01.04.2024).
22. Электрический мотоцикл Electro Honda CB150R [Электронный ресурс] : Eco-moto. – URL: <https://eco-moto.shop/elektromototsikly/gorodskie-elektrosamokaty/electro-honda-cb150r> (дата обращения: 01.04.2024).
23. Электрический мотоцикл Super Soco TS [Электронный ресурс] : Super Soco. – URL: <https://supersoco.ru/bikes/super-soco-ts/> (дата обращения: 05.04.2024).
24. Franca J. D., Gazziro M. A., Ide, A. N., & Saito, J. H. (2005, September). A 3D scanning system based on laser triangulation and variable field of view. In Image Processing, 2005. ICIP 2005. IEEE International Conference on (Vol. 1, pp. I-425). IEEE
25. Joonbum P., Kyoungseok H., Cooling and dynamic performance of electric vehicle traction motor adopting direct slot cooling method, International Communications in Heat and Mass Transfer, 2023, 147 p.
26. Martín G., Vergara R., Fabián C. Tommasini, Applying 3D scanning and printing technology in the replication of pinnae for head-related transfer function measurements, Applied Acoustics, 2024, 223 p.
27. Pothamsetty R., K., Muthumuniyandi Muthupandi, Duduku Mojeswararao, Numerical analysis on space frame chassis of a formula student race car, Materials Today: Proceedings, Part 3, 2022, 759 p.
28. Sambhavi Y. V., A technical review of modern traction inverter systems used in electric vehicle application, Energy Reports, 2023, 10 p.

Приложение А

Спецификация к сборочному чертежу рамы электромотоцикла

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Стр. №		<i>Документация</i>						
		A1			24.БР.ПиЭА.222.05.000СБ	Сборочный чертеж		
КОМПАС-3D v21 учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены. Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата.		<i>Детали</i>						
			1	24.БР.ПиЭА.222.05.001	Рулевая колонка	1		
			2	24.БР.ПиЭА.222.05.002	Верхний наклонный стержень	1		
			3	24.БР.ПиЭА.222.05.003	Кронштейн для крепления тягового аккумулятора	4		
			4	24.БР.ПиЭА.222.05.004	Нижний стержень рамы	2		
			3	24.БР.ПиЭА.222.05.005	Распорка рулевой колонки	2		
			4	24.БР.ПиЭА.222.05.006	Распорка верхнего наклонного стержня и нижнего стержня рамы	2		
			7	24.БР.ПиЭА.222.05.007	Задняя верхняя рамная труба	2		
			8	24.БР.ПиЭА.222.05.008	Распорка верхней рамной трубы и нижнего стержня рамы	2		
			9	24.БР.ПиЭА.222.05.009	Диагональная труба	2		
			10	24.БР.ПиЭА.222.05.010	Распорка диагональной трубы и нижнего стержня рамы	2		
			11	24.БР.ПиЭА.222.05.011	Косынка диагональной трубы	2		
			12	24.БР.ПиЭА.222.05.012	Распорка поперечной трубы и нижнего стержня рамы	2		
			13	24.БР.ПиЭА.222.05.013	Поперечная труба	2		
			14	24.БР.ПиЭА.222.05.014	Распорка диагональной трубы	2		
	15	24.БР.ПиЭА.222.05.015	Кронштейн крепления маятника	2				
					24.БР.ПиЭА.222.05.000СБ			
Инв. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв. № подл.		Разраб.	Сорокин Г.А.				Лит.	Лист
Инв. № подл.		Проб.	Бобровский А.В.					Листов
Инв. № подл.		Н.контр.	Бобровский А.В.				Разработка электромотоцикла на базе КТМ 690 Duke ТГУ, ЭМСБ-2003а	
Инв. № подл.		Утв.	Бобровский А.В.					
					Копировал _____ Формат А4			

Рисунок А.1 – Спецификация рамы электромотоцикла

