

Муниципальное автономное образовательное учреждение  
Артинского городского округа  
"Центр дополнительного образования"

## **Роботизированное устройство для диагностики линий электропередач**

Разработчики:  
ученики МАОУ АГО «ЦДО»

**Волков Андрей**  
**Власов Александр**

Руководитель проекта:  
преподаватель МАОУ АГО «ЦДО»  
**Егорина Наталья Валентиновна**

## Содержание

Презентация команды.....	3
Идея проекта (синопсис).....	4 – 5
Этапы разработки.....	5 – 6
Презентация роботизированного решения.....	7 – 13
Социальное взаимодействие и инновации.....	13 – 14
Список используемой литературы.....	15 – 16
Приложение.....	17

## Презентация команды

Мы – команда из поселка Арти, на протяжении многих лет участвующая в региональных этапах WRO. Команда состоит из двух участников – Волкова Андрея и Власова Александра, а также педагога МАОУ АГО «ЦДО» – Егориной Натальи Валентиновны. Команда каждый год старается реализовать новые интересные идеи на практике. Несомненно, они стараются решить проблемы, поставленные регламентом творческой категории.



Участник, Волков Андрей Юрьевич



Участник, Власов Александр Олегович



Руководитель, Егорина Наталья Владимировна

## Идея проекта (синопсис)

Идея проекта заключается в создании робота, способного передвигаться по проводящим кабелям линий электропередач, обследовать и диагностировать их. Данное устройство решает проблему использования ручного труда, человеческого фактора на ЛЭП, являющихся конструкциями повышенной опасности (большая высота, риск поражения электрическим током и т.д.). Данная проблема была выбрана на основе творческой миссии и темы сезона WRO 2023 [1], цели ООН № 9 (Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям) [2]. Также решение выбрать проблему логистики электроэнергии было принято из факта, что темпы роста потребности в электричестве с каждым днем становятся всё больше, в то время как новые технологии внедряются достаточно медленно.

На данный момент диагностика состояния кабельных конструкций и их ремонт производится преимущественно ручным трудом. На фото можно



## 9 ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ, ИННОВАЦИИ И ИНФРАСТРУКТУРА



увидеть тесную люльку, в которой сидит инженер-электрик. Он вынужден вручную оценивать состояние проводов, изоляторов, противовесов и т.д. В свою очередь наше решение позволяет частично автоматизировать

процесс оценки состояния проводящих конструкций на предмет нарушения изоляции кабеля, прогара. Инженеру-оператору будет лишь необходимо управлять движением робота по проводу, отслеживать показания датчиков, заносить их в журнал учёта для последующего ремонта.

Применение подобного решения на практике позволит освободить множество инженеров-электриков от тяжелой и монотонной работы (квалифицированных специалистов в данной области не хватает), исключить человеческий фактор, что позволит повысить качество проведения работ на объектах – будет найдено больше неисправностей, что снизит аварийность.

Проект важен тем, что решений в данной области крайне мало. Исследования и разработку проекта в данной области проводили промышленные организации в Японии, Канаде, Китае, США, но до итоговой реализации дошло пару проектов. Также Правительством РФ была поставлена задача импортозамещения западных технологий, так что вопрос о собственных разработках в области осмотра, очистки, ремонта ЛЭП роботизированными устройствами встал еще острее.

## Этапы разработки

Январь 2023 года – Февраль 2023 года	В середине января 2023 года были выложены творческие правила и регламент предстоящих соревнований. Из нескольких тем, придуманных во время мозгового штурма, был отобран робот для обследования ЛЭП
Февраль 2023 года	Исследования в области роботизированных решений для электроэнергетики привели нас к проблеме использования ручного труда на высотных конструкциях, на проводах. Были

	<p>найлены промышленные решения, на основе преимуществ которых была начата разработка моторизированной платформы</p>
<p>Февраль 2023 – Апрель 2023</p>	<p>В феврале и марте проводилась разработка и сборка моторизированной платформы для передвижения по кабелю. Вдохновением служили патенты [3] и рисунки из них. Основной каркас был собран из металлических деталей из конструктора Tetrix для повышения прочности конструкции. В апреле была начата разработка электронной части робота. В качестве главного управляющего устройства была выбрана Arduino Uno.</p>  <p>The technical drawing shows a cross-section of a cable robot mechanism. It features a central vertical shaft (19) with various gears and pulleys. A cable (20) is wound around a pulley (21) at the bottom. Other components include a motor or actuator (4), a gear (16), a pulley (17), a spring (25), a bearing (26), a pulley (27), a cable (28), and a pulley (29). The drawing is labeled 'A-A' at the top and 'Фиг. 4' at the bottom. To the right of the drawing is a photograph of an Arduino Uno R3 board, which is a blue printed circuit board with various electronic components, including a microcontroller, capacitors, and a USB Type-C port.</p>
<p>Апрель 2023 – Май 2023</p>	<p>Разработка кода для аппаратной и программной платформ (Arduino и RemoteXY соответственно).</p>
<p>Май 2023</p>	<p>Подготовка материалов для презентации проекта на региональном этапе WRO2023. Финальная «шлифовка» технологий.</p>
<p>Июнь 2023</p>	<p>Доработка проекта, внедрение новых функций, перенос проекта на Raspberry Pi</p>

## Презентация роботизированного решения

Идея разработки робота для конструкций ЛЭП была придумана не сразу. Ей предшествовали идеи создания:

- Робота для мониторинга рельефа дна (на наличие опасных для судоходства мелей или рифов)
- Робота для прокладки радиотрасс для безопасного судоходства в гаванях (а также корабельного приёмника)
- Робота – аэростата для ретрансляции сигнала в недоступные или трудно доступные регионы (горная местность, джунгли)

К сожалению данные идеи либо трудно реализуемы в условиях непромышленной разработки, либо сложно невозможны, по причине отсутствия нужных материалов и знаний, хотя и являются перспективными. Робот для обследования ЛЭП в свою очередь имеет небольшую, но всё же теоретическую базу, промышленные аналоги [4], удачные стороны которых можно использовать в своем проекте, что упрощает дальнейшую разработку.



Робот компаний LineScout, Hydro-Quebec, Канада, 2010 год. Главные черты проекта (часть с основной полезной



нагрузкой находится снизу, крепится с одной стороны моторизированной рамы балками).

Плюсы:

- Возможность движения по одному проводу
- Многофункциональность
- Лёгкость конструкции, небольшой размер

Минусы:

- Сложность системы управления, ее большой размер



Робот компаний LineRanger, Hydro-Quebec, Канада, 2019 год. Новая перспективная промышленная разработка из Канады. Предназначен для обследования состояния расщепленных фаз ЛЭП.



Плюсы:

- Цифровая камера, способная передавать картинку на пульт управления
- Высокая скорость передвижения (несколько

километров в день)

- Способность преодолевать точки крепления провода к изоляторам

Минусы:

- Большая масса, необходимость фургона для перевозки к участку ЛЭП
- Необходимость парного кабеля для передвижения



Робот студентов из университета инженерии Джорджии, США, 2016 год. Данный робот способен проводить контроль и очистку линий электропередач, передвигаясь по ним.



Плюсы:

- Небольшой вес, компактность
- Наличие щётки для очистки кабеля
- Поддержка GPS (для разметки проблемных мест), удаленного управления

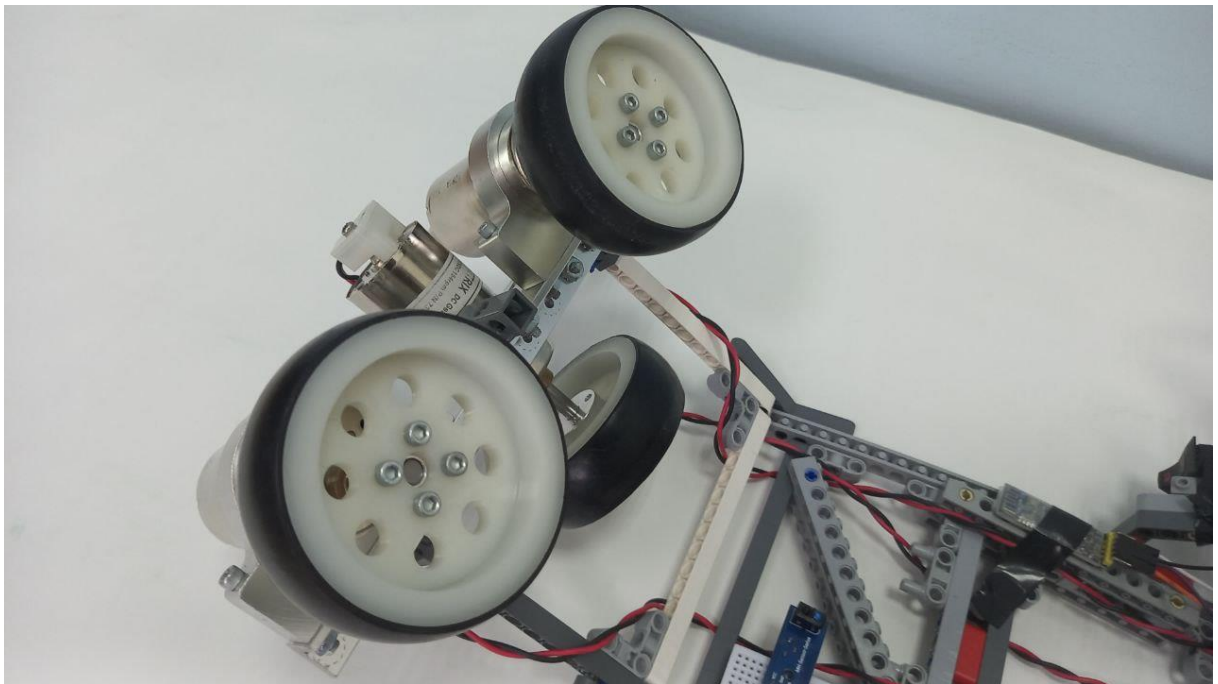
Минусы:

- Прототип, не готов к реальным условиям

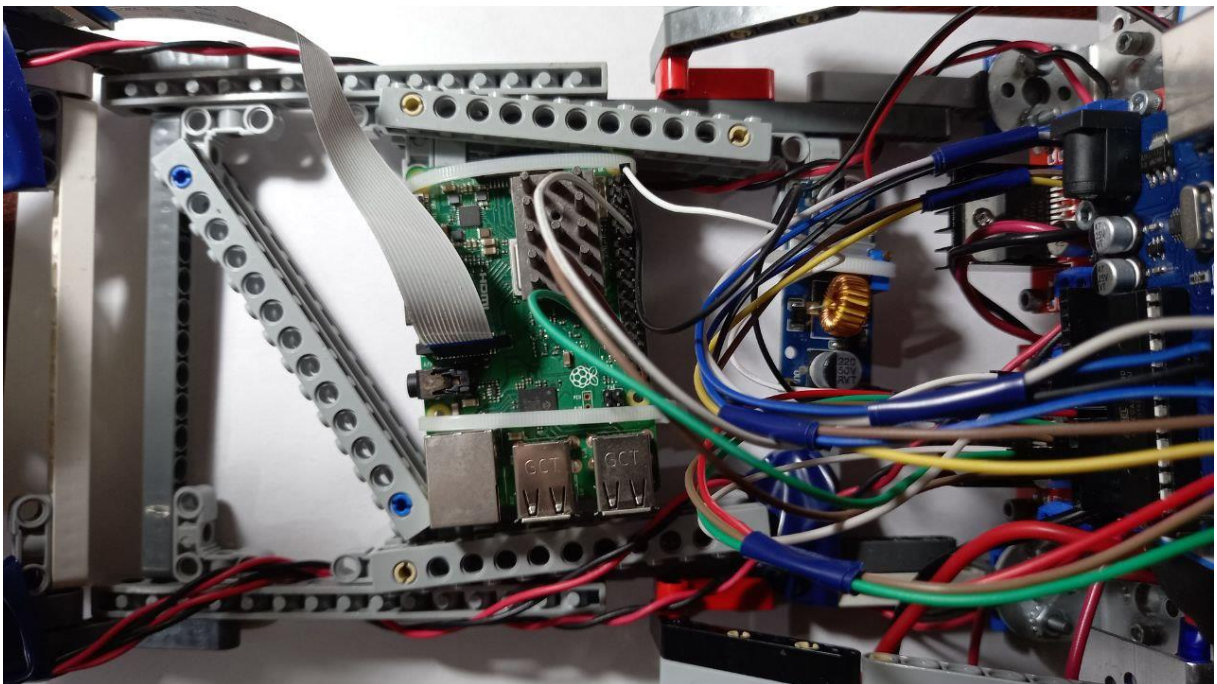
При рассмотрении аналогов было отобрано несколько критериев, на основе которых строится наш проект:

1. Доступность компонентов и материалов, т.е. использование деталей из наборов конструктора Tetrix, Lego
2. Простая конструкция, без использования сложных механизмов
3. Построение электронной части проекта вокруг единой платформы, например, Arduino
4. Применение электронных компонентов, доступных для покупки в любом магазине радиоэлектронных товаров

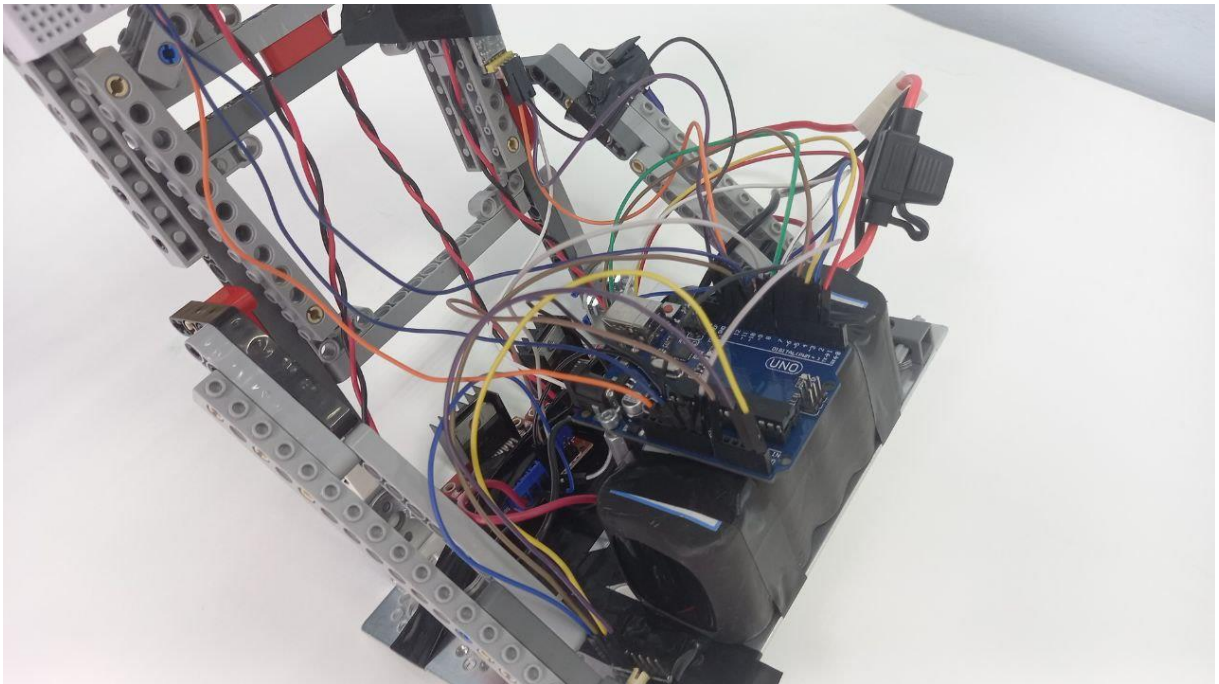
Разберем механическую конструкцию решения, рассматривая каждую часть по отдельности.



Моторизованная рама состоит из металлического уголка, с прикрепленными на ней креплениями для моторов. Моторы через провода подключены к драйверам (см. далее). От рамы отходит две балки, укрепленные дополнительными усиливающими конструкциями.



Снизу к балкам прикреплена металлическая платформа, на которой находятся батарея, драйверы моторов, программная платформа Arduino.



Электронная платформа представлена микрокомпьютером Raspberry Pi, платой Arduino Uno, камерой, GPS-модулем, двумя драйверами моторов L298N, аккумуляторной батареей на 12 В и емкостью 3000 мА·ч.

Драйверы моторов управляются через 6-контактный разъем, но на втором задействовано всего три (т.к. подключен всего один мотор). Схема подключения и логика подачи сигнала приведена ниже [5].

### AG Драйвер L298n Мотор 2

- Напряжение: 4-50V
- Ток (макс): 1A (2A)

**Мотор 1**

Если перемычка установлена, драйвер можно питать от 6.. 12V. Пин +5V в этом случае является выходом 5V, можно использовать в своих целях (питать Ардуино).

Если перемычка не установлена, драйвер можно питать от 6.. 35V. Пин +5V в этом случае является входом, на который нужно подать 5V для питания драйвера!

Пины IN отвечают за подачу сигнала, который задаётся пином EN. В то же время можно поставить перемычку и управлять скоростью при помощи ШИМ в один из IN.

Если перемычка EN-5V установлена

	Мотор 1		Мотор 2	
	IN1	IN2	IN3	IN4
Вперёд	HIGH/PWM	LOW	HIGH/PWM	LOW
Назад	LOW/PWM	HIGH	LOW/PWM	HIGH
Холостой	LOW	LOW	LOW	LOW
Тормоз	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH

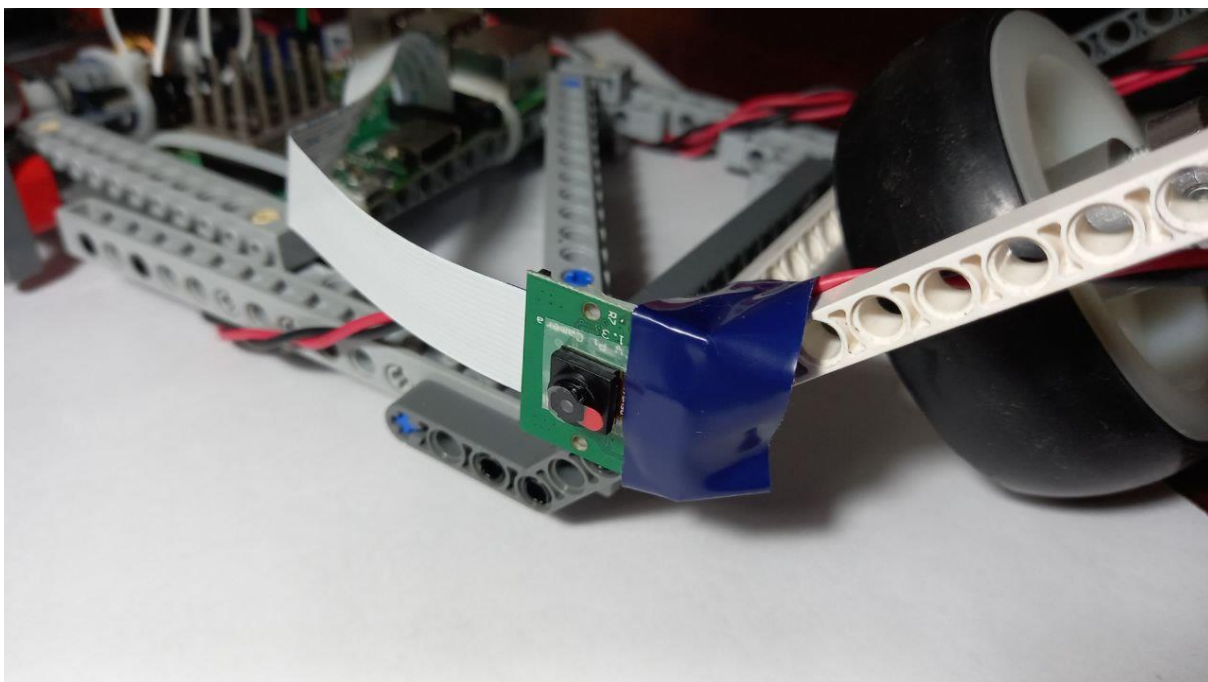
Если перемычка EN-5V не установлена

	Мотор 1			Мотор 2		
	IN1	IN2	ENA	IN3	IN4	ENB
Вперёд	HIGH	LOW	PWM	HIGH	LOW	PWM
Назад	LOW	HIGH	PWM	LOW	HIGH	PWM
Холостой	LOW	LOW	0	LOW	LOW	0
Тормоз	HIGH	HIGH	PWM	HIGH	HIGH	PWM

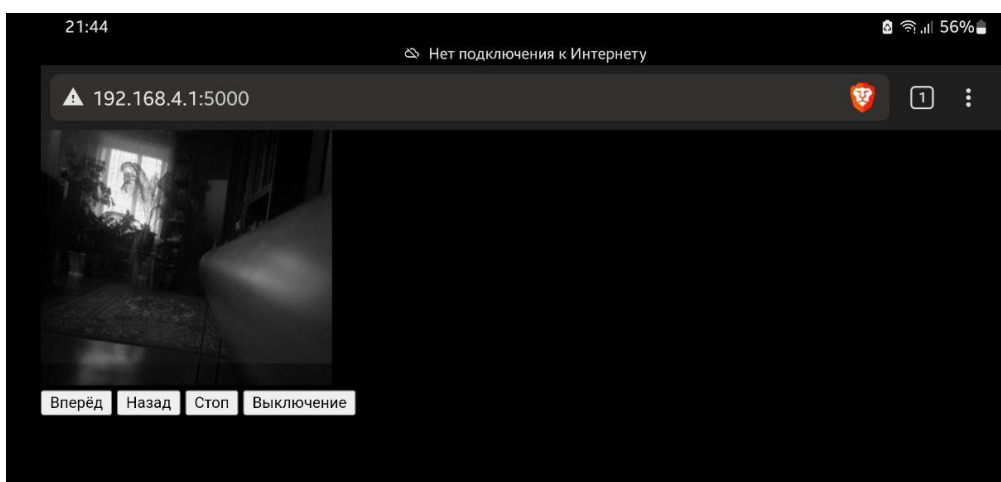
Питание на Arduino подается через стабилизатор напряжения на плате драйвера (преобразует 12 В в 5 В). Для питания Raspberry Pi был установлен

отдельный импульсный преобразователь, так как миникомпьютер потребляет большой ток (около 1,5 А)

Камера расположена около места крепления балок, чтобы захватить как можно больше поверхности кабеля в кадре. Она выводит изображение в чёрно-белом режиме для удобства контроля состояния провода оператором. Камера необходима для определения состояния изоляторов на опорах ЛЭП, загрязнения самого кабеля, различных дефектов.



Связь с мобильным устройством осуществляется по технологии Wi-Fi посредством подключения к локальной точке доступа Raspberry Pi и переходом на веб сервер в локальной сети по определенному IP-адресу. Реализован простой веб-интерфейс с выводом потоковой видеотрансляции



с камеры, заряда батареи, скорости и координат робота, а также управлением движения робота с помощью кнопок.

Программирование производилось в Arduino IDE, а также встроенными средствами ОС Raspbian (Debian GNU/Linux). Все исходники могут быть скачаны с репозитория GitHub.

В процессе разработки проекта было преодолено множество проблем, например:

- Выбор контроллера. Всего было 3 версии проекта – на контроллерах от Lego NXT, Arduino и миникомпьютере Raspberry Pi. Блок-контроллер NXT имел закрытую архитектуру разработки программ и сложную систему подключения внешних датчиков. Arduino не могла обеспечить выполнение всех поставленных перед ней функций (обработка видеопотока с камеры, поддержка веб-сервера)
- Разработка моторизованной рамы для передвижения по цилиндрическим поверхностям. Из-за ограниченного набора деталей, а также неширокой распространенности открытого материала (необходимость в поиске патентов) на создание работающей конструкции было затрачено в сумме около месяца (с учетом неудачных решений).

## Социальное взаимодействие и инновации

В первую очередь данный проект при внедрении в реальный процесс обслуживания повлияет на работников сферы электроэнергетики. Он освободит от тяжелой и сложной работы инженеров-электриков, а также создаст высококвалифицированные рабочие места для операторов-робототехников. Повысится эффективность и безаварийность линий электроснабжения. Будет исключен человеческий фактор (робот сможет

быстро и безошибочно находить дефекты и неисправности), что в свою очередь сократит время простоя ЛЭП во время осмотра.

Данный проект можно использовать на наиболее ответственных и труднодоступных для техники участках линий электропередач [6]. Например, на отдаленном участке магистральных линий в Якутии для планового обследования применяется метод облета с воздуха (т.е.



применение вертолёт) [7]. Наш робот мог бы выполнить данную задачу намного быстрее и эффективнее с точки зрения затраченных ресурсов.

Также для проекта была составлена канва бизнес-модели, с которой можно ознакомиться в приложении 1.

## Список используемой литературы

1. Федерация Спортивной и Образовательной Робототехники  
Творческая миссия [Электронный ресурс] // Sportrobotics: информ.-  
справочный портал 2019 URL:  
[https://sportrobotics.ru/files/138940/filename/Творческая.%20Миссия.p  
df](https://sportrobotics.ru/files/138940/filename/Творческая.%20Миссия.pdf) (дата обращения 02.05.2023)
2. Нагибин И. Ю. Цель 9 устойчивого развития: «Индустриализация,  
инновации и инфраструктура» [Электронный ресурс] // Плюс один:  
электрон. научн.-популярный журнал 2019 URL: [https://plus-  
one.ru/manual/cel-9-ustoychivogo-razvitiya-industrializaciya-innovacii-i-  
infrastruktura](https://plus-one.ru/manual/cel-9-ustoychivogo-razvitiya-industrializaciya-innovacii-i-infrastruktura) (дата обращения 02.05.2023)
3. Патент N 2316095 Российская Федерация МПК H02G 1/02 (2006.01).  
Тележка для передвижения по проводам расщепленной фазы  
воздушной линии электропередачи : N 2006123562/09 : заявл.  
04.07.2006 : опубликовано 27.01.2008 / Корнеев Б. В., Щербацевич  
С. К. ; заявитель ЗАО «Электросетьстройпроект» : - Текст:  
непосредственный
4. Алексей Бойко Электроэнергетика - Осмотр, очистка, ремонт ЛЭП  
[Электронный ресурс] // RoboTrends: электрон. научн. журн. 2015  
URL: [https://robotrends.ru/robopedia/elektroenergetika---osmotr-  
ochistka-remont-lep](https://robotrends.ru/robopedia/elektroenergetika---osmotr-ochistka-remont-lep) (дата обращения 03.05.2023)
5. Александр Майоров Управление щёточными моторами  
[Электронный ресурс] // AlexGyver Technologies: информ.-  
справочный портал 2015 URL: [https://alexgyver.ru/lessons/dc-  
motors/#Специальный\\_драйвер](https://alexgyver.ru/lessons/dc-motors/#Специальный_драйвер) (дата обращения 04.05.2023)
6. Сообщество OpenStreetMap Схема ЛЭП и электроснабжения России  
[Электронный ресурс] // OpenStreetMap: информ.-справочный портал  
2004 URL: <https://frexosm.ru/power> (дата обращения: 10.05.2023)

7. Тамара Шашмурина Самые дальние участки ЛЭП в Якутии  
осмотрели с высоты птичьего полёта [Электронный ресурс] //  
SakhaNews: информ.-аналитич. портал 2005 URL:  
[https://1sn.ru/samye-dalnie-ucastki-lep-v-yakutii-osmotreli-s-vysoty-  
pticego-polyota](https://1sn.ru/samye-dalnie-ucastki-lep-v-yakutii-osmotreli-s-vysoty-pticego-polyota) (дата обращения 11.05.2023)



# Канва бизнес-модели

Разработано для: Роботизированное устройство для диагностики ЛЭП

Разработано: Команда «ИскИн»

Дата: Май 2023 г.

Версия: 1.1

<b>Партнеры</b> Ключевые партнеры – государственные компании в сфере электроэнергетики РФ Информационные партнеры – IT и технически-популярные интернет издания, научпоп блогеры.	<b>Процессы</b> Привлечение: Создание конкурентоспособной технологии, участие в конкурсах государственных грантов Удержание: присоединение к команде Сколково, усовершенствование технологии, выход на международный рынок	<b>Уникальное ценностное предложение</b> Импортозамещенный проект, не имеющий аналогов в России	<b>Отношения</b>	<b>Клиенты</b> Государственные корпорации, частные предприятия
<b>Ресурсы</b> Ресурсы, предоставляемые образовательным учреждением	<b>Каналы</b> Коммуникация и услуги: Встреча с инвесторами на выставках, размещение формы связи на сайте			
<b>Расходы</b> 1. Разработка и поддержание работы проекта 2. Поддержка работы сайта 3. Реклама и распространение контента 4. Организация выезда на выставки	<b>Финансирование/доход</b> 1. Государственные гранты 2. Инвестиции со стороны заинтересованных лиц 3. Продажа решения клиентам 4. Собственные средства			