

Департамент образования администрации г. Перми

МБОУ «Лицей №1» г. Перми

Физика

Учебно-исследовательская работа

**«Принцип работы электротранспорта на примере
электровелосипеда»**

Выполнили:

Фотеев Николай Павлович

Корякин Данил Андреевич

11 класс, 208 группа

Научный руководитель:

Хохрякова К. А.

Пермь, 2021

АННОТАЦИЯ

Эта работа посвящена изучению транспорта на электродвигателе. Изученные данные об этом помогли нам в создании своего проекта. Мы сделали определенные расчеты и выяснили эффективность нашего транспорта. В работе исследуется процесс модернизации обычного механического транспорта в транспорт на электрической тяге.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, контроллер, BLDC-мотор, BMS, зарядное устройство.

ABSTRACT

The work is devoted to the study of electric motor vehicle. The investigation data on the electric motor vehicle helped us in creating our own project. We made some calculations and found out the efficiency of our vehicle. The process of upgrading conventional mechanical transport to electric transport according to the project is under consideration.

Keywords: battery, controller, BLDC-motor, BMS, charger.

СОДЕРЖАНИЕ

Оглавление

Аннотация.....	2
Содержание.....	3
Введение	4
Глава 1. Обзор литературы по предмету.....	5
§ 1. Электродвигатель.	5
§ 1.1. Конструкция.....	5
§ 2. Контроллер.....	6
§ 3. Аккумуляторная батарея (АКБ).....	8
§ 4. Система управления батареями (BMS).....	9
Глава 2. Методы исследования.....	11
§ 1. Подбор компонентов.	11
§ 2. Сборка.	15
Глава 3. Полученные результаты.	22
Заключение	24
Список используемой литературы	25
Приложение	30

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе исследуется электровелосипед, подробно рассматриваются необходимые для него детали и их характеристики, а также возможность самостоятельно спланировать, сконструировать и апробировать процесс модернизации обычного механического транспорта в транспорт на электрической тяге. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью оперативного перемещения по городу; требованием низкой стоимости индивидуального транспортного средства и стоимости эксплуатации; а также отсутствием места для хранения крупного транспорта (мотоцикла, скутера, автомобиля).

Цель работы – создание своего электротранспорта для комфортного передвижения по улице.

Задачи:

- изучение матчасти перед сборкой персонального электротранспорта;
- изучение рынка компонентов, оптимальных для создания персонального электротранспорта;
- составление проекта модернизации велосипеда до электротранспорта;
- реализация проекта и апробация в реальных условиях.

Гипотеза исследования: возможно ли создать электротранспорт на основе обычного велосипеда своими руками в домашних условиях?

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ПРЕДМЕТУ.

§ 1. Электродвигатель.

BLDC — Brushless DC electric motor (бесколлекторный электродвигатель постоянного тока). BLDC двигатель — это бесколлекторный синхронный двигатель постоянного тока на постоянных магнитах. По сути, BLDC — это коллекторный двигатель с "электронным коллектором", но лишенный его недостатков в виде механического износа щеток и постоянного обслуживания щеточного узла для удаления нагара и загрязнений. BLDC двигатель так же имеет более высокие эксплуатационные характеристики по сравнению с асинхронными двигателями. Он обладает лучшей удельной мощностью (мощность на килограмм массы), лучшим КПД, особенно на низких оборотах и на старте, более простое управление (асинхронным двигателям требуется чистый синус) [1].

§ 1.1. Конструкция.

Ротор. В роторе двигателя размещаются постоянные магниты, создающие магнитное поле, которые чередуются «+ - + - ...» В зависимости от количества магнитов, двигатель имеет соответствующее количество полюсов [1].

Статор. Статор сделан из электротехнической стали и медной обмотки, уложенной в пазы сердечника. Количество обмоток определяет количество фаз двигателя. Для вращения необходимы 3 фазы [1].

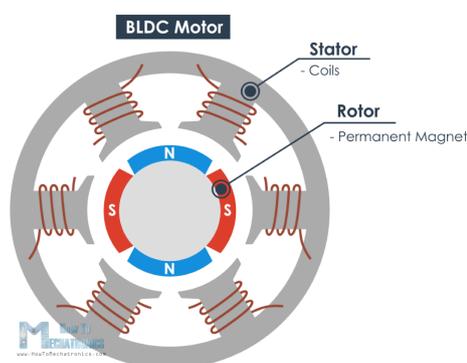


Рис. 1 Конструкция BLDC

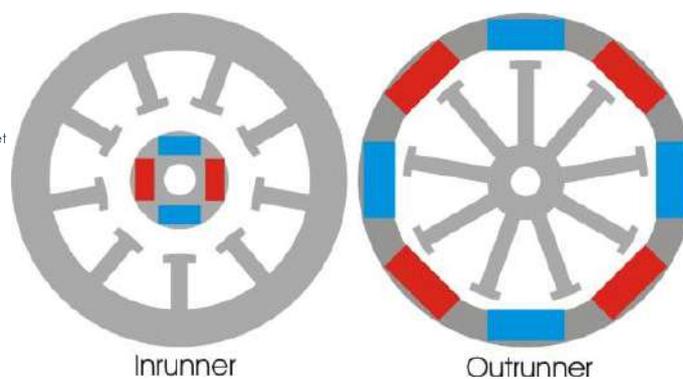


Рис. 2 Конструкция BLDC

§ 2. Контроллер.

Контроллер управления для бесщеточного двигателя постоянного тока (BLDC) – это важное звено в системе электрокомпонентов. Без контроллера электродвигатель не сможет даже запуститься, не говоря о его полноценной работе. Аккумуляторная батарея имеет два полюса – положительный и отрицательный, а мотор-колесо – три фазных провода. Поэтому подключить аккумулятор и двигатель напрямую невозможно. Для этого используется дополнительное звено – контроллер управления [9].

Контроллеры подразделяются на два типа по управлению:

1. Управление Скоростью (оборотами) с постоянным моментом:

Данный тип контроллеров поддерживает преимущественно одинаковый момент на валу двигателя во всем рабочем диапазоне оборотов. Обороты напрямую регулируются ручкой (педалью) газа. Данный тип управления хорошо подходит для управления двигателями с небольшой нагрузкой на валу (вентиляторы). Если установить его на транспортное средство, то при старте будет маленький момент, и соответственно с малым ускорением [2].

2. Управление моментом на валу двигателя:

Такой способ управления аналогичен классическому ДВС-двигателю и обычно используется на электротранспорте, исключая толчки и рывки, вредные для трансмиссии. На холостых оборотах двигатель всегда набирает максимальные обороты, но под нагрузкой такого не происходит. С помощью ручки или педали газа, наращивая момент, под нагрузкой обороты возрастают аналогично бензиновым двигателям, обеспечивается плавное нарастание мощности и скорости при движении, исключая вредное воздействие на механические узлы. Если установить его на транспортное средство, то при старте будет максимальный момент, с хорошим ускорением [2].

Кроме того, контроллеры подразделяются на два типа сигнала:

1. Прямоугольный сигнал (стандартное, скалярное управление):

Во время работы слышится небольшой писк контроллера [2].

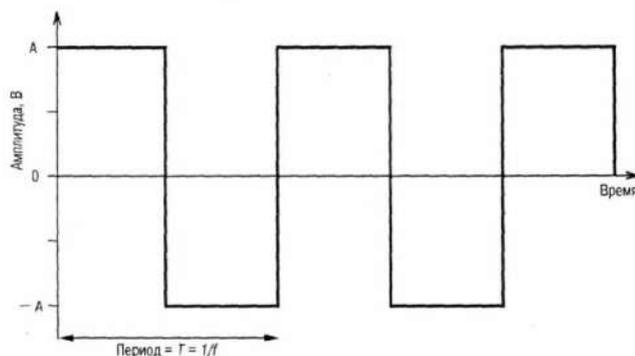


Рис. 3 Прямоугольный сигнал

2. Векторный (синусный) сигнал:

За счёт сглаживания углов сигнала, такие контроллеры характеризуются низким шумом по сравнению со скалярными контроллерами и имеют КПД на 7-10% выше, чем скалярные контроллеры. Чем выше КПД, тем при одинаковой батарее уедете дальше, что особенно актуально для крупногабаритного электротранспорта, где разница может составлять десятки километров [2].

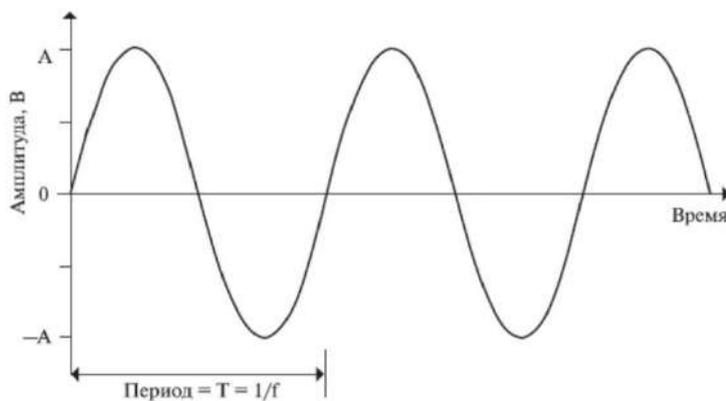


Рис. 4 Синусный сигнал

§ 2.1. Принцип работы:

Электронный контроллер выполняет функцию коллектора, как если бы двигатель был коллекторный — контроллер переключает обмотки в зависимости от положения ротора с магнитами, определяемого датчиками Холла, установленными в мотор. Если двигатель застопорить, то контроллер будет подавать ток в те две фазы, которые должны его стронуть в нужную

сторону. Контроллер не будет переключать фазы, пока ротор стоит. Дополнительно в отличие от механических коллекторов, это обеспечивает работу большого количества магнитных пар, чем может быть обеспечен значительно больший момент [1].

§ 3. Аккумуляторная батарея (АКБ).

Батарея — это два или более соединённых параллельно или последовательно электрических элементов [3].

Электрический аккумулятор — это химический источник тока, особенность которого заключается в обратимости внутренних химических процессов, что обеспечивает его многократное циклическое использование (через заряд-разряд). Термин «аккумулятор» используется для обозначения отдельного элемента [3].

§ 3.1. Типы аккумуляторов.

В электротранспорте используются в основном два типа аккумуляторов: Li-ion и LiFePO₄.

Литий-железо-фосфатный аккумулятор (LiFePO₄, LFP) — тип электрического аккумулятора, в котором используется LiFePO₄ в качестве катода [4].

Свойства:

1. Устойчивость к температурам [5].
2. Обладают большим числом циклов перезаряда и как следствие - большим сроком службы [5].
3. Устойчивость к перезаряду [5].
4. Не горят, при сильном повреждении элементов - выделяется тепло и дым [5].

Литий-ионный аккумулятор (Li-ion) — тип электрического аккумулятора, который широко распространён в современной бытовой электронной технике и находит своё применение в качестве источника энергии в электромобилях и накопителях энергии в энергетических системах [6].

Свойства:

1. Чувствительность к глубокому разряду и перезаряду [7].
2. Легкий вес в сочетании с высокой емкостью [7].
3. Горят и взрывается при сильном повреждении [5].

Параметр оценки	Li-ion	LiFePO4
Номинальное напряжение	3,6–3,7 В	3–3,3 В
Диапазон рабочих напряжений	2,8–4,2 В	2–3,6 В
Диапазон рабочих температур	От -20 до +60 °С, но желательно – от +15 до +25 °С.	От -30 до +50 °С.
Срок службы	500–1000 циклов	Более 2000 циклов (до момента сохранения 80% исходной емкости)
Временное снижение емкости и токоотдачи на морозе	Значительное	Незначительное
Время зарядки	≈8 часов	≈4 часа
Энергоемкость (удельная)	Выше	Ниже
Пожаробезопасность	Ниже	Выше
Цена	Ниже	Выше
Эффект памяти	Не наблюдается	Не наблюдается
Устойчивость к перезаряду, способность выдерживать критические напряжения	Меньше	Больше
Подверженность деградации	Выше, особенно при работе на больших токах и при несоблюдении оптимальных температур эксплуатации и хранения.	Меньше
Характеристики АКБ с параметрами 36 В, 12 Ач	Масса – 3 кг, разрядный ток – до 12 А, выдаваемая мощность – до 432 Вт, пиковая – 864 Вт.	Масса – 5,5 кг, разрядный ток – до 35 А, выдаваемая мощность – до 1260 Вт, пиковая – 2160 Вт.
Типоразмеры	Разные, стандартизированные. Самые популярные – цилиндрические «банки» форм-фактора 18650.	Бывают разных размеров. Производятся в форме призмы, цилиндра и в виде пакетов.

Рис. 5. Сравнение Li-ion и LiFePO4

§ 4. Система управления батареями (BMS).

BMS – это электронная плата, устанавливаемая на АКБ для выполнения таких задач [8]:

- Контроль зарядки/разрядки и количества циклов зарядки/разрядки [8].
- Отслеживание состояния АКБ и его компонентов [8].

- Защита элементов АКБ [8].
- Контроль напряжения, температуры и сопротивления элементов электробатареи [8].
- Распределение токов между компонентами АКБ по ходу процесса зарядки [8].
- Контроль тока заряда [8].
- Защищённое подключение/отключение нагрузки [8].
 - Определение потери ёмкости от дисбаланса [8].

BMS получает данные и на их основе балансирует заряд компонентов, предохраняет батарею от короткого замыкания, излишнего разряда и излишнего заряда, перегрузки по току, перегрева и переохлаждения. Функционал BMS не только повышает эффективность работы аккумуляторов, но и в значительной степени продлевает срок эксплуатации накопителей. Если АКБ доходит до критического состояния, BMS принимает соответствующее решение: она запрещает использование накопителя в системе, просто отключая его [8].

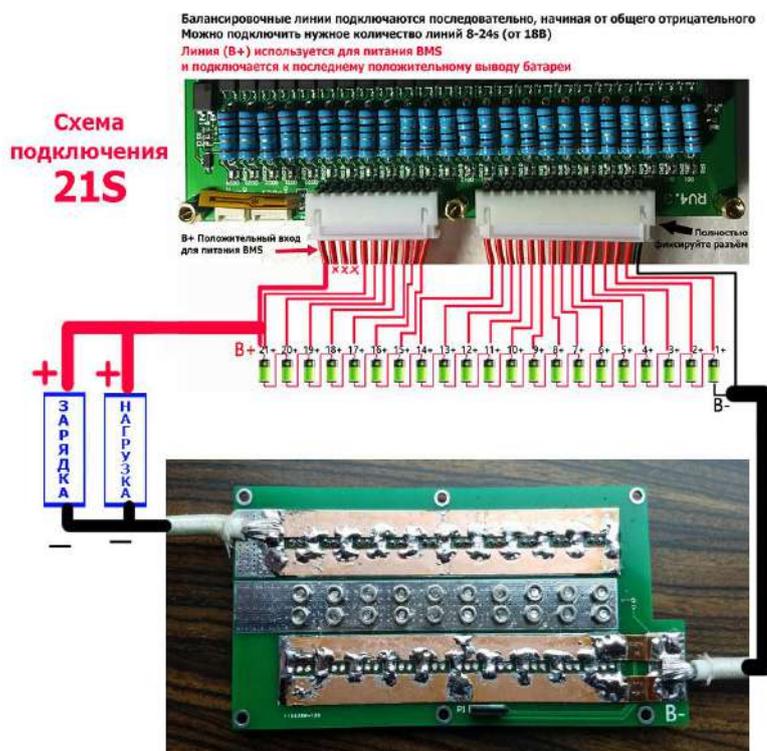


Рис. 6 Система управления батареей (BMS)

ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

§ 1. Подбор компонентов.

Появилась идея создать велосипед с мощным электромотором. Для этого мы нашли некоторые компоненты в интернет-магазинах.

В качестве мотора был выбран «MXUS 3k Turbo»:



Рис. 7 Электродвигатель 3000Вт

Мотор	Скорость* (км/ч) при напряжении батареи			
	36 В	48 В	77 В	85 В
<u>Turbo</u> VELOBOB 26"				
<u>Turbo-S</u> VELOBOB 20"	40	45	75	80
<u>Turbo-S</u> MOTOBOB 17"				

Рис. 8 Характеристики двигателя

Характеристики:

- Длительная мощность - **3 кВт**, пиковая **6.5 кВт**, экстремальная - **12 кВт**
- Статор и магниты - 45 мм;
- Материал статора - **алюминий**;
- Толщина ламелей - 0.35 мм;
- Обмотки - 4 витка по 16 жил (Turbo, kV ~ 9) или 3 витка по 21 жилы (Turbo-S, kV ~ 11);
- Ширина под 135 мм дропауты;
- Ось - 14 мм, ширина 10 мм;
- Масса - ~9 кг без обода, ~10.2 кг с ободом;
- Встроен термодатчик КТУ84/110;
- Выведено два комплекта датчиков Холла;
- Крутящий момент – 160 Н/м.

Соответственно потребовались усилители дропаутов велосипеда из титана.



Рис. 9 Усилитель дропаутов

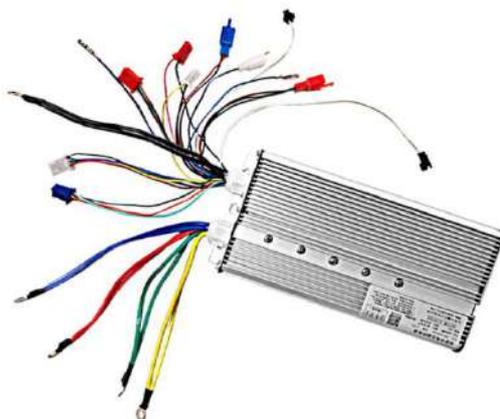


Рис. 10 Контроллер 3000Вт

Для управления мотором был выбран контроллер со следующими характеристиками:

- Номинальная мощность – 3000 Вт;
- Напряжение – (48 В – 100 В);
- Предел силы тока – 80 А;
- Количество мосфетов - 24;
- Автоматическое определение фаз - 60°/120°;
- Размеры ДШВ - 225×118×65 мм.

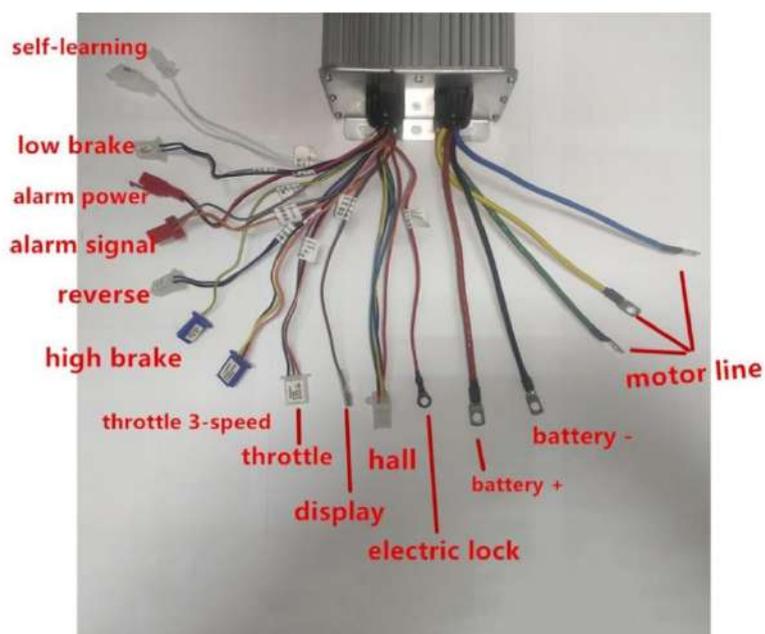


Рис. 11 Схема подключения контроллера

Аккумуляторная батарея:

Мы собрали батарею из LiFePo₄ аккумуляторов, спаянных между собой. Последовательно соединено 24 ячейки, параллельно 5 ячеек. Всего в батарее 120 ячеек.



Рис. 12 Аккумуляторы LiFePo₄



Рис. 13 Ant BMS 100 A

Характеристики:

- Формат – 32700;
- Напряжения: max – 3.65 В; min – 2 В; normal – 3.2 В;
- Емкость – 6.5 Ач;
- Токи разряда: normal – 35 А; max – 55 А;
- Масса – 145 гр;
- Размер ДШ – 70×32 мм;
- Внутреннее сопротивление – 8 мΩ.

Для контроля состояния батареи была выбрана умная BMS «Smart Ant BMS 100 А» на 24s, которая подключается по Bluetooth к устройствам IOS и Android.

Характеристики:

- Диапазон обнаружения ячейки – 1-4.6 В;
- Максимальный зарядный ток – 50 А;
- Максимальный ток разряда – 100 А;
- Ток балансировки ячеек – 200 мА;

- Поддержка ячеек Li-Ion, LiPO, LiFePO₄, LTO.

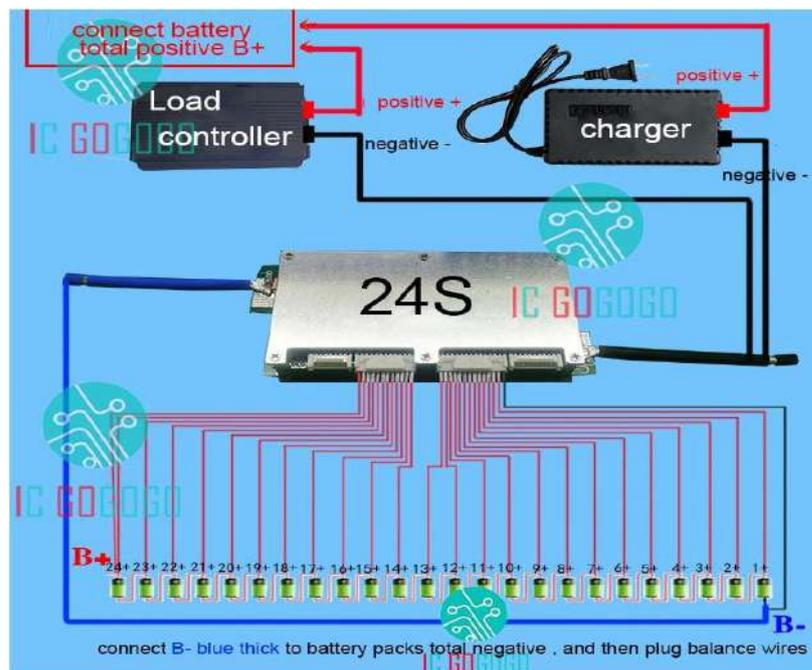


Рис. 14 Схема подключения BMS

Батарея заряжается от розетки 220 В при помощи блока питания на 87.6 В 5А.

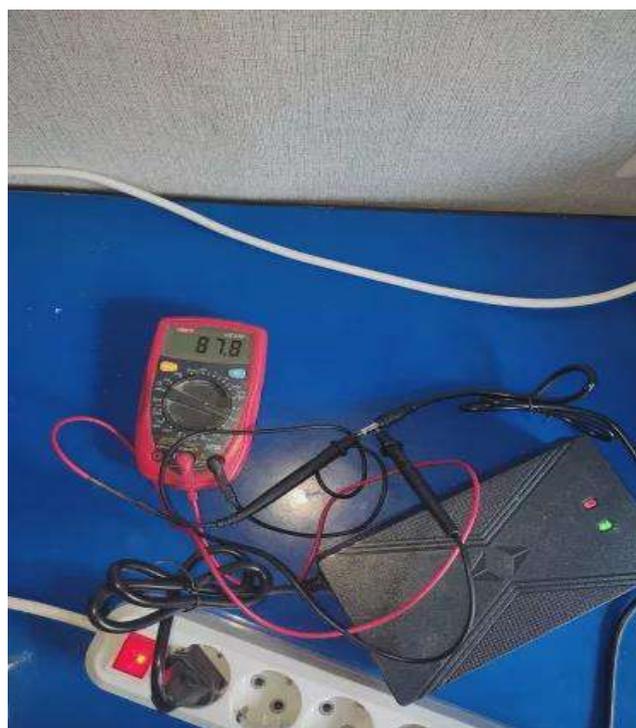


Рис. 15 Зарядное устройство

§ 2. Сборка.

В основу была взята рама от велосипеда «Black Aqua Cross 2601v» и колесо диаметром 26 дюйма.



Рис. 16 Рама велосипеда

Масса велосипеда получилась слишком большая (52 кг), соответственно были подобраны гидравлические дисковые тормоза:



Рис. 17 Передний тормоз



Рис. 18 Задний тормоз

Купленный мотор был доработан и установлен на раму с усилителями дропаутов.



Рис. 19 Пропитка обмоток статора лаком



Рис. 20 Магниты ротора



Рис. 21 Герметизация двигателя



Рис. 22 Установленный двигатель

Также был установлен и доработан BLDC-контроллер.

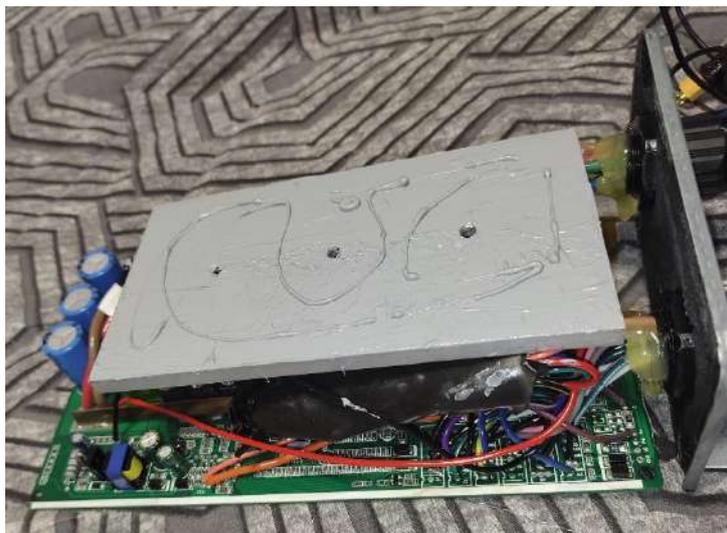


Рис. 23 Контроллер (вид сверху)



Рис. 24 Контроллер (вид снизу)



Рис. 25 Характеристики контроллера



Рис. 26 Установленный контроллер

Собрана аккумуляторная батарея из 120-ти аккумуляторов.



Рис. 27 Дополнительная изоляция аккумуляторов



Рис. 28 Оптимальная форма батареи



Рис. 29 Скрепление батареи

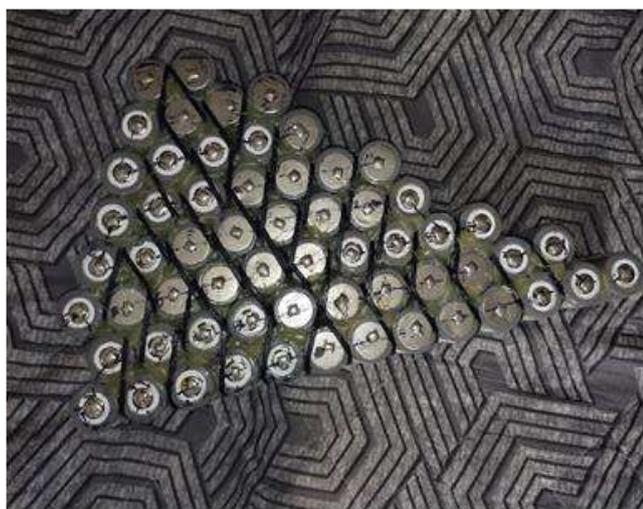


Рис. 30 Луживание контактов аккумуляторов

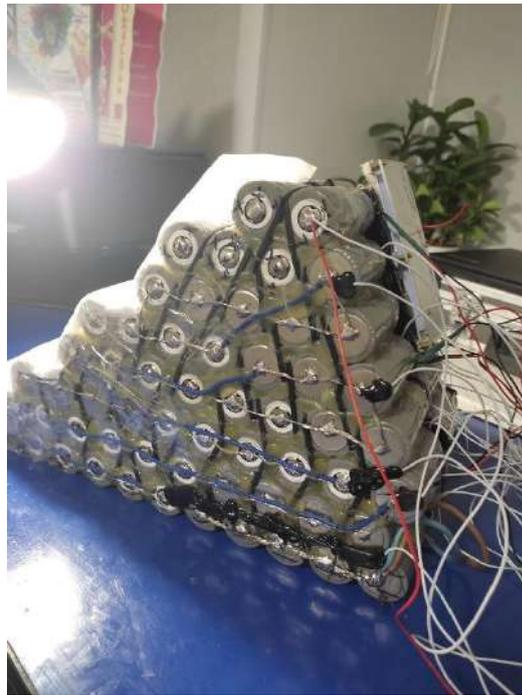


Рис. 31 Подключение аккумуляторов к BMS



Рис. 32 Установленная батарея

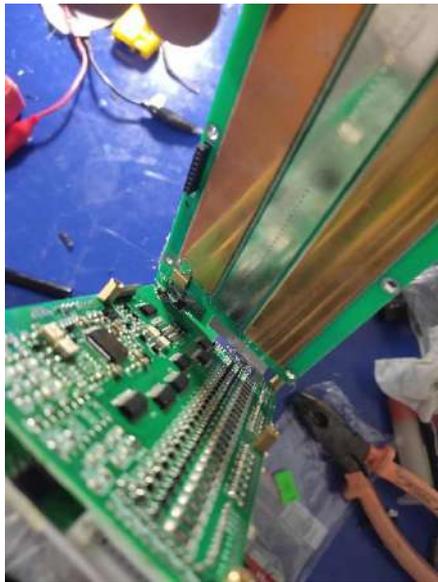


Рис. 33 BMS внутри

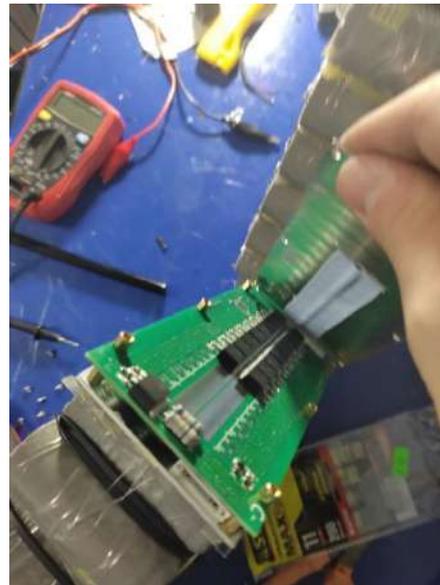


Рис. 34 Транзисторы BMS

Была установлена ручка газа для управления оборотами двигателя.



Рис. 35 Установленная ручка газа

Для удобства перемещения на велосипеде добавлены передняя фара, задняя фара, указатели поворота, гудок, зеркала, вело-компьютер, амортизация и USB-зарядка.



Рис. 36 Передняя фара



Рис. 37 Задний свет



Рис. 38 Светотеневая граница



Рис. 39 Пульт управления и спидометр



Рис. 40 Гудок



Рис. 41 Руль и зеркала заднего



Рис. 42 Блок управления светом
и USB зарядка



Рис. 43 Амортизирующий штырь
и седло

ГЛАВА 3. ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.

Создан реально действующий прототип электровелосипеда с уникально-высокими эксплуатационными характеристиками:



Рис. 44 Готовый электровелосипед

Его характеристики:

- Масса – 52.6 кг;
- Макс. Скорость – 76 км/ч;
- Обороты двигателя – 722 об/мин;
- Пробег на одном заряде – 80 км (при ср. скорости – 60 км/ч);
- Разгон – 9.4 с (до 76 км/ч);
- Время полного заряда (0 – 100%) – 7.5 ч;
- Максимальная выдаваемая мощность двигателя (с учетом мощности контроллера) – 7 кВт (9.5 л.с.).

Полученный велосипед легко перемещается среди потока машин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы изучили принципы работы электротранспорта и подобрали определенные компоненты для достижения цели.

В итоге у нас получился экономичный, экологичный транспорт с низким уровнем шума.

В его особенности можно отнести отсутствие налогов и гибкость выбора конфигурации узлов.

Практика эксплуатации электровелосипедов уже сегодня показывает, что перемещаться по городу на таком транспорте очень удобно, любые пробки перестают быть преградой.

Собранный своими руками электровелосипед превосходит промышленно выпускаемые велосипеды.

Минусы промышленных электровелосипедов:

- Низкая емкость аккумулятора;
- Низкая скорость транспорта;
- Высокая стоимость.

Мы полностью удовлетворены результатом!

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что такое BLDC-мотор / URL:
https://goldenmotor.ru/statiya/chto_takoe_blde_motor/ (25.12.2021).
2. BLDC-контроллеры / URL:
https://goldenmotor.ru/statiya/blde_kontrollery/ (25.12.2021).
3. Батарея для электровелосипеда (полный обзор всех типов) / URL:
<https://electropowerbikes.com/kupit-akkumulyatornuyu-batareyu-dlya-elektrovelosipeda/> (25/12/2021).
4. Литий-железо-фосфатный аккумулятор / Википедия – свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Литий-железо-фосфатный_аккумулятор (25.12.2021).
5. Отличия литий-железо-фосфатных батарей от литий-ионных / URL:
<http://www.aliantpower.ru/stati-lifepo4/sravnenie-lifepo4-s-li-ion> (25.12.2021).
6. Литий-ионный аккумулятор / Википедия – свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Литий-ионный_аккумулятор (25.12.2021).
7. ЧТО ЛУЧШЕ, LIFEP04 ИЛИ LI-ION / URL:
<https://www.voltbikes.ru/blog/about-li-ion/which-is-better-lifepo4-or-li-ion/> (25.12.2021).
8. Что такое BMS (Battery Management System) и для чего она нужна? / URL: <https://natoke.ru/articles/223-chto-takoe-bms-battery-management-system-i-dlja-chego-ona-nuzhna.html> (25.12.2021).
9. КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ ЭЛЕКТРОВЕЛОСИПЕДА И ЭЛЕКТРОСКУТЕРА / URL: <https://www.voltbikes.ru/blog/ob-jelektroskuterah/kontroller-dlja-jelektrovelosipeda-i-jelektroskuterah/> (25.12.2021).

СПИСОК КУПЛЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ

1. МОТОР-КОЛЕСО E4BIKE TURBO (МИНИКРОШКА V3), 3000 ВТ / URL: https://e4bike.ru/collection/motor-kolesa/product/motor-koleso-minikroshka-3-mxus3000-v3-3000-vt?variant_id= (22.01.2022).
2. УСИЛИТЕЛЬ ДРОПАУТОВ ИЗ ТИТАНА – ЗАДНИЙ / URL: <https://e4bike.ru/product/usilitel-dropautov-iz-titana-zadniy> (22.01.2022).
3. Бесщёточный контроллер 3000Вт / URL: https://aliexpress.ru/item/1005002520387627.html?_ga=2.199087081.739268642.1642861205-787737191.1642861205&sku_id=12000020981432735&spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa6Y4Bg9R (22.01.2022).
4. Плата для защиты литиевой батареи Smart Ant BMS / URL: https://aliexpress.ru/item/32826820690.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa6Y4Bg9R&_ga=2.196694250.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
5. Зарядное устройство, 84 В-87,6 В, 5 А / URL: https://aliexpress.ru/item/33002065579.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa6Y4Bg9R&_ga=2.197729513.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
6. Аккумуляторы LiitoKala, 3,2 в, 32700, 6500 мА ч, 35 А / URL: https://aliexpress.ru/item/32986499663.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa6Y4Bg9R&_ga=2.197606505.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
7. Сверхлёгкий кронштейн / URL: https://aliexpress.ru/item/32964097194.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa6Y4Bg9R&_ga=2.224350301.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
8. Кронштейн для модификации дискового тормоза / URL: https://aliexpress.ru/item/1005001273485667.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa6Y4Bg9R&_ga=2.225909980.739268642.1642861205-

- [787737191.1642861205](https://aliexpress.ru/item/32368229312.html?sku_id=10000014297757359&spm=a2g2w.productlist.0.0.636651ad4E3EIW) (22.01.2022).
9. Дроссельная заслонка / URL:
https://aliexpress.ru/item/32368229312.html?sku_id=10000014297757359&spm=a2g2w.productlist.0.0.636651ad4E3EIW (22.01.2022).
10. Подножки для мотоциклов / URL:
https://aliexpress.ru/item/32970533044.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa6Y4Bg9R&_ga=2.224401500.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
11. Реле модуль / URL:
https://aliexpress.ru/item/1005001714620325.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa6Y4Bg9R&_ga=2.21503101.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
12. Сверхлёгкий кронштейн / URL:
https://aliexpress.ru/item/32964097194.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa6Y4Bg9R&_ga=2.224350301.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
13. Штекер XT60 XT-60 / URL:
https://aliexpress.ru/item/33061763696.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa6Y4Bg9R&_ga=2.200874216.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
14. N/O геркон магнитный переключатель / URL:
https://aliexpress.ru/item/4000773848015.html?_ga=2.3674230.739268642.1642861205-787737191.1642861205&sku_id=10000007741367206&spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa6Y4Bg9R (22.01.2022).
15. Роторы дисковых тормозов для горного велосипеда / URL:
https://aliexpress.ru/item/4000389793602.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa6Y4Bg9R&_ga=2.196072298.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
16. Круглые светодиодные фары / URL:

- https://aliexpress.ru/item/33014445820.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa6Y4Bg9R&_ga=2.33029240.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
17. Зеркало заднего вида на руль велосипеда / URL:
https://aliexpress.ru/item/4000416186669.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa6Y4Bg9R&_ga=2.24706172.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
18. Велосипедное седло / URL:
https://aliexpress.ru/item/4001226999981.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa6Y4Bg9R&_ga=2.263058506.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
19. Держатель Untoom для телефона / URL:
https://aliexpress.ru/item/4000394689012.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa61Bem4r&_ga=2.25687931.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
20. Сигналы поворота для мотоцикла / URL:
https://aliexpress.ru/item/32897952640.html?_ga=2.267998408.739268642.1642861205-787737191.1642861205&sku_id=12000018549580664&spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa61Bem4r (22.01.2022).
21. Электрический велосипед передний свет и задний фонарь переключатель звукового сигнала / URL:
https://aliexpress.ru/item/1005002219950677.html?_ga=2.233854040.739268642.1642861205-787737191.1642861205&sku_id=12000019333820957&spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa61Bem4r (22.01.2022).
22. Универсальный клаксон EAFC для мотоцикла / URL:
https://aliexpress.ru/item/32916654639.html?_ga=2.267776200.739268642.1642861205-787737191.1642861205&sku_id=65980089979&spm=a2g39.orderlist.0.0.1

- [8c14aa61Bem4r](#) (22.01.2022).
23. Велосипедный тормоз ZOOM HB-875 / URL: https://aliexpress.ru/item/32966863624.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa61Bem4r&_ga=2.259593164.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
24. Понижающий модуль питания / URL: https://aliexpress.ru/item/33025917509.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa61Bem4r&_ga=2.27276154.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
25. Автомобильная USB-розетка / URL: https://aliexpress.ru/item/1005002616108639.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa61Bem4r&_ga=2.192493420.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
26. Подседельный штырь SR Suntour NSX / URL: https://aliexpress.ru/item/32508118142.html?spm=a2g39.orderlist.0.0.18c14aa61Bem4r&_ga=2.203428950.739268642.1642861205-787737191.1642861205 (22.01.2022).
27. EASING, Вилка 26 / URL: https://www.wildberries.ru/catalog/21339173/detail.aspx?utm_source=vkentyprofit&click_id=v1_400430562 (22.01.2022).
28. WANDA, Покрышка 26*1,75 / URL: <https://www.wildberries.ru/catalog/33481967/detail.aspx> (22.01.2022).
29. WANDA, Покрышка 26*2,2 / URL: <https://www.wildberries.ru/catalog/19309166/detail.aspx> (22.01.2022).
30. Велосипед 26 Black Aqua Cross 2601V / URL: <https://www.simaland.ru/2094957/velosiped-26-black-aqua-cross-2601v-2017-cvet-siniy-razmer-18/> (22.01.2022).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Стоимость компонентов:

1. Мотор-колесо E4BIKE TURBO (Миникрошка V3) – 23.650 руб.
2. Усилители дропаутов из титана (2 шт.) – 2.890 руб.
3. Контроллер 3000 Вт – 4.260 руб.
4. Smart Ant BMS – 5.940 руб.
5. Зарядное устройство – 1.950 руб.
6. LiFePO₄ аккумуляторы (120 шт.) – 29.510 руб.
7. Адаптер под дисковый тормоз (задний) – 171 руб.
8. Кронштейн дискового тормоза – 237 руб.
9. Ручка газа – 954 руб.
10. Подножки – 693 руб.
11. Реле – 40 руб.
12. Винты дискового тормоза – 172 руб.
13. Коннекторы XT60 – 308 руб.
14. Герконы – 71 руб.
15. Адаптер под дисковый тормоз (передний) – 205 руб.
16. Фара – 678 руб.
17. Зеркала заднего вида – 1.341 руб.
18. Седло – 1.517 руб.
19. Держатель смартфона – 341 руб.
20. Поворотники (4 шт.) – 758 руб.
21. Панель управления – 872 руб.
22. Гудок – 304 руб.
23. Дисковые гидравлические тормоза – 4.600 руб.
24. Понижающий преобразователь (2 шт.) – 738 руб.
25. USB зарядка – 350 руб.
26. Амортизирующий подседельный штырь – 5.271 руб.
27. Вилка амортизационная – 1.723 руб.
28. Покрышка (передняя) – 562 руб.

29.Покрышка (задняя) – 727 руб.

30. Велосипед – 9.870 руб.

31. Остальные расходники – 10.000 руб.

Итоговая стоимость: 110.703 руб.