

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка конструкции электрического велосипеда для перевозки  
малогабаритных грузов

Обучающийся

А.А. Шафранов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.С. Тизилов

(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)

доцент И.В. Дерябин

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

О.А. Головач

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

Тольятти 2022

## Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка конструкции электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов».

Цель дипломного проекта – Разработка конструкции электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов.

Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 76 страниц с приложениями.

Графическая часть содержит 10 листов формата А1, выполненных в автоматизированной системе разработки и оформления конструкторской и проектной документации КОМПАС-График. Выполненный дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию.

В первом разделе рассмотрены конструкции грузовых электрических велосипедов представленных на отечественном и зарубежных рынках.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчет грузового электрического велосипеда.

В третьем разделе составлены технические задание и предложение на разработку конструкции электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов. Выполнены конструкторские расчеты по подбору аккумуляторной батареи.

В четвертом разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов.

В пятом разделе рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта.

В шестом разделе определена эффективность разработки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов с экономической стороны.

## **Abstract**

The title of the graduation work is: «The construction development of an electric bicycle for transporting small cargoes».

The aim of the graduation work is to develop the design of the electric bicycle for transporting small cargoes.

The graduation work consists of six parts, introduction, conclusion, list of references, appendices – 76 pages in total.

The graphic part is on 10 A1 sheets, which performed in the automated system for the development and execution of design and project documentation «KOMPAS-Graph». The graduation project fully complies with the approved assignment.

In the first part we review the designs of electric cargo bicycles presented in the domestic and foreign markets.

The second part concentrates on the calculation of traction-dynamic properties of the electric cargo bicycle.

In the third part we draw up the terms of reference and the technical proposal for the development of the electric bicycle construction for transporting small cargoes. We make the design calculations for the battery selection.

The fourth part substantiates the selection of the technological process, describes the definition of the assembly complexity. The technological process for assembling the electric bicycle for transporting small cargoes is developed.

In the fifth part of the graduation work we cover safety and ecological issues of the project.

The final part defines the economic efficiency of developing the electric bicycle for transporting small cargoes.

## Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса .....	8
1.1 Грузовой электрический велосипед Raleigh Stride 2 .....	9
1.2 Грузовой электрический велосипед Gazzelle Makki Load .....	10
1.3 Грузовой велосипед Babboc Go E.....	11
1.4 Гибридный электрический грузовой велосипед Cube .....	13
1.5 Грузовой электрический велосипед Bergamont E-Cargoville LT Edition .....	14
2 Тягово-динамический расчет автомобиля .....	16
3 Конструкторская часть .....	25
3.1 Техническое задание на разработку электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов .....	25
3.2 Техническое предложение на разработку электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов .....	28
3.3 Конструкторские расчеты .....	37
4 Технологический раздел.....	39
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	39
4.2 Определение трудоемкости сборки.....	42
4.3 Составление технологического процесса сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов.....	42
5 Безопасность и экологичность проекта .....	47
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов.....	47
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	47
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	49
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	54

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов .....	57
6 Экономическая эффективность проекта.....	59
Заключение .....	68
Список используемой литературы и используемых источников.....	69
Приложение А. Спецификация.....	76

## Введение

«Очевидно, что в настоящее время ДВС практически достигли своего теоретического предела по экономичности и экологическим показателям, и дальнейшее значимое улучшение этих показателей вряд ли возможно. Такие показатели, как надежность и стоимостные показатели ДВС не имеют теоретического предела, но динамика их развития достигла такого состояния, когда даже незначительное их улучшение требует все больших временных и материальных затрат и уже не представляется экономически целесообразным» [2].

«В то время как перспективы развития и усовершенствования автомобильных электродвигателей и аккумуляторов представляются весьма обширными, а объему ресурсов, требуемые для такого развития в настоящее время имеют отрицательную динамику.

Всё это позволяет уверенно прогнозировать уменьшение доли автомобилей в ДВС в будущем и рост числа электромобилей и автомобилей с гибридной силовой установкой» [5].

«Сектор гибридных автомобилей претерпел качественные изменения. Появляется все больше гибридных автомобилей, в которых ДВС перестает быть основным двигателем, и ему все чаще отводится вспомогательная роль. Подобные гибридные автомобили могут уже заряжать аккумуляторы от внешних источников питания и использование внутреннего ДВС для этой цели уже не является необходимым.

Этот факт, в свою очередь позволяет ряду аналитиков относить такие автомобили к «электрическим» и учитывать их в статистических обзорах именно как электромобили» [18].

«Основным сдерживающим фактором для расширения сектора электромобилей на данном этапе становится не малая емкость аккумулятора, а недостаточно развитая инфраструктура для их использования.

Поощрительные программы для владельцев электромобилей, принятые правительствами ряда стран и существенно более низкая стоимость эксплуатации привели к тому, что более высокая на данном этапе цена электромобиля уже утрачивает значение фактора, удерживающего потребителя от покупки» [1].

Согласно расчётам [34] Vygon Consulting из доклада «Накопители энергии в России: инъекция устойчивого развития» только за счет экономии на топливе за 5 лет при ежегодном пробеге в России, стоимость владения электромобилем за пять лет может быть сопоставима со стоимостью владения бензиновой машиной. Для Европы, где стоимость топлива существенно выше, этот срок будет меньше.

«На первое место, в качестве фактора, удерживающего от покупки электромобиля выходят сложности с подзарядкой на трассе (недостаточное количество зарядных станций), существенно большее время зарядки, и еще не сформировавшаяся до конца инфраструктура обслуживания электромобилей.

Тем не менее, тот факт, что уже согласованы стандарты зарядного интерфейса автомобилей, позволяет надеяться, что решение этих проблем – вопрос недалекого будущего» [32].

Учитывая современные тенденции к использованию электрических приводов было принято решение разработать конструкцию электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов.

## 1 Состояние вопроса

Электробайки, увидеть которые можно на дорогах крупных городов, давно никого не удивляют, в отличие от них, электровелосипед грузовой долго оставался невостребованным. Продолжалось так, пока за дело не взялись китайцы, поставив производство на поток. Затем включились в эстафету Америка с Европой. Сегодня на рынке впечатляющее число производителей и моделей, благодаря которым существенно улучшилась жизнь людей.

Электрический транспорт покупают, чтобы уменьшить физическую нагрузку, ведь едет он благодаря мотору. Кто-то пользуется электровелосипедом грузовым, чтобы отвести в садик ребенка, кому-то удобно привести из супермаркета покупки, а большинство используют, чтобы получить удовольствие от велопогулки.

И именно эта инновация – электровелосипед грузовой стала настоящим спасением для пожилых и людей с ограниченными возможностями, которые теперь могут перемещаться независимо от городского транспорта и не требуя посторонней помощи.

При этом никаких вредных выбросов он не отправляет в окружающую среду.

Из-за огромного числа грузовых электровелосипедов на рынке, выбрать их одновременно легко и сложно. Отличаются такие конструкции значительным выносом колеса переднего и большим низкорасположенным коробом спереди. Использовать электровелосипед грузовой можно для перевозки стройматериалов, иных грузов, даже детей.

Родиной грузовых велосипедов электрических считается Дания, где впервые они появились в 1920 году. Есть модели, в которых короб перемещен назад (Xtracycle, Yuba Vikesi др.), и у каждой конструкции имеются преимущества и недостатки.



Если расположение корзины переднее, есть возможность контролировать перевозимый груз. Особенно это важно, если перевозят детей или животных.

Рассмотрим конструкции грузовых велосипедов представленных на рынке.

### **1.1 Грузовой электрический велосипед Raleigh Stride 2**

Знаменитый британский бренд Raleigh с самого начала поддержал идею электровелосипедов, и теперь мы видим, что их ассортимент расширен, и теперь он включает в себя линейку электрических грузовых велосипедов.

Электрический грузовой велосипед Raleigh Stride 2 (рисунок 1) использует новейшие технологии, включая двигатель Bosch Cargo Line и зубчатую передачу Enviolo CVP (постоянно изменяемая планетарная передача), что дает водителю бесконечное количество передаточных чисел. Также можно переключать передачи под нагрузкой (сильно нажимая педали) или когда стоите.



Рисунок 1 – Грузовой электрический велосипед Raleigh Stride 2

Аккумулятор на 500 Вт×ч и первоклассные гидравлические дисковые тормоза Magura делают Raleigh Stride 2 серьезным соперником в мире электрических грузовых велосипедов.

Технические характеристики грузового электрического велосипеда Raleigh Stride 2 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики грузового электрического велосипеда Raleigh Stride 2 [30]

Параметр	Значение
Максимальная скорость, км/ч	25
Максимальный пробег, км	64
Материал рамы	Высокопрочная сталь
Масса, кг	60
Модель двигателя	Bosch Cargo Line Performance CX
Мощность двигателя, Вт	250
Выходной крутящий момент, Н×м	85
Тип батареи	Литий-ионная
Емкость батареи, Вт×ч	500
Зарядное устройство	Bosch 4A
Время зарядки аккумулятора, ч	4,5
Стоимость, руб.	604000

## 1.2 Грузовой электрический велосипед Gazzelle Makki Load

Велосипеды Gazzelle – еще один хорошо известный голландский бренд, который стал пионером в области электрического грузового транспорта. Электрический велосипед Gazzelle Makki Load Cargo (рисунок 2) оснащен всеми последними технологиями и использует двигатель Bosch Performance Line 3.0 с бесступенчатой трансмиссией CVP Enviolo.



Рисунок 2 – Грузовой электрический велосипед Gazzelle Makki Load

Gazelle Makki Load – это не обычный грузовой электрический велосипед, дизайн которого учитывали родители и дети с самого начала. Makki E Cargo – идеальное решение для комфортной и безопасной перевозки вас и ваших детей. Его также можно использовать как велосипед для покупок, когда дети ходят в школу.

Технические характеристики грузового электрического велосипеда Gazelle Makki Load представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики грузового электрического велосипеда Gazelle Makki Load [30]

Параметр	Значение
Максимальная скорость, км/ч	30
Максимальный пробег, км	60
Материал рамы	Сталь
Масса, кг	55
Модель двигателя	Bosch Cargo Line Performance CX
Мощность двигателя, Вт	250
Выходной крутящий момент, Н×м	85
Тип батареи	Литий-ионная
Емкость батареи, Вт×ч	400
Зарядное устройство	Bosch 4 A
Время зарядки аккумулятора, ч	4,2
Стоимость, руб.	577000

### 1.3 Грузовой велосипед Vabboe Go E

Голландская компания Vabboe уже много лет производит отличные грузовые велосипеды и одной из первых применила электрические технологии в своих велосипедах. Велосипед Vabboe Go E-Cargo (рисунок 3) – один из наиболее доступных вариантов в этом списке, он изысканно изготовлен вручную. Если взять традиционный стиль «голландского велосипеда» и реализовать его на грузовом электрическом велосипеде, это означает прочную конструкцию и удобное положение для езды [30].

Vabboe Go с приводом в задней ступице мощностью 250 Вт, батареей 374 Вт×ч и 7-ступенчатой коробкой передач – идеальное решение для коротких поездок по холмам. Эти маленькие двигатели с задней втулкой

известны своей надежностью и дают водителю очень полезный импульс во время езды.



Рисунок 3 – Грузовой электрический велосипед Babboe Go E-Cargo

Технические характеристики грузового электрического велосипеда Babboe Go E-Cargo представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики грузового электрического велосипеда Babboe Go E-Cargo [30]

Параметр	Значение
Максимальная скорость, км/ч	25
Максимальный пробег, км	50
Материал рамы	Высокопрочная сталь
Масса, кг	77
Модель двигателя	Bosch Cargo Line Performance CX
Мощность двигателя, Вт	250
Выходной крутящий момент, Н×м	40
Тип батареи	Литий-ионная
Емкость батареи, Вт×ч	375
Зарядное устройство	2 А, 42 В, 90 Вт
Время зарядки аккумулятора, ч	5
Стоимость, руб.	385000

## 1.4 Гибридный электрический грузовой велосипед Cube

Гибридный электрический грузовой велосипед Cube (рисунок 4) наполнен новейшими технологиями для электрических велосипедов, включая двигатель Bosch Cargo Line, аккумулятор на 500 Вт×ч и трансмиссию Enviolo CVP. Держатель из пенопласта EPP может быть оснащен дополнительными сиденьями и ремнями безопасности для переноски детей или использоваться в качестве места для нескольких сумок для покупок, некоторых рабочих инструментов или пакетов для доставки.

Также есть дополнительное преимущество 32-миллиметровой воздушной вилки Suntour XCR100 для сглаживания выбоин и превосходных шин Schwalbe Marathon E-Plus, которые практически защищены от проколов.



Рисунок 4 – Грузовой электрический велосипед Cube

Технические характеристики грузового электрического велосипеда Cube представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики грузового электрического велосипеда Cube [30]

Параметр	Значение
Максимальная скорость , км/ч	28

#### Продолжение таблицы 4

Параметр	Значение
Максимальный пробег, км	55
Материал рамы	Алюминий
Масса, кг	45
Модель двигателя	Bosch Drive Unit Cargo Line Generation 4
Мощность двигателя, Вт	250
Выходной крутящий момент, Н×м	85
Тип батареи	Литий-ионная
Емкость батареи, Вт×ч	500
Зарядное устройство	Bosch 5 A
Время зарядки аккумулятора, ч	4,5
Стоимость, руб.	430000

### 1.5 Грузовой электрический велосипед Bergamont E-Cargoville LT Edition

Немецкий бренд Bergamont уже несколько лет производит очень качественные электровелосипеды, и этот последний грузовой велосипед имеет отличные характеристики. В Bergamont E-Cargoville LT Edition (рисунок 5) есть все необходимое для переноски более тяжелых или крупных предметов по городу.



Рисунок 5 – Грузовой электрический велосипед Bergamont E-Cargoville LT Edition

E-Cargoville отличается превосходными техническими характеристиками, включая двигатель Bosch Performance Line Cruise с аккумулятором на 500 Вт×ч. Также есть гидравлические тормоза Magura MT30 и 10-скоростная трансмиссия Shimano Deore с широким диапазоном.

Технические характеристики грузового электрического велосипеда Bergamont E-Cargoville LT Edition представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики грузового электрического велосипеда Bergamont E-Cargoville LT Edition [30]

Параметр	Значение
Максимальная скорость, км/ч	25
Максимальный пробег, км	65
Материал рамы	Алюминий
Масса, кг	37,2
Модель двигателя	Bosch Performance Line Cruise
Мощность двигателя, Вт	250
Выходной крутящий момент, Н×м	65
Тип батареи	Литий-ионная
Емкость батареи, Вт×ч	500
Зарядное устройство	Bosch 5 A
Время зарядки аккумулятора, ч	4,5
Стоимость, руб.	509000

Таким образом, рассмотрев представленные модели грузовых электрических велосипедов необходимо отметить их значительную стоимость, а также отсутствие аналогов, производящихся в России.

Выводы по разделу.

В разделе «Состояние вопроса» рассмотрены конструкции грузовых электрических велосипедов представленных на отечественном и зарубежных рынках.

## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Для выбора комплектующих тяговой системы электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов, в целях обеспечения достаточной динамики и безопасности, выполним тягово-динамический расчет данного электромобиля.

За базовые параметры электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов принимаем данные электрического велосипеда Cube.

Базовые параметры электрического велосипеда Cube приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Базовые параметры электрического велосипеда Cube [30]

Параметр	Значение
Тип автомобиля	заднеприводный велосипед
Колесная формула	2×1
Количество человек	1
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	2433×684×948
Снаряженная масса, кг	45
Размерность шин	26×13/8
Коэффициент сопротивления воздуха, $C_x$	0,45
Коэффициент сопротивления качению	0,013
Коэффициент, зависящий от уклона дороги	0,25
Максимальная скорость, км/ч	28
Максимальная частота вращения вала электродвигателя, $c^{-1}$	52,3
КПД трансмиссии	0,85

«Определяем полную массу электрического велосипеда по формуле:

$$M_a = M_0 + (M_q \cdot n) + M_6 \cdot n, \quad (1)$$

где  $M_0$  – снаряженная масса велосипеда, принимаем 48 кг;

$M_q$  – масса человека, принимаем 80 кг;

$M_6$  – масса груза на одного человека, принимаем 10 кг;

$n$  – количество людей в электромобиле» [28].



$$M_a = 48 + (80 \cdot 1) + (10 \cdot 1) = 138 \text{ кг.}$$

«Определяем статический радиус колеса по формуле:

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

где  $d$  – посадочный диаметр, принимаем 0,559 м;

$\lambda_z$  – коэффициент вертикальной деформации шин, зависящий от специфики используемых шин, принимаем равным 0,92;

$H$  – высота профиля шины, принимаем 0,13 м» [28].

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot 0,559 + 0,92 \cdot 0,13 = 0,399 \text{ м.}$$

$$r_{\text{ст}} \approx r_d \approx r_k = 0,399 \text{ м.}$$

Определяем коэффициент обтекаемости по формуле:

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

где  $\rho$  – плотность воздуха, 1,293 кг/м<sup>3</sup>.

$$k = \frac{0,45 \cdot 1,293}{2} = 0,291.$$

Определяем лобовую площадь электрического велосипеда по формуле:

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

$$F = 0,8 \cdot 0,684 \cdot 0,948 = 0,52 \text{ м}^2.$$

Определяем коэффициент сопротивления качению по формуле:

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

$$f = 0,013 \cdot \left( 1 + \frac{7,7^2}{25000} \right) = 0,013.$$

Определяем внешнюю скоростную характеристику необходимого электродвигателя.

«Сначала определяем мощность электродвигателя при наивысшей скорости электрического велосипеда 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 электрического велосипеда;

$\psi_v$  – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля. Для легких автомобилей коэффициент сопротивления дороги принимают равным коэффициенту качения при максимальной скорости и равняется 0,013» [28].

$$N_v = \frac{1}{0,85} \cdot \left( 1353,8 \cdot 0,013 \cdot 7,77 + 0,225 \cdot 1,293 \cdot 0,52 \cdot 7,77^3 \right) = 1 \text{ кВт.}$$

На основании полученной мощности электродвигателя при наивысшей скорости электрического велосипеда с учетом КПД трансмиссии можно подобрать электрический двигатель.

Наиболее распространенным вариантом электрического двигателя, используемым на велосипедах, трициклах является мотор-колесо Eltreco с максимальной мощностью 1 кВт. Для данной конструкции электрического велосипеда достаточно будет одного мотор-колеса.

На рисунке 6 представлены характеристики мотор-колеса Eltreco 1000 W 48V.

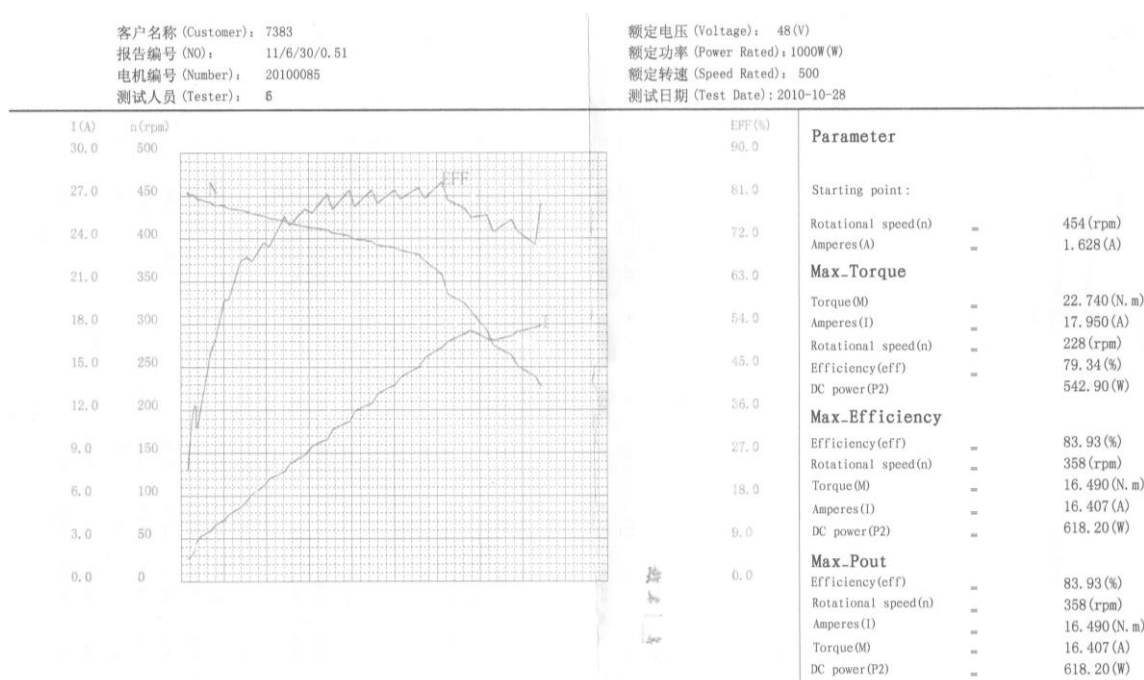


Рисунок 6 – Характеристики мотор-колеса Eltreco 1000 W 48V

«Определяем передаточное число главной передачи по формуле:

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

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

$U_k$  – передаточное число коробки передач, так как в разрабатываемом электрическом велосипеде не будет коробки передач, то передаточное число принимаем равным 1» [28].

$$U_0 = \frac{0,399}{1} \cdot \frac{52,3}{7,77} = 2,68. \quad (8)$$

Определяем передаточное число главной передачи.

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

$$U_1 \leq \frac{G_{cy} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_0}, \quad (9)$$

где  $G_{cy}$  – сцепной вес автомобиля, определяется по формуле (10):

$$G_{cy} = \lambda_k \cdot G_{\text{вд}}, \quad (10)$$

$$G_{cy} = 9,81 \cdot 0,8 \cdot 82,8 = 649,8 \text{ Н};$$

$\varphi$  – коэффициент сцепления шин ведущих колес с дорожным покрытием, для сухого асфальтобетонного покрытия в хорошем состоянии равен 0,8» [28].

$$U_1 \leq \frac{649,8 \cdot 0,8 \cdot 0,399}{22,7 \cdot 0,85 \cdot 2,68} \leq 4,01.$$

Выполняем анализ тяговой динамики.

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

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{r_k}. \quad (11)$$

Определяем силу сопротивления воздуха по формуле:

$$P_B = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2. \quad (12)$$

Определяем силу сопротивления качению автомобиля по формуле:

$$P_d = G_a \cdot \psi. \quad (13)$$

Определяем суммарную силу сопротивления движению автомобиля по формуле:

$$P_{\Sigma} = P_B \cdot P_D. \quad (14)$$

Сводим результаты расчетов в таблицы 7 и 8» [28].

Определяем динамический фактор по формуле (14):

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a}. \quad (15)$$

Таблица 7 – Результаты расчета

n, об/мин	Тяговая сила на ведущих колесах, Н	Сила сопротивления, Н		
		$P_{\epsilon}$	$P_{\delta}$	$P_{\Sigma}$
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 8 – Зависимость сопротивления воздуха от скорости электромобиля

Скорость движения, м/с	Сила сопротивления, 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 9.

Таблица 9 – Зависимость коэффициента сопротивления качению и динамического фактора от скорости вращения электродвигателя

Частота вращения колеччатого 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
1529	0,1894	0,017

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 (15):

$$J = \frac{(D - f) \cdot g}{\delta_{ep}}, \quad (16)$$

$$\delta_{ep} = 1 + \frac{(I_M \cdot \eta_{mp} \cdot U_{mp} + I_k) \cdot g}{G_a \cdot r_k^2}, \quad (17)$$

где  $I_M$  – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

$I_k$  – суммарный момент инерции ведущих колес» [28].

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

$$\delta_{ep} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2), \quad (18)$$

где  $\delta_1$  – коэффициент учета вращающихся масс колес;

$\delta_2$  – коэффициент учета вращающихся масс электродвигателя.

Принимаем, что  $\delta_1 = \delta_2 = 0,03 \div 0,05$ » [28].

Результаты расчетов ускорений и обратных ускорений  $1/j$  сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Зависимость ускорений и обратных ускорений от частоты вращения электродвигателя

Частота вращения колеччатого вала, об/мин	Ускорение на передаче, м/с <sup>2</sup>	Величина, обратная ускорению на передаче, с <sup>2</sup> /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
1529	1,4629	0,6836

Путь и время разгона электромобиля определяем по формуле (19) при помощи графоаналитического способа, то есть интегрирование заменяется суммой величин.

$$\Delta t = \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{j} \cdot d_v \approx \left( \frac{1}{j_{cp}} \right)^2 \cdot (V_2 - V_1) \Delta t. \quad (19)$$

Результаты расчетов приведены в таблицах 11 и 12.

Таблица 11 – Результаты расчета

V, м/с	0	3,12	6,23	9,35	12,46	15,58	18,69	21,81	24,92
1/J <sub>cp</sub>	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 12 – 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 электромобиля.

«Определяем мощность, передаваемую ведущим колесам по формуле (20) и результаты заносим в таблицу 13:

$$N_T = N_e - N_{TP} = N_f + N_{II} + N_B + N_{II}, \quad (20)$$

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

$N_f$  – мощность, затрачиваемая на качение колес;

$N_{II}$  – 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 сил сопротивления»

[28].

$$N_f = P_k \cdot V, \quad (21)$$

$$N_{II} = P_{II} \cdot V, \quad (22)$$

$$N_B = P_B \cdot V, \quad (23)$$

$$N_{II} = P_{II} \cdot V, \quad (24)$$

$$N_D = P_D \cdot V. \quad (25)$$

Таблица 13 – Результаты расчетов

$V_{max}$	3,12	6,23	9,35	12,46	15,58	18,69	21,81	24,92
$N_e$	1,50	5,00	7,50	10,00	12,00	12,00	14,00	16,00
$N_t$	1,28	4,25	6,38	8,50	10,20	10,20	11,90	13,60
$N_B$	0,01	0,04	0,14	0,34	0,66	1,14	1,81	2,7
$N_\delta$	0,13	0,30	0,45	0,62	0,80	1,00	1,22	1,46
$N_B + N_{II}$	0,14	0,34	0,59	0,96	1,46	2,14	3,03	4,16
$(N_e + N_D) / N_t$	0,11	0,08	0,09	0,11	0,14	0,21	0,25	0,31

Выводы по разделу.

В разделе «Тягово-динамический расчет автомобиля» выполнен тягово-динамический расчет грузового электрического велосипеда.



### **3 Конструкторская часть**

#### **3.1 Техническое задание на разработку электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов**

«Конструкторская разработка относится к области грузового велосипедного транспорта и может быть использована для перевозки малогабаритных грузов» [3].

«Электрический велосипед для перевозки малогабаритных грузов представляет собой рамное двухколесное транспортное средство на базе велосипеда, оснащенное в передней части вилкой от велосипеда с рулевым механизмом, передним колесом с тормозным механизмом, площадкой для перевозки грузов посередине, рулем от велосипеда, в задней части мотор-колесом, закрепленным на вилке от велосипеда, парковочной подножкой, контроллером и аккумуляторной батареей.

Электрический велосипед для перевозки малогабаритных грузов предназначен для передвижения по обычным дорогам, небольшому бездорожью, преимущественно летом и в межсезонье» [11].

«Разработка ведется в соответствии с заданием на выполнение ВКР, выданным кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей».

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

Наименование и условное обозначение темы разработки не имеет» [4].

Электрический велосипед для перевозки малогабаритных грузов должен состоять из металлической рамы, вилки от велосипеда с рулевым механизмом, передним колесом с тормозным механизмом, площадки для перевозки грузов в средней части, мотор-колеса, набора аккумуляторных батарей, контроллера.

«К конструкции электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов предъявляются следующие требования:

- должен быть предназначен для перевозки одного человека;
- должна быть предусмотрена возможность размещения груза в средней части транспортного средства;
- должен отвечать требованиям правил эксплуатации и быть безопасным при эксплуатации в различных погодных условиях;
- конструкция рамы должна обладать достаточной жёсткостью и прочностью;
- для оснащения должны максимально использоваться механические узлы, электрические и электронные элементы, агрегаты и отдельные элементы автомобильной промышленности, отвечающие современным и перспективным международным и российским требованиям;
- для обеспечения управления транспортным средством должна быть предусмотрена возможность поворота переднего управляемого колеса;
- транспортное средство должно быть выполнено с задним приводом от мотор-колеса;
- предусмотреть подножку для парковки транспортного средства;
- дизайн транспортного средства должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид;
- посадка и высадка водителя, погрузка и выгрузка грузов должна быть максимально удобной;
- в процессе эксплуатации конструкция не должна 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 автоматизированной системе разработки и оформления конструкторской и проектной документации КОМПАС-График» [14].

«Исходя из конструктивных соображений и представленных на рынке предложений, ориентировочно принимаем следующие технические показатели:

- габаритные размеры:
  - 1) длина, не более мм ..... 2500;
  - 2) ширина, не более мм ..... 700;
  - 3) высота, не более мм ..... 1000;
- угол поворота, не менее град. .... 40.
- тип привода ..... задний, электрический, мотор-колесо;
- количество двигателей, не более шт. .... 1;
- мощность двигателя, не более Вт ..... 500;
- запас хода, не менее км ..... 40;
- грузоподъемность, не менее кг ..... 40;
- масса, не более кг ..... 100» [21].

«Электрический велосипед для перевозки малогабаритных грузов изготовить в 1 экземпляре. Поскольку серийное производство не предусмотрено, то поиск на патентную чистоту не обязателен.

Использовать электрический велосипед для перевозки малогабаритных грузов должны люди, прошедшие специальный инструктаж по технике безопасности и изучившие правила эксплуатации» [2].

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

Транспортировка осуществляется в разобранном виде, все части электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов должны быть упакованы в деревянные ящики, которые маркируются соответственным образом. Хранить устройство в собранном или разобранном виде в сухом помещении.

При выполнении задания предусмотреть разработку технического предложения с эскизным проектом.

На экспертизу предоставить в письменном варианте ТЗ, ТП. Место проведения экспертизы – кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей» ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет».

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

Изготовление опытного образца не предусматривается.

Возможность экспорта разрабатываемой установки в зарубежные страны не предусмотрена» [4].

### **3.2 Техническое предложение на разработку электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов**

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать конструкцию электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов.

Электрический велосипед для перевозки малогабаритных грузов представляет собой рамное двухколесное транспортное средство на базе велосипеда, оснащенное в передней части вилкой от велосипеда с рулевым механизмом, передним колесом с тормозным механизмом, площадкой для перевозки грузов посередине, рулем от велосипеда, в задней части мотор-колесом, закрепленным на вилке от велосипеда, парковочной подножкой, контроллером и аккумуляторной батареей.

«Электрический велосипед для перевозки малогабаритных грузов должен иметь следующие технические показатели:

– габаритные размеры:

- 1) длина, не более мм ..... 2500;
- 2) ширина, не более мм ..... 700;
- 3) высота, не более мм ..... 1000.

- угол поворота, не менее град. .... 40;
- тип привода ..... задний, электрический, мотор-колесо;
- количество двигателей, не более шт. .... 1;
- мощность двигателя, не более Вт ..... 500;
- запас хода, не менее км ..... 40;
- грузоподъемность, не менее кг ..... 40;
- масса, не более кг ..... 100» [21].

Проведенный поиск аналогов показал, что модели двухколесных грузовых велосипедов отечественного производства не найдены, зарубежные конструкции грузовых велосипедов в основном не оборудованы электрическим приводом, а оборудованные конструкции представлены с оснащением кареточным мотором, достаточно дороги (стоимость от 400 тысяч рублей).

Таким образом, в настоящее время конструкций, подпадающих под заданные технические требования не имеется.

Анализ конструктивных особенностей электрических велосипедов для перевозки малогабаритных грузов – 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 представленные источники информации:

- интернет-форумы,
- журналы на техническую тематику,
- техническую литературу» [7].

«Основными частями электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов являются:

- рама от велосипеда,
- рама для транспортировки грузов,
- рулевое управление,

- мотор-колесо,
- аккумуляторные батареи,
- контроллер» [21].

Предлагаются следующие варианты исполнения элементов электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов.

В первую очередь необходимо определиться с рамой для транспортировки грузов, так как она должна обеспечивать требуемую прочность, надёжность крепления элементов. Рама может быть изготовлена из профиля прямоугольного сечения (рисунок 7, а) или профиля круглого сечения (рисунок 7, б).

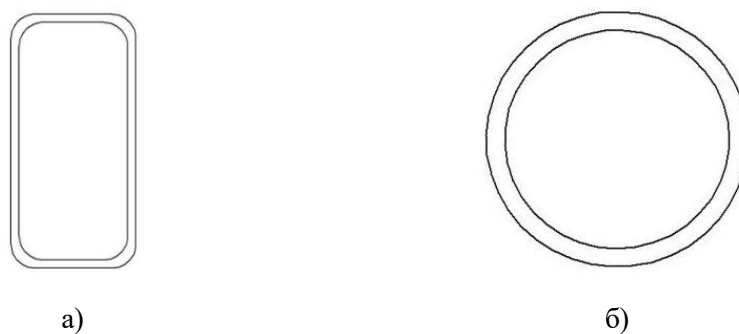


Рисунок 7 – Виды профиля для рамы

«С точки зрения сопротивления материалов, наиболее выгодными в плане устойчивости к изгибу являются круглые трубы. При минимальном количестве материала они обеспечивают максимальную 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].

Отличительной особенностью проектируемого электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов является конструкция рамы для перевозки грузов. Принимаем форму рамы, представленную на рисунке 8, взятую от велосипеда и частично доработанную. Для обеспечения поворота передней вилки с колесом предусматриваем рулевое управление с тяговым механизмом поворота колеса, в котором управляющее воздействие передается путем поворота руля и далее через тягу на вилку колеса. Также для парковки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов предусматриваем складную подножку.

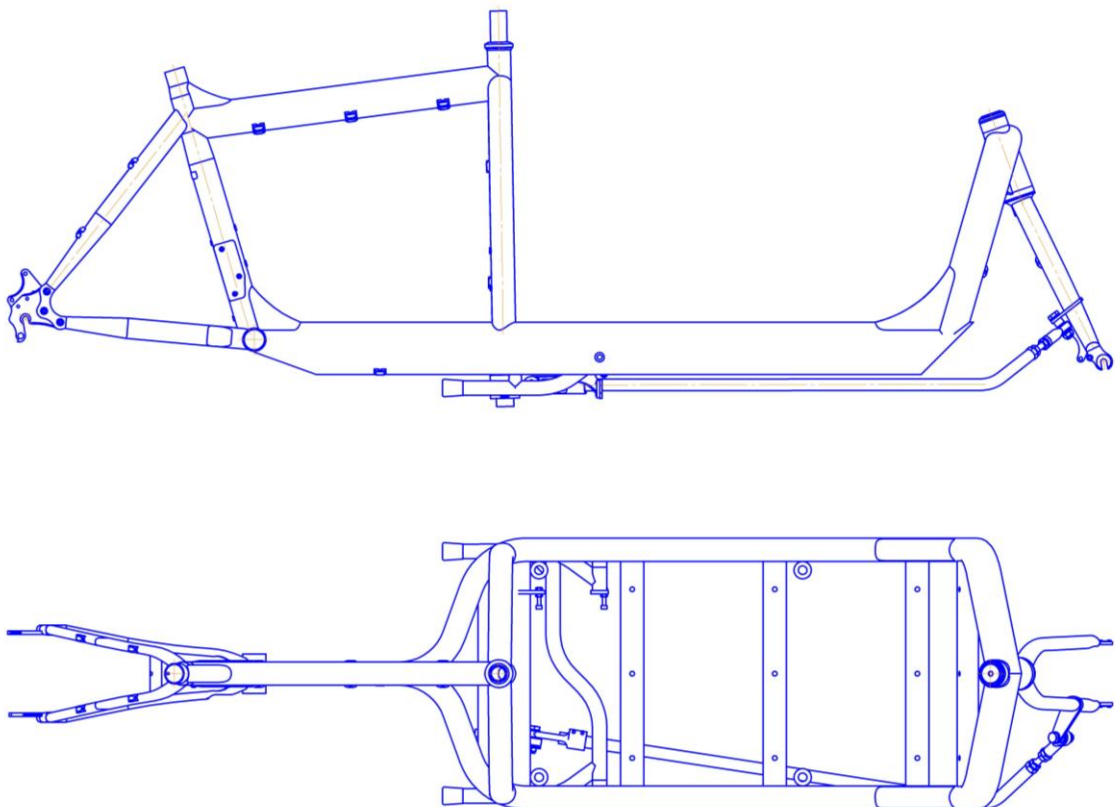


Рисунок 8 – Конструкция рамы и рулевого управления электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов

В качестве привода электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов предлагается использовать установленное в задней части мотор-колесо.

Проведя анализ наиболее используемых мотор-колес, применяющихся на транспорте, выбираем мотор-колесо Eltreco 48V 350W мощностью 350 Вт (рисунок 9).



Рисунок 9 – Мотор-колесо Eltreco 48V 350W

Технические характеристики мотор-колеса представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики мотор-колеса Eltreco 48V 1000W

Параметр	Значение
«Тип двигателя	бесщеточный мотор-редуктор
Напряжение, В	48
Сила тока А	15
Скорость, км/ч	25-35
Тормоз	дисковый тормоз» [33].

Для удобства электрификации конструкции выбираем готовый к эксплуатации комплект электрификации Eltreco (рисунок 10), в который входит непосредственно само мотор-колесо, контроллер 36/48V20A LCD, LCD дисплей ОМТ-М3, ручка газа, датчик PASS, ручки тормоза комплект черные.





Рисунок 10 – Комплект для электрификации

«В состав комплекта входит ручка акселератора (рисунок 11), которая устанавливается на правой грипсе и позволяет передвигаться в режиме «скутера». На ручке расположена LED-индикация уровня заряда аккумуляторной батареи и кнопка включения/выключения питания электромотора» [31].



Рисунок 11 – Ручка акселератора

В состав комплекта входит управляющий велокомпьютер ОМТ-М3 (рисунок 12) с LCD-дисплеем, на котором отображаются все необходимые показатели. Ручка акселератора устанавливается на правой грипсе и позволяет передвигаться на велосипеде в режиме "скутера", не прибегая к вращению педалей.



Рисунок 12 – Управляющий велокомпьютер ОМТ-М3

В целях обеспечения торможения транспортного средства предусматриваем совмещённый гидравлический и электронный тормоз МР-4(5) и SMP-4(5) (рисунок 13).



Рисунок 13 – 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.

Современный контроллер ELTRECO 36/48V13A LCD YCKH169-159-48 (рисунок 14), входящий в состав комплекта, управляет слаженной работой всех компонентов.



Рисунок 14 – Контроллер ELTRECO 36/48V13A LCD YCKH169-159-48

«Контроллер размещается в пластиковом корпусе, который легко установить на раме или подседельной трубе. Контроллер обеспечивает управление двигателем: позволяет регулировать скорость вращения электродвигателя, обеспечивает торможение двигателем (рекуперация). Контроллер работает по принципу понижающего преобразователя, и благодаря этому, фазный ток, протекающий по обмоткам электродвигателя, может значительно превышать батарейный ток, протекающий от батареи до контроллера. Именно контроллер определяет мощность, поступающую в электродвигатель» [14].

Для питания электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов необходимо предусмотреть тяговую аккумуляторную батарею, обеспечивающую питание мотор-колеса.

Принято решение разместить аккумуляторную батарею в пространстве рамы.

Технические характеристики батареи будут определены в следующем подразделе пояснительной записки.

После выбора всех элементов конструкции электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 15).

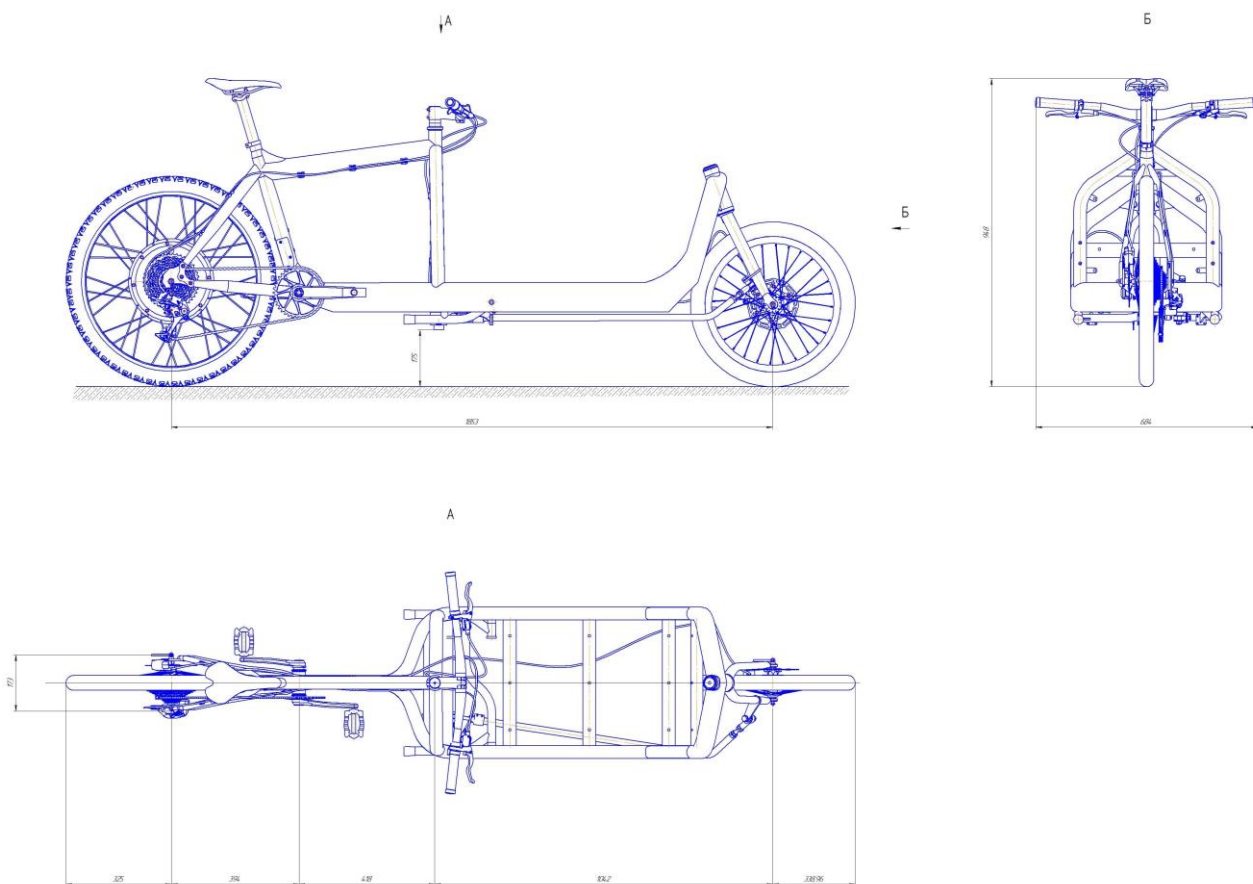


Рисунок 15 –Общая компоновка электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов

Спецификация на электрический велосипед для перевозки малогабаритных грузов представлена в Приложении А (рисунок А.1).

### 3.3 Конструкторские расчеты

«Так как никель-металлогидридный и никель-кадмиевый аккумуляторы имеют значительно меньшую плотность энергии на единицу массы, чем литий-ионный и литий-железо-фосфатный аккумуляторы, их в процессе подбора не рассматриваем» [15].

При средней скорости 20 км/час и дальности хода 40 км требуемое время хода 2 часа чистого времени.

Определяем затрачиваемую энергию на движение по формуле:

$$Q = N_{\Pi} \cdot t, \quad (26)$$

$$Q = 217,1 \cdot 2 = 434,2 \text{ Дж.}$$

Определяем ток отдачи батареи по формуле:

$$I_{\text{отд}} = \frac{N_{\Pi}}{U}, \quad (27)$$

$$I_{\text{отд}} = \frac{217,1}{48} = 4,52 \text{ А.}$$

Определяем минимальную емкость аккумуляторной батареи по формуле:

$$C = \frac{Q}{U}, \quad (28)$$

$$C = \frac{434,2}{48} = 9,04 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Исходя из рассчитанных характеристик, с учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, принимаем аккумуляторную батарею «треугольник» на раму 48В 13А·ч Li-Ion+USB (рисунок 16).



Рисунок 16 – Аккумуляторная батарея «треугольник» на раму 48В 24А·ч

Технические характеристики аккумуляторной батареи LiFePO<sub>4</sub>, 48В-24 А·ч представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Технические характеристики аккумуляторной батареи LiFePO<sub>4</sub>, 48В-24 А·ч

Параметр	Значение
Габаритные размеры (Д×Ш×В),	390×220×75
Масса, кг	4
Класс защиты	IP65
Корпус	ABS пластик
Напряжение, В	48
Ёмкость, А·ч	13
BMS	встроенное
Количество циклов зарядки, раз	>2000
Максимальный непрерывный ток разряда, А	40
Максимальный непрерывный ток разряда, кВт	2
Время заряда, ч	7

Самый безопасный аккумулятор из всех литиевых АКБ. В отличие от свинцовых батарей, в 2 раза легче и при этом срок эксплуатации выше в 15 раз. Высокая токоотдача, позволяющая выдавать большую мощность. Эксплуатация зимой до минус 20°С.

Выводы по разделу.

В разделе «Конструкторская часть» составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов. Выполнены конструкторские расчеты по подбору аккумуляторной батареи.

## 4 Технологический раздел

### 4.1 Обоснование выбора технологического процесса

Процесс сборки является одним из заключительных этапов изготовления машины.

«Организационная форма сборки машин определяется типом и условиями производства. При этом решающими факторами являются годовой объем выпуска изделий, трудоемкость сборочных работ и экономическая эффективность» [22].

Для сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов предлагается мелкосерийная сборка, так как данный вид конструкции не будет иметь большого количества заказов, а, следовательно, не требуется постановка изготовления на «поток».

В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс выполняется бригадами рабочих со специализацией по видам сборочных работ. Областью экономичного использования данного вида сборки является мелкосерийное производство средних по размеру и крупных машин.

Определяем такт выпуска:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (29)$$

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

$m$  – количество смен, принимается равным 1;

$N$  – годовой объем выпуска, принимается равным 200 шт.

$$T_d = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{200} = 621 \text{ мин.}$$

Следующим этапом является составление технологической схемы сборки, в которой отражена последовательность соединения составных элементов конструкции (детали, сборочные единицы).

Технологическая схема сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов представлена в графической части ВКР.

На основании технологической схемы сборки, составляем перечень сборочных работ узловой и общей сборки.

Перечень выполняем в виде таблицы (таблица 16), содержащей наименование сборочных работ и данные о нормировании всех необходимых видов работ.

Таблица 16 – Перечень сборочных работ

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Взять раму электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов	0,7
Осмотреть раму	0,8
Установить раму на сборочное приспособление	2
Взять мотор-колесо	0,3
Осмотреть мотор-колесо	0,5
Установить мотор-колесо на вилку	0,4
Завернуть гайки крепления 2 шт. мотор-колеса к вилке	2
Взять переднюю вилку велосипеда	0,4
Осмотреть переднюю вилку велосипеда	0,3
Установить переднюю вилку велосипеда	17
Взять переднее колесо с тормозом в сборе	0,2
Осмотреть переднее колесо с тормозом в сборе	0,3
Установить переднее колесо с тормозом в сборе	10
Завернуть гайки крепления 2 шт. переднего колеса к вилке	2
Взять рулевой вал с рулем в сборе	0,3
Осмотреть рулевой вал с рулем в сборе	0,4
Установить рулевой вал с рулем в сборе в рулевую колонку на раме	6
Взять сошку рулевого управления	0,2
Осмотреть сошку рулевого управления	0,3



Продолжение таблицы 16

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Закрепить сошку рулевого управления на рулевом валу при помощи винтов 2 шт.	3
Взять кронштейн для крепления продольной тяги рулевого управления	0,2
Осмотреть кронштейн для крепления продольной тяги рулевого управления	0,3
Установить кронштейн для крепления продольной тяги рулевого управления на сошке рулевого управления при помощи болта, шайбы, гайки	5
Взять продольную тягу рулевого управления с наконечниками	0,3
Осмотреть продольную тягу рулевого управления с наконечниками	0,4
Установить продольную тягу рулевого управления с наконечниками в сборе на кронштейн для крепления продольной тяги рулевого управления при помощи болта, шайбы, гайки	4
Установить продольную тягу рулевого управления с наконечниками в сборе на кронштейн вилки переднего колеса при помощи болта, шайб 2 шт., гайки	4
Взять подножку для стоянки	0,2
Осмотреть подножку для стоянки	0,3
Установить подножку для стоянки на раму и зафиксировать болтом и гайками 2 шт.	6
Взять аккумуляторную батарею «треугольник» на раму 48В 24А·ч	0,3
Установить аккумуляторную батарею «треугольник» на раму	10
Взять контроллер ELTRECO 36/48V13A LCD YCKH169-159-48	0,2
Установить контроллер в районе аккумуляторной батареи	5
Взять ручку акселератора и тормоза	0,3
Установить ручку акселератора и тормоза на руле	10
Взять электрические провода	0,3
Проложить электрические провода по раме	35
Выполнить подключение электрических проводов, соединяющих ручку акселератора, электродвигатель, контроллер и аккумуляторную батарею	60
Взять велосипедное сиденье	0,2
Осмотреть велосипедное сиденье	0,3
Установить велосипедное сиденье на раму	5
Провести регулировочные операции	20
Выполнить проверку электрической части электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов	15
Выполнить испытание электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов и провести необходимые регулировки	85
Итого:	314,4

## 4.2 Определение трудоемкости сборки

«Определяем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}, \quad (30)$$

Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{шт}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left( \frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (31)$$

где  $\alpha$  – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимается в диапазоне от 2 до 3%, принимаем равным 3%;

$\beta$  – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимается в диапазоне от 4 до 6%, принимаем 5%» [9].

$$t_{шт}^{общ} = 314,4 + 314,4 \cdot \left( \frac{3+5}{100} \right) = 339,55 \text{ мин.}$$

## 4.3 Составление технологического процесса сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов

Последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 13.

Таблица 17 – Технологический процесс сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
005	Сборочная	1	Взять раму электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов	Сварочный аппарат, электрическая дрель, молоток, углошлифовальная машина, шуруповерт, плоскогубцы, набор головок, гаечных ключей, отверток	194,4
		2	Осмотреть раму		
		3	Установить раму на сборочное приспособление		
		4	Взять мотор-колесо		
		5	Осмотреть мотор-колесо		
			Установить мотор-колесо на вилку		
			Завернуть гайки крепления 2 шт. мотор-колеса к вилке		
		6	Взять переднюю вилку велосипеда		
		7	Осмотреть переднюю вилку велосипеда		
		8	Установить переднюю вилку велосипеда		
		9	Взять переднее колесо с тормозом в сборе		
		10	Осмотреть переднее колесо с тормозом в сборе		
		11	Установить переднее колесо с тормозом в сборе		
		12	Завернуть гайки крепления 2 шт. переднего колеса к вилке		
		13	Взять рулевой вал с рулем в сборе		
14	Осмотреть рулевой вал с рулем в сборе				
15	Установить рулевой вал с рулем в сборе в рулевую колонку на раме				

Продолжение таблицы 17

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
		16	Взять сошку рулевого управления		
		17	Осмотреть сошку рулевого управления		
		18	Закрепить сошку рулевого управления на рулевом валу при помощи винтов 2 шт.		
		19	Взять кронштейн для крепления продольной тяги рулевого управления		
		20	Осмотреть кронштейн для крепления продольной тяги рулевого управления		
		21	Установить кронштейн для крепления продольной тяги рулевого управления на сошке рулевого управления при помощи болта, шайбы, гайки		
		22	Взять продольную тягу рулевого управления с наконечниками		
		23	Осмотреть продольную тягу рулевого управления с наконечниками		
		24	Установить продольную тягу рулевого управления с наконечниками в сборе на кронштейн для крепления продольной тяги рулевого управления при помощи болта, шайбы, гайки		
		25	Установить продольную тягу рулевого управления с наконечниками в сборе на кронштейн вилки переднего колеса при		

Продолжение таблицы 17

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время $T_{шт}$ , мин.
			помощи болта, шайб 2 шт., гайки		
		26	Взять подножку для стоянки		
		27	Осмотреть подножку для стоянки		
		28	Установить подножку для стоянки на раму и зафиксировать болтом и гайками 2 шт.		
		29	Взять аккумуляторную батарею «треугольник» на раму 48В 24А·ч		
		30	Установить аккумуляторную батарею «треугольник» на раму		
		31	Взять контроллер ELTRECO 36/48V13A LCD YCKH169-159-48		
		32	Установить контроллер в районе аккумуляторной батареи		
		33	Взять ручку акселератора и тормоза		
		34	Установить ручку акселератора и тормоза на руле		
		35	Взять электрические провода		
		36	Проложить электрические провода по раме		
		37	Выполнить подключение электрических проводов, соединяющих ручку акселератора, электродвигатель, контроллер и аккумуляторную батарею		

Продолжение таблицы 17

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
		38	Взять велосипедное сиденье		
		39	Осмотреть велосипедное сиденье		
		40	Установить велосипедное сиденье на раму		
010	Регулировочная	1	Провести регулировочные операции	Мультиметр, набор гаечных ключей, головок	120
		2	Выполнить проверку электрической части электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов		
		3	Выполнить испытание электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов и провести необходимые регулировки		

Выводы по разделу.

В разделе «Технологический раздел» выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов.

## 5 Безопасность и экологичность проекта

### 5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов

Для описания конструктивно-технологической и организационно-технической характеристики технологического процесса сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов составлен технологический паспорт, представленный в таблице 18.

Таблица 18 – Технологический паспорт технологического процесса сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
«Сборка электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов»	1 Сборка рамы. 2 Покраска рамы. 3 Сборка электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов. 4 Испытание электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда» [23].	Рожковые ключи, набор головок, дрель, молоток, плоскогубцы, сварочный аппарат, станки токарный, фрезерный, набор отверток, углошлифовальная машина	Перчатки, смазочные материалы, сварочные электроды, грунт, акриловая краска, обезжириватель, растворитель, отрезные круги

### 5.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков является частью процесса, используемого для оценки того, может ли какая-либо конкретная ситуация, предмет, вещь и так далее причинить вред. Для описания всего процесса

часто используется термин «оценка риска», который включает в себя следующие этапы:

- выявление опасностей и факторов риска, которые могут причинить вред (идентификация опасностей);
- анализ и оценка риска, связанного с этой опасностью;
- определение подходящих способов устранения опасности или управления риском, когда опасность не может быть устранена (управление риском).

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при сборке электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов представлена в таблице 19.

Таблица 19 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	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 велосипеда для перевозки малогабаритных грузов. 4 Испытание электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов	Элементы конструкции электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта» [6, 8].
	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент, токарный, фрезерный станки
	Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент, токарный, фрезерный станки
	Химические вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	Краска акриловая, растворитель, обезжириватель



## Продолжение таблицы 19

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
	Повышенный уровень шума	Работающее оборудование
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
	Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [б].
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг).

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации ОиВПФ производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от

установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников» [27].

«Основные мероприятия:

- а) «проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
  - 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
  - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
  - 3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [10].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;

- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;
- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи» [10].

В целях частичного снижения или полного устранения обнаруженных ОВПФ выбираем организационно-технические методы и средства с учетом действующих на данный момент времени требований нормативных документов.

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [19].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – 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	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [10].
«Повышенный уровень шума»	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных предварительных и периодических медосмотров	Защитные противозумные наушники, беруши противозумные» [10].
«Возможность поражения инструктажа по работе с электрическими установками, применение»	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [10].

Продолжение таблицы 20

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
заземляющего устройства		
Химические вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	Использование мощной вытяжки, применение безопасных красок, внедрение автоматизированных окрасочных линий	Респиратор дыхания, костюм индивидуальной защиты
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [19]	—
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ;</li> <li>– правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации;</li> <li>– используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [10].</li> </ul>	—
«Монотонность труда	– объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: 1. длительность объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей; чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При	—

Продолжение таблицы 20

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
	совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии. Должны загружаться различные психофизиологические функции работника» [10].	

#### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Проводим идентификацию источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара (таблица 17).

Таблица 21 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Производственное помещение	Технологическое оборудование, применяемое в производственных помещениях	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» [26].

Система пожаротушения является неотъемлемой частью любой противопожарной инфраструктуры. «Пожаротушение» – собирательный термин для любой инженерной группы подразделений, предназначенных для тушения пожара. Это может быть достигнуто применением огнетушащего вещества, такого как вода, пена или химические соединения.

В статье 42 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- «системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуальной защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [10].

«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 – 1шт.;
- 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» [10].

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности в целях обеспечения пожарной безопасности,

определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов

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» [24]
«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» [17]
«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» [25]
«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» [23].
«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 источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения»	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия»
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности»	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [20].
«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» [10]



## 5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов и сведем их в таблицу 23.

Таблица 23 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей, пары акриловой краски, растворителя, обезжиривателя»	Краска акриловая, растворитель, обезжириватель, грунт	«Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка, остатки от отрезных кругов, электродов» [6].

«Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при сборке электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов:

- атмосферу – применение фильтрующих элементов в вытяжных устройствах и своевременная их замена;
- гидросферу – контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды;
- литосферу – спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье при производстве ветоши, металлический лом,

стружка отправляется на переплавку, твердые бытовые / коммунальные отходы сортируются и перерабатываются / сжигаются, отработанное масло собирается и перерабатывается» [8]

Выводы по разделу.

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта»:

- разработан технологический паспорт процесса сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов;
- выявлены профессиональные риски при сборке электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов и определены методы и средства их снижения;
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при сборке электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов;
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при сборке электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов, и разработаны мероприятия по их снижению.

## 6 Экономическая эффективность проекта

«Для определения финансовых затрат на разработку конструкции электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов воспользуемся формулой:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{о.н}}, \quad (32)$$

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.;

$C_{\text{о.н}}$  – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [13].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (33)$$

где  $Q_{\text{к}}$  – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_{\text{к}}$  – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, р./кг» [13].

В таблице 24 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 24 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Деталь	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов из стандартного проката	Ст3	42	42	74,6	3133,2
Итого:	–	–	–	–	3133,2

$$C_{к.д} = 42 \cdot 74,6 = 3133,2 \text{ р.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{п.р.н} + C_{м}, \quad (34)$$

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

$C_{м}$  – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.» [13].

«Заработную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{п.р.} = t \cdot C_{ч} \cdot k_t, \quad (35)$$

где  $t$  – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей: тяга управления передним колесом – 1 шт., поперечины багажника – 5 шт., трудоёмкость на изготовление деталей: тяга управления передним колесом – 1,8 чел.-ч., поперечина багажника – 1,1 чел.-ч.

$$t = (1 \cdot t_{\text{тяга управления передним колесом}} + 5 \cdot t_{\text{поперечины}}),$$

$$t = 1 \cdot 1,8 + 5 \cdot 1,1 = 7,3 \text{ чел.-ч.}$$

$C_{ч}$  – 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 июня 2022 года МРОТ составляет 15279 р.

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда:  $15279/(7 \cdot 21) = 103,94$  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» [16]

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду:  $103,94 \cdot 1,42 = 147,59$  р./ч.

$$C_{\text{пр}} = 7,3 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 1109,73 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\text{д}} = (5 \dots 12) \cdot C_{\text{пр}} / 100, \quad (36)$$

$$C_{\text{д}} = 10 \cdot 1109,73 / 100 = 110,97 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (C_{\text{пр}} + C_{\text{д}}) / 100, \quad (37)$$

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (1109,73 + 110,97) / 100 = 366,21 \text{ р.,}$$

$$C_{\Sigma \text{пр}} = 1109,73 + 110,97 + 366,21 = 1586,91 \text{ р.}$$

В таблице 25 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 25 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	1109,73
Дополнительная заработная плата	110,97
Начисления на заработную плату	366,21
Итого:	1586,91

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

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (38)$$

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

$Q_3$  – масса заготовки, кг» [13].

В таблице 26 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 26 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Тяга управления передним колесом	Сталь 45	1	2,9	78,8	228,52
Поперечина багажника	Ст3	5	2,5	64,8	162
Итого:	–	–	–	–	390,52

$$C_M = 2,9 \cdot 78,8 + 2,5 \cdot 64,8 = 390,52 \text{ р.}$$

$$C_{O,Д} = 1586,91 + 390,52 = 1977,43 \text{ р.}$$

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

$$C_{CB,П} = C_{CB} + C_{Д,СБ} + C_{СОЦ,СБ}, \quad (39)$$

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:

$$C_{CB} = T_{CB} \cdot C_{д.СБ} \cdot k_t, \quad (40)$$

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

«Значение определяем по формуле:

$$T_{CB} = k_C \cdot \Sigma t_{CB}, \quad (41)$$

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 10 чел.-ч.

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 10 = 12,5 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 12,5 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 1900,22 \text{ р.,}$$

$$C_{д.СБ} = 0,1 \cdot 1900,22 = 190,02 \text{ р.,}$$

$$C_{соц.СБ} = 0,3 \cdot (1900,22 + 190,02) = 627,07 \text{ р.}$$

$$C_{СБ.П} = 1900,22 + 190,02 + 627,07 = 2717,32 \text{ р.}$$

В таблице 27 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.

Таблица 27 – Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	1900,22
Дополнительная заработная плата	190,02
Страховые взносы в фонды	627,07
Итого	2717,32

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{OH} = \frac{(C_{PP}' \cdot R_{OH})}{100}, \quad (42)$$

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

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

$$C'_{PP} = (C_{PP} + C_{CB}). \quad (43)$$

Подставив числовые значения в формулу 69 получим:

$$C'_{PP} = 1109,73 + 1900,22 = 3009,95 \text{ р.}$$

$$C_{OH} = \frac{(3009,95 \cdot 15)}{100} = 451,49 \text{ р.}$$

Для данной конструкции необходимо приобрести следующие компоненты: аккумуляторную батарею 1 – шт., тяговый электродвигатель – 1



шт., контроллер – 1 шт., рукоятки управления газом и тормозом – 1 шт., а также метизы. Перечень покупных деталей представлен в таблице 28 [29].

Таблица 28 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Аккумуляторная батарея	1	5600	5600
Мотор-колесо	1	8900	8900
Электрические провода (пучок)	1	1300	1300
Контроллер	1	4600	4600
Колесо велосипедное	1	1400	1400
Болт	18	4,2	75,6
Гайка	16	3,2	51,2
Шайба	20	2,3	46
Грунт для металла	1	740	740
Краска-эмаль акриловая по металлу	1	1930	1930
Разное	–	–	1800
Итого:			26442,8

$$C_{\text{ИД}} = 5600 + 8900 + 1300 + 4600 + 1400 + 75,6 + 51,2 + 46 + 740 + 1930 + 1800 = 26442,8 \text{ р.}$$

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 29.

$$C_{\text{КОН}} = 3133,2 + 1977,43 + 2717,32 + 451,49 + 26442,8 = 34722,24 \text{ р.}$$

Таблица 29 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	3133,2
Затраты на изготовление оригинальных деталей	1977,43
Затраты на сборку	2717,32
Общепроизводственные накладные расходы	451,49
Стоимость покупных изделий (деталей)	26442,8
Итого:	34722,24

Общие затраты на изготовление конструкции электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов равны 34722,24 р.

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

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{ПР} - C_{КОН}, \quad (44)$$

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

$$\mathcal{E}_Г = 55000 - 34722,24 = 20277,76 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ОК} = \frac{C_{КОН}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (45)$$

$$O_{ОК} = \frac{34722,24}{20277,76} = 1,71 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{КОН}, \quad (46)$$

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 20277,76 - 0,15 \cdot 34722,24 = 15069,42 \text{ р.}$$

В таблице 30 представлены основные показатели проекта.

Таблица 30 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	55000	34722,24
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	20277,76
Экономический эффект	р.	–	15069,42
Срок окупаемости	год	–	1,71

Выводы по разделу.

В разделе «Экономическая эффективность проекта» определена эффективность разработки конструкции электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов с экономической стороны.

Стоимость разработки конструкции электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов составляет 34722,24 р., срок окупаемости равен 1,71 года, что является допустимым для данной конструкции.

Разработанная конструкция электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов может быть интересна как для личного использования, так и коммерческого применения в сфере проката.

## Заключение

В данном дипломном проекте была разработана конструкция электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было сделано следующее:

- рассмотрены конструкции грузовых электрических велосипедов представленных на отечественном и зарубежных рынках;
- выполнен тягово-динамический расчет электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов;
- составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов. Выполнены конструкторские расчеты по подбору аккумуляторной батареи. Разработанная конструкция электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов проста в изготовлении и сборке, составляющие элементы конструкции доступны в продаже и легко заменяемы в случае ремонта, транспортное средство обладает оптимальными технико-экономическими характеристиками;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена эффективность разработки электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов с экономической стороны. Стоимость изготовления составляет 34722,24 р., что значительно дешевле вариантов электрического велосипеда для перевозки малогабаритных грузов представленных на рынке.

## Список используемой литературы и используемых источников

1 Автотранспортные средства. Основы конструирования : учебное пособие / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева», [Институт информационных технологий, машиностроения и автотранспорта] ; составители А. В. Буянкин, В. Г. Ромашко. - Кемерово : КузГТУ, 2021. - 203 с.

2 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, [1] с.

3 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.

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 Брылев И. С. Расчет систем и механизмов транспортных средств : учебное пособие для студентов, магистров, аспирантов и преподавателей строительных, технических и автомобильно-дорожных университетов по направлению подготовки и специальностям: 15.03.03 (15.04.03)-«Прикладная механика», 23.03.03 (23.04.03)-«Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 23.03.01 (23.04.01)-«Технология транспортных

процессов», 23.03.02 (23.04.02)-«Наземные транспортно-технологические комплексы», 23.05.01-«Наземные транспортно-технологические средства» / И. С. Брылев, С. А. Евтюков, П. А. Кравченко. - Санкт-Петербург : Петрополис, 2019. - 111 с.

6 Виноградов В. М. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта», 20.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» (квалификация специалист) / В. М. Виноградов, А. А. Черепяхин, В. Ф. Солдатов. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2016. - 344, [1] с.

7 Войнаш А. С. Конструкция, теория и расчет малогабаритных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / А. С. Войнаш, С. А. Войнаш, Т. А. Жарикова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова», Рубцовский индустриальный институт. - Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2015. - 132 с.

8 Воронов Д. Ю. Разработка сборочных технологических процессов [Электронный ресурс] : электронное учебно-методическое пособие / Д. Ю. Воронов, А. В. Щипанов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения, Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства». - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : ил.; 12 см.

9 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : практикум : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 – «Наземные транспортно-технологические средства» / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения, Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства». - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : ил.; 12 см.

Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т (БГТУ) им В. Г. Шухова, 2018. - 115 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 Горшкова О. О. Электрооборудование автомобиля [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / О. О. Горшкова, Г. Н. Шпитко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет». - Тюмень : ТИУ, 2016. - 333 с.

12 Губарев А. В. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / А. В. Губарев, А. Г. Уланов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. «Колесные, гусеничные машины и автомобили». - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2015. - 564, [1] с.

13 Демура Н. А. Экономика предприятия [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства и направления подготовки 15.03.02 - Технологические машины и оборудование / Н. А. Демура, Л. И. Ярмоленко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова, 2018. - 124 с.

14 Карпухин К. Е. . Этапы развития транспортных средств на электрической тяге в России и мире [Текст] : монография / К. Е. Карпухин, В. Н. Кондрашов, А. С. Теренченко ; Государственный научный центр

Российской Федерации, Федеральное государственное унитарное предприятие Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ». - Москва : НАМИ, 2018. - 306 с.

15 Ковальчук Л. И. Динамика и основы конструирования автомобильных двигателей [Текст] : учебное пособие по курсовому проектированию для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», профилей подготовки «Автомобили и автомобильное хозяйство» и «Автомобильный сервис» всех форм обучения / Л. И. Ковальчук ; Федеральное агентство по рыболовству, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота. - Калининград : Изд-во БГАРФ, 2018. - 123 с.

16 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.

17 Кудрявцев Е. М. Компьютерное моделирование, проектирование и расчет элементов машин и механизмов [Текст] : учебное пособие по направлению 25.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», профиль «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» / Е. М. Кудрявцев. - Москва : АСВ, 2018. - 327 с.

18 Макридина М. Т. Проектирование металлических конструкций [Текст] : учебное пособие для студентов направления бакалавриата 23.03.02 - Наземные транспортно-технологические комплексы и специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства / М. Т. Макридина, А. А. Макридин ; М-во образования и науки Российской



Федерации Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т (БГТУ) им. В. Г. Шухова, 2014. - 170 с.

19 Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 213 с.

20 Нарбут А. Н. Мотоциклы : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» направления подготовки «Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы» / А. Н. Нарбут. - Москва : Академия, 2008. - 172, [4] с.

21 Носов С. В. Конструкции наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / С. В. Носов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет». - Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2016. - 21 см.

22 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, [1] с.

23 Основы процесса производства и эксплуатации автомобилей и тракторов : учебное пособие : специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова» ; составители: А. В. Русинов [и др.]. - Саратов : Амирит, 2022. - 116 с.

24 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. Чашин ; 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.

25 Русинов А. В. Основы дизайна в машиностроении : учебное пособие для студентов обучающихся в высших учебных учреждениях по направлению подготовки «Наземные транспортно-технологические комплексы» и специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / Русинов А. В. ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова». - Саратов : ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2018. - 101 с.

26 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.

27 Хэдленд Т. Велосипед : иллюстрированная история : [16+] / Тони Хэдленд, Ханс Эрхард Лессинг, при участии Ника Клейтона и Гэри У. Сандерсона ; [перевод с английского Андрея Сатунина]. - Москва : КоЛибри : Азбука-Аттикус, печ. 2019. - 542, [1] с.

28 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.

29 Шубин А. А. Разработка технологического процесса изготовления детали [Текст] : учебное пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технология производства наземных транспортно-технологических средств» / А. А. Шубин ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), Калужский филиал. - Калуга : Манускрипт, сор. 2018. - 65 с.

30 Garrett T.K. The Motor Vehicle / T.K Garrett, K. Newton, W. Steeds. 13th ed. - Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014. - 1214 p.

31 Genta G. The Automotive Chassis. Vol. 2: System Design / Prof. Dr. Giancarlo Genta, Prof. Dr. Lorenzo Morello. - [Without locations], Netherlands : Springer Science+Business Media, 2009. - 832 p.

32 Jazar N.R. Vehicle Dynamics: Theory and Application. — New York: Springer, 2008.-1015 p.

33 Wong, J.Y. Theory of ground vehicles .-2nd ed., NY, 2013. - 435 p.

34 Zanten A., Erhardt R., Pfaff G. An Introduction to Modern Vehicle Design /Edited by Julian Happian-Smith. Reed Educational and Professional Publishing Ltd 2012. - 600 p.

Приложение А  
**Спецификация**

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №		A4			22.ДП.ПЭА.170.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1		
		А0			22.ДП.ПЭА.170.61.00.000.СБ	Сборочный чертёж	1		
Подп. и дата						<u>Сборочные единицы</u>			
		A1	1		22.ДП.ПЭА.170.61.01.000	Рама	1		
			2		22.ДП.ПЭА.170.61.02.000	Рулевое управление	1		
			3		22.ДП.ПЭА.170.61.03.000	Мотор-колесо	1		
			4		22.ДП.ПЭА.170.61.04.000	Колесо переднее	1		
			5		22.ДП.ПЭА.170.61.05.000	Привод pedalный	1		
			6		22.ДП.ПЭА.170.61.06.000	Аккумуляторная батарея с контроллером в сборе	1		
			7		22.ДП.ПЭА.170.61.07.000	Вилка велосипедная	1		
Инв. № д/фл.									
						<u>Детали</u>			
Взам. инв. №					9 22.ДП.ПЭА.170.61.00.009	Подножка	1		
					10 22.ДП.ПЭА.170.61.00.010	Сиденье	1		
Подп. и дата									
Инв. № подл.		<b>22.ДП.ПЭА.170.61.00.000</b>							
		Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.		Разраб.	Шафранов			Электрический велосипед для перевозки малогабаритных грузов	Лит.	Лист	Листов
		Проб.	Тизилов						1
Инв. № подл.		Н.контр.	Турбин			ТГУ ИМ гр. АТС-1701Б			
		Утв.	Бадровский						
		<i>Копировал</i>					<i>Формат А4</i>		

Рисунок А.1 – Спецификация на электрический велосипед для перевозки малогабаритных грузов