

Российская Робототехническая Олимпиада 2024

Творческая категория

«Роботы и роботизированные системы в нефтегазовой отрасли»

**ОТЧЕТ по проекту «Мобильная роботизированная установка  
для очистки грунтов от нефтяных загрязнений»**

Команда «ИскИн»

Старшая возрастная категория

**Выполнили:**

Волков Андрей, ученик МАОУ АГО  
«Центр дополнительного образования»,

Пишуков Илья, ученик МАОУ АГО  
«Центр дополнительного образования»

**Руководитель:**

Егорина Наталья Валентиновна, педагог  
дополнительного образования МАОУ  
АГО «Центр дополнительного  
образования»

## Оглавление

Аннотация .....	3
Команда проекта.....	4
Введение .....	5
Этапы разработки проекта.....	7
Презентация роботизированного решения .....	8
Список литературы.....	22
Приложение 1. ....	24
Приложение 2. ....	27
Приложение 3. ....	29
Приложение 4. ....	35

## Аннотация

**Учебные дисциплины:** физика, информатика, технология, робототехника

**Цель работы:** создать прототип роботизированного устройства для очистки грунтов от разливов нефтепродуктов с помощью электрохимического воздействия

**Задачи работы:**

1. Изучение готовых конструкторских решений
2. Получение новых знаний в области конструкторских практик
3. Изучение рынка и представленных промышленных решений
4. Составление бизнес-канвы проекта
5. Изучение возможного воздействия разработки на общество
6. Оформление конструкторской документации и программного кода

**Вопрос проекта:** возможно ли создать эффективное и автономное устройство для очистки нефтезагрязненных почв?

**Объект исследования:** эффективные способы удаления нефтезагрязняющих веществ из почвы.

**Методы исследования:** анализ, сравнение, моделирование, обобщение, конструирование, программирование.

**Краткое содержание проекта:** данный проект в подробностях показывает процесс разработки роботизированного устройства – от обоснования и актуализации идеи до разработки прототипа и его реализации на практике. Большинство применяемых на практике решений по удалению нефтезагрязняющих веществ из почвы основаны на снятии и утилизации пласта земли. Это разрушает экосистему почвы и природы вокруг. Наше решение позволяет эффективно и безопасно для грунта разложить нефть на нейтральные составляющие. В процессе были затронуты многие области: физика, информатика, программирование, инженерное дело, схемотехника, менеджмент, экономика – знания из них позволят лучше понимать мир вокруг нас, его устройство.

**Результат проекта:** прототип устройства и материалы к нему.

**Области применения:** готовое решение может применяться на мелко- и среднемасштабных разливах нефти и ее производных компаниями, отвечающими за ликвидацию аварии.

**Реализация проекта:** представление прототипа роботизированного решения и материалов на региональном этапе соревнований WRO 2024 в Верхней Пышме перед судьями и заинтересованными лицами (предпринимателями, служащими государственных корпораций)

## Команда проекта

Мы – команда из поселка Арти, на протяжении многих лет участвующая в различных робототехнических соревнованиях, в том числе и в WRO. Команда состоит из двух участников – Волкова Андрея и Пишукова Ильи, а также педагога МАОУ АГО «ЦДО» – Егориной Натальи Валентиновны. Команда каждый год старается реализовать новые интересные идеи на практике.

Роли были распределены на основе интересов и способностей участников. Волков Андрей занимался технической частью проекта: разработка подвижной платформы, моделирование деталей в САПР и оформление материалов проекта. Илья Пишуков работал над теоретической и финансовой частями: изучение источников информации, проведение химических расчетов и составление бизнес плана проекта. Совместно были разработаны блок электродов и презентация проекта.



Волков Андрей, техническая часть



Илья Пишуков, химия и финансы



Наталья Валентиновна, руководитель

## Введение

Наиболее важной отраслью промышленности России является нефтегазовый комплекс. И хотя с каждым годом количество аварий уменьшается, ущерб от аварий вырос до 5,5 млн рублей [1]. Соответственно остро встает вопрос об их предотвращении и быстрой ликвидации последствий.

Идея проекта заключается в создании роботизированной платформы для передвижения по загрязненной территории и ее очистки с помощью электрохимического метода. Данное устройство позволит быстро и эффективно (что является наиболее важным фактором в ликвидации последствий аварий), без привлечения большого количества рабочей силы и затрат на ее содержание и обеспечение средствами индивидуальной защиты устранять нефтяные загрязнения. Идея проекта была выбрана на основе творческой миссии и темы сезона WRO 2024 [2], цели ООН № 15 (Защита, восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное управление лесами, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биологического разнообразия) [3].



На данный момент ликвидация аварий производится преимущественно вручную или с помощью спец. машин (приведенный на фото пример - передвижная насосная установка ПНУ-100/200М). Привлекается большое количество людей, техники, что сильно увеличивает и без того большие расходы компаний. В свою очередь наше решение позволяет безопаснее для состояния экосистем

автоматизировать процесс очистки. На данном этапе оператору будет лишь необходимо управлять роботом, отслеживать показания датчиков, заносить их в журнал учёта при необходимости. В будущем робот сам сможет передвигаться по запланированной траектории, позволяя человеку лишь контролировать его работу.



Применение нашего решения позволит компаниям эффективнее, быстрее и дешевле устранять последствия аварий, частично исключить человеческий фактор, что позволит повысить качество проведения работ на территориях.

Важной особенностью проекта является применение современной электронной базы для автоматизации процесса очистки почв. В большинстве исследований и патентных заявок [4,5,6,7] применяется готовая база в виде грузовой машины и установка по очистке.

## Этапы разработки проекта

Февраль 2024	В феврале 2024 были опубликованы тема и правила творческой категории предстоящего сезона.
Февраль 2024 – Март 2024	Проведение мозгового штурма, отбор идей, их рецензирование.
Март 2024	Проведение исследований по выбранной теме, подбор источников, их последующий анализ.
Март 2024 – Апрель 2024	Разработка роботизированной платформы, проведение химических опытов, математических расчетов
Апрель 2024 – Май 2024	Окончание создание роботизированной платформы, установка электроники, написание программ. Начало подготовки материалов по проекту (отзыв, видеопрезентация)
Начало мая 2024	Окончание оформления кода робота, приложения для управления. Оформление презентации проекта. Размещение заявки для участия в соревнованиях. Подготовка рекламной минутки.
Конец мая 2024 – Июнь 2024	Участие в региональном этапе WRO 2024. Подготовка к следующему этапу соревнований, включающая в себя реализацию запланированных доработок механической, электронной и программной частей. Переоформление документации
Конец июня 2024	Участие в всероссийском этапе соревнований WRO 2024
Вторая половина 2024	Дальнейшая проработка проекта, поиск заинтересованных компаний и инвесторов, представление на других выставках и конкурсах

# Презентация роботизированного решения

## Выбор темы проекта

Исходя из документа темы сезона [1] и изложенных в нем потребностей промышленников Оренбурга, мы зацепились за такие ключевые слова, как:

- Внедрение автоматических процессов мониторинга по добыче и транспортировке нефти и газа
- Контроль качества сырья на всех этапах производственного цикла
- Разработка лабораторных роботов и роботизированных систем
- Разработка роботов и роботизированных систем для создания и улучшения складских помещений
- Автоматизация производственных процессов

После проведенного мозгового штурма и рецензирования были отобраны следующие наиболее удачные темы:

- Робот-лаборант
- Робот для очистки нефтезагрязненной почвы
- Самоорганизующаяся роботизированная конвейерная лента

Каждая из трех тем была тщательно проанализирована, изучены источники по темам, готовые промышленные решения и методы. В ходе исследования оказалось, что роботы лаборанты уже широко применяются в лабораториях, позволяя транспортировать препараты, управлять приборами с целью проведения опытов и исследований.





Идея с созданием роботизированной конвейерной ленты является крайне перспективной, так как прямых аналогов не было найдено. Однако реализация данного решения крайне затруднительна в наших условиях, из-за отсутствия достаточного количества материалов: микроконтроллеров, датчиков позиционирования, моторов. Поэтому данная идея была отвергнута.

Робот для очистки нефтезагрязненной почвы оказался оптимальным вариантом, учитывая, что исследований в области применения робототехники в вопросе ликвидации аварий оказалось не так много, а реализация на практике вполне возможна в наших условиях. Поэтому мы решили двигаться дальше именно с этой темой.

## Аналоги проекта

При дальнейшей проработке темы мы не смогли найти прямых аналогов проекта, однако существуют готовые промышленные решения с иным принципом удаления нефтяных загрязнений. Рассмотрим их обзорно:

Сорбент «Ньюсорб-М» [8] представляет собой порошок из природного сырья вулканическо - осадочного происхождения. Применяется для впитывания легких нефтепродуктов и технических жидкостей, концентрированных и разбавленных щелочей и кислот, а так же для ликвидации аварийных разливов всех видов топлива и смазочных материалов.



Установка для сжигания нефтесодержащих продуктов УУН - 0,8 [9] предназначен для утилизации (путем сжигания) нефтешламов, замазочных грунтов, нефтесодержащих отходов, образующихся при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов. Принцип действия основан на сгорании нефтепродуктов в пламени дизельной горелки и очистке дыма от оставшихся частиц. На выходе остается отожжённый грунт.



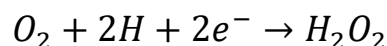
Препарат «Bioversal» [10] - водорастворимое средство для устранения и последующего биоразложения разливов нефти и нефтепродуктов на твердой и водной поверхности. Может выступать в роли дезактиватора, противопожарного средства. Принцип действия основан на привлечении и поддержке бактерий для естественной переработки нефтепродуктов. Все компоненты, используемые в Bioversal, являются экологически безопасными, не наносят ущерба живой природе и безопасны для кожи человека.



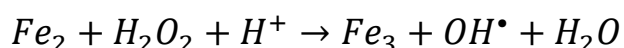
Подведем итог. Наиболее крупно используемые промышленные решения - это установки по сжиганию нефтепродуктов. Это приводит к уничтожению экосистемы почвы, утрате ею плодородности. Решения на основе сорбентов позволяют бережно очистить почву от нефтепродуктов, но стоят вопросы об эффективной очистке глубоководных загрязнений, утилизации отработавшего сорбента. Препарат Bioversal решает эти проблемы за счет иного принципа действия, но возникает проблема стоимости (~60000 рублей за 20 литров на момент 09.05.2024).

### Химический аспект

Очистка осуществляется под действием электрического тока и окислительно - восстановительных реакций [11]. При электрохимической обработке почва с порами, содержащая влагу, выступает как электрохимическая ячейка, в которой происходит ОВР, приводящие к частичному или полному окислению загрязняющих веществ. Электрохимические процессы окисления включают прямое анодное окисление и косвенное окисление с участием перекиси водорода, образующейся, путем восстановления  $O_2$  на катоде:



Так как почвы, как правило, содержат значительное количество железа, пероксид водорода принимает участие в реакции Фентона, в результате которой образуется гидроксильный радикал ( $OH^\bullet$ ), который также активно окисляет углеводороды:



1. Образуется перекись водорода при электролизе воды содержащейся в почве, она распадается на  $H^+$  и  $OH^-$  ионы.  $H^+$  ионы вступают в реакцию с кислородом, содержащимся в почве с образованием перекиси ( $H_2O_2$ ).

2. Перекись водорода вступает в реакцию с солями железа (II) и остатками ионов водорода  $H^+$  с образованием солей железа (III), воды и иона  $OH^-$ , который активно окисляет органические соединения, нефть и ее производные в том числе.

### Физический аспект

Для нефтезагрязненного грунта необходимая величина электрического заряда  $Q$  будет определяться концентрацией загрязнителя и величиной заряда, необходимой для удаления 1 кг нефтезагрязнителя (справочные значения приведены в статье [11]):

$$Q = q_{\text{удельное}} C$$

Время обработки может быть выражено с погрешностью через формулу:

$$t \approx \frac{Q}{I}$$

где  $I$  - суммарная величина тока между электродами. Ток выражается следующей формулой:

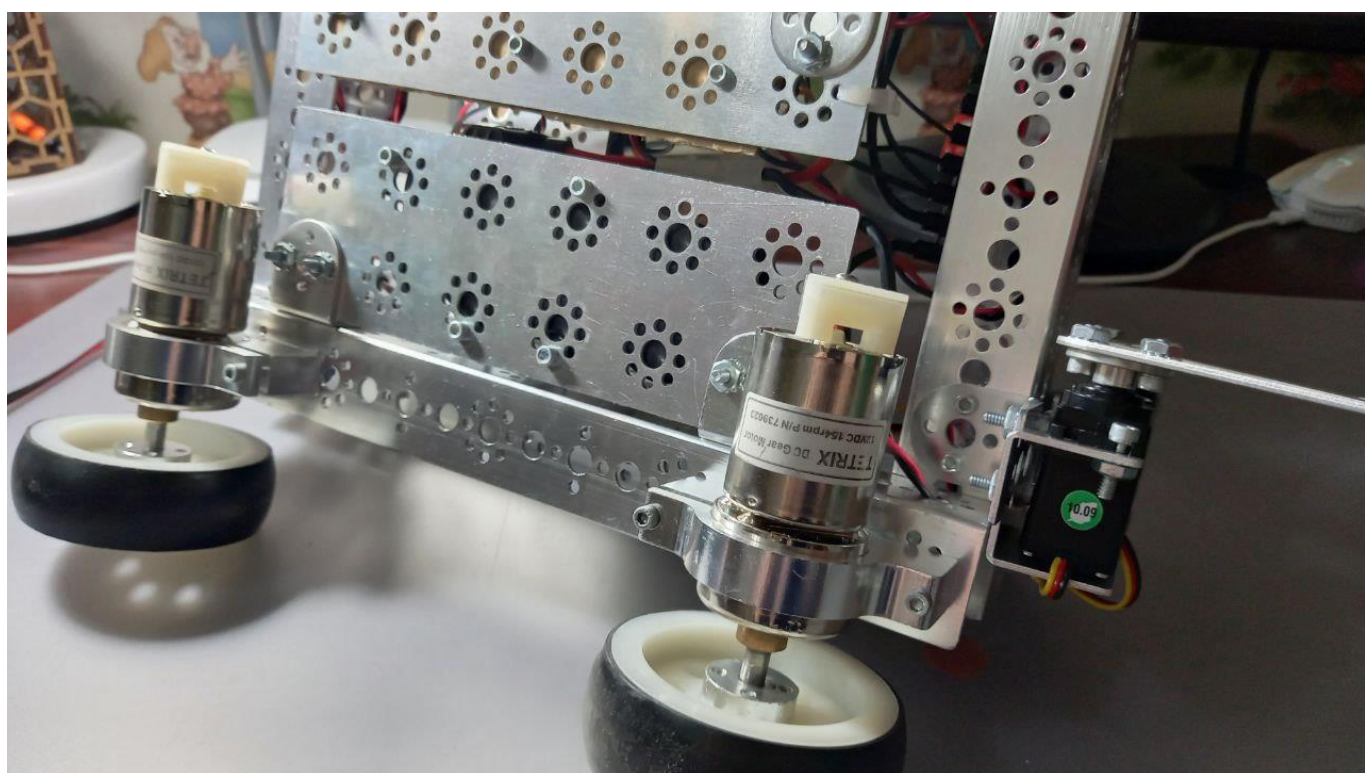
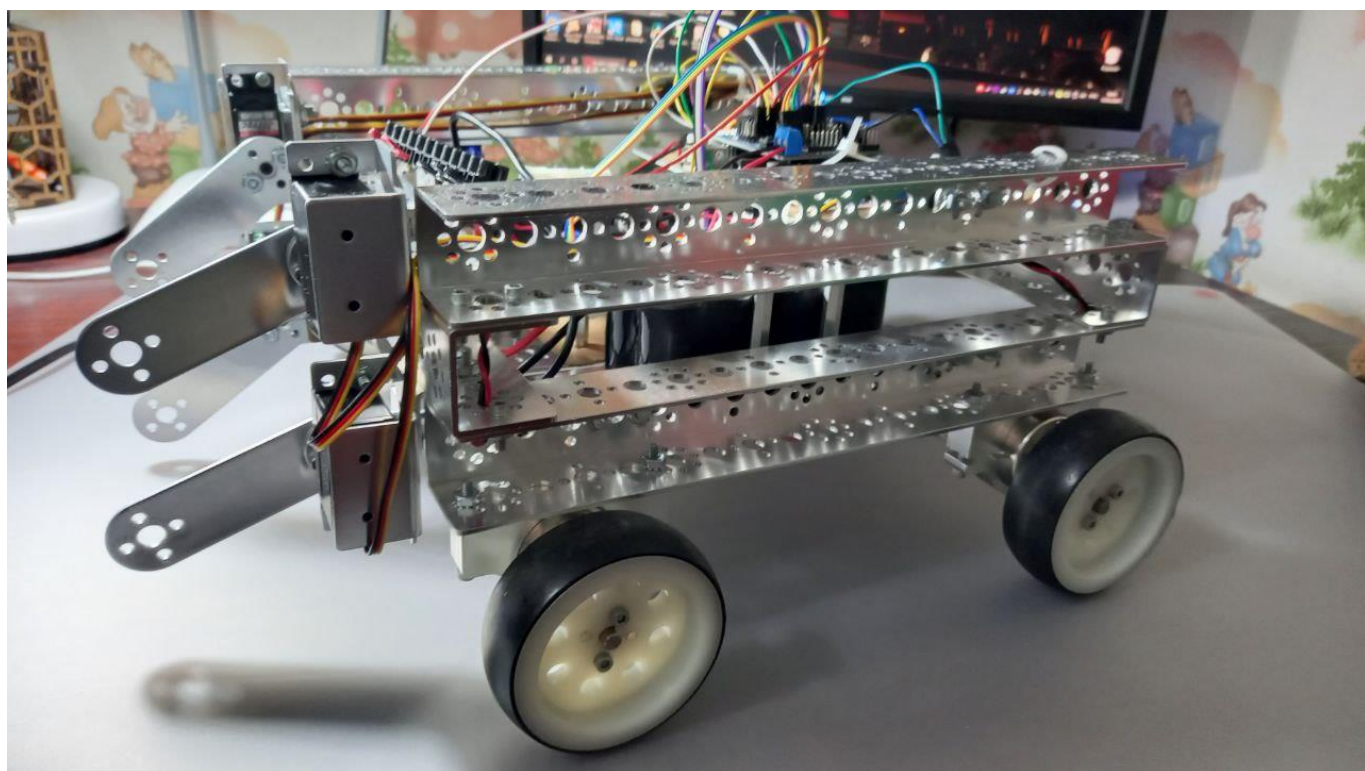
$$I = \frac{4S\pi HU}{l^2 \rho \ln \frac{l}{R}}$$

где  $S$  – площадь обрабатываемого участка,  $H$  – глубина погружения электродов,  $U$  – напряжение на электродах,  $l$  – расстояние между электродами,  $\rho$  – удельное сопротивление почвы (справочное значение),  $R$  – радиус электродов. Важно учесть, что подставлять значения в формулы необходимо в системе СИ.

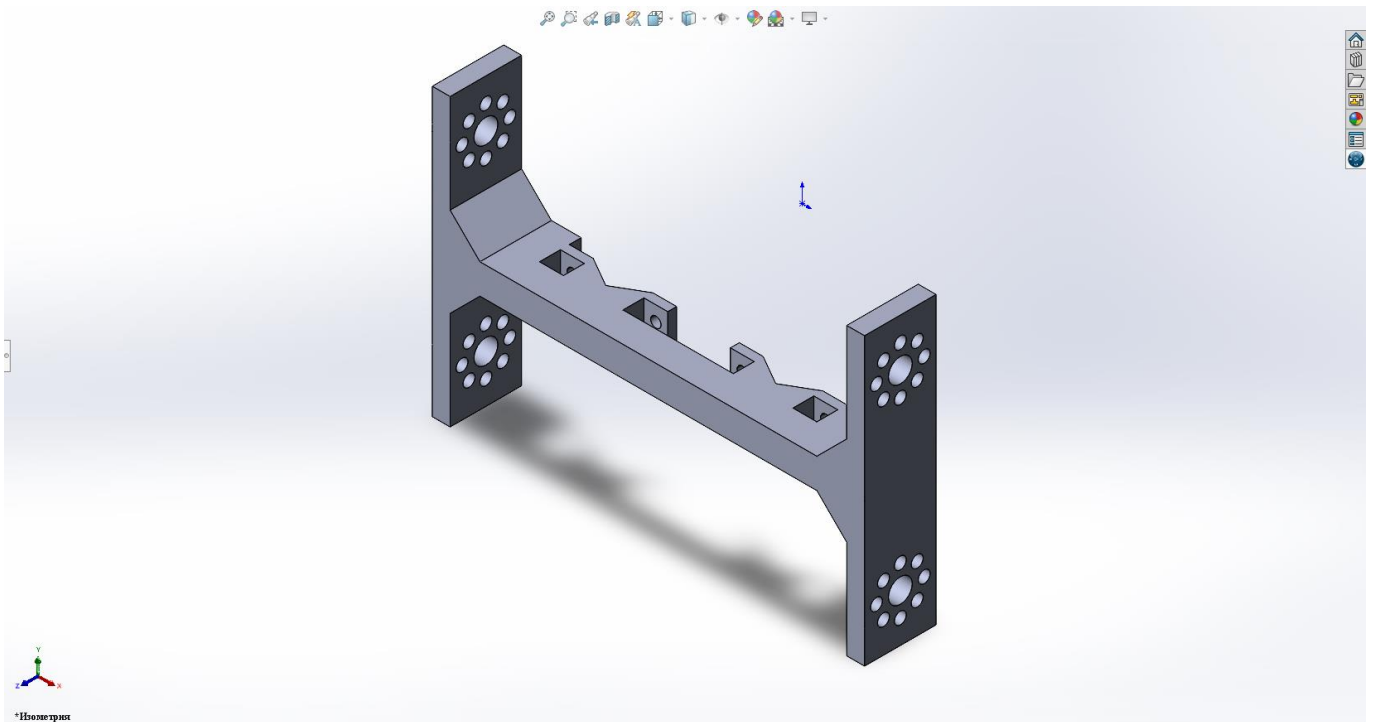
После всех расчетов, примерное значение времени обработки для промышленного образца составило 3 – 4 часа.

### Механическая конструкция решения

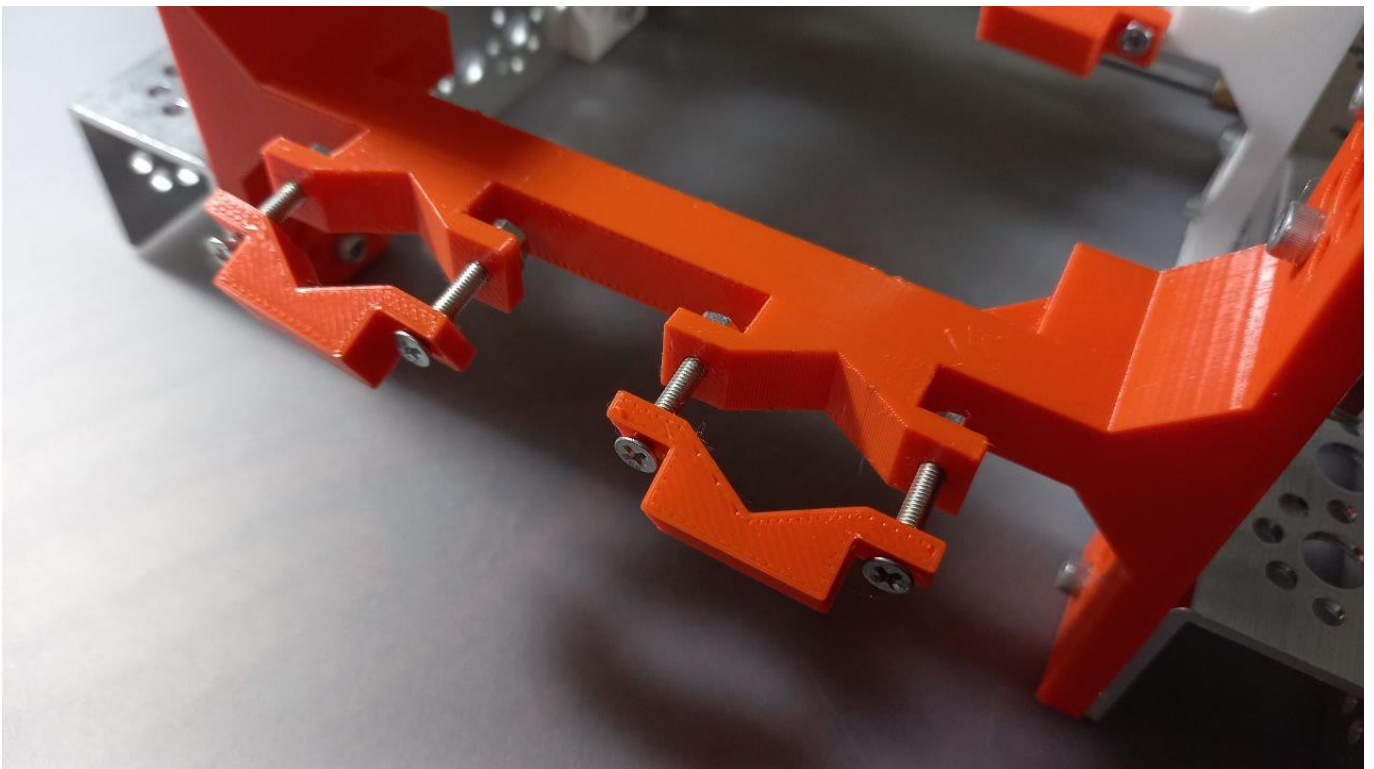
Основная часть любого роботизированного решения – его моторизованная рама. Рама нашего робота состоит из соединенных «квадратом» дюралюминиевых П-образных профилей и прикрепленных к ней четырех моторов постоянного тока.

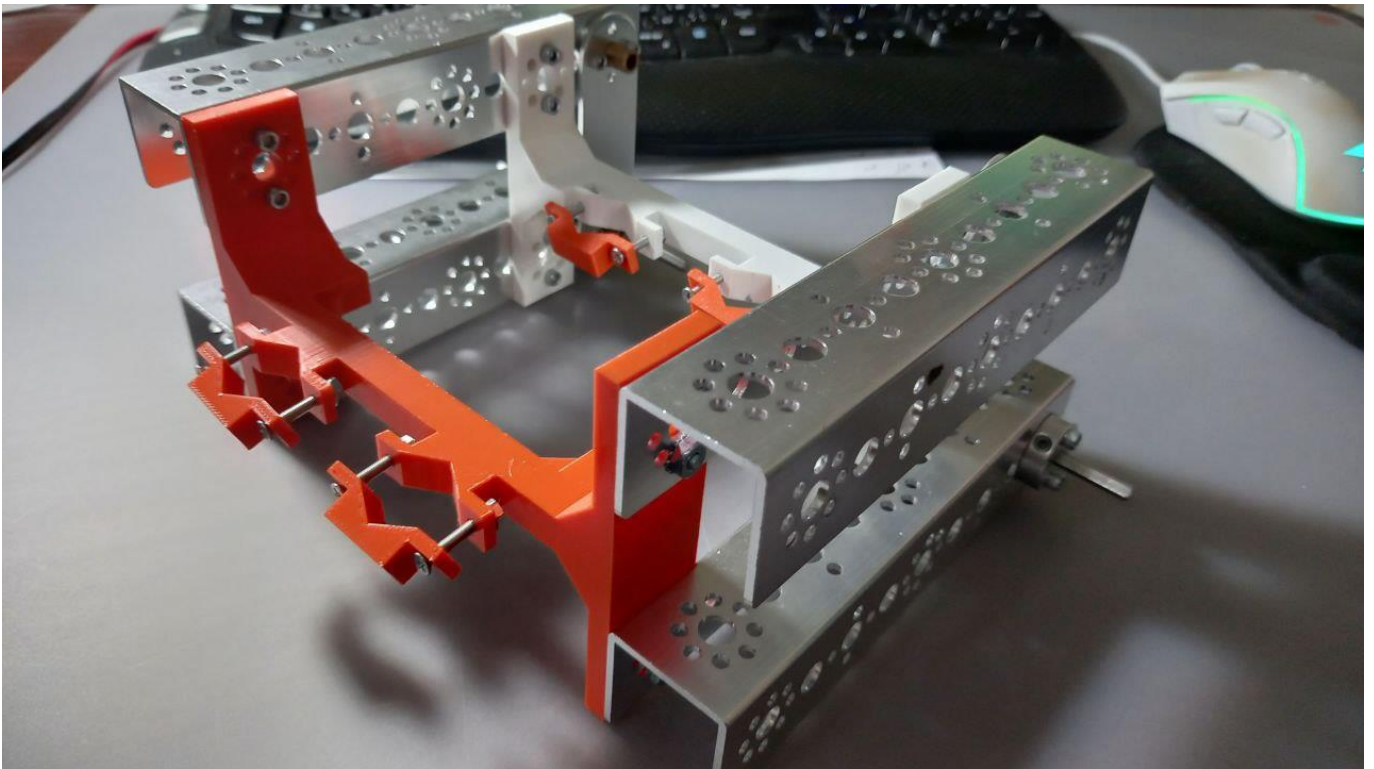


Платформа с электродами представляет из себя 4 профиля, соединенных между собой напечатанными креплениями, на которых также крепятся сами электроды. Все детали, созданные по аддитивным технологиям, были разработаны в САПР SolidWorks 2023 и напечатаны на FDM 3D-принтере.

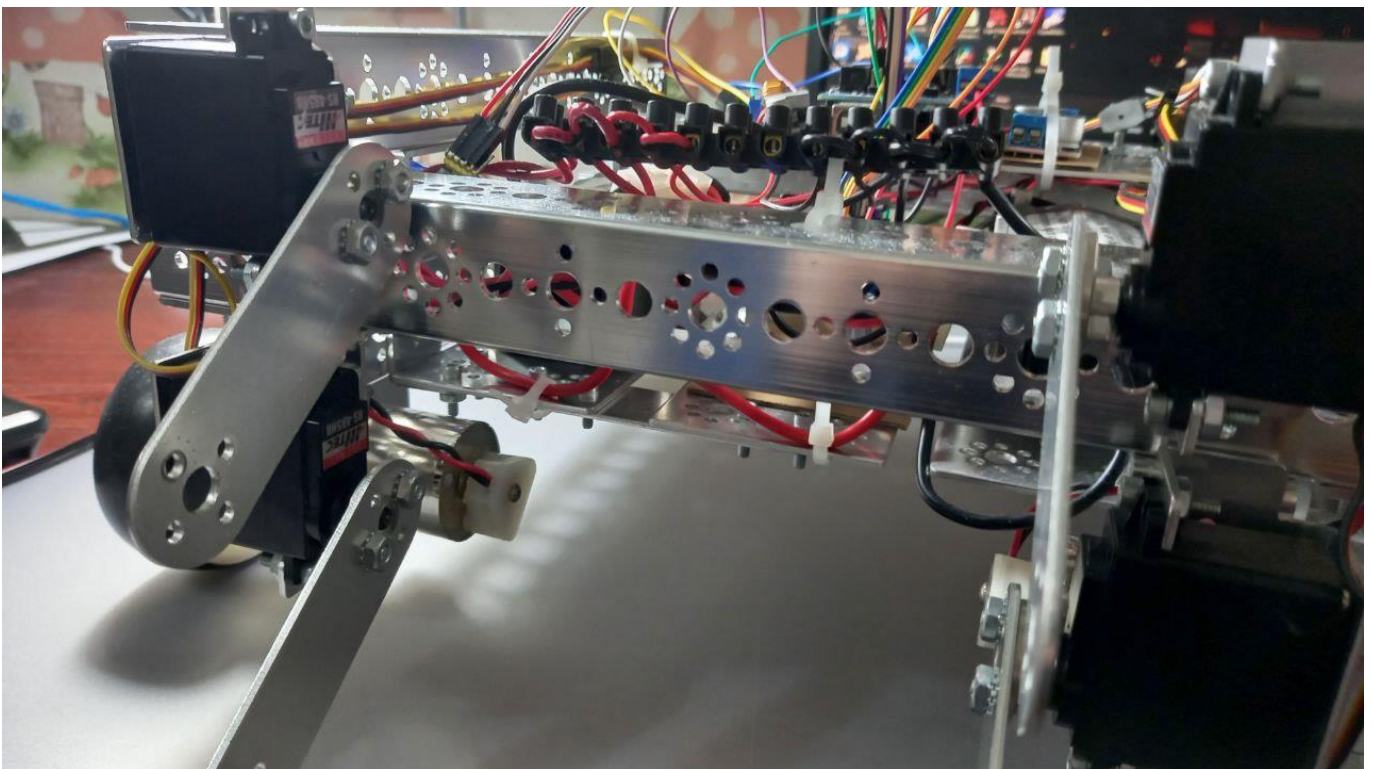


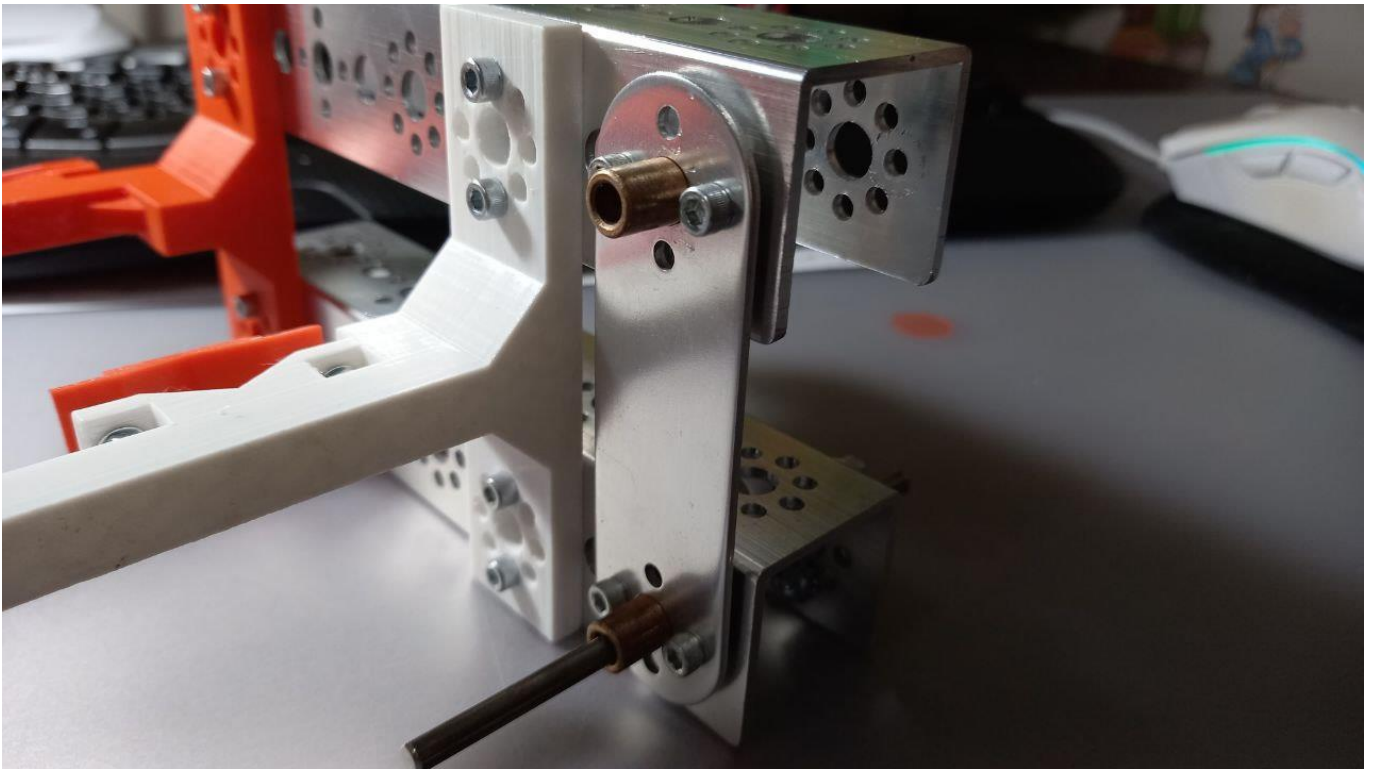
Крепление электродов представляет из себя две зажимные призмы, стягиваемые болтами. Данное решение позволяет унифицировать крепления под различные диаметры электродов и сразу центрировать их на месте.





Платформа с электродами имеет одну степень свободы и может перемещаться по вертикали с помощью параллелограммного механизма. За движение платформы отвечают 4 сервопривода, установленные на моторной раме. В качестве шарниров используются латунные втулки.

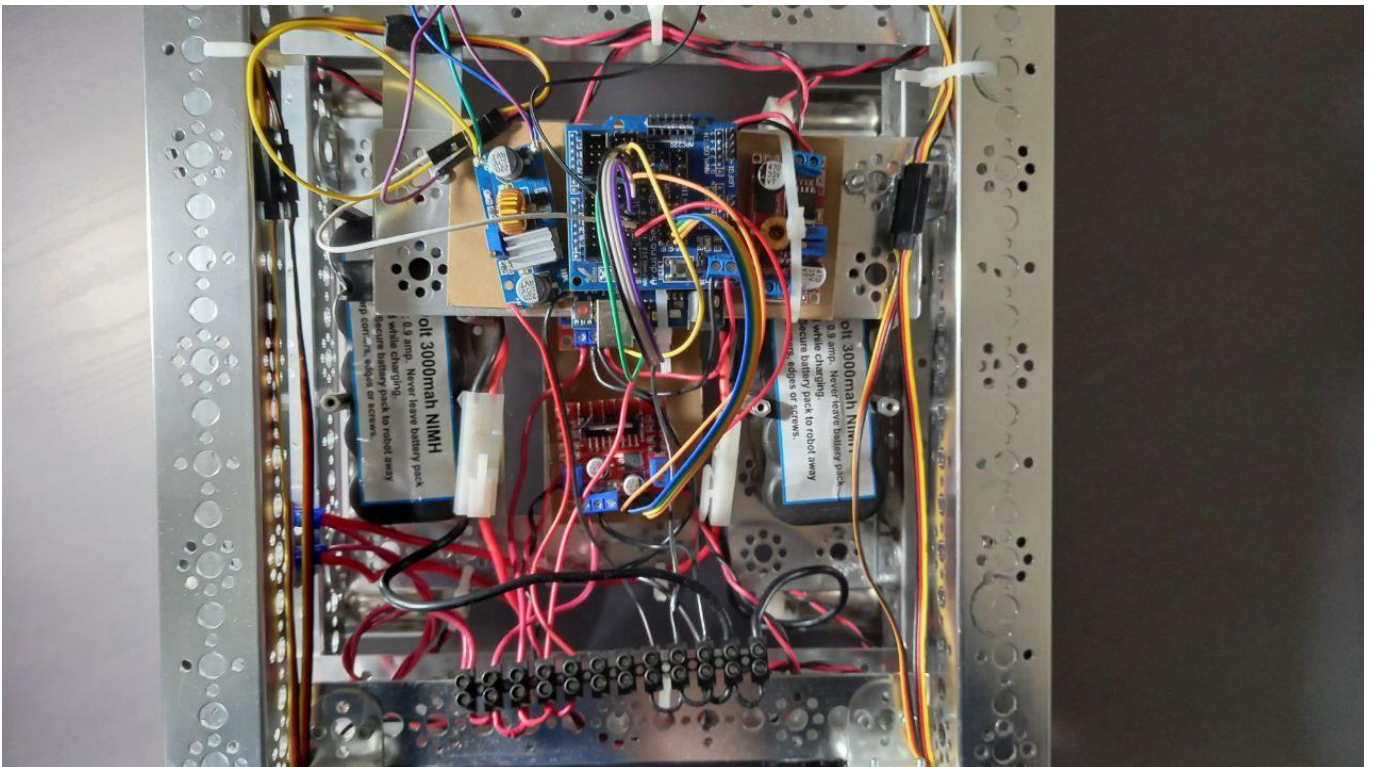




Вся электронная часть проекта располагается внутри металлического каркаса на двух ярусах, организованных с помощью металлических пластин.

### Электронные и программные решения

Первый ярус электроники состоит из силовых элементов.

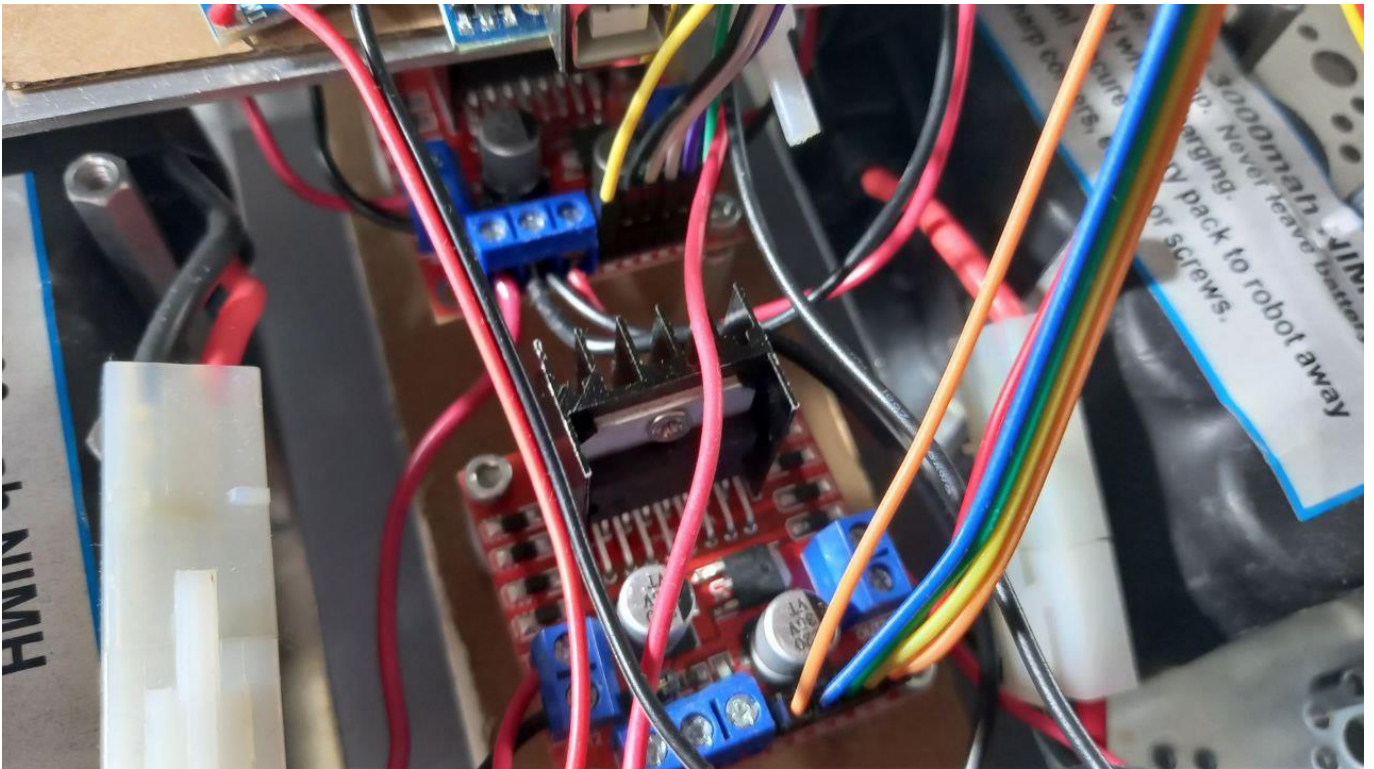


По бокам установлены NiMH (Никель-металлогидридные) 12В аккумуляторы. Их зарядка производится с помощью внешнего специализированного зарядного устройства. Аккумуляторы подключены параллельно, что позволяет увеличить максимальный отдаваемый ток.



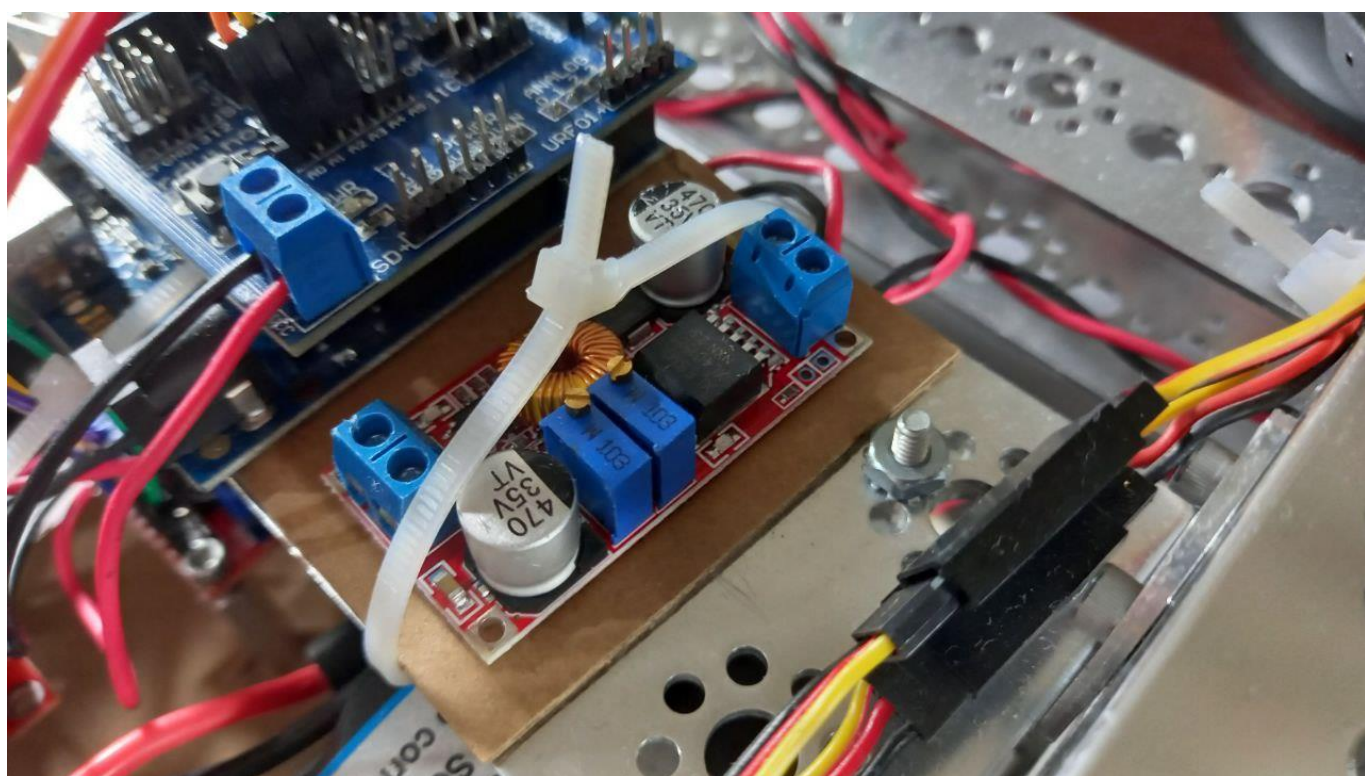
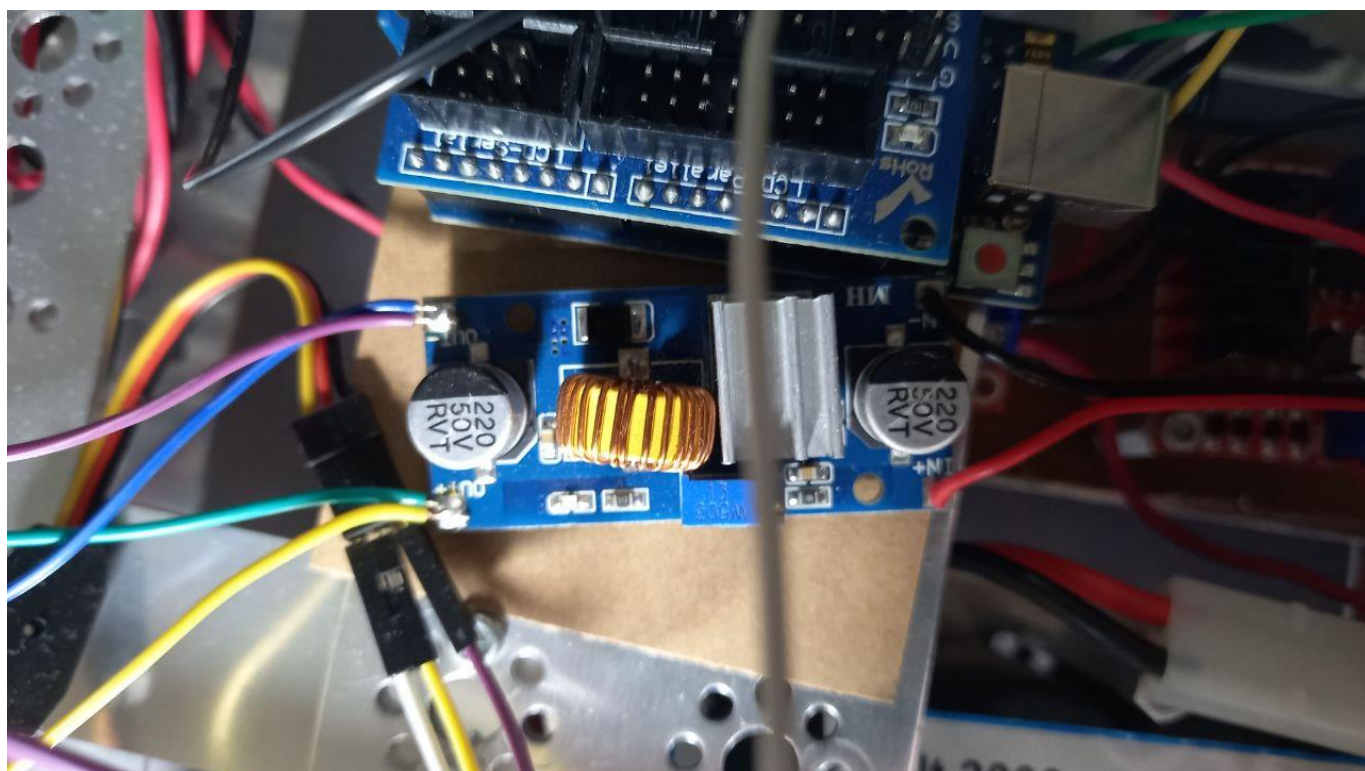
На первом ярусе также расположены драйверы моторов на основе микросхемы L298N. К каждому драйверу подключено по два мотора, сами драйверы питаются напрямую от бортовой сети 12В. В каждом драйвере есть преобразователь входного напряжения на фиксированные 5В. От одного из таких выходов питается отладочная плата Arduino.



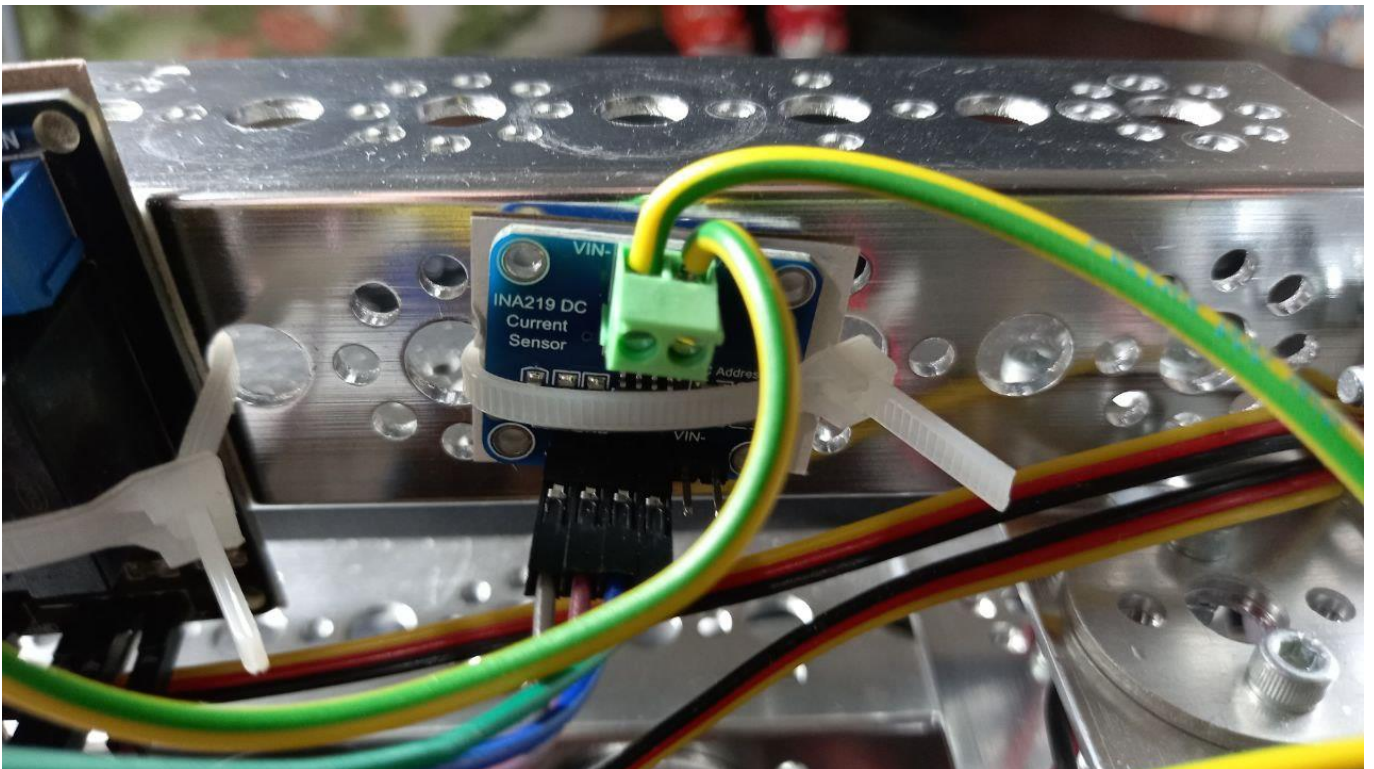
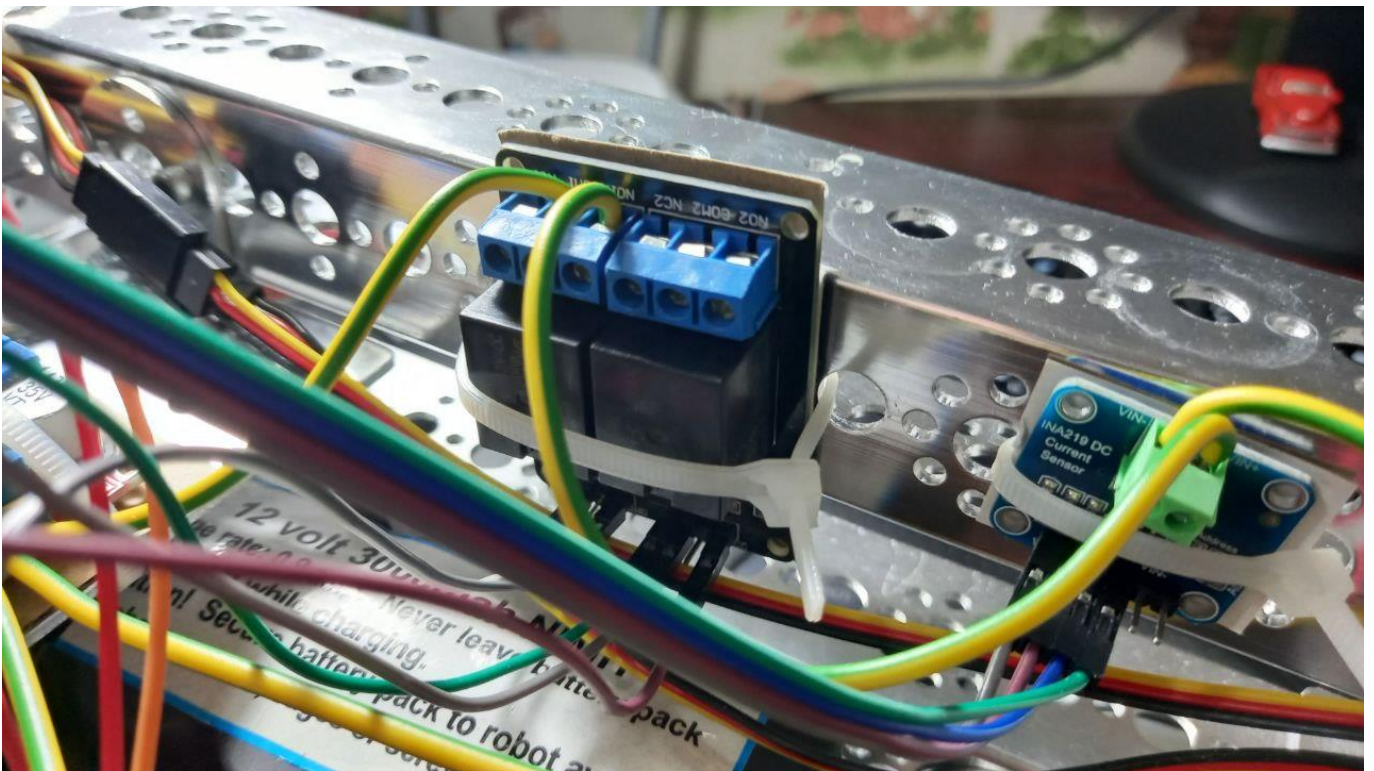


Второй ярус электроники представлен главным образом платой Arduino Uno на основе микроконтроллера ATmega328P. Она выполняет роль «мозга» робота, отвечает за связь с сторонним устройством, управляет движением самого робота и платформы с электродами.

Остальная электроника на ярусе представлена преобразователями напряжения для питания сервоприводов и подачи напряжения на электроды, а также модулем с реле и датчиком тока и напряжения. Сервоприводы питаются напряжением 5В, а на электроды подается питание напряжением 8В.



Реле отвечает за подачу напряжения на электроды, управляется микроконтроллером. В разрыв анодного провода включен датчик тока и напряжения INA219. Помимо заявленных физических величин, позволяет сразу получать значение мощности тока.

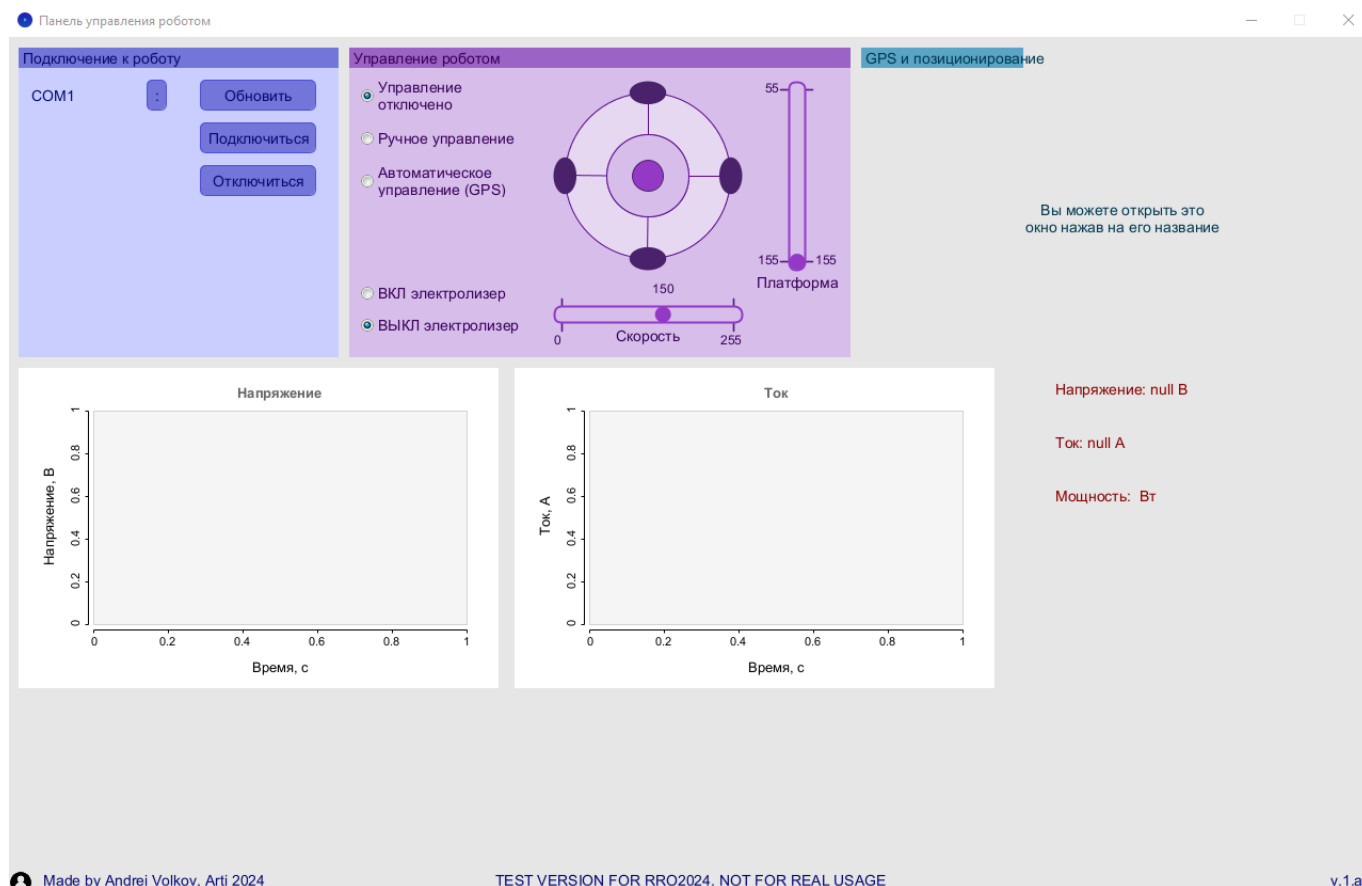


Разберем общие аспекты программной части проекта. Исходный код приведен в приложениях 1, 2 и 3, а также в репозитории проекта на GitHub [12].

Основная задача программы микроконтроллера – общение с компьютером для управления периферией и пересылкой данных с датчиков. Arduino умеет управлять моторами, сервоприводами и реле, а также отсылать данные с датчика тока и напряжения. Обмен данными с компьютером производится по интерфейсу UART с помощью простого самодельного протокола (подробнее см. код в приложении 1)

Программа на компьютере состоит из двух больших частей. Код из приложения 3 отвечает за инициализацию интерфейса и обработку событий интерфейса (нажатие кнопок, изменение значения слайдера и т.д.). Код приложения 2 отвечает за связь с роботом, принимает значения из последовательного порта и отображает их на экране в виде одновременных значений и графиков.

Движением робота управляет джойстик на экране и клавиши WASD. Скорость передвижения и положение платформы управляются слайдерами. Режимом движения робота и подачей напряжения на электроды управляют соответствующие переключатели.



## Финансовый аспект и социальные взаимодействия

При изучении темы проекта мы сразу же задумались о составлении бизнес-канвы проекта. Она позволяет структурировать имеющиеся знания о рынке и самом решении для эффективного планирования бизнес концепции. В ходе работы мы составляли и дополняли ее. Так как на данном этапе проект является лишь прототипом промышленного решения, канва заполнена не полностью. Впрочем, с развитием и улучшением проекта она будет дополняться. Она приведена в приложении 4.

Будущими партнерами и клиентами мы выбрали компании, непосредственно связанные с добычей, переработкой и транспортировкой нефти, например, Газпром или Роснефть. Они заинтересованы в обеспечении экологической безопасности и

сокращении риска репутационных потерь. Для этого мы можем предложить им наше решение, обладающее рядом ценностных предложений:

1. Удобное и автономное устранение небольших загрязнений
2. Отсутствие надобности в большом штате сотрудников
3. Экологичность решения

Основными затратами будущей компании будут являться:

1. Производство роботов
2. Обеспечение клиентов запасными деталями
3. Обеспечение зарплатой работников

Основными потоками доходов будут являться:

1. Продажа роботов клиентам
2. Участие в грантовых событиях

В первую очередь данный проект при внедрении в реальный процесс ликвидации последствий аварии повлияет на специалистов данной отрасли. Он освободит рабочих от тяжелой и сложной работы, а также создаст дополнительные рабочие места для инженеров. Повысится эффективность, безопасность и быстрота рабочих процессов при ликвидации загрязнений.

Данный проект можно использовать при работе на некрупных по масштабу разливах нефти или ее производных. Например, 12 марта 2023 года в Красногвардейском районе Оренбургской области произошел разлив нефти на территории площадью 0,5 Га. Было решено снять верхний плодородный слой почвы и утилизировать его. Это может привести к полной утрате плодородия почвы, нарушения биогееценоза. Наше решение позволило бы направить на участок несколько десятков роботов для постепенной безопасной очистки грунта. Таким образом появился бы шанс спасти экосистему участка от уничтожения.

## **Перспективы развития проекта и выводы**

На данном этапе больше всего доработок требует программная и электронная части проекта:

- Главное – перевести «общение» робота и компьютера из проводного в беспроводной формат посредством интерфейса Bluetooth или Wi-Fi
- Добавить возможность автономной работы посредством движения по заранее заданному пути. Навигация в пространстве будет происходить с помощью GPS и компаса
- Улучшение конструкции платформы с электродами – замена креплений на быстросъёмные, увеличение прочности конструкции

Уже сейчас можно сделать вывод о конкурентоспособности и эффективности разработанного решения. Прототип робота позволил отточить идею и задать вектор дальнейшего развития проекта. Конечно же он далек до выхода на рынок – но первые шаги в этом направлении уже сделаны.

## Список литературы

1. Перевозчикова Е. Д., Шарафутдинова Г. М. Анализ аварийности на предприятиях нефтегазового комплекса России [Текст] / Перевозчикова Е. Д., Шарафутдинова Г. М. // Международный научный журнал "Инновационная наука". — 2022. — № 11-2. — С. 34-36.
2. Федерация Спортивной и Образовательной робототехники RRO 2024 – Творческая категория – Тема сезона / Федерация Спортивной и Образовательной робототехники [Электронный ресурс] // Благотворительный фонд Темура Аминджанова и Сергея Вильского «Финист» : [сайт]. — URL: <https://robofinist.ru/files/203747/filename/RRO-2024-Творческая%20Тема%20сезона.pdf> (дата обращения: 10.05.2024).
3. Макаров И. А. Цели устойчивого развития / Макаров И. А. [Электронный ресурс] // Большая российская энциклопедия : [сайт]. — URL: <https://bigenc.ru/c/tseli-ustoichivogo-razvitiia-4ce951/?v=8216192> (дата обращения: 10.05.2024).
4. Патент № RU 98975 U1. Мобильная многофункциональная установка для очистки грунтов и рекультивации почв и пахотных земель от нефтяных загрязнений : № 2010121626/21 : заявл. 2010.05.27 : опубл. 2010.11.10 / Мелкозёров В. М., Васильев С. И., Вельп А. Я. – 19 с.
5. Патент № RU 2649336 С1. Мобильный комплекс биосорбционной очистки нефтезагрязненных грунтов : № 2017123416 : заявл. 03.07.2017 : опубл. 02.04.2018 / Соловьев Е. А., Сиркин Д. И., Петровский Э. А. – 6 с.
6. Патент № RU 143136 U1. Мобильный комплекс для очистки грунтов и рекультивации почв и пахотных земель от нефтяных загрязнений : № 2014105822/03 : заявл. 2014.02.17 : опубл. 2014.07.20 / Мелкозёров В. М., Журавлев Д. Н., Барышев И. Е. – 17 с.
7. Патент № RU 78494 U1. Устройство для очистки грунтов от нефтяных загрязнений : № 2008126440/22 : заявл. 2008.07.01 : опубл. 2008.11.27 / Приходько В. М., Зорин В. А., Кустарев Г. В., Новиков А. Н., Гаглоев Д. А. – 13 с.
8. ООО "Рантайм Системс" Сорбент «Ньюсорб-М» / ООО "Рантайм Системс" [Электронный ресурс] // Ларн 32 : [сайт]. — URL: <https://www.larn77.ru/catalog/detail7.htm> (дата обращения: 12.05.2024).
9. ООО "ПромСнабКомплект" Установка УУН-0,8 для сжигания отходов / ООО "ПромСнабКомплект" [Электронный ресурс] // Промышленное оборудование. ООО ПромСнабКомплект : [сайт]. — URL: <https://kpsk.ru/oborudovaniye/utilizatsiya-otkhodov/insineratory/uun-08.html> (дата обращения: 12.05.2024).

10. ООО «ФайберСорб» Биопрепарат Bioversal / ООО «ФайберСорб» [Электронный ресурс] // Сорбенты, продажа сорбирующих материалов : [сайт]. — URL: <http://sorbenti.ru/bioversal> (дата обращения: 12.05.2024).
11. Шулаев Н. С., Пряничникова В. В., Кадыров Р. Р., Овсянникова И. В., Быковский Н. А., Даминева Р. М. Электрохимическая очистка грунтов с различной концентрацией нефтяных загрязнений при использовании единого источника электрического напряжения [Текст] / Шулаев Н. С., Пряничникова В. В., Кадыров Р. Р., Овсянникова И. В., Быковский Н. А., Даминева Р. М. // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. — 2020. — № 6. — С. 674-680.
12. Волков А. Ю. Mobile robotic solution / Волков А. Ю. [Электронный ресурс] // GitHub : [сайт]. — URL: <https://github.com/Qero-byte/mobile-robotic-solution> (дата обращения: 12.05.2024).

## Приложение 1.

```
//v.1.a
//Libraries
#include <AsyncStream.h>
#include <GParser.h>
#include <GyverMotor.h>
#include <GyverINA.h>
#include <INA219.h>
#include <Servo.h>

//Async serial init
AsyncStream<50> async_bt(&Serial, '\n'); //EOL - '\n'

//Motors init
GMotor motorFL(DRIVER3WIRE, 15, 14, 11, HIGH); //Front left
GMotor motorFR(DRIVER3WIRE, 17, 16, 5, HIGH); //Front right
GMotor motorBL(DRIVER3WIRE, 7, 8, 6, HIGH); //Back left
GMotor motorBR(DRIVER3WIRE, 4, 2, 3, HIGH); //Back right

//INA219 init
INA219 platPower;

//Servos init
Servo platL;
Servo platR;

//Defining variables
#define MY_PERIOD 2000 //Serial sending period (ms)
uint32_t tmr1; //Timer variable
bool serial_status = false;

void move_forward(int spd) {
    motorFL.setSpeed(spd);
    motorFR.setSpeed(spd);
    motorBL.setSpeed(spd);
    motorBR.setSpeed(spd);
}

void move_backward(int spd) {
    motorFL.setSpeed(-spd);
    motorFR.setSpeed(-spd);
    motorBL.setSpeed(-spd);
    motorBR.setSpeed(-spd);
}

void turn_right(int spd) {
    motorFL.setSpeed(spd);
    motorFR.setSpeed(-spd);
    motorBL.setSpeed(spd);
    motorBR.setSpeed(-spd);
}

void turn_left(int spd) {
    motorFL.setSpeed(-spd);
    motorFR.setSpeed(spd);
    motorBL.setSpeed(-spd);
}
```



```

    motorBR.setSpeed(sp);
}

void motor_stop() {
    motorFL.setSpeed(0);
    motorFR.setSpeed(0);
    motorBL.setSpeed(0);
    motorBR.setSpeed(0);
}

//Setup
void setup() {
    //Serial
    Serial.begin(115200);
    Serial.setTimeout(10); // 10ms timeout
    //Setting up motors mode (-255...255)
    motorFL.setMode(AUTO);
    motorFR.setMode(AUTO);
    motorBL.setMode(AUTO);
    motorBR.setMode(AUTO);
    //Reversing motors
    motorFL.setDirection(REVERSE);
    motorFR.setDirection(REVERSE);
    motorBL.setDirection(REVERSE);
    motorBR.setDirection(REVERSE);
    //Setting up minimum duty of motors
    motorFL.setMinDuty(150);
    motorFR.setMinDuty(150);
    motorBL.setMinDuty(150);
    motorBR.setMinDuty(150);
    //Starting up INA219
    platPower.begin();
    //Servos
    platL.attach(9);
    platR.attach(10);
    //Platform relay
    pinMode(12, OUTPUT);
    digitalWrite(12, 1);
}

void receive() {
    if (async_bt.available()) { //If some data in serial
        GParser data(async_bt.buf, '/'); //Parsing data (Separator - '/')
        int am = data.split(); //Splitting data
        /*
            start of transmission - start\n
            end of transmission - end\n
            servo - srv/angle(0...180)\n
            movement - move/type(frw,bck,trn_r,trn_l,stop)/speed(0...255)\n
            electrolisys - ptpw/status(0,1)\n
            gps coordinates - gps/latitude(широта)/longitude(долгота)\n
        */
        if(data.equals(0, "srv")) {
            platL.write(180 - data.getInt(1));
            platR.write(data.getInt(1));
        } else if(data.equals(0, "move")) {
            if(data.equals(1, "frw")) {
                move_forward(data.getInt(2));
            } else if(data.equals(1, "bck")) {

```

```

        move_backward(data.getInt(2));
    } else if(data.equals(1, "trn_r")) {
        turn_right(data.getInt(2));
    } else if(data.equals(1, "trn_l")) {
        turn_left(data.getInt(2));
    } else if(data.equals(1, "stop")) {
        motor_stop();
    }
} else if(data.equals(0, "ptpw")) {
    if(data.getInt(1) == 0) {
        digitalWrite(12, 1);
    } else if (data.getInt(1) == 1) {
        digitalWrite(12, 0);
    }
} else if(data.equals(0, "start")) {
    serial_status = true;
} else if(data.equals(0, "end")) {
    serial_status = false;
    motor_stop();
    platL.write(25);
    platR.write(155);
    digitalWrite(12, 1);
}
}
}

void send() {
    /*
    voltage/current/power
    */
    //Serial.println(String(platPower.getVoltage(), 3) + "/" +
String(platPower.getCurrent(), 3) + "/" + String(platPower.getPower(), 3));
    Serial.print(platPower.getVoltage(), 3);
    Serial.print("/");
    Serial.print(platPower.getCurrent(), 3);
    Serial.print("/");
    Serial.print(platPower.getPower(), 3);
    Serial.print(";");
}

void loop() {
    //Receiving package
    receive();
    //Sending package
    //Average timer on millis()
    if (millis() - tmr1 >= MY_PERIOD) {
        tmr1 = millis();
        send();
    }
}
}

```

## Приложение 2.

```
import grafica.*;
import processing.serial.*;
// Need G4P library
import g4p_controls.*;

Serial serial;

String portName;
int portSpeed = 115200;
boolean serialFlag = false;
int moveFlag = 0;
int moveSpeed;
public String voltage, current, power = "";
int tmr1;
final int MY_PERIOD = 500;

GPlot plotU;
GPlot plotI;
GPointsArray pointsU;
GPointsArray pointsI;

public void setup() {
    size(1280, 800, JAVA2D);
    createGUI();
    customGUI();
    plotU = new GPlot(this, 10, 310);
    plotI = new GPlot(this, 475, 310);
    plotU.setTitleText("Напряжение");
    plotU.getXAxis().setAxisLabelText("Время, с");
    plotU.getYAxis().setAxisLabelText("Напряжение, В");
    plotI.setTitleText("Ток");
    plotI.getXAxis().setAxisLabelText("Время, с");
    plotI.getYAxis().setAxisLabelText("Ток, А");
    plotU.activatePanning();
    plotU.activateZooming(1.1, CENTER, CENTER);
    plotI.activatePanning();
    plotI.activateZooming(1.1, CENTER, CENTER);
    pointsU = new GPointsArray();
    pointsI = new GPointsArray();
}

public void draw() {
    background(230);
    if(serial != null) {
        if(serial.available() > 0) {
            String str = serial.readStringUntil(';');
            if(str != null) {
                String data[] = str.split("/");
                //println(str);
                if(data.length == 3) {
                    voltage = data[0];
                    current = data[1];
                    power = data[2];
                }
            }
        }
    }
}
```

```

}
if(serialFlag){
    serial.write("srv/" + slider_servo.getValueI() + "\n");
    if (moveFlag == 1) {
        int pos = joy.getPosition();
        if ((pos == 0) || ((keyPressed == true) && (key == 'd'))) {
            serial.write("move/trn_r/" + moveSpeed + "\n");
        } else if ((pos == 2) || ((keyPressed == true) && (key == 's'))) {
            serial.write("move/bck/" + moveSpeed + "\n");
        } else if ((pos == 4) || ((keyPressed == true) && (key == 'a'))) {
            serial.write("move/trn_l/" + moveSpeed + "\n");
        } else if ((pos == 6) || ((keyPressed == true) && (key == 'w'))) {
            serial.write("move/frw/" + moveSpeed + "\n");
        } else if ((pos == -1) && (keyPressed == false)) {
            serial.write("move/stop\n");
        }
    }
}
if(plat_power_on.isSelected()){
    serial.write("ptpw/1\n");
} else if(plat_power_off.isSelected()){
    serial.write("ptpw/0\n");
}
}
}
voltage_label.setText("");
voltage_label.setText("Напряжение: " + voltage + " В");
current_label.setText("");
current_label.setText("Ток: " + current + " А");
power_label.setText("");
power_label.setText("Мощность: " + power + " Вт");
if((voltage != null) && (current != null) && (power != null) && (serialFlag ==
true)) {
    if (millis() - tmr1 >= MY_PERIOD) {
        tmr1 = millis();
        pointsU.add(millis()/1000, float(voltage));
        pointsI.add(millis()/1000, float(current));
        plotU.setPoints(pointsU);
        plotI.setPoints(pointsI);
    }
}
plotU.defaultDraw();
plotI.defaultDraw();
println(keyPressed);
}

/*
public void kmlSelected(File selection){
    kml = loadXML(selection.getAbsolutePath());
    XML firstChild = kml.getChild("kml");
    println(firstChild.getContent());
}
*/

// Use this method to add additional statements
// to customise the GUI controls
public void customGUI() {

}

```

## Приложение 3.

```
/* =====
 * ===== WARNING =====
 * =====
 * The code in this tab has been generated from the GUI form
 * designer and care should be taken when editing this file.
 * Only add/edit code inside the event handlers i.e. only
 * use lines between the matching comment tags. e.g.

void myBtnEvents(GButton button) { //_CODE_:button1:12356:
    // It is safe to enter your event code here
} //_CODE_:button1:12356:

* Do not rename this tab!
* =====
*/

public void panel_serial_click(GPanel source, GEvent event) {
    //_CODE_:panel_serial:748395:
    println("panel1 - GPanel >> GEvent." + event + " @ " + millis());
} //_CODE_:panel_serial:748395:

public void butt_serial_connected(GButton source, GEvent event) {
    //_CODE_:butt_serial_connect:744519:
    //println("button1 - GButton >> GEvent." + event + " @ " + millis());
    serial = new Serial(this, serial_list.getSelectedText(), portSpeed);
    serialFlag = true;
    serial.write("start\n");
    println("Serial connected at port " + serial_list.getSelectedText() + ". Speed - "
+ portSpeed);
} //_CODE_:butt_serial_connect:744519:

public void serial_disconnect(GButton source, GEvent event) {
    //_CODE_:butt_serial_disconnect:244955:
    //println("button2 - GButton >> GEvent." + event + " @ " + millis());
    serial.write("end\n");
    serial.stop();
    serialFlag = false;
    println("Serial disconnected at port " + serial_list.getSelectedText());
} //_CODE_:butt_serial_disconnect:244955:

public void serial_list_click(GDropList source, GEvent event) {
    //_CODE_:serial_list:429964:
    println("dropList1 - GDropList >> GEvent." + event + " @ " + millis());
} //_CODE_:serial_list:429964:

public void serial_refresh(GButton source, GEvent event) {
    //_CODE_:butt_serial_refresh:752388:
    //println("butt_serial_refresh - GButton >> GEvent." + event + " @ " + millis());
    serial_list.setItems(Serial.list(), 0);
    println("COM ports refreshed");
} //_CODE_:butt_serial_refresh:752388:

public void panel_control_click(GPanel source, GEvent event) {
    //_CODE_:panel_control:907118:
    println("panel1 - GPanel >> GEvent." + event + " @ " + millis());
}
```

```

} // _CODE_:panel_control:907118:

public void servo_change(GSlider source, GEvent event) {
// _CODE_:slider_servo:313695:
  //println("slider1 - GSlider >> GEvent." + event + " @ " + millis());
  println("Servo angle - " + source.getValueI());
  //if (serialFlag == true) {
    //serial.write("srv/" + source.getValueI() + "\n");
  //}
} // _CODE_:slider_servo:313695:

public void off_select(GOption source, GEvent event) { // _CODE_:move_off:861971:
  println("move_off - GOption >> GEvent." + event + " @ " + millis());
  moveFlag = 0;
  println("Move off");
} // _CODE_:move_off:861971:

public void gps_select(GOption source, GEvent event) { // _CODE_:move_gps:660997:
  //println("option3 - GOption >> GEvent." + event + " @ " + millis());
  moveFlag = 2;
  println("GPS mode");
} // _CODE_:move_gps:660997:

public void manual_select(GOption source, GEvent event) {
// _CODE_:move_manual:460569:
  //println("option4 - GOption >> GEvent." + event + " @ " + millis());
  moveFlag = 1;
  println("Manual mode");
} // _CODE_:move_manual:460569:

public void joy_change(GStick source, GEvent event) { // _CODE_:joy:597054:
  println("stick1 - GStick >> GEvent." + event + " @ " + millis());
  /*
  int pos = source.getPosition();
  if (moveFlag == 1) {
    if (pos == 0) {
      serial.write("move/trn_r/" + moveSpeed + "\n");
    } else if (pos == 2) {
      serial.write("move/bck/" + moveSpeed + "\n");
    } else if (pos == 4) {
      serial.write("move/trn_l/" + moveSpeed + "\n");
    } else if (pos == 6) {
      serial.write("move/frw/" + moveSpeed + "\n");
    } else if (pos == -1) {
      serial.write("move/stop\n");
    }
  }
  */
} // _CODE_:joy:597054:

public void speed_change(GSlider source, GEvent event) {
// _CODE_:slider_speed:578384:
  println("slider1 - GSlider >> GEvent." + event + " @ " + millis());
  moveSpeed = source.getValueI();
} // _CODE_:slider_speed:578384:

public void power_enabled(GOption source, GEvent event) {
// _CODE_:plat_power_on:812901:
  println("option1 - GOption >> GEvent." + event + " @ " + millis());

```

```

//serial.write("ptpw/1\n");
} // _CODE_:plat_power_on:812901:

public void power_disabled(GOption source, GEvent event) {
// _CODE_:plat_power_off:449918:
println("option1 - GOption >> GEvent." + event + " @ " + millis());
//serial.write("ptpw/0\n");
} // _CODE_:plat_power_off:449918:

public void panel_gps_click(GPanel source, GEvent event) { // _CODE_:panel_gps:507811:
println("panel_gps - GPanel >> GEvent." + event + " @ " + millis());
} // _CODE_:panel_gps:507811:

// Create all the GUI controls.
// autogenerated do not edit
public void createGUI() {
G4P.messagesEnabled(false);
G4P.setGlobalColorScheme(GCScheme.GREEN_SCHEME);
G4P.setMouseOverEnabled(false);
G4P.setDisplayFont("Arial", G4P.PLAIN, 14);
G4P.setInputFont("Arial", G4P.PLAIN, 14);
G4P.setSliderFont("Arial", G4P.PLAIN, 12);
surface.setTitle("Панель управления роботом");
panel_serial = new GPanel(this, 10, 10, 300, 290, "Подключение к роботу");
panel_serial.setDraggable(false);
panel_serial.setText("Подключение к роботу");
panel_serial.setLocalColorScheme(GCScheme.BLUE_SCHEME);
panel_serial.setOpaque(true);
panel_serial.addEventHandler(this, "panel_serial_click");
butt_serial_connect = new GButton(this, 170, 70, 110, 30);
butt_serial_connect.setText("Подключиться");
butt_serial_connect.setLocalColorScheme(GCScheme.BLUE_SCHEME);
butt_serial_connect.addEventHandler(this, "butt_serial_connected");
butt_serial_disconnect = new GButton(this, 170, 110, 110, 30);
butt_serial_disconnect.setText("Отключиться");
butt_serial_disconnect.setLocalColorScheme(GCScheme.BLUE_SCHEME);
butt_serial_disconnect.addEventHandler(this, "serial_disconnect");
serial_list = new GDropList(this, 10, 30, 130, 240, 7, 20);
serial_list.setItems(loadStrings("list_429964"), 0);
serial_list.setLocalColorScheme(GCScheme.BLUE_SCHEME);
serial_list.addEventHandler(this, "serial_list_click");
butt_serial_refresh = new GButton(this, 170, 30, 110, 30);
butt_serial_refresh.setText("Обновить");
butt_serial_refresh.setLocalColorScheme(GCScheme.BLUE_SCHEME);
butt_serial_refresh.addEventHandler(this, "serial_refresh");
panel_serial.addControl(butt_serial_connect);
panel_serial.addControl(butt_serial_disconnect);
panel_serial.addControl(serial_list);
panel_serial.addControl(butt_serial_refresh);
label_version = new GLabel(this, 1230, 780, 50, 20);
label_version.setTextAlign(GAlign.CENTER, GAlign.MIDDLE);
label_version.setText("v.1.a");
label_version.setLocalColorScheme(GCScheme.BLUE_SCHEME);
label_version.setOpaque(false);
panel_control = new GPanel(this, 320, 10, 470, 290, "Управление роботом");
panel_control.setCollapsible(false);
panel_control.setDraggable(false);

```

```

panel_control.setText("Управление роботом");
panel_control.setLocalColorScheme(GCScheme.PURPLE_SCHEME);
panel_control.setOpaque(true);
panel_control.addEventHandler(this, "panel_control_click");
slider_servo = new GSlider(this, 460, 30, 180, 80, 15.0);
slider_servo.setShowValue(true);
slider_servo.setShowLimits(true);
slider_servo.setTextOrientation(G4P.ORIENT_LEFT);
slider_servo.setRotation(PI/2, GControlMode.CORNER);
slider_servo.setLimits(155, 55, 155);
slider_servo.setShowTicks(true);
slider_servo.setEasing(5.0);
slider_servo.setNumberFormat(G4P.INTEGER, 0);
slider_servo.setLocalColorScheme(GCScheme.PURPLE_SCHEME);
slider_servo.setOpaque(false);
slider_servo.addEventHandler(this, "servo_change");
move_mode = new GToggleGroup();
move_off = new GOption(this, 10, 30, 160, 30);
move_off.setIconAlign(GAlign.LEFT, GAlign.MIDDLE);
move_off.setText("Управление отключено");
move_off.setLocalColorScheme(GCScheme.PURPLE_SCHEME);
move_off.setOpaque(false);
move_off.addEventHandler(this, "off_select");
move_gps = new GOption(this, 10, 110, 160, 30);
move_gps.setIconAlign(GAlign.LEFT, GAlign.MIDDLE);
move_gps.setText("Автоматическое управление (GPS)");
move_gps.setLocalColorScheme(GCScheme.PURPLE_SCHEME);
move_gps.setOpaque(false);
move_gps.addEventHandler(this, "gps_select");
move_manual = new GOption(this, 10, 70, 160, 30);
move_manual.setIconAlign(GAlign.LEFT, GAlign.MIDDLE);
move_manual.setText("Ручное управление");
move_manual.setLocalColorScheme(GCScheme.PURPLE_SCHEME);
move_manual.setOpaque(false);
move_manual.addEventHandler(this, "manual_select");
move_mode.addControl(move_off);
move_off.setSelected(true);
panel_control.addControl(move_off);
move_mode.addControl(move_gps);
panel_control.addControl(move_gps);
move_mode.addControl(move_manual);
panel_control.addControl(move_manual);
joy = new GStick(this, 190, 30, 180, 180);
joy.setMode(G4P.X4);
joy.setLocalColorScheme(GCScheme.PURPLE_SCHEME);
joy.setOpaque(false);
joy.addEventHandler(this, "joy_change");
slider_speed = new GSlider(this, 190, 220, 180, 60, 15.0);
slider_speed.setShowValue(true);
slider_speed.setShowLimits(true);
slider_speed.setLimits(150, 0, 255);
slider_speed.setShowTicks(true);
slider_speed.setEasing(2.0);
slider_speed.setNumberFormat(G4P.INTEGER, 0);
slider_speed.setLocalColorScheme(GCScheme.PURPLE_SCHEME);
slider_speed.setOpaque(false);
slider_speed.addEventHandler(this, "speed_change");
label_speed = new GLabel(this, 240, 260, 80, 20);
label_speed.setTextAlign(GAlign.CENTER, GAlign.MIDDLE);

```



```

label_speed.setText("Скорость");
label_speed.setLocalColorScheme(GCScheme.PURPLE_SCHEME);
label_speed.setOpaque(false);
label_servo = new GLabel(this, 375, 210, 90, 20);
label_servo.setTextAlign(GAlign.CENTER, GAlign.MIDDLE);
label_servo.setText("Платформа");
label_servo.setLocalColorScheme(GCScheme.PURPLE_SCHEME);
label_servo.setOpaque(false);
plat_power_status = new GToggleGroup();
plat_power_on = new GOption(this, 10, 220, 140, 20);
plat_power_on.setIconAlign(GAlign.LEFT, GAlign.MIDDLE);
plat_power_on.setText("ВКЛ электролизер");
plat_power_on.setLocalColorScheme(GCScheme.PURPLE_SCHEME);
plat_power_on.setOpaque(false);
plat_power_on.addEventHandler(this, "power_enabled");
plat_power_off = new GOption(this, 10, 250, 160, 20);
plat_power_off.setIconAlign(GAlign.LEFT, GAlign.MIDDLE);
plat_power_off.setText("ВЫКЛ электролизер");
plat_power_off.setLocalColorScheme(GCScheme.PURPLE_SCHEME);
plat_power_off.setOpaque(false);
plat_power_off.addEventHandler(this, "power_disabled");
plat_power_status.addControl(plat_power_on);
panel_control.addControl(plat_power_on);
plat_power_status.addControl(plat_power_off);
plat_power_off.setSelected(true);
panel_control.addControl(plat_power_off);
panel_control.addControl/slider_servo);
panel_control.addControl(joy);
panel_control.addControl/slider_speed);
panel_control.addControl(label_speed);
panel_control.addControl(label_servo);
label_authority = new GLabel(this, 0, 780, 250, 20);
label_authority.setIcon("Github-Octicons-Food-person-20.png", 1, GAlign.WEST,
GAlign.RIGHT, GAlign.MIDDLE);
label_authority.setTextAlign(GAlign.CENTER, GAlign.MIDDLE);
label_authority.setText("Made by Andrei Volkov, Arti 2024");
label_authority.setLocalColorScheme(GCScheme.BLUE_SCHEME);
label_authority.setOpaque(false);
panel_gps = new GPanel(this, 800, 10, 470, 290, "GPS и позиционирование");
panel_gps.setCollapsed(true);
panel_gps.setDraggable(false);
panel_gps.setText("GPS и позиционирование");
panel_gps.setLocalColorScheme(GCScheme.CYAN_SCHEME);
panel_gps.setOpaque(true);
panel_gps.addEventHandler(this, "panel_gps_click");
label_gps = new GLabel(this, 150, 120, 180, 70);
label_gps.setIcon("Github-Octicons-Gear-64.png", 1, GAlign.WEST, GAlign.RIGHT,
GAlign.MIDDLE);
label_gps.setTextAlign(GAlign.CENTER, GAlign.MIDDLE);
label_gps.setText("В РАБОТКЕ");
label_gps.setLocalColorScheme(GCScheme.CYAN_SCHEME);
label_gps.setOpaque(false);
panel_gps.addControl(label_gps);
label_usage = new GLabel(this, 450, 780, 380, 20);
label_usage.setTextAlign(GAlign.CENTER, GAlign.MIDDLE);
label_usage.setText("TEST VERSION FOR RRO2024. NOT FOR REAL USAGE");
label_usage.setLocalColorScheme(GCScheme.BLUE_SCHEME);
label_usage.setOpaque(false);
label_under_gps = new GLabel(this, 950, 150, 190, 40);

```

```

label_under_gps.setTextAlign(GAlign.CENTER, GAlign.MIDDLE);
label_under_gps.setText("Вы можете открыть это окно нажав на его название");
label_under_gps.setLocalColorScheme(GCScheme.CYAN_SCHEME);
label_under_gps.setOpaque(false);
label_under_serial = new GLabel(this, 70, 150, 190, 40);
label_under_serial.setTextAlign(GAlign.CENTER, GAlign.MIDDLE);
label_under_serial.setText("Вы можете открыть это окно нажав на его название");
label_under_serial.setLocalColorScheme(GCScheme.BLUE_SCHEME);
label_under_serial.setOpaque(false);
voltage_label = new GLabel(this, 980, 310, 150, 40);
voltage_label.setText("U = ");
voltage_label.setLocalColorScheme(GCScheme.RED_SCHEME);
voltage_label.setOpaque(false);
current_label = new GLabel(this, 980, 360, 150, 40);
current_label.setText("I = ");
current_label.setLocalColorScheme(GCScheme.RED_SCHEME);
current_label.setOpaque(false);
power_label = new GLabel(this, 980, 410, 150, 40);
power_label.setText("P =");
power_label.setLocalColorScheme(GCScheme.RED_SCHEME);
power_label.setOpaque(false);
}

// Variable declarations
// autogenerated do not edit
GPanel panel_serial;
GButton butt_serial_connect;
GButton butt_serial_disconnect;
GDropList serial_list;
GButton butt_serial_refresh;
GLabel label_version;
GPanel panel_control;
GSlider slider_servo;
GToggleGroup move_mode;
GOption move_off;
GOption move_gps;
GOption move_manual;
GStick joy;
GSlider slider_speed;
GLabel label_speed;
GLabel label_servo;
GToggleGroup plat_power_status;
GOption plat_power_on;
GOption plat_power_off;
GLabel label_authority;
GPanel panel_gps;
GLabel label_gps;
GLabel label_usage;
GLabel label_under_gps;
GLabel label_under_serial;
GLabel voltage_label;
GLabel current_label;
GLabel power_label;

```

## Приложение 4.

<b>Канва бизнес модели</b>				
<b>Ключевые партнеры</b>	<b>Ключевые виды деятельности</b>	<b>Ценностные предложения</b>	<b>Взаимоотношения с клиентами</b>	<b>Потребительские сегменты</b>
Компании занимающиеся добычей, переработкой и реализацией нефти и нефтепродуктов		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Удобное и автономное устранение небольших заправок</li> <li>2. Отсутствие надобности большого штата сотрудников</li> <li>3. Экологичность решения</li> </ol>		
	<b>Ключевые ресурсы</b>		<b>Каналы сбыта</b>	
<b>Структура издержек</b>	Запчасти для робота, электроэнергия, доставка, инструменты		<b>Потоки поступления доходов</b>	Грантовые события, инвестиции