

**АВТОНОМНЫЙ РОБОТ ДЛЯ ТЕЛЕИНСПЕКЦИИ  
ТРУБОПРОВОДОВ**

Автор:  
Доценко Юрий Михайлович,  
Тюменская область,  
Тобольский район, с. Малая Зоркальцева  
Филиал МАОУ «Нижеаремзянская СОШ»  
- «Малозоркальцевская СОШ»  
10 класс

Научный руководитель:  
Цейнер Алексей Викторович  
учитель технологии  
Филиал МАОУ «Нижеаремзянская СОШ» -  
«Малозоркальцевская СОШ»

с. Малая Зоркальцева  
2023 г.

# АВТОНОМНЫЙ РОБОТ ДЛЯ ТЕЛЕИНСПЕКЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

Доценко Юрий Михайлович

Тобольский район. с. Малая Зоркальцева

филиал МАОУ «Нижеаремзянская СОШ» - «Малозоркальцевская СОШ», 10 класс.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Введение.

**Актуальность.** Человек, стремясь к улучшению условий своей жизнедеятельности посредством научно-технического прогресса, порой не достигает поставленной цели. Активная человеческая деятельность приводит к разного рода глобальным проблемам, которые пагубно влияют не только на окружающую природу, но и на самого человека. Одним из возможных видов чрезвычайных происшествий и аварий техногенного характера являются аварии в системе жилищно-коммунального хозяйства. Система трубопроводов коммунального хозяйства любого города, является одной из наиболее важных инженерных коммуникаций. Любая аварийная ситуация, вызывающая нарушение рабочего режима канализационных трасс, может привести к возникновению существенных трудностей в жизнедеятельности населения, что грозит в свою очередь серьёзными финансовыми издержками. Но все мы прекрасно знаем, что многие проблемы можно предотвратить и профилактика всегда обходится дешевле, нежели ремонтно-восстановительные работы. Необходимость поддержания трубопроводов в хорошем состоянии заставляет искать новые эффективные методы контроля труб с целью выявления дефектов и трещин, а также коррозии на их поверхности. На практике для контроля горизонтальных прямых участков труб используют ультразвуковые и магнитные методы так же существуют различные колесные роботы. С развитием робототехнической индустрии на рынке стали появляться сложные диагностические устройства, способные четко выявлять недостатки эксплуатируемого оборудования, в том числе трубопроводных систем с любым уровнем доступности. Использование роботов внутритрубной диагностики позволяет снизить необходимость в земляных работах, поскольку роботы обеспечивают возможность, как минимум, установления места дефекта. О таких роботах пойдет речь в моём проекте.



Рисунок 1. Роботы для диагностики трубопроводов.

**Проблема...** Существует ряд проблем использования такой техники на практике и одна из них, на мой взгляд, их стоимость и обслуживание. Цена отечественных образцов может достигать нескольких миллионов рублей, если для большого города «мегаполиса» это небольшая сумма, то для средних и малых городов и населённых пунктов это непосильная ноша. Изучив несколько различных образцов роботов для внутритрубной диагностики, я определил для себя из чего складывается стоимость данных автономных комплексов. Далее в статье, в процессе изучения технических характеристик роботов, я подробно раскрою вопрос их ценообразования. Именно эта проблема является основой моего проекта, в котором я задал себе вопрос: возможно ли удешевить робота, и возможно ли такой проект реализовать практически, с обязательной автономностью и хотя бы с несколькими видами диагностики?

**Цель проекта:** Разработать и построить автономный робот для контроля и диагностики трубопроводов.

**Задачи проекта:**

- изучить уровень развития робототехники и внедрение её в различные сферы деятельности человека;
- познакомиться с уже существующими образцами роботов для внутритрубной диагностики, их положение на рынке, характеристики и их стоимость;
- познакомиться с историей развития техники для контроля за состоянием трубопроводов;
- разработать и практически реализовать шасси и трансмиссию будущего робота, адаптировать его движение внутри трубу
- разработать систему автоматизации и запрограммировать устройство;
- определить оборудование для диагностики и разместить его на корпусе робота;
- провести испытание в максимально приближенных условиях эксплуатации;
- выполнить финансовое и экологическое обоснование проекта;
- подвести итоги и определить возможности доработки и совершенствование робота;

**Методы исследования:**

Поисковый: просмотр литературы и изучение информации о вариантах автономных роботов для диагностики трубопроводов, о использовании роботов в различных сферах человеческой деятельности, изучение конструкций роботов;

Исследовательский: опытным путём определить наиболее подходящую конструкцию шасси и корпуса робота. Провести испытания опытных образцов для определения наиболее подходящей конструкции и вариантов диагностических процедур;

Практический: изготовление робота для внутритрубной диагностики.

**Объект исследования** – роботы для внутритрубной диагностики их программирование и использование.

**Предмет исследования:** методы диагностики технического состояния трубопроводных систем роботами и автономными системами;

**Новизна проекта:** На действующий аппарат будет установлено оборудование способное выполнять работу под большой нагрузкой и длительное время, а управлять системой будет плата ARDUINO. Новизна в том, что мы попытаемся объединить маломощную плату ARDUINO с мощным контроллером «TetrixMax» [1] что и будет залогом большого удешевления и достаточно высокого уровня диагностики. В разделе финансовое обоснования проекта, будет представлен подробный отчёт. Ещё одной новизной в конструкции робота, будет изменение угла наклона элементов трансмиссии что даст возможность роботу выполнять задачу в различных по трубам различного диаметра. А также его можно будет использовать не только в трубопроводах, но для телеинспекции труднодоступных и опасных мест, что расширит круг задач робота.

#### **Основная часть.**

#### **Применение роботов в современном мире.**

Работу над проектом я начал с изучения уровня развития робототехники и внедрение её в различные сферы деятельности человека. Основной целью создания роботов является освобождение человека от выполнения физически трудной, однообразной или опасной работы. Со временем роботы в нашей жизни стали появляться все чаще. Их можно увидеть на производстве и в быту – с их помощью человеку стало доступно решение многих задач, связанных с различными сферами жизни. Увеличение промышленного производства и технический прогресс постепенно привели к тому, что роботы в жизни человека присутствуют практически везде. [2]

**Области применения: Промышленность.** Роботы последнего поколения отличаются легкостью и подвижностью. Они занимаются склеиванием упаковок, сортировкой товаров, обработкой деревянных и металлических изделий. На рисунке 2 показано как роботы собирают автомобили.

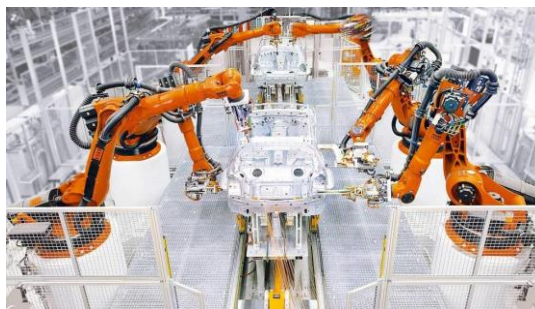


Рисунок 2. Сборка автомобиля роботами.

**Медицина.** Технику применяют для изготовления лекарств. С их помощью проводятся сложнейшие хирургические операции (робот daVinci), используют для наблюдения за пациентами. Рисунок 3.



Рисунок 3. Роботы в медицине.

**Выполнение бытовых задач.** Роботов используют для чистки бассейнов, мытья окон, уборки придомовой территории. Они готовят и обрабатывают продукты, стригут газон, подметают и моют полы в доме, рисунок 4.



Рисунок 4. Роботы-пылесосы — самые востребованные электронные бытовые помощники, которые прижились в домах многих людей.

**Военная служба.** Техника применяется в оборонной промышленности. Например, существуют танки на ДУ, беспилотные летательные аппараты и роботы-разведчики.



Рисунок 5. Робот-разведчик.

**Роботы для внутритрубной диагностики (ВТД, ползающие роботы).** Необходимость поддержания трубопроводов в хорошем состоянии заставляет искать новые эффективные методы контроля труб с целью выявления дефектов и трещин, а также коррозии на их поверхности. На практике для контроля горизонтальных прямых участков труб

используют ультразвуковые и магнитные методы так же существуют различные колесные роботы. Одна из основных разновидностей ползающих роботов - это роботы для внутритрубной диагностики, роботы ВТД, роботы для внутритрубного контроля. Используют их в нефтехимии, а также в городском хозяйстве для обследования или ремонта теплоцентралей и водопроводов. На рисунке 6 показан самый популярный в России робот ВТД.[3] <http://gazproekt-dkr.ru/vnutritrubnaya-diagnostika>



**Рисунок 6. Робот, Газпроект-ДКР (ГК Диаконт), Санкт-Петербург  
Как все начиналось. Немного истории...**

Первые робототехнические комплексы для выполнения трубопроводной диагностики стали производиться в России в 2005 году, а их способность перемещаться как по ровным трубам, так и кривообразным вызвала бурную реакцию на рынке. Новые открывшиеся возможности позволили «идущим в ногу со временем» предприятиям выявлять в своих трубопроводах различные дефекты сварных швов и запорной арматуры до того, как это могло стать серьезной проблемой.

Следующим этапом в развитии манипуляторов стало появление на рынке сварочного робота, профессиональные возможности которого, например, помогли успешно провести работы на водно-графитовом реакторе канального типа Билибинской АЭС. Далее был создан уже полнофункциональный комплекс, умеющий проводить восстановительный ремонт телескопических соединений трактов технологических каналов реакторов большой мощности — ему удалось провести успешную модернизацию энергоблоков на Ленинградской АЭС.

Гусеничный робот с электромагнитным-акустическим методом работы успел успешно проявить себя как в России, так и в других странах мира — его функциональные возможности позволили провести подземное исследование трубопроводов высокого давления с локтевыми сгибами на АЭС, диагностику газо- и нефтепроводов, сложных систем водо и теплоснабжения крупных мегаполисов, а также способны проводить проверку безопасности систем газоснабжения. [4].

<https://1-engineer.ru/robotyi-v-truboprovodah/>



**Анализ современных аналогов.** При сборе информации по данной теме мы видим большие преимущества и перспективы развития данной техники. но были определены и ряд минусов использования таких роботов и один из них это высокая их стоимость при приобретении и обслуживании. Понять из чего складывается цена можно только изучив его технические характеристики, проанализировать объём задач и качество собранной информации на проблемном или обследуемом участке. Эта информация очень важна!!! Именно на основе её я буду пытаться проектировать и создавать своего робота. Для наглядности и удобства я всю информацию разместил в таблице 1.

**Таблица 1. Технические характеристики отечественных и мировых образцов техники для диагностики трубопроводов.**

Название, страна фото	Технические характеристики.
 <p><b>In-Pipe Robot, Россия.</b></p>	<p>Робот для внутритрубной диагностики Основная особенность - высокая маневренность робота за счет модульной, гибкой конструкции, что позволяет ему преодолевать Т- и L- ответвления, переходы диаметров и даже вертикальные участки. Решения позволяют проводить неразрушающую диагностику с помощью нескольких видов неразрушающего контроля, что повышает точность проводимых работ. Модульность конструкции позволяет получить решение, приспособленное под конкретные задачи клиента. Повышенная точность локализации дефектов (погрешность определения местоположения дефекта менее 0.45 м). [5]</p> <p>Подробная информация о роботе по ссылке: <a href="https://robotrends.ru/robopedia/kraulery-polzayushie-roboty">https://robotrends.ru/robopedia/kraulery-polzayushie-roboty</a></p>
 <p><b>Сигма (модификация 1), Taris, Россия</b></p>	<p>Робот SIGMA 200 – это управляемый оператором робот телеинспекции высокой проходимости с приводом на все колеса, с возможностью смены колес для эксплуатации в трубопроводах различного диаметра. Система разработана для телеинспекции подземных трубопроводов и коллекторов подачи и отвода воды диаметром от 200 до 3000 мм [6]</p> <p>Тип камеры: цветная          Формат: Full HD          Разрешение: 1080p          Диапазон фокусировки: от 10 мм до бесконечности          Максимальный угол обзора: 62°          Кратность увеличения: 120          Встроенный светильник: ультра яркие светодиоды</p> <p>Подробная информация о роботе по ссылке: <a href="https://taris.ru/teleinspekziya-truboprovodov/robot-sigma">https://taris.ru/teleinspekziya-truboprovodov/robot-sigma</a></p>

 <p><b>Singa 100, Schroder, Китай</b></p> 	<p>Робот оснащен защищенной от воды цифровой камерой с сеносором 1/4 Sony CCD, разрешением 480 TVL и чувствительностью от 0.01 LUX. Подсветка - 18 светодиодов. Вращение камеры - 360 градусов, наклоны - до 180 градусов. Камера может передавать изображение на пульт оператора по кабелю диаметром 8 мм и длиной до 240 метров. Защита по IP68, давление 8-18 PSI. Платформа может выпускаться также в 4-колесной версии. Диаметр - 53 мм, длина 123 мм. Материал корпуса - авиационный алюминиевый сплав. Скорость - до 18 м в минуту. Может поворачивать. Есть счетчик пройденного расстояния. Рабочие температуры - от минус 20 до +55.</p> <p>На платформу могут устанавливаться - датчики движения, терминал для записи видео, мощный светильник, термокамеру, сонар, манипулятор, подрезатель корней, детектор газа и т.п. в соответствии с требованиями заказчиков. [7]</p> <p>1 200 000 руб. - 2 000 000 руб. в зависимости от комплектации</p> <p><a href="https://russian.alibaba.com/product-detail/Schroder-SINGA-S100-drain-inspection-robot-60630935992.html">https://russian.alibaba.com/product-detail/Schroder-SINGA-S100-drain-inspection-robot-60630935992.html</a></p>
 <p><b>HiBot, Япония (есть также HiBot USA)</b></p>	<p>Система HiBot - это больше, чем робот-краулер для осмотра состояния водопровода, она также автоматически выявляет в городах рисковые зоны, где вероятность прорыва труб приближается к критическим показателям. Алгоритм оценивает все собранные данные, включая состав почвы, электромагнитные поля, данные прошлых инспекций, чтобы выдавать прогноз. Модель базы данных Hibot в настоящее время предсказывает, что точность сбоя трубопровода составляет 80-90 %. Они будут продолжать объединять другие факторы, чтобы повысить точность прогнозирования модели. [8]</p> <p><a href="https://robotrends.ru/pub/1709/roboty-i-ii-sekomyat-amerikanskim-nalogoplatelshikam-sotni-millionov-dollarov">https://robotrends.ru/pub/1709/roboty-i-ii-sekomyat-amerikanskim-nalogoplatelshikam-sotni-millionov-dollarov</a></p>



## **Российские компании, участники рынка ВТД. [9]**

In-Pipe Robot, Россия

Taris, Россия

[Tubot](#) (ООО Тьюбот, дочка ГК ТехноСпарк и Сигма.Новосибирск), Россия

Диагностические роботы (ООО Диагностические роботы), Россия

Диаконт (ЗАО Диаконт), С.Петербург

Газпроект-ДКР, С.Петербург, Россия

ИнтроСканТехнолоджи (ЗАО ИнтроСканТехнолоджи), Пермский край, Россия.

ПНИПУ, Пермь, Россия

СПбГУ Дайнэмикс (ООО СПбГУ Дайнемикс), Санкт-Петербург

### **Практическая реализация проекта.**

Работу над практической реализацией проекта я начал с того что составил подробный план с указанием всех этапов работы:

- 1.Проектирование.
- 2.Подготовка материалов и оборудования
- 3.Процесс изготовления и сборка робота
- 4.Программирование и настройка системы диагностики

### **Проектирование и разработка робота.**

На этом этапе необходимо определиться с конструкцией робота и с тем оборудованием которое мы установим на него, какие задачи он будет их выполнять, и в каких условиях будет он это делать. Внимательно изучив технические характеристики уже существующих аналогов (См. таблицу 1), я определился с модулями моего будущего аппарата. Мой робот будет включать в себя следующие модули: транспортный, модуль управления и связи, модуль диагностики и страховочный модуль.

**Проектирование транспортного модуля**, очень важный процесс от которого зависит успешность работы робота в непредсказуемых условиях трубы или местности. Исходя из собственных возможностей у меня был выбор типа шасси, либо вездеходные колёса или гусеничное. Для того чтобы определить шасси и быть уверенным в правильности моего выбора, я провёл испытание на макете. Испытание показали что в плане проходимости обе платформы примерно равны, тем более при изучении условий в которых роботы выполняют диагностику, в трубе нет особо сложных препятствий, как правило трубы чистые с небольшим осадком. А вот показатель по которому я определился —это движение по прямой. Гусеничная платформа более устойчивая, за счёт жёсткости траков, колёсное шасси уходило то влево. то вправо. Я сделал вывод это зависит от давления в шинах, для более прямолинейного движение необходимо уравнивать жёсткость всех четырёх колёс. И так, я определился с типом шасси - на

моём роботе это будет гусеничная платформа с двумя моторами, что добавит манёвренности и упростит управление роботом. Моторы большой мощности со встроенным редуктором и энкодером. Необходимо правильно выбрать аккумулятор, который обеспечит бесперебойную работу робота длительное время.

При проектировании транспортного модуля я учёл то что при движении по трубе необходимо сделать наклон платформы чтобы повторить форму трубы. Это обеспечит устойчивое движение по прямо и повысит сцепление с поверхностью. В моём проекте угол наклона можно менять в зависимости от диаметра трубы или если робот использовать для других наземных целей. На рисунке 7 показан варианты наклона платформы.

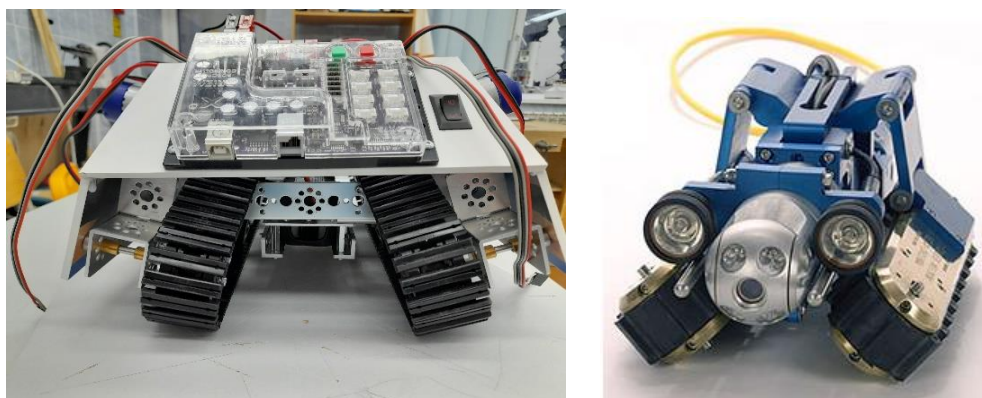


Рисунок 7. Угол наклона шасси.

Также на этапе проектирования я определил какие диагностические задачи будет выполнять наш робот, при этом не забывая об удешевлении робота, которое в свою очередь не должно ухудшать качество диагностики. Мой робот будет выполнять внутритрубную телеинспекцию при помощи видеокамеры и определять деформацию трубы ультразвуковыми датчиками, которые будут расположены на корпусе робота под определённым углом.

Управление роботом будет автономным, для выполнения этого важного условия, необходимо подобрать правильный процессор, который будет корректно работать со всем оборудованием и управлять им.

Страховочный модуль будет включать в себя барабан с тросиком малого сечения, такой модуль необходим, он присутствует почти во образцах подобной техники. Для того чтобы не потерять робот в трубе в случае отказа оборудования, его просто можно вернуть при помощи троса. Конструкция барабана показана на рисунке 8.



Рисунок 8. Страховочный модуль

Вся проектная документация транспортного модуля, включая чертежи расположена в Приложении1.

### Подготовка материалов и оборудования.

Определившись с конструкцией и с задачами которые предстоит решать роботу, необходимо подготовить материал и оборудование для реализации проекта. В своём проекте я буду использовать оборудования и материалы которые есть у нас в наличии, Информация представлена в таблице 2.

**Таблица 2. Перечень оборудования необходимого для реализации проекта.**

№	Название и изображение	Краткая характеристика и функция в проекте
1	<b>Гусеничное шасси «Tetrix Max»</b> 	Набор включает в себя: пластиковые траки, которые собираются при помощи замков, ведущая «звёздочка», катки, латунные втулки, оси, алюминиевые балки, уголки, крепёжные элементы. Цена: 4300 рублей
2	<b>Двигатель TETRIX® MAX TorqueNADO®</b> 	Мощный 12-вольтовый двигатель постоянного тока с частотой вращения 100 об/мин и емкостью 700 унций. крутящего момента. Двигатель оснащен встроенным датчиком с эффектом Холла высокого разрешения для точного управления двигателем и поставляется с кабелем датчика. Цена: 5600 рублей шт. (11 200 руб.)
3	 <b>TETRIX® MAX 12-вольтовый перезаряжаемый аккумулятор NiMH емкостью 3000 мАч</b>	10-элементный 12-вольтовый аккумулятор для обеспечения длительного питания двигателей и электроники TETRIX. Этот аккумулятор емкостью 3000 мАч оснащен встроенным сменным предохранителем на 20 ампер для обеспечения безопасности. <b>Функция в проекте:</b> обеспечивает бесперебойную работу всего оборудования. Цена: 4 500 рублей.
4	<b>Контроллер TETRIX® PRIZM®</b>	Контроллер TETRIX® PRIZM® - это полностью интегрированный программируемый мозг вашего робота, оснащенный множеством портов двигателя, сервопривода, энкодера и датчика с удобными разъемами, которые позволяют вам управлять поведением вашего робота, как никогда раньше. Контроллер специально разработан для использования с системой TETRIX MAX building system и

		<p>поставляется с поддержкой программирования программного обеспечения Arduino (IDE), которое совместимо с устройствами Windows, Mac OS X 10.7 или новее и Linux, имеющими USB-порт.</p> <p><b>Функции в проекте:</b> управление всеми процессами</p> <p>Цена: 10 000 рублей.</p>
5	 <p><b>Серводвигатель лебедки HS-785HB в четверть шкалы с рупором</b></p>	<p>HS-785HB - это сверхмощный сервопривод с расширенными функциями. В этот сервопривод встроены мощные карбонитовые шестерни и интегрированная схема для точного позиционирования в диапазоне 1260 градусов (3,5 оборота).</p> <p><b>Функция в проекте:</b> обеспечит вращение видеокамеры на 270 градусов для увеличения площади телеинспекции.</p> <p>Цена: 1000 рублей</p>
6	 <p><b>Светодиодный фонарь с меняющимся уровнем освещения</b></p>	<p>Лучше всего подходит фонарь с налобного фонарика, где присутствуют различные режимы освещения что подходит к условиям нашего проекта.</p> <p><b>Функции в проекте:</b> Обеспечивает освещённость внутри трубы во время движения робота и улучшает качество видеосъёмки. Цена: 550 рублей</p>
7	 <p><b>Action-камера Smarterra B1</b></p>	<p>Экшн-камера 30 м для подводной съемки Ultra HD 4K WiFi уличная спортивная камера 2,0 "LCD 1080p .</p> <p><b>Функция в проекте:</b> выполнение съёмки внутри трубы, телеинспекция.</p> <p>Цена: 1800 рублей.</p>
8	 <p><b>Ультразвуковой датчик HC-SR04</b></p>	<p>Ультразвуковой датчик расстояния (модуль HC-SR04) - это датчик, который использует акустическое излучение для определения расстояния до объекта. Этот бесконтактный датчик обеспечивает высокую точность и стабильность измерений. На показания датчика практически не влияют солнечное излучение и электромагнитные шумы.</p>

		<b>Функции в проекте:</b> измерение степени деформации трубы Цена: 50 рублей, 100 руб. за 2 штуки
9	<b>Контроллер Arduino Uno R3 (CH340G)</b> 	Arduino Uno R3 Характеристики: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Микроконтроллер ATmega328</li> <li>• Напряжение питания 5В</li> <li>• Входное напряжение (рекомендуемое) 7-12В</li> <li>• Входное напряжение (предельное) 6-20В</li> <li>• Цифровой ввод-вывод 14 линии (6 из них = ШИМ)</li> <li>• Аналоговый ввод 6 линий</li> </ul> <b>Функции в проекте:</b> управлять цифровыми датчиками, синхронизировать работу программы. Цена: 380 рублей.
10	<b>LCD-дисплей для вывода множества символов.</b> 	Символьный жидкокристаллический дисплей с синей подсветкой, 2 строки по 16 символов. Возможна загрузка в память дисплея до 8 произвольных пользовательских символов. По умолчанию поддерживает только латиницу. Цвет дисплея синий. <b>Функции в проекте:</b> контроль и калибровка датчиков расстояния. Цена 530 рублей.

Для реализации проекта необходимы ещё: резисторы различного номинала, провода, понадобится пластик ПВХ и фанера для изготовления корпуса робота, детали конструктора для сборки шасси робота, также инструменты: паяльник, клеевой пистолет, отвёртки, материалы для пайки, крепёжный материал( болты, гайки, саморезы), изоляционные материалы, страховочный тросик.

### **Процесс изготовления и сборка робота.**

Сборка и изготовление робота осуществляется пошагово и согласно технической документации, чертежа и описание функций. (См. приложение 1)

**Шаг 1.** Сборка трансмиссии и корпуса робота. Для изготовления трансмиссии я использовал алюминиевые детали конструктора, а также использовал детали, изготовленные самостоятельно из фанеры и металла. Корпус изготовлен из пластика ПВХ, толщиной 4 мм., некоторые детали корпуса распечатаны на 3D принтере. Собранный робот показан на рисунке 9.



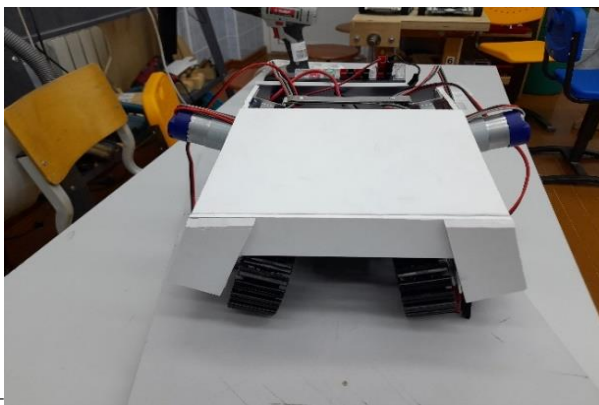


Рисунок 9. Собранный робот.

**Шаг 2.** Это размещение электронного оборудования, разводка проводов, аккумулятора, установка датчиков и подсветки. Всё оборудование устанавливается на корпус робота, при этом необходимо учитывать условия работы оборудования и удобного доступа к нему. Размещение оборудования показано на рисунке 10.

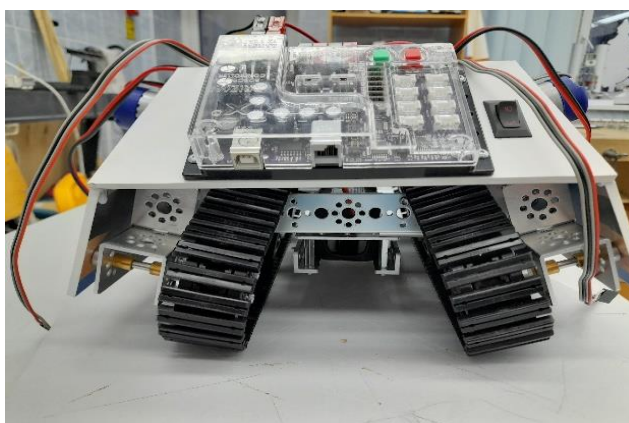


Рисунок 10. Расположение контроллера.

**Шаг 3.** Сборка мини-манипулятора для видеокамеры и установка его на корпусе. Манипулятор изготовлен из пластика ПВХ и элементов конструктора. На манипулятор установлен сервопривод, который вращает камеру для диагностики трубы. Установка дополнительной подсветки для камеры. На рисунке 11 показана конструкция держателя камеры и место его крепления на корпусе.

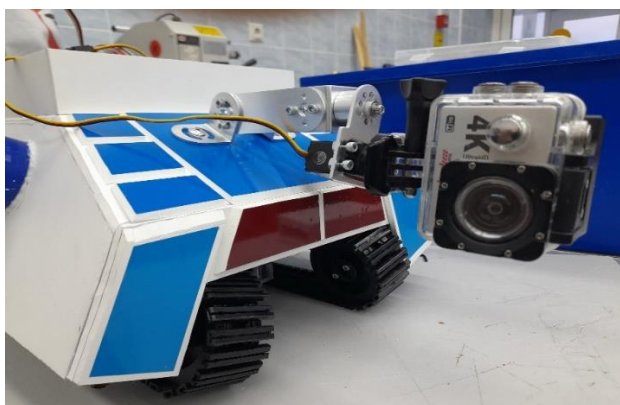


Рисунок 11. Расположение камеры для видеоинспекции.

**Шаг 4.** Изготовление из пластика ПВХ дополнительного бокса и установка его на корпус, для укладки проводов и размещение платы ARDUINO, рисунок 12.



Рисунок 13. Бокс для оборудования и проводов.

**Шаг 5.** Изготовление страховочного модуля. Этот модуль изготавливается полностью из бросового материала, в качестве барабана будем использовать катушку от пластика для 3D принтера, держатель барабана склеен из обрезков пластика ПВХ. Единственное что необходимо приобрести это сам трос, его желательно купить в изоляции и диаметром 2-3 мм, такие тросики продаются в строительных магазинах. Собранный страховочный модуль показан на рисунке 13.

#### **Программирование и настройка системы диагностики.**

**Испытание робота.** После написания программы и проверки всех узлов и оборудования, необходимо провести испытания. Испытания проходили в спортивном зале, так как необходима была разметка. Тестирование ходовой части заключалось в следовании робота точно по линии. Длина линии была 20 метров, смещение составило всего 1 сантиметр, в пределах нормы.

Тестирование функции телеинспекции проводилось в тёмной комнате, где проводилась круговая видеосъёмка. Качество картинки и работа сервопривода соответствует уровню технических характеристик оборудования. Конечный результат сборки робота на рисунке 14.

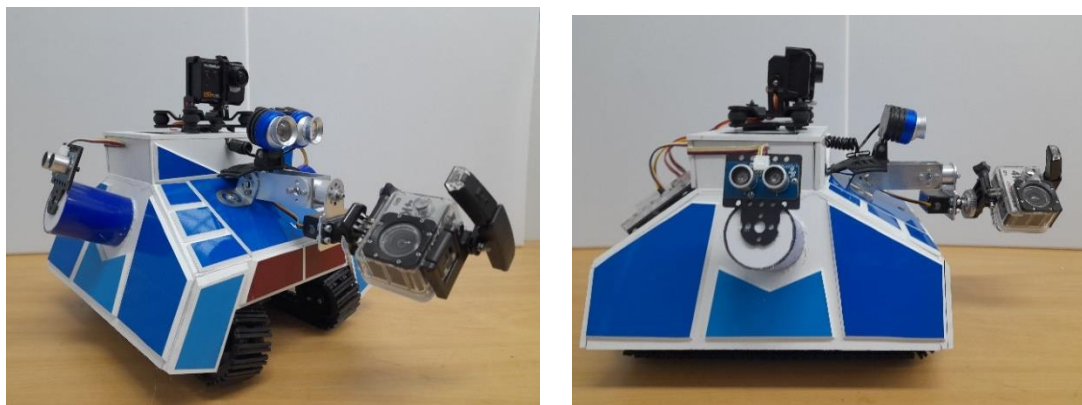


Рисунок 14. Автономный робот для диагностики трубопроводов

### **Финансовое обоснование проекта.**

Одной из задач проекта было спроектировать и изготовить действующий автономный робот для внутритрубной диагностики, за гораздо меньшие деньги чем заводские аналоги. Так как робот действующий, а не прототип, то и всё оборудование подбиралось так чтобы его использовать в реальных условиях трубы или труднодоступной местности. Я постарался установить качественное оборудование, способное выполнять задачи контроля и диагностики. Цены на компоненты и оборудование представлены в таблице 2. Общая стоимость проекта составляет 37 000 рублей, если сравнивать с роботом такого уровня, с видеоконтролем собранным на заводе, то его рыночная цена составляет 400 000-550 000 рублей

**Экологическое обоснование проекта.** При эксплуатации робота, не используются экологически опасные источники энергии. Всё оборудование работает от аккумуляторов находящихся в специальных боксах. При изготовлении использовались только экологически чистые материалы, которые не выделяют вредных веществ при эксплуатации

### **3. Заключение.**

В процессе реализации проекта были выполнены все поставленные задачи.

Испытание показали хорошие качества робота в плане движения и проходимости. Работа оборудования для видеосъёмки и передача картинки на терминал проходит в штатном режиме с удовлетворительным качеством. Отлично работает подсветка. Есть вопросы по работе ультразвуковых датчиков, они выдают неправильный результат сканирования. Необходимо поработать над настройкой и корректировкой датчиков или поменять их на более точные модули. Возможно проблема в программе.

При программировании робота использовалась платформа [Arduino](#). Все числовые значения подбирались опытным путём. Каждая программа под конкретную ситуацию.

**Доработка проекта.** Итоги можно назвать промежуточными, предстоит ещё большая работа прежде всего доработке всех механизмов и выстраивание более чёткого алгоритма начиная с диагностики и заканчивая полным анализом материала. Планируется установка ещё одной камеры, которая будет контролировать весь процесс работы и в случае необходимости оператор может вмешаться в процесс.

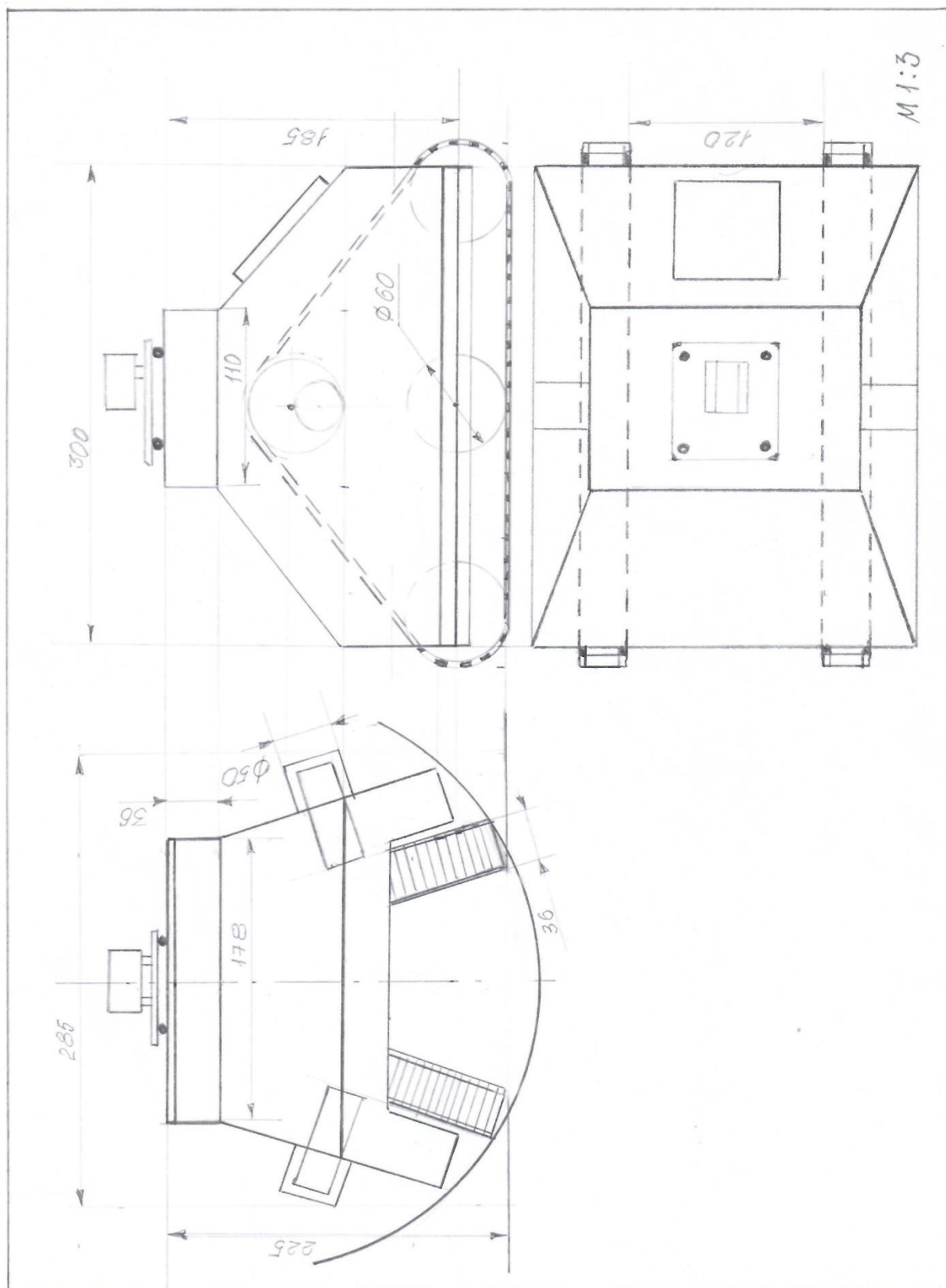
### **4.Список литературы.**

1.Афрон Локк. Методическое пособие. ©2018 Pitsco, Inc., 915 E. Jefferson, Pittsburg, KS 66762 44580TETRIXMAXCompetitionInABoxTG\_rus.pdf

2. Статья «роботы в современном мире» <https://taris.ru/teleinspekziya-truboprovodov/robot-sigma>

3. Статья. Российские роботы для неразрушающего контроля: какие они бывают <http://gazproekt-dkr.ru/vnutritrubnaya-diagnostics>
- 4.Статья. «Роботы в трубопроводе. Первый инженер» <https://1-engineer.ru/robotyi-v-truboprovodah/>
5. <https://robotrends.ru/robopedia/kraulery-polzayushie-roboty> .
6. <https://taris.ru/teleinspekziya-truboprovodov/robot-sigma>
7. <https://russian.alibaba.com/product-detail/Schroder-SINGA-S100-drain-inspection-robot-60630935992.html>
8. <https://robotrends.ru/pub/1709/roboty-i-ii-sekconomyat-amerikanskim-nalogoplatelshikam-sotni-millionov-dollarov>
9. Алексей Бойко (Abloud). <https://robotrends.ru/robopedia/kraulery-polzayushie-roboty>.

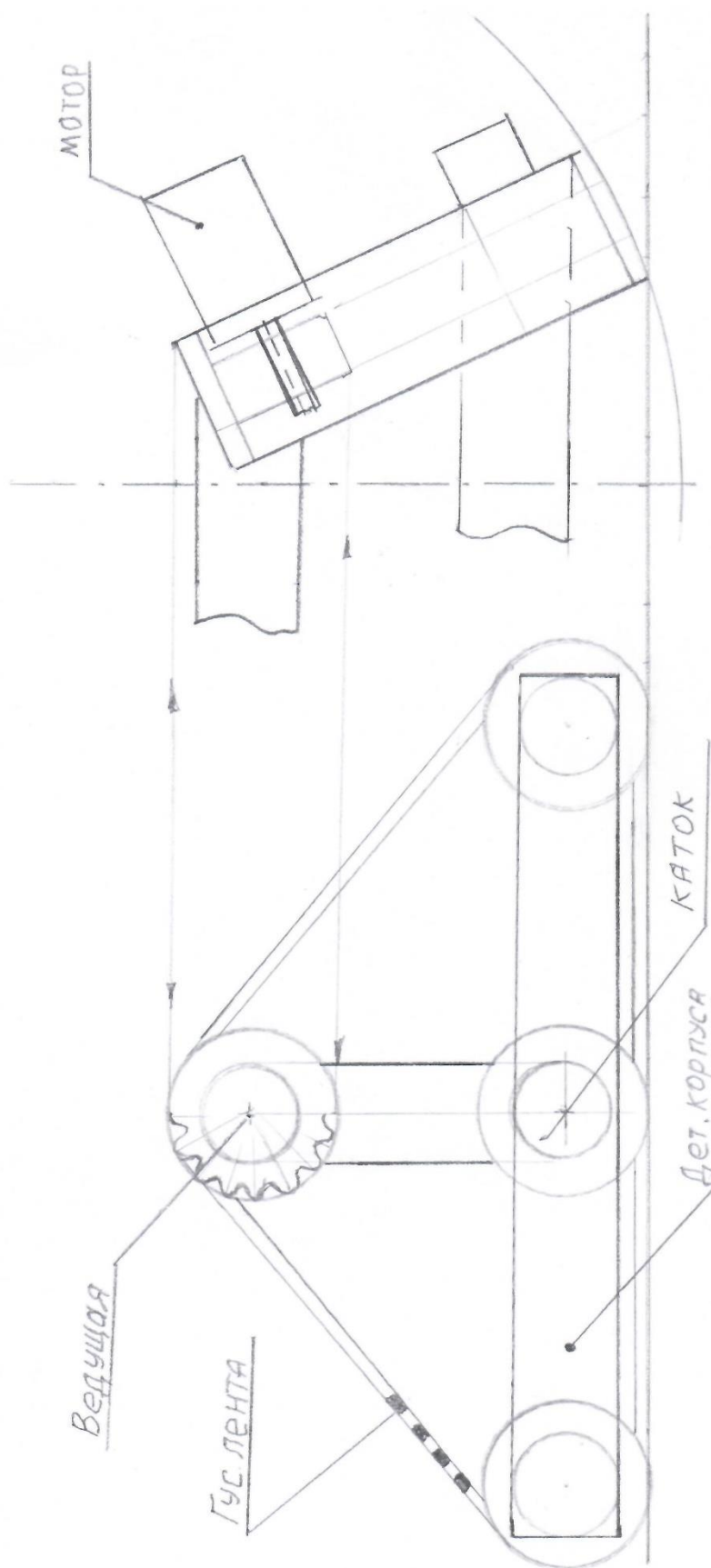
Чертёж корпуса и транспортного модуля





# Схема гусеничной трансмиссии.

Схема гусеничной трансмиссии.



Для сборки гусеничного шасси, использовались детали конструктора «Tetrix maX»

