ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ТВОРЧЕСКИХ РАБОТ МОЛОДЁЖИ
«МЕНЯ ОЦЕНЯТ В XXI ВЕКЕ»

Направление: Робототехника

Тема: Оптимизация прототипа автономного гусеничного трактора «СЕВЕР-1» для работы в условиях Арктики

Соискатель: Белобородова София Ильинична

Научный руководитель: Ловчиков Дмитрий Владимирович

Место выполнения работы: Школьный центр sCOOLab тракторного завода ДСТ-УРАЛ

2026

Содержание

1 Информационная карта проекта 3
2 Идея и общее содержание проекта 4
3 История вопроса и способ решения проблемы 6
4 Технологическая часть проекта 9
4.1. Технические требования к разрабатываемому прототипу 9
4.2. План организации по изготовлению проектируемой модели 9
4.3. Описание конструкции 9
4.4. Проектирование и разводка печатной платы 10
4.5. Проектирование механики 10
4.6. Технические характеристики 11
4.7. Программирование 11
4.8. Трудозатратность проекта и оценка оптимизации производства 11
4.9. Результаты оптимизации проекта 12
4.10. Перспективы развития и уровень технологической готовности 13
Заключение 14
Список литературы 16
Приложение 17

1 Информационная карта проекта

Полное название проекта	Оптимизация прототипа автономного гусеничного трактора «СЕВЕР-1» для работы в условиях Арктики
Руководитель проекта	Ловчиков Дмитрий Владимирович
Участник проекта	Белобородова София Ильинична
Вид, тип проекта	Практико-ориентированный (прикладной)
Цель проекта	Оптимизация прототипа автономного гусеничного трактора «СЕВЕР-1» для повышения надёжности и эксплуатационных характеристик в условиях Арктики
Задачи проекта	1. Проанализировать требования к арктической технике и существующие аналоги. 2. Выделить инженерные проблемы по итогам зимних испытаний первой версии. 3. Разработать и внедрить конструктивные и электронные улучшения. 4. Провести функциональные испытания обновлённого прототипа. 5. Оценить результат оптимизации и определить направления дальнейшего развития. 6. Определить научную и практическую новизну.
Гипотеза проекта	Прототип автономного гусеничного трактора, пригодный для работы в условиях Арктики, может решить ряд проблем, связанных с эксплуатацией и обслуживанием инфраструктуры Крайнего Севаера
Методы проектной деятельности	Сбор информации, анализ, моделирование, конструирование, программирование
Предполагаемый продукт проекта	Доработанная модель гусеничного трактора «СЕВЕР-1»
Предполагаемый результат	Продуктом проекта - функциональный прототип гусеничного трактора, специально спроектированного и изготовленного для эффективной работы в суровых условиях Арктики. Этот прототип будет оснащен специальной легкой, но прочной конструкцией, обеспечивающей оптимальную маневренность и проходимость на снегу и льду.

2 Идея и общее содержание проекта

Занимаясь в школьном центре тракторного завода ДСТ-УРАЛ sCOOLAb, я конструирую, моделирую и программирую реальные инженерные устройства, в этом я вижу свою будущую профессию.

Идея разработки модели автономного гусеничного трактора сверхмощной проходимости для работы в условиях Арктики возникла не случайно. Зимы у нас на Урале суровые и очень снежные. Нередко из-за сильных снегопадов, буранов и связанных с ними снежных заносов, возникает проблема перемещения людей и автомобильного транспорта по улицам города и пригорода (Рис. 1, 2). Отсюда возник вопрос: как в условиях вечной мерзлоты, снега, ветра и бездорожья живут и работают люди, какой транспорт им помогает справляться с экстремальными климатическими условиями Крайнего Севера (Рис. 3)?

Освоение Арктической зоны Российской Федерации является стратегическим направлением развития страны — в регионе расположены крупные месторождения полезных ископаемых, проходит Северный морской путь, расширяются научные станции и инфраструктурные объекты. Согласно государственной политике Российской Федерации в Арктике и программам развития транспортной безопасности, требуется повышение уровня автоматизации и снижение риска для персонала [13].

Экстремальные условия Севера — морозы до −50 С, глубокий снег, отсутствие дорожной сети, магнитные аномалии и труднодоступность объектов - делают использование традиционной техники затратным и опасным [9]. Нужна особая техника, с повышенной проходимостью, огромным запасом прочности, в идеале - беспилотная, так как любая поломка может обернуться трагедией для человека.

В ходе работы над проектом мы создали и продолжаем оптимизировать прототип автономного гусеничного трактора «СЕВЕР-1», пригодного для работы в условиях Арктики, который поможет решить ряд проблем, связанных с эксплуатацией и обслуживанием инфраструктуры Крайнего Севера. Функциональный прототип гусеничного трактора будет оснащен специальной легкой, но прочной конструкцией, обеспечивающей оптимальную маневренность и проходимость на снегу и льду, а также системами навигации для точного определения местоположения и безопасного перемещения в пересеченной местности. Трактор будет управляться через смартфон, что сделает наш трактор телеуправляемым.

Данные характеристики позволят:

- снизить участие человека в опасных операциях;
- организовать регулярный мониторинг территорий и инфраструктуры;
- обеспечить доставку малых грузов;
- выполнять задачи научного назначения.

Свою разработку мы решили начать с небольшой модели, это связано с тем, что у нас нет большого опыта и ограничен бюджет проекта суммой в **5 000 рублей**.

Наша первая модель автономного гусеничного трактора (Рис. 34(1)), имела ряд недостатков: слабые крепления, непрочный материал, непрактичность, неустойчивость, малоавтономность и др.

Позже нами была создана вторая версия малогабаритного гусеничного трактора «СЕВЕР-1» (Рис. 34(2)). Зимние испытания на улице при отрицательных температурах показали конкретные проблемы:

- растрескивание пластиковых деталей и слабые узлы крепления;
- попадание снега и влаги на электронику;
- заметная просадка ёмкости аккумуляторов на морозе;
- пробуксовка гусениц и недостаточная устойчивость на уклонах;
- ограниченное время автономной работы.

В этом году основной задачей стала **оптимизация прототипа на основе реальных испытаний** (Рис. 34(3)).

В перспективе наш трактор должен усовершенствоваться до модели, сравнимой по размерам с гусеничным вездеходом «Охотец» (Рис. 16).

Проект «СЕВЕР-1» стал для нас шагом от учебных моделей к прототипу, который решает задачу из настоящей арктической повестки. И, на наш взгляд, должны привлечь интерес потребителей, использующих арктическую технику в своей работе, повысить спрос покупателей разных сфер (спасатели, военные, промышленники и др.).

3 История вопроса и способ решения проблемы

Арктика – физико-географический район земли, примыкающий к Северному полюсу и включающий окраины материков Евразии и Северной Америки, почти весь Северный Ледовитый океан с островами (кроме прибрежных островов Норвегии), а также прилегающие части Атлантического и Тихого океанов. Арктика поделена на пять секторов ответственности между Россией, США, Норвегией, Канадой и Данией [3].

Побережье Арктики - это осколки льда и снежная каша. Для перемещения там необходим специальный транспорт.

Первой советской техникой для работы в условиях Крайнего Севера был полугусеничный НАТИ-В, на основе прототипа НАТИ-3 (Рис. 4), специально приспособленный к климату Заполярья в 1936 году для перевозки грузов экспедиции «Северный полюс-1» полярника Ивана Папанина.

В 50-х годах ставилась задача создания специальных транспортно-технологических машин для освоения месторождений и строительства трубопроводов в Сибири и на Крайнем Севере. Первым образцом был двухгусеничный болотоход «Витязь».

Одной из первых передвижных полярных станций стал «Пингвин», разработанный на основе плавающего танка ПТ-76 в 1957 году. Но, несмотря на большой запас хода, оставалась главная проблема: он был тесным, и в условиях долгой полярной экспедиции ютиться в нем было не удобно.

Тогда в 1958 году появилась на свет «Харьковчанка» - полярный «дом на колесах», созданный на основе артиллерийского тягача АТ-Т. он имел несколько жилых отсеков, столовая, кухня, туалет, рабочие рубки (Рис.5, 6).

Машина имела широкие гусеницы и траки со снегозацепами. Она была герметична и могла пойти в плавь. Даже при заглохшем моторе и нерабочих отопителях, температура внутри за день падала всего на 2-3 градуса.

Следующим этапом стало создание в 1970-х годов четырехгусеничного снегоболотохода БТ361 «Тюмень» (Рис. 7). Эта машина создавалась как альтернатива вездеходу Hasky-8 канадской фирмы Foremost, которая на тот момент была безусловным лидером в этой области. Но позднее экологи выступили против использования гусеничных машин, так как гусеницы повреждают поверхность тундры, и грунт потом восстанавливается годами.

Сейчас ценятся вездеходы «Трэкол» (Рис. 8) и «Ямал», которые используются во всех сферах деятельности в Заполярье. Машины способны работать при температуре до -45ºС, имеют отличную проходимость по льду, глубокому снегу, болоту и по воде.

Впрочем, для более серьезных и длительных экспедиций «Трэкол» не годится. Здесь на помощь придет новый продукт предприятия «КамАЗ» - «Арктика» (Рис. 9).

Помимо кабины и кузова, в «Арктике» предусмотрен жилой модуль, в котором в случае непредвиденной ситуации экипаж сможет провести без особых проблем минимум трое суток.

В основу российского шестиколесного автомобиля-амфибии «Бурлак» легла концепция БТР-60 (Рис. 10). У этого аппарата есть гребной винт, с его помощью и благодаря алюминиевому герметичному корпусу «Бурлаку» удается не только держаться на плаву, но и уверенно маневрировать в разломах льда. Оборудованный спальными местами, кухней и умывальником пассажирский отсек рассчитан для экипажа из 4 человек [11].

ГАЗ-3344 - двухзвенный гусеничный снегоболотоход. В первом модуле морозостойкого «проходимца» расположена кабина на 5 человек и моторно-трансмиссионное отделение, второй модуль вмещает 16 человек и может быть переоборудован в командный пункт, техническую мастерскую или медицинский блок. Вездеход способен подниматься на 35-градусный склон, преодолевать траншеи шириной до 3 м, и плавать со скоростью до 6 км/ч.

В октябре 2020 года был представлен новый проект от завода «Урал» - «Арктический автобус» (Рис. 12).

Канадская машина Arktos Craft — это узкоспециальное ТС, предназначенное для спасательно-эвакуационных работ на нефтепромыслах (Рис. 13).

Немецкий тягач CAT Kress Antarctica - супервездеход используется на антарктической станции Мак-Мердо (США) для доставки грузов, дежурных вахт, бригад, проведения научных исследований и как средство организации экскурсий (Рис. 14).

Электрокар Venturi Antarctica (Монако) - полярный вездеход с нулевым выбросом вредных веществ в атмосферу (Рис. 15).

Существуют многочисленные отечественные самоделки заводского качества изготовления. Современные технологии позволяют каждому нарисовать модели в 3д-редакторе и заказать производство отдельных деталей на фабриках (Лазерная резка, формовка и сгиб листового металла и так далее). Например, на «Авито» можно познакомиться с производителями вездеходов и погрузчиков «Охотец» (Рис. 16), «Мини-погрузчик Bobcat 310», а также снегоболотоходов «Медведь», «Шатун», «Прайм».

Причем, стоимость таких разработок в несколько раз меньше стоимость фабричных изделий (Рис. 17, 18).

Для техники, которой предстоит работать в экстремальных условиях Заполярья, в России разработан арктический ГОСТ. Перевозка пассажиров и грузов должна осуществляться спецтехникой направления Arctic line, то есть сочетать в себе высокую проходимость, маневренность, большую грузоподъемность, усиленную теплоизоляцию и долговечность эксплуатации. Все оборудование должно стабильно работать при температуре -50°С и ниже. Также требования предъявляются и к экологичности машины - они не должны наносить ущерб хрупкой природе Арктики. Следует заметь, в арктическом ГОСТе ничего не сказано об управлении машиной человеком.

Мы сделали вывод, что все перечисленные выше модели, предназначенные для гражданского использования, при всех очевидных достоинствах на наш взгляд, имеют один минус - необходимость присутствия человека для управления транспортным средством непосредственно за рулем машины, что в арктических экстремальных условиях несет определенный риск для жизни и здоровья человека.

Таблица 5.

Обзор аналогов и нормативных требований

Платформа	Масса	Назначение	Управление	Стоимость	Недостатки
CAT Kress Antarctica	>3 т	Пассажирская доставка	Пилотируемая	Очень высокая	Не подходит для точечных роботизированных задач
Venturi Antarctica	>2 т	Перевозка персонала	Автономная поддержка	Очень высокая	Слишком крупная для локальных задач

«Бурлак»	>2,5 т	Экспедиции	Пилот	Высокая	Сложная логистика и обслуживание
ГАЗ-3344	3–6 т	Военные и спасательные задачи	Пилот	Высокая	Не предназначен для автоматизации

Проведенный нами анализ наиболее распространенных отечественных и зарубежных машин высокой проходимости, а именно: «Трэкол», «Бурлак», ГАЗ-3344, CAT Kress Antarctica, Venturi Antarctica, позволил заключить, что автономные платформы малого класса практически отсутствуют, следовательно, существует ниша малых робототехнических систем для безопасного выполнения задач в Арктике без присутствия оператора.

«СЕВЕР-1» формирует технологическую нишу компактных, недорогих и настраиваемых аппаратов для локальных операций в Арктике.

4 Технологическая часть проекта

4.1. Технические требования к разрабатываемому прототипу

1) Класс защиты - IP68

2) Автономность:

- По питанию:

  Аккумулятор — не менее 15 минут работы

- По управлению:

  ▪ Датчик расстояния - TOF

  ▪ Датчик скорости гусениц

  ▪ Инерциальная навигация

3) Стойкость аккумуляторов к низким температурам

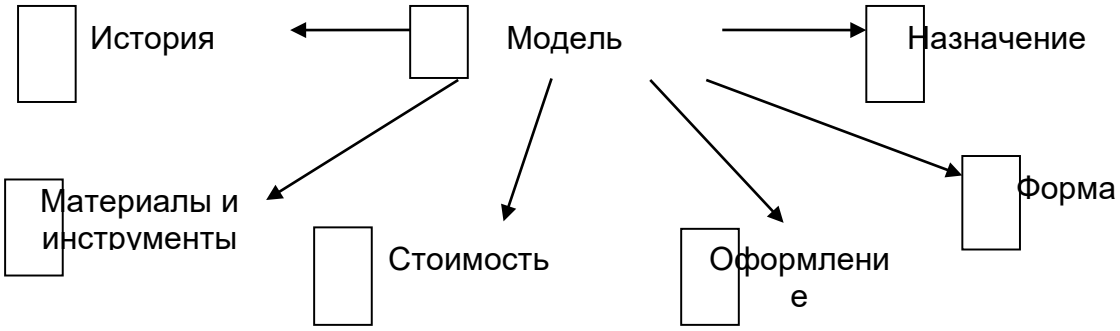
  • Liton/Li-pol - нужен нагрев

  • LiFe - работает при -30ºC

4) Размеры - 300мм * 200мм * 200мм

5) Грузоподъёмность - ± 300 г.

4.2. План организации по изготовлению проектируемой модели



4.3. Описание конструкции

Рассмотрим общее устройство нашего прототипа, остановимся на механике и электронике:

- гусеничная платформа: прототип имеет гусеничную платформу с моторами-редукторами, управляемыми с помощью платы Arduino (Рис. 19).

- датчики-приемники модулированного сигнала: На передней и задней части робота будут установлены датчики, способные принимать сигналы от стационарных маяков. Эти датчики будут обрабатывать сигналы и определять направление и расстояние до маяков для навигации (Рис. 20).

- ультразвуковые датчики: для предотвращения столкновений с препятствиями робот будет оснащен ультразвуковыми датчиками, позволяющими ему избегать препятствий и автоматически останавливаться (Рис. 21).

В перспективе следует перейти на датчики от парктроников автомобиля, так как они не боятся влаги (Рис. 22).

- Wi-Fi модуль: чтобы управлять роботом, на прототипе будет установлен Wi-Fi модуль, который позволит дистанционно управлять им с помощью мобильного устройства или компьютера (Рис. 23).

4.4. Проектирование и разводка печатной платы

Когда мы приступили к созданию нашей платы в EasyEDA, первым шагом было создание электрической схемы. Мы разместили на схеме все необходимые компоненты: микроконтроллер Arduino, коллекторные моторы с редукторами, сервоприводы для управления ковшом снега, датчики-приемники модулированного сигнала для навигации, а также ультразвуковые датчики для избегания препятствий (Рис. 24, 25).

Затем мы начали размещение компонентов на плате. Мы старались расположить компоненты таким образом, чтобы минимизировать длину трассировки и обеспечить удобство монтажа (Рис. 26).

После размещения компонентов мы приступили к маршрутизации трасс. Мы соединили компоненты проводниками, создав дорожки на поверхности платы авто трассировщиком. С помощью инструментов EasyEDA мы осуществили автоматическую и ручную трассировку (Рис. 27).

В процессе проектирования мы также добавили несколько слоев для размещения трасс и размещения компонентов (Рис. 28).

4.5. Проектирование механики

Параллельно с разработкой и созданием электроники мы занимались проектированием и созданием 3D-моделей необходимых деталей. Если выделить ключевые моменты этого этапа мы получим:

Планирование деталей:

Мы оценили требования для деталей нашего проекта, определив размеры, форму, функциональность и материал.

Моделирование:

Мы открыли Компас 3D и создали чертеж, определив геометрические параметры детали. Используя инструменты эскиза и операций выдавливания в Компас 3D, мы создали контур детали на выбранной плоскости. Затем мы преобразили этот эскиз в трехмерный объект, используя инструменты экструзии или вращения.

Добавление деталей и характеристик:

Мы расширили модель, добавив дополнительные элементы, такие как отверстия, вырезы, закругления и другие характеристики, необходимые для завершения детали.

Проверка на соответствие и создание сборки:

После завершения моделирования отдельных деталей мы начали собирать общую модель.

Экспорт и сохранение:

Завершив проектирование, мы сохранили деталь в нужном формате для печати.

3д-печать и сборка:

Печать всех деталей и сборка (Рис. 29).

Таблица 1.

Материалы и методы проектирования механики

3D-проектирование узлов	Компас 3D
Разработка электроники	EasyEDA
Изготовление деталей	3D-печать + лазерная резка
Управление	Arduino IDE + RemoteXY

4.6. Технические характеристики

Размеры: Длина 150 мм, ширина 110 мм, высота 75 мм.

Материал: пластик PLA, обеспечивающий легкость и прочность детали.

Функциональность: деталь представляет собой базовую часть для установки моторов, сервоприводов и других компонентов.

Отверстия и вырезы: деталь содержит отверстия для крепления коллекторных моторов с редукторами, а также вырезы для установки и крепления сервоприводов для управления ковшом снега.

Эти технические характеристики обеспечивают надежность, простоту использования и эффективную работу нашей детали в рамках нашего проекта (Рис. 31).

4.7. Программирование

С помощью сайта remoteXY (Рис. 32) мы установили слайдеры на схему телефона в горизонтальном положении, после чего указали соединение через Wi-Fi. Затем программа нам дала исходный код (Рис. 33), что стало основой для нашего кода который мы позже перенесли в среду программирования Arduino и добавили функции для управления моторами (Рис. 34).

4.8. Трудозатратность проекта и оценка оптимизации производства

Габариты модели: 15*11*7,5 см

Проект ориентирован на бюджетную разработку доступных учебно-лабораторных и инженерных решений.

Таблица 2.

Стоимость прототипа без учета стоимости работы

Статья затрат	Стоимость, ₽
Механические компоненты (корпус, крепёж, гусеницы)	1100
Электроника и датчики	2000
Аккумуляторы	160
3D-печать и лазерная резка	1560
Прочее	116
Итого	**4936**

По данным на 2025 год МРОТ в России по Челябинской области составляет 22440 рубля, соответственно в час при 40 часовой рабочей неделе человек получает примерно 120 рублей. К сожалению, за работы над проектом я не получала зарплату, поэтому я с чистой совестью потратила оставшиеся 54 рубля на сникерс. Но общее выполнение проекта потребовало примерно 3 месяца или 36 часов. Это эквивалентно 4300 рублей или 80 сникерсам.

Кроме прямых затрат на детали были еще и косвенные: аренда помещения, консультации с педагогом, использование дополнительного оборудования одноклассника Алексея. Оценку стоимости этого мы оставим за рамками данной работы.

Экономическая эффективность:

- мы осознаём, что прототип является учебно-исследовательской моделью, а не серийным изделием;

- сравнение с полноразмерной техникой корректно только по классу задач, но не по экономике производства;

- низкая стоимость обусловлена лабораторным форматом, использованием цифрового производства и отсутствием сертификации;

- реальные промышленные образцы такого класса в условиях Arктики требуют: защиты от экстремального холода, мощных аккумуляторов, сертифицированной элементной базы, а в ряде случаев — систем жизнеобеспечения. Их стоимость может быть даже выше текущих аналогов;

- экономическая эффективность проявляется только при масштабируемости решения и возможности перехода от единичного прототипа к малосерийному или массовому производству.

Таким образом, стоимость прототипа следует рассматривать не как показатель готовности к рынку, а как доказательство доступности и реализуемости технологических решений в условиях школьной лаборатории.

4.9. Результаты оптимизации прототипа

Таблица 3.

Конструктивные и технологические изменения прототипа

Показатель	Было	Стало	Эффект
Материал гусениц	Жёсткий пластик	Силикон	Сцепление ↑, трещины ↓
Защита электроники	Отсутствовала	Влагозащитные экраны	Стабильность ↑
Жёсткость корпуса	Недостаточная	Усиленные узлы	Поломки ↓
Устойчивость	Снос на уклонах	Балансировка центра масс	Управляемость ↑
Время работы	~10 мин	≥15 мин	Практичность ↑

Для подтверждения эффективности оптимизаций были проведены сравнительные испытания обновлённого прототипа при отрицательных температурах (-10...-15 ° С) на заснеженной поверхности.

Таблица 4.

Результаты сравнительных испытаний

Параметр	Методика	Было	Стало	Улучшение

Максимальный угол подъёма	Подъём по снежному уклону до начала пробуксовки	12°	18°	+50%
Скорость на ровной поверхности	5 м дистанция, 3 прогона	0,21 м/с	0,29 м/с	+38%
Устойчивость на уклоне	Тест удержания без сползания	неудовлетворительно	уверенно	+
Время автономной работы	Постоянное движение до остановки	10 мин	15–17 мин	+60%
Функционирование электроники при обледенении	Влажный снег + охлаждение	сбои	стабильная работа	+

Применённые конструктивные и технологические изменения привели к существенному росту эффективности и устойчивости робота в условиях холода и снега.

Испытания демонстрируют улучшение проходимости и стабильности движения.

4.10. Перспективы развития и уровень технологической готовности (TRL)

Текущий TRL: 3–4 — экспериментальный прототип, проверенный в условиях, приближенных к реальным.

Целевой TRL: 5–6 — прототип, демонстрирующий стабильную работу в условиях Арктики.

Новизна такого прототипа среди других заключается в том, что он будет передвигаться по обширным просторам Арктики по типу каравана, направляя за собой множество других таких же прототипов. Для того, чтобы остальные могли держать за ориентир первого направляющего робота, не опираясь на другие факторы.

План развития проекта:

- переход от телеуправления к автономной навигации: IMU + маяки + SLAM;
- переход на $LiFePO_4$-аккумуляторы с тепловым контуром;
- расширение полезной нагрузки и функциональных модулей для различных задач;
- телеметрия состояния и диагностика в реальном времени;
- тестирование в климатических камерах и на полигоне.

Анализ рисков масштабирования:

- необходимость морозостойких компонент -> подбор серийной элементной базы;
- сложность сертификации для полевого применения -> партнёрство с промышленными предприятиями;
- удорожание ходовой части при масштабировании -> оптимизация конструктивных узлов.

Заключение

В связи с тем что в Арктике долгой зимой приходится передвигаться по покрытым глубоким снегом безлюдным просторам, а летом – по болотам и топкой грязи растаявшей тундры, столбик термометра может надолго застыть на отметке -50°С, а свирепые ветра пронизывают насквозь, обычные автомобили в таких условиях работать не могут, нужна особая техника, с повышенной проходимостью, огромным запасом прочности, в идеале - беспилотная, так как любая поломка может обернуться трагедией для человека.

Арктика становится центром мировой геополитики. Нашей стране предстоит, опираясь на собственный богатый исторический опыт, используя передовые технологии, радикально модернизировать транспортную инфраструктуру. В районах Севера существует значительное отставание развития транспортного комплекса в технологическом и структурном аспекте. Состояние подвижного состава не способно обеспечить потребности экономики и населения районов Севера [9].

Наша работа представляет собой пример проектно-исследовательской деятельности, которая выходит за рамки учебного моделирования и приближается к реальной инженерной постановке. Мы не только изучили исторические и технологические предпосылки развития арктической техники, но и предлагаем собственный вариант инженерного решения - создание прототипа малогабаритного автономного гусеничного трактора, способного работать в экстремальных климатических условиях, который позволит:

- снизить участие человека в опасных операциях;
- организовать регулярный мониторинг территорий и инфраструктуры;
- обеспечить доставку малых грузов;
- выполнять задачи научного назначения.

В результате выполненной работы:

- выявлены реальные эксплуатационные проблемы первой версии прототипа при отрицательных температурах;
- разработаны инженерные решения по повышению надёжности, устойчивости и автономности;

- повышены ключевые эксплуатационные характеристики: проходимость (+50%), автономность (+60%), стабильность электроники — без сбоёв;

- проведены повторные испытания, подтвердившие эффективность оптимизации.

Отличительной особенностью работы является выбор контекста. Арктика сегодня - это не только символ суровой среды, но и реальная технологическая арена: освоение месторождений, развитие северного транспортного коридора, вопросы национальной безопасности. В этом смысле проект демонстрирует зрелое понимание значимости задачи: мы решаем не бытовую задачу, а задачу инженерной безопасности человека в экстремальной среде.

Считаем, сильной стороной работы является системность: изучена история техники, выделены инженерные критерии, сформированы технические требования, выполнено 3D-проектирование, разработана электроника, получен работающий прототип, проведена оценка затрат. В проекте есть реальная связка «исследование - разработка - эксперимент».

Актуальность проекта высока. На сегодняшний день в арктических машинах сохраняется зависимость от непосредственного присутствия оператора. Создание компактных автономных платформ, способных выполнять операции без риска для человека, является технологическим трендом, который будет усиливаться.

Перспективность проекта очевидна, он имеет потенциал дальнейшего развития. В будущем мы планируем работать над усовершенствованием прототипа в целях расширения его возможностей:

- переходить от телеуправления к автономной навигации: IMU + dead reckoning, маячная навигация, затем SLAM;

- улучшить морозостойкость энергоисточника (LiFePO4 + тепловой контур);

- усилить механическую часть, оптимизировать траки и подбор материалов под низкие температуры;

- добавить функциональные сценарии применения (доставка, мониторинг, сервисные операции);

- развивать систему телеметрии, передающую логи состояния в реальном времени.

Считаем, проект можно рассматривать как начальную ступень реального R&D направления в области малых специализированных роботизированных платформ для работы в труднодоступных территориях России.

Мы видим в будущем перспективы коммерциализации и грантовой поддержки нашего проекта. Развитие проекта может опираться на следующие направления:

- участие в программах РГО (Русское географическое общество), ориентированных на исследование и освоение Арктики;

- доработка прототипа до уровня учебного набора для школ и технопарков;

- создание малосерийной линейки роботов для мониторинга локальных объектов в труднодоступных регионах;

- расширение функционала за счёт модульности полезной нагрузки;

- интеграция телеметрии для экологического мониторинга.

Проект может быть представлен на грантовый конкурс Русского географического общества, поскольку имеет прямое отношение к освоению Арктической зоны, мониторингу природной среды и использованию современных инженерных технологий. Финансирование позволит:

- провести дополнительные исследования в условиях реального климата Арктики;

- улучшить защиту электроники и ходовую часть;

- разработать версии для полевого применения.

Работа может рассматриваться как пример вовлечения школьников в решение задач национальной технологической повестки.

Список литературы

1. Атлас океанов. Термины, понятия, справочные таблицы. М.: ГУНК МО СССР, 1980.
2. Гаккель Я. Я. Наука и освоение Арктики. - Л., 1957.
3. Инфраструктура Арктической Зоны РФ: состояние, экономические инструменты развития и приоритетные [Электронный ресурс] https://eee-region.ru/article/4816/
4. Кретов Б.И. Политика России в развитии транспортной системы арктической зоны // Поиск: Политика. Обществоведение. Искусство. Социология. Культура. 2016. № 1(54). С.61-69.
5. Леонов Ю. Исследования Арктики продолжаются // Наука в России. 2008. № 3. С. 104-112.
6. Научный и информационно-аналитический журнал «Арктика. Экономика и технология» [Электронный ресурс] //URL: http://arctica-ac.ru/newstext/54/
7. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу [Электронный ресурс] http://legalacts.ru/doc/osnovy-gosudarstvennoi-politiki-rossiiskoi-federatsii-v-arktike/
8. Оценка состояния и комплексные проблемы транспортного комплекса РФ // Нормативно-правовые акты URL: https://bazanpa.ru/pravitelstvo-rf-rasporiazhenie-n1734-r-ot22112008-h1246408/strategiia/2/?ysclid=lt05jwqy0587665329 (дата обращения: 05.09.2024).
9. Поручение Правительства РФ от 21 апреля 2016 г. № РД-П16-2680 «О перечне приоритетных проектов, реализуемых на территории Арктической зоны РФ (пункт 3)» Министерство экономического развития РФ 05.2016 № 14605-АЦ/Д29и [Электронный ресурс] // URL: http://arctic.gov.ru
10. Развитие Арктической зоны Российской Федерации // Молодой ученый URL: https://moluch.ru/archive/237/55001/?ysclid=lt05gxf6ub832767855 (дата обращения: 01.09.2024).
11. Романов В.Ю. Особенности и проблемы логистики арктической зоны РС(Я) // Модернизация современного общества: проблемы, пути развития и перспективы. 2015. - № 7. – С. 155-157.
12. Сенкевич Ю., Ревенко М.В. «Малыш о географических открытиях». М: Книга по требованию, 2012.
13. Филипцов В.В., Жуков М.А. Проблемы экономического развития арктической зоны РФ//НЭП – XXI век. Наука. Экономика. Промышленность. – 2026. - № 2. – С. 19-22.

Приложение



Рисунок 1 - г. Челябинск, январь 2024г.



Рисунок 2 - Челябинская область, январь 2024г.



Рисунок 3 - Арктика



Рисунок 4 - Вездеход НАТИ-3



Рисунок 5 - Харьковчанка

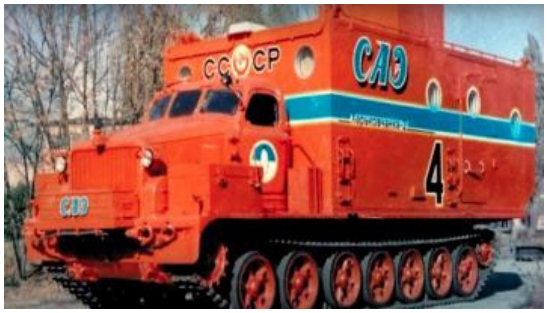


Рисунок 6 - Харьковчанка 2



Рисунок 7 - Снегоболотоход БТ361А-01 «Тюмень»



Рисунок 8 - Трэкол



Рисунок 9 - КамАЗ «Арктика»



Рисунок 10 — Бурлак



Рисунок 11 - ГАЗ-3344 Арктический спецназ



Рисунок 12 - Арктический автобус



Рисунок 13 - Arktos Craft



Рисунок 14 - CAT Kress Antarctica



Рисунок 15 - Venturi Antarctica



Рисунок 16 - Охотец

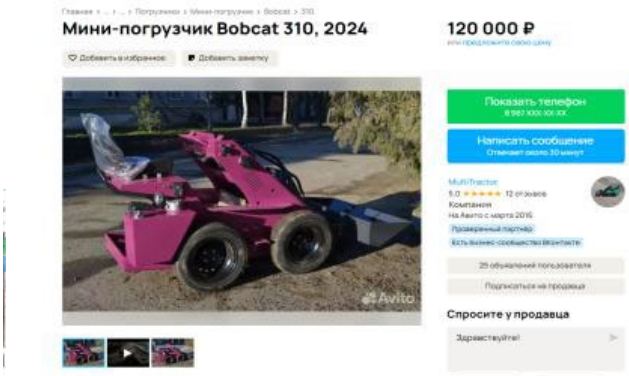


Рисунок 17 - Медведь

Рисунок 18 - Bobcat 310



Рисунок 19 – Моторы-редукторы



Рисунок 20 – Датчик-приемник сигнала

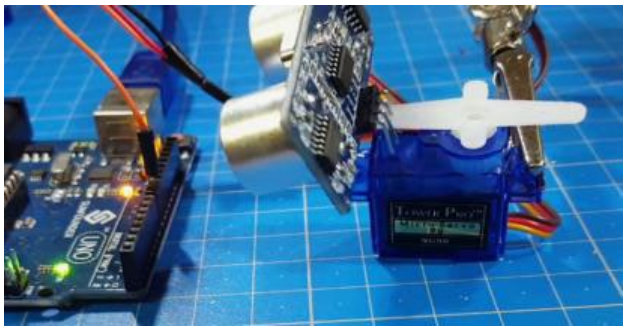


Рисунок 21 – Ультразвуковые датчики



Рисунок 22 - Датчики от парктроников автомобиля

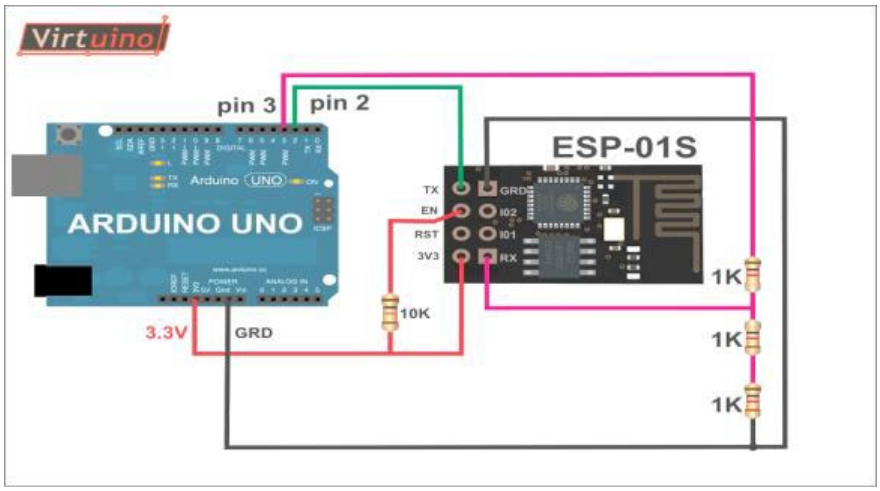


Рисунок 23 - Wi-Fi модуль



Рисунок 24 - Микроконтроллер Arduino

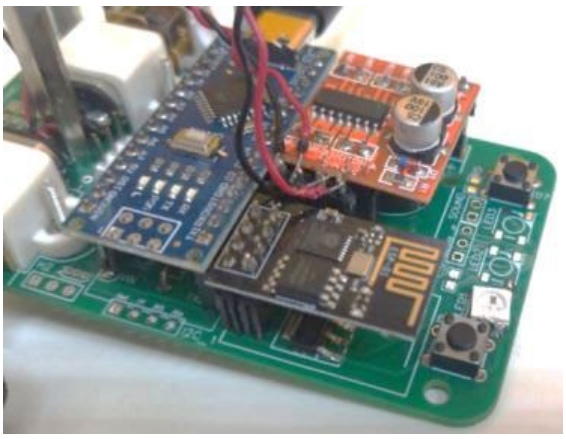


Рисунок 25 - Электронная схема



Рисунок 26 - Размещение компонентов на плате

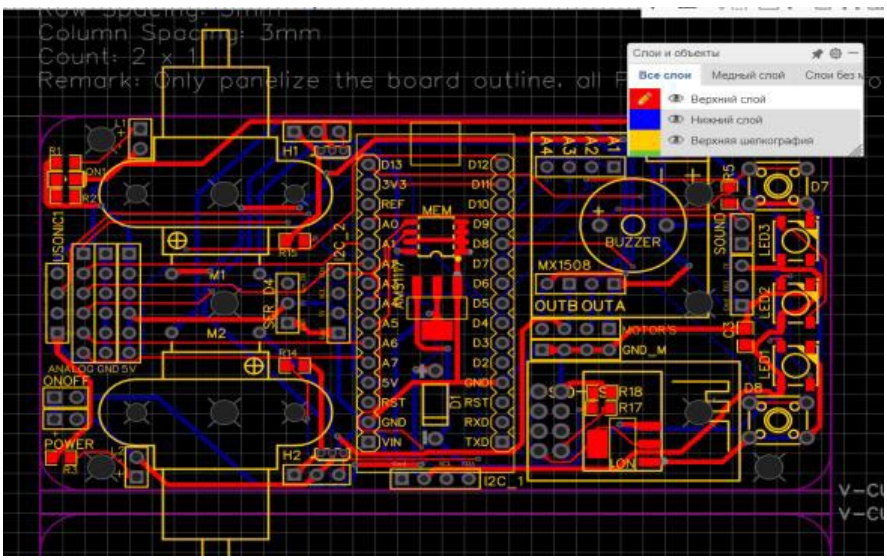
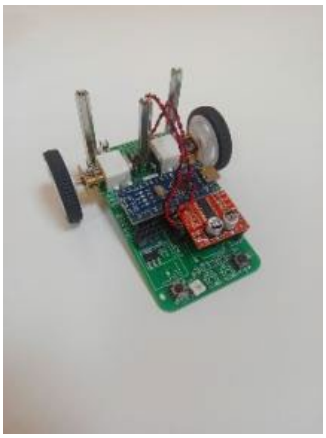
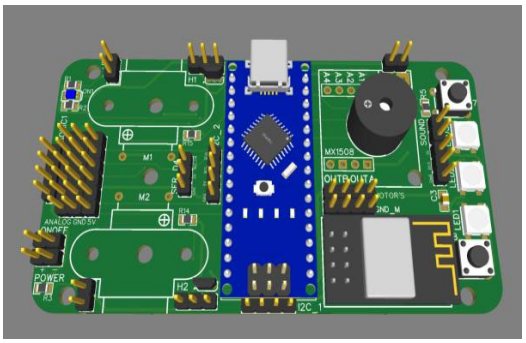


Рисунок 27 – Маршрутизация трасс







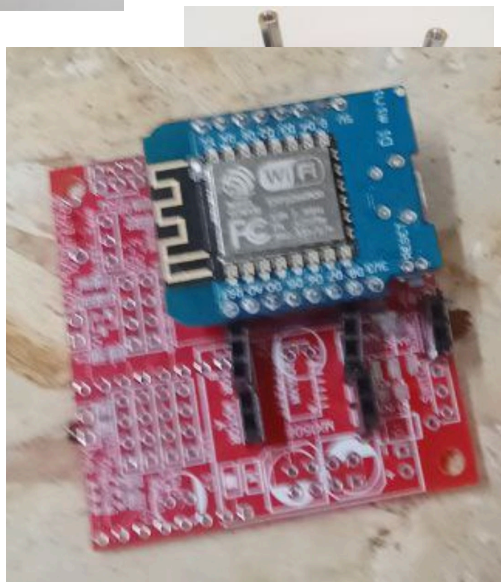
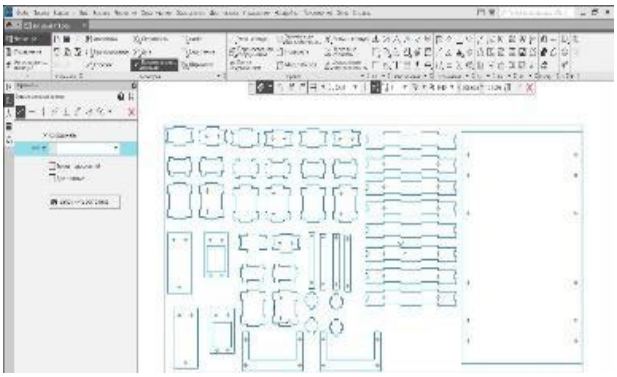
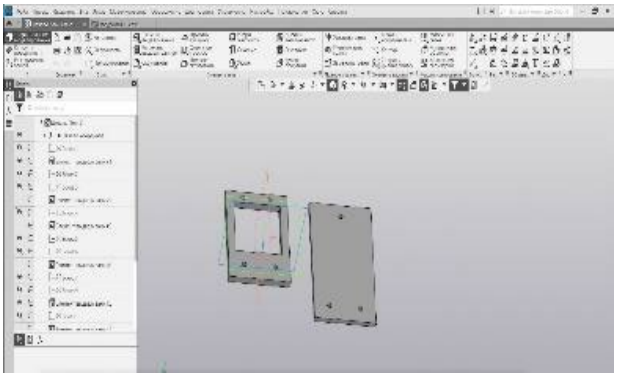
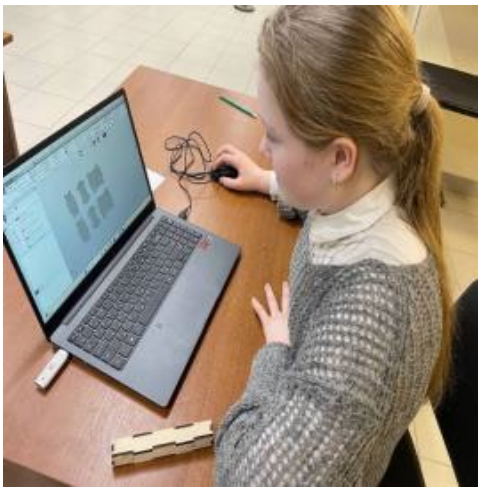


Рисунок 28 - Дополнительные слои для трассировки и размещения компонентов







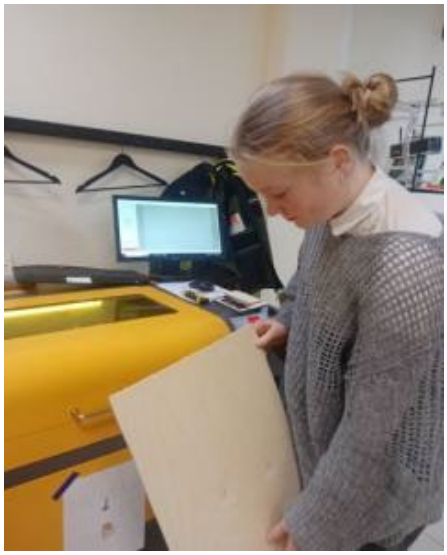



Рисунок 29 - Моделирование, 3д-печать и сборка деталей




Рисунок 30 — Подготовка к испытанию прототипа

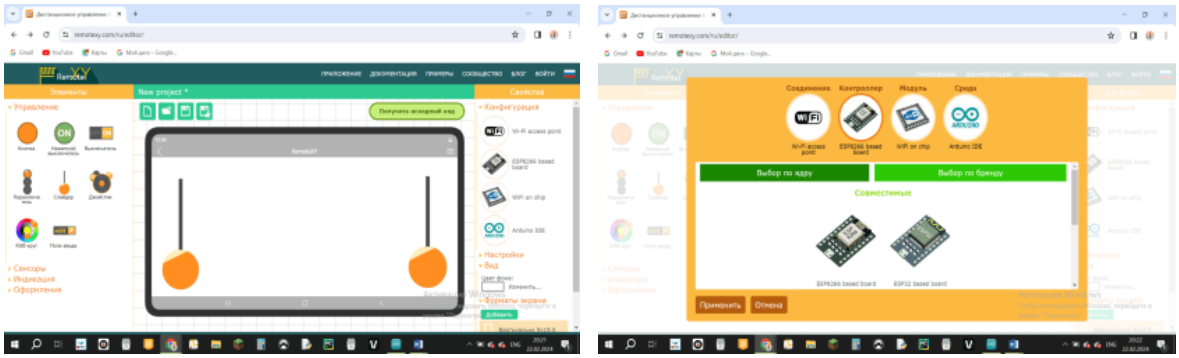


Рисунок 31 – Програма RemoteXY

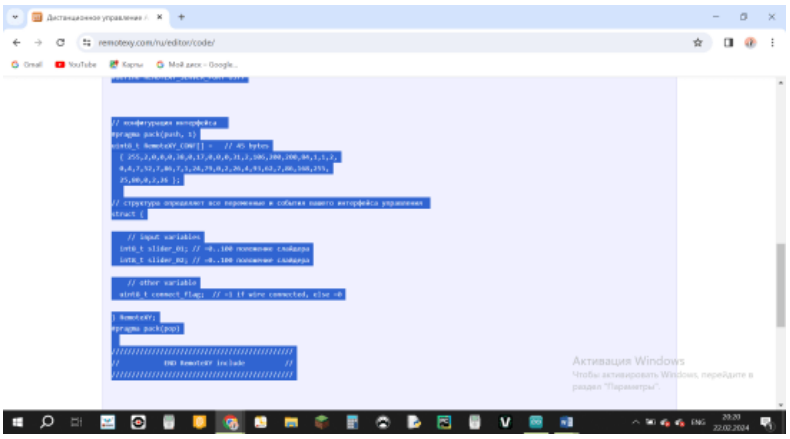
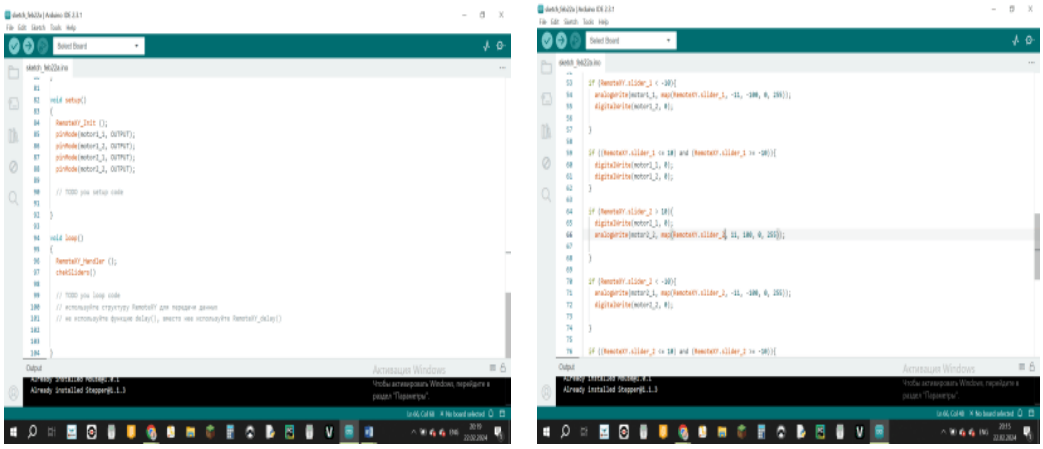


Рисунок 32 - Исходный код



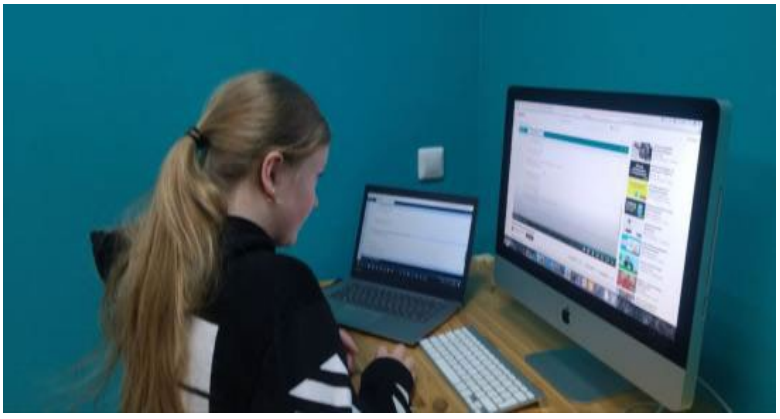
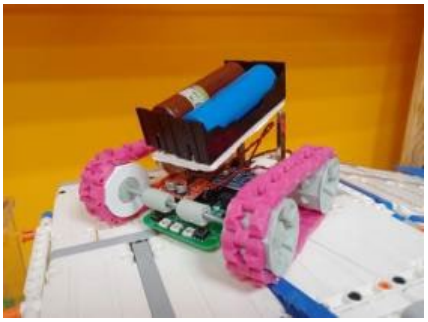


Рисунок 33 – Программтрование в среде Arduino



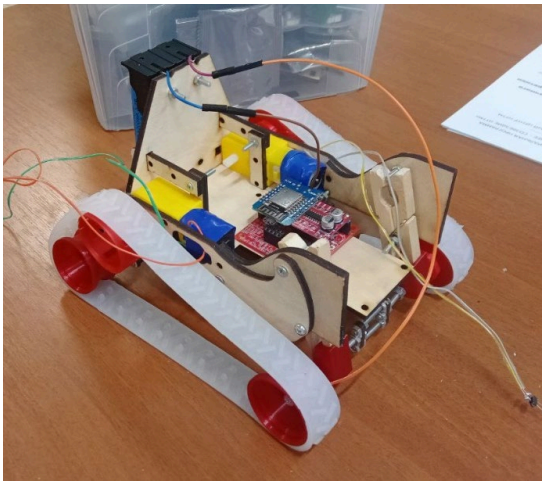




1. 



2.



3.

Рисунок 34 (1, 2, 3) - Прототип автономного трактора «Север-1»