

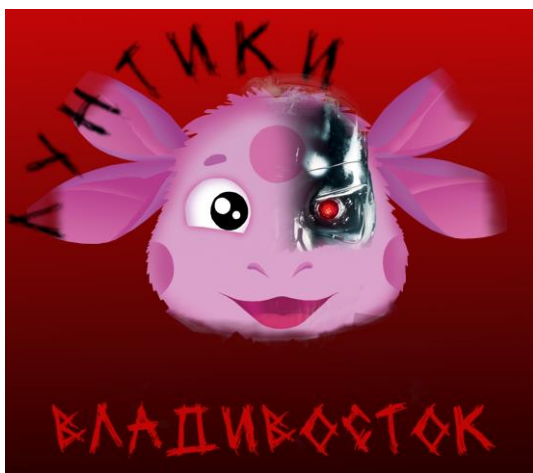


РОССИЙСКАЯ
РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ
ОЛИМПИАДА
2024

Федерация Спортивной и Образовательной робототехники

Российская Робототехническая Олимпиада 2024

Творческая категория
«Роботы и роботизированные системы в нефтегазовой отрасли»
Отчет по проекту «Поиск Повреждений Газопроводных Труб»
Команда «Лунтики»
Средняя возрастная категория



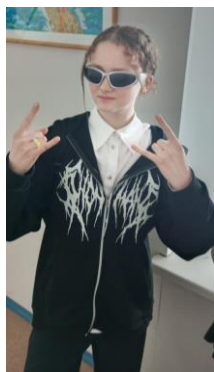
Работу выполняли:
Губанова Анастасия, ученица 6 класса ШОД
Марк Максимов, ученик 6 класса 23 школа
Руководитель:
Орлов Юрий Олегович

г. Владивосток,
2024

Содержание

Наша команда	3
Введение	4
План работы	5
Предварительное исследование	6
Гипотеза	6
Задачи исследования, методы и цели	6
Консультация экспертов	7
Ответы на наши вопросы	7
Эксперты, которые нас проконсультировали:	7
Сравнение нашего робота с другими	8
Итоги нашего исследования	8
Проблема	8
Техническое задание	8
Наше решение	8
Фото прототипа	9
Код программы	9
Обработка информации с камеры	10
Описание работы макета	12
Смета	12
Макет	13
Электрическая схема	1
Таблица 3. Аварии на подводных газопроводах	16
Таблица 4. Сравнение роботов	18

Наша команда



Первого участника команды зовут Губанова Анастасия, 13 лет, занимается робототехникой с шести лет, учится в Дубининской школе.



Второго участника нашей команды зовут Максимов Марк, 12 лет, занимается робототехникой уже 7 лет, увлекается спортивной гимнастикой, учится в 23 школе.

Мы долго думали над названием команды. Потом мы вспомнили, что все команды участвующие в робототехнических соревнованиях и выигрывающие призовые места побеждают под названием «Лунтики». Мы начали совместную работу с осени 2023 года, готовились к робофесту. На робофесте 20 января 2024 года мы выиграли в номинации «Самая дружная команда».



Введение

Это отчет по проекту «Роботы и роботизированные системы в нефтегазовой отрасли» от команды «Лунтики» из города Владивосток, представляющая Центр Развития Робототехники.

Цель нашего проекта автоматизировать процесс инспекции нефтегазопроводных труб находящихся под водой, помочь предотвратить количество утечек.

Методы, которые мы использовали в нашем исследовании: поиск информации в интернете, изучение научных статей, изучение нормативных документов, поиск существующих решений.

Задачи нашего исследования заключались в том, чтобы есть ли уже существующие решения и сравнить с нашим роботом, периодичность аварий, каким образом обнаруживают повреждения труб или каким образом проверяют исправность труб, найти статистику аварий на объектах/газопроводах и найти зависимость между временем обнаружения и временем устранения проблемы.

Цели нашего исследования заключаются в том, чтобы обосновать, что поиск повреждений труб занимает много времени, выявить, что для человека обнаружить повреждение труб тяжело, установить, что аварии на нефте- газопроводах приносят существенный ущерб, проанализировать существующие решения, для того чтобы разработать инновационное ранее не существующее решение.

Выводы нашего проекта наша гипотеза подтвердилась, сложности в поиске повреждений нефтегазопроводных труб, но на данную проблему уже имеется решения, но эти решения достаточно затратные и не автоматизированны. Наш робот с помощью многих дополнительных датчиков будет более эффективно выполнять свою работу, и он менее затратный чем другие решения, наш робот инновационен и актуальный для сферы нефтегазовой промышленности.

План работы

Таблица 1

Действие	Кто ответственный	Срок выполнения
Поиск информации по теме	Марк	13.02
Выбор направления	Марк и Настя	13.02
Исследование:	Марк	13.02
Поиск информации в интернете.	Марк	20.02
Изучение научных статей.	Марк	20.02
Узнать информацию о газопроводных компаниях.	Марк	20.02
Изучение нормативных документов.	Марк	20.02
Поиск существующих решений	Настя	20.02
Обработать результаты исследования, сделать выводы	Марк	20.02
Разработка решения	Марк	20.02
Составить список компонентов	Марк	20.02
Конструирование макета	Настя	01.04
Составить принципиальную схему	Марк	20.02
Составление сметы	Настя	09.04
Программирование робота	Марк	09.04
Тестирование робота	Марк	09.04
Подготовка к презентации робота	Настя	09.04
Написание речи	Настя	09.04
Составление технического отчета	Настя	23.04

Предварительное исследование

Мы искали проблемы в нефтегазовой промышленности.

Выявленные проблемы:

1. Разведка полезных ископаемых.
2. Обслуживание газопроводных труб.
3. Борьба с загрязнениями (последствия).
4. Исследование последствий.

Мы выбрали проблему в обслуживании нефтегазопроводных труб, так как они находятся под водой и их не видно, поэтому чтобы не было утечек им нужно особое внимание.

Гипотеза

Мы сформулировали гипотезу: Сложности поиска повреждений газопроводных труб из-за их большой протяженности.

Задачи исследования, методы и цели

Мы поставили задачи исследования:

1. Найти статистику аварий на объектах/газопроводах и найти зависимость между временем обнаружения и временем устранения проблемы.
2. Периодичность аварий. Каким образом обнаруживают повреждения труб или каким образом проверяют исправность труб.
3. Есть ли уже существующие решения и сравнить с нашим роботом.
4. Есть ли какие-то нормативы по времени на устранение аварий газо-нефтепроводов.
5. Подтвердить актуальность и инновационность решения.

Мы определили методы исследования:

1. Поиск информации в интернете.
2. Изучение научных статей.
3. Узнать информацию о газопроводных компаниях.
4. Изучение нормативных документов.
5. Сравнение. Поиск существующих решений.

Мы сформулировали цели нашего исследования.

1. Обосновать, что поиск повреждений труб занимает много времени.
2. Выявить, что для человека обнаружить повреждение труб тяжело.
3. Установить, что аварии на нефте-газопроводах приносят существенный ущерб.
4. Проанализировать существующие решения, для того чтобы разработать инновационное ранее не существующее решение.

Таблица 2. Частота повреждений

№	Причина	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	Конструктивные недостатки (брак изделия)	2	4	1	1	0	0	0	3	1	0
2	Брак строительства/ изготовления	3	2	3	4	8	2	2	6	3	0
3	Коррозия металла трубы (КРН)	14	8	7	15	6	6	5	6	2	6
4	Ошибочные действия персонала при эксплуатации	1	0	5	0	1	0	1	0	0	1
5	Износ оборудования	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
6	Воздействие стихийных явлений природного происхождения	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	Механическое воздействие	3	7		1	1	1	4	1	3	1
ИТОГО:		23	21	16	21	16	9	14	16	9	8

Консультация экспертов

14 марта мы съездили в институт Тихоокеанского океанологического института ДВО РАН для консультации с научными сотрудниками и кандидатами биологических наук. Мы сначала рассказали им про нашу команду и о нашем инновационном решении, а также мы рассказали, как наше решение может помочь в нефтегазовой промышленности. Они задавали нам вопросы относительно работы нашего решения. В результате чего мы поняли, что на нашу проблему уже имеется решение, но это решение затратное, не автоматизированное. После всех заданных нам ими вопросы, мы задали им вопросы интересовавшие нас по теме исследования.

1. Нынешний метод нахождения повреждений труб: судно с операторами на борту и роботом, который следует за этим судном плавает над газопроводом. И робот выдает информацию о состоянии трубы. Такой метод дорогой.
2. Наш робот будет полезным в том случае, если будет дешевле, лучше и профессиональней и удобней в эксплуатации, чем нынешний метод. То есть сможет анализировать все сам без судна с операторами.
3. Робот должен определять в первую очередь повреждения трубы с помощью видеокамеры.
4. В работе в принципе должно быть немало датчиков, т. к. чем больше датчиков - тем больше информации о состоянии трубы, соответственно информация становится более достоверной.
5. В работа можно/нужно добавить такие датчики как: датчик органической флуоресценции вещества, ультразвуковой датчик.

Ответы на наши вопросы

1. Какие есть признаки повреждения труб? - Коррозия металла, отличия от проектного положения.
2. Какой экологический ущерб приносят повреждение газо-нефтепроводов? - Всё зависит от региона.

Эксперты, которые нас проконсультировали:

- Барabanщиков Юрий Александрович - н.с., лаборатория гидрохимии
- Пономарева Анна Леонидовна, кандидат биологических наук, лаборатория комплексных исследований окружающей среды и минеральных ресурсов

- Салюк Павел Анатольевич, кандидат физико мат наук, заведующий лабораторией Лаборатория спутниковой океанологии и лазерного зондирования
- Легкодимов Алексей Александрович, мнс, лаборатория комплексных исследований окружающей среды и минеральных ресурсов
- Якимов Тимур Сергеевич, мнс, лаборатория газогеохимии
- Уланова Ольга Анатольевна - к.б.н., н.с., лаборатория гидрохимии
н.с-научный сотрудник
м.н.с-младший научный сотрудник
к.б.н-кандидат биологических наук

Сравнение нашего робота с другими

См. Приложение 2.

Итоги нашего исследования

На данную проблему уже имеются решения, но при этом эти решения затратные, наш робот бюджетнее и не уступает в качестве инспекции газо-нефтепроводных труб, но он даже преуспевает за счет своих инноваций, к примеру датчика органической флуоресценции вещества, таких датчиков не используют в тех роботах которых мы нашли. Наш робот благодаря датчикам которых нет у других роботов, будет лучше в сфере инспекции газо-нефтепроводных труб. Следовательно наша гипотеза подтвердилась и из данной гипотезы нам удалось выявить проблему: Затруднение с поиском повреждений газо-нефтепроводов.

Проблема

Проведя исследование, мы выявили проблему. Большинство утечек происходит из-за неисправностей труб, которые вовремя не успели обнаружить и исправить повреждение.

Техническое задание

Автономный робот для поиска повреждений газопроводных труб

Корпус. Отлит из ABS-пластика. Полностью герметичный.

Тип питания. 18650

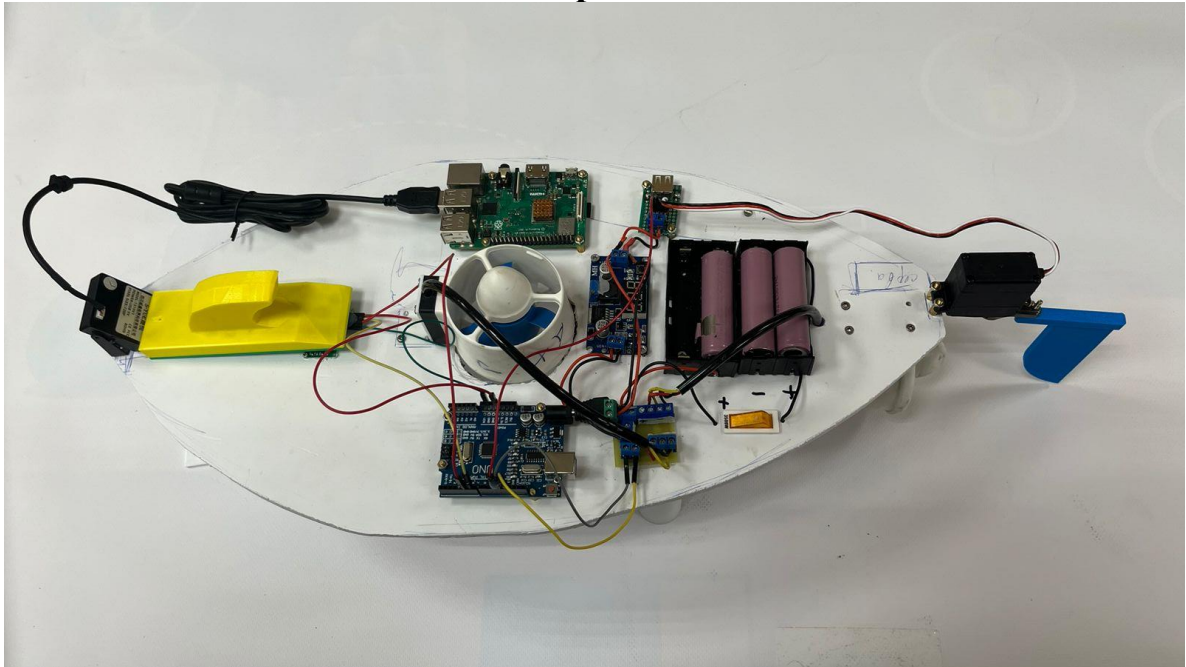
Функционал. Обнаружение повреждений нефте-газопроводных труб под водой. Мониторинг осуществляется с помощью камеры и записывает в память робота, показания с датчика флуоресценции также записываются в память робота.

Источники питания. 3S1P, 18650.

Наше решение

Наш робот полностью автоматизированное устройство, он должен помогать людям найти визуальные повреждения труб. Робот будет работать под водой и плавать рядом с трубами.

Фото прототипа



Код программы Движение робота

```
#include <Ultrasonic.h> //Подключение нужных библиотек
#include <Servo.h>
#include <FastLED.h>
#define LED_PIN1 2
#define NUM_LEDS 8
CRGB leds1[NUM_LEDS];

Servo myservoS; //сервопривод руля
Servo myservoD; //двигатель глубины
Servo myservoF; //двигатель по курсу
Ultrasonic ultrasonic(6, 5);
int distance;
int i = 0;

#define STRIP_PIN 2 // пин ленты
#define NUMLEDS 25 // кол-во светодиодов
#define COLOR_DEPTH 3 // глубина цвета
#define LED_PIN1 2 // пин, в который подключена лента
#define NUM_LEDS 8 // кол-во светодиодов в ленте

void setup() {
  FastLED.addLeds<WS2812, LED_PIN1, GRB>(leds1, NUM_LEDS);
  Serial.begin(9600);
  Serial.begin(115200);
```

```

myservoS.attach(11); // порт сервопривода руля
myservoD.attach(13); // порт движителя глубины
myservoF.attach(12); // порт движителя по курсу
myservoS.write(90); // поворот сервопривода руля на 90 градусов
delay(5000);
while (Serial.available() == 0) {

}
distance = ultrasonic.read(); // анализ полученного с датчика расстояния
while (i < 50) {
    distance = ultrasonic.read();
    if (distance < 15) {
        i++;
    }
    else {
        i = 0;
    }

    myservoD.writeMicroseconds(2000); // включение движителя глубины

}
myservoD.writeMicroseconds(1500); // выключение движителя глубины

}

void loop() {
    myservoF.writeMicroseconds(2000); // включение движителя по курсу
    if (Serial.available() > 0) { // ждём данных от Raspberry PI
        String data = Serial.readStringUntil('$');
        int U = data.toInt();
        myservoS.write(U);
        for (int i = 0; i < 8; i++) {
            leds1[i] = CRGB(255, 255, 255); // включение светодиодов
            FastLED.show();

        }
    }
}
}

```

Обработка информации с камеры

```

import cv2 //подключение нужных библиотек
import time
import RobotAPI as rapi
import numpy as np

```

```

import serial

port = serial.Serial("/dev/ttyS0", baudrate=115200, stopbits=serial.STOPBITS_ONE)
#UART
robot = rapi.RobotAPI(flag_serial=False)

robot.set_camera(100, 640, 480)      #Настройка камеры
fps = 0
fps_count = 0
t = time.time()
centrX = 0      #Объявление переменных
centrY = 0
e = 0
U = 0
Kp = 0.5

while 1:
    fps_count += 1
    if time.time() > t + 1:
        fps = fps_count
        fps_count = 0
        t = time.time()

    frame = robot.get_frame(wait_new_frame=1)
    x1 = 0
    x2 = 640
    y1 = 0
    y2 = 480
    datchik = frame[y1:y2, x1:x2]      #Обработка изображения с камеры
    cv2.rectangle(frame, (x1, y1), (x2, y2), (255, 0, 0), 2)
    hsv = cv2.cvtColor(datchik, cv2.COLOR_BGR2HSV)
    low_green = np.array([70, 50, 60])
    up_green = np.array([105, 185, 150])
    mask_green = cv2.inRange(hsv, low_green, up_green)
    _, contours, hierarchy = cv2.findContours(mask_green, cv2.RETR_TREE,
cv2.CHAIN_APPROX_NONE)
    xc, yc, wc, hc = 0, 0, 0, 0
    for c in contours:
        area = cv2.contourArea(c)
        if area > 500:
            x, y, w, h = cv2.boundingRect(c)
            if w * h > wc * hc:
                xc, yc, wc, hc = x, y, w, h
    if wc > 0:      #Поворот сервопривода
        cv2.rectangle(datchik, (xc, yc), (xc + wc, yc + hc), (0, 255, 0), 2)

```

```

centrX = (2 * xc + wc) / 2
e = round((320 - centrX) * 0.6)
U = round((e + 160) * 0.5)
message = str(U) + '$'
port.write(message.encode("utf-8"))
cv2.rectangle(frame, (0, 0), (100, 150), (0, 0, 0), -1)
robot.text_to_frame(frame, "X: " + str(xc), 10, 40)
robot.text_to_frame(frame, "Y: " + str(yc), 10, 60)
robot.text_to_frame(frame, "W: " + str(wc), 10, 80)
robot.text_to_frame(frame, "H: " + str(hc), 10, 100)
robot.text_to_frame(frame, "E: " + str(e), 10, 120)
robot.text_to_frame(frame, "U: " + str(U), 10, 140)
# if wc > 10:
#   robot.text_to_frame(frame, "YES", 590, 110)
# else:
#   robot.text_to_frame(frame, "NO", 590, 20)
# cv2.drawContours(datchik, contours, -1, (0, 255, 0), 2)
robot.text_to_frame(frame, "FPS: " + str(fps), 10, 20)
robot.set_frame(frame, 40)

```

#Отправка поворота сервоприводу
#FPS

Описание работы макета

Для начала работы робота нужно его включить и опустится под воду, после того как робот окажется в воде, он будет спускаться вниз до тех пор пока он не увидит газо-нефтепроводную трубу. После того как робот по датчику глубины определил, что он находится над трубой, он двигается прямо и сканирует поверхность трубы датчиком флуоресценции вещества и его показания записывает в память робота, а также записи с камер он сохраняет в свою память.

Смета

Наименование	Цена	Количество	Изображение	Итого
Одноплатный компьютер Raspberry Pi	13 176 тыс.руб	1		13 176 тыс.руб
Холдер для батареек 18650	45 руб.	2		45 руб.
USB Видеокамера	107 руб.	1		107 руб.

Двигатель MUR Thruster 140	11 585 руб.	2		23 170 руб.
Сервопривод TowerPro MG996R	621 руб.	1		621 руб.
Ардуино UNO	640 руб.	1		640 руб.
Стабилизатор напряжения LM2596S	144 руб.	1		144 руб.
Выключатель с подсветкой	239 руб.	1		239 руб.
Датчик давления MUR Depth sensor	10 000 руб.	1		10 000 руб.
Датчик флуоресценции вещества	13 943 руб.	1		13 943 руб.
Всего потрачено:	62 085			62 085

Макет

Получив недостающие компоненты, мы приступили к разработке макета. Создание макета включает в себя следующие шаги:

1. Разработка схемы – первым делом мы разработали схему в среде EasyEDA, по основе которой будет работать наш макет.

2. Сборка макета – после разработки схемы мы вырезали основы для нашего макета из ПВХ. Далее мы разместили все компоненты и прикрутили их к корпусу.
3. Проверка схемы – после того, как мы сделали макет, мы начали проверять правильность подключения и наличие проблем со схемой, используя мультиметр.
4. Тестирование компонентов на макете – мы протестировали каждый компонент на макете, чтобы убедиться в их работоспособности и эквивалентности тех, которые будут использованы в реальном прототипе.
5. Устранение проблем – в процессе тестирования выявляли проблемы, устраняли и повторяли проверку.

Электрическая схема

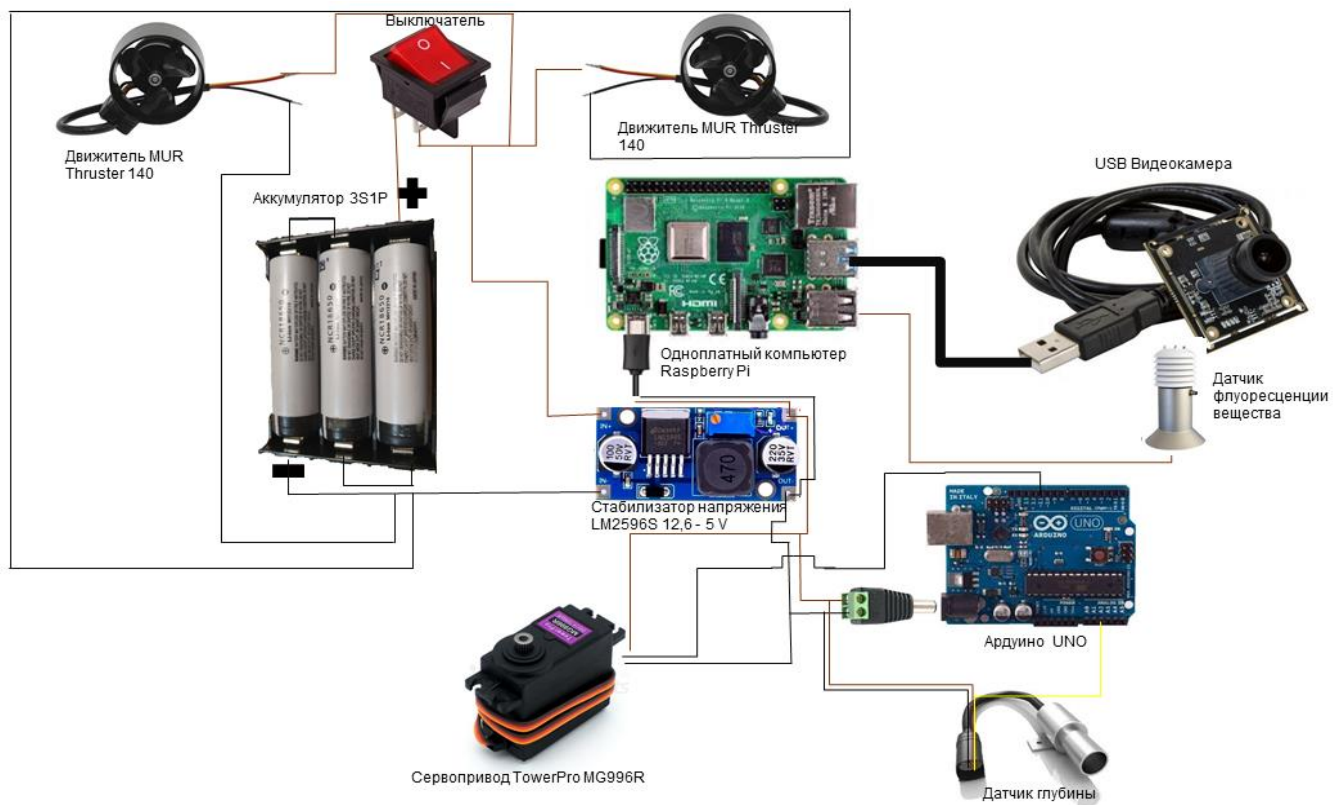


Таблица 3. Аварии на подводных газопроводах

Дата аварии	Дата исправления	Время потраченное на обнаружение	Время потраченное на исправление	Место	Ущерб	Причина	Ссылки
13.02.2023	13.02.2023	1 час	40 минут	Мышкинский муниципальный район Ярославской области	никто не пострадал	разрыв в соединении береговой и подводной частей газопровода	https://ria.ru/20230213/avarii-1851825840.html
06.09.2022	нет. проект заморожен	20 часов	нет. проект заморожен	Дания, рядом с островом Борнхольм	никто не пострадал, однако компании был нанесен существенный материальный ущерб	не установлена	https://ria.ru/20220928/avarii-1820016324.html
01.11.2021	03.11.2021	15 часов	2 дня	Болгария	никто не пострадал, однако компании был нанесен существенный материальный ущерб	изношенная инфраструктура	
31.10.2021	01.11.2021	5 часов	1 день	Мексика, Сан-Пабло-Сочимеуакан	повреждены несколько десятков домов. В результате ЧП погибли четыре человека, семь человек получили ожоги и были госпитализированы	незаконная врезка для забора газа	
03.07.2021	03.07.2021	36 часов	10 ч. 30 мин.	Мексиканский залив	произошел подводный. Жертв и пострадавших нет	неисправность одного из клапанов	

13.06 2021	не восстано влено	10 часов	не восстановлено	ГГ. Шянь, китайская провинция Хубэй	12 человек погибли и еще 138 пострадали	не установлена
09.01 2021	19.01 2021	20 часов	10 дней	Полтавская область Украины	После аварии без газа остались 17 населенных пунктов. Жертв и пострадавших нет	разгерметизация
22.06 2019	31.06 2019	2 часа	9 дней	Штат Ривер (юг Нигерии)	погибли десять человек	расследуется
18.01 2019	20.01 2019	48 часов	2 дня	Мексиканский штат Идальго	<u>погибли 134 человека,</u> <u>из них 68 – на месте</u>	незаконная врезка для забора газа
10.11 2018	10.12 2018	12 часов	38 дней	Карагандинская область Казахстана	Пострадали пять человек	сильные динамические нагрузки
14.09 2018	24.09 2018	24 часа	10 дней	Штат Массачусетс	В результате взрывов газа пострадали 13 человек, погиб один подросток	неполадки в сети газовой компании Columbia Gas
15.08 2018	18.08 2018	48 часов	3 дня	Китайская провинция Шаньси	<u>136 человек были</u> <u>госпитализированы,</u> <u>более 100 человек</u> <u>проходили</u> <u>медицинское</u> <u>обследование, среди</u> <u>пострадавших – 18</u> <u>детей</u>	Предполагается, что из-за падения скальных плит

Приложение 3
Таблица 4. Сравнение роботов

Название	TRF-500	ММТ-3000	Робот инспектирующий газопровод(без названия)	jProbe ROVER	REPAIR	Sigma 250A	ГНОМ Про Вектор	Sigma 100D	Наш робот
Тип (макс. 3)	ТНПА, АНПА(3)	АНПА(2)	ТНПА(1)	ТНПА(1)	АНПА(2)	АНПА, ТНПА(3)	ТНПА	ТНПА	АНПА
Стоимость	Цена по запросу	Цена по запросу	Цена по запросу	От 4125000 руб.	Не имеется				
Серийное производство	нет. изготавливается по индивидуальному заказу по настоящее время(2)	продолжается по настоящее время(3)	продолжается по настоящее время(3)	продолжается по настоящее время(3)	Робот на стадии разработки(1)	продолжается по настоящее время(3)	продолжается по настоящее время	продолжается по настоящее время	Имеется только макет
Оборудование	<ul style="list-style-type: none"> • Транспортный модуль TRF-500 • Барабан кабельный основной автоматический с каротажным кабелем • Барабан кабельный дополнительный автоматический с каротажным кабелем • Пост управления • Аккумулятор съемный • Зарядное устройство • Устройство накачки сухим азотом • Комплект сменных колес D 200/ D 250/ D 355 мм • Комплект проставок (расширитель колес) • Комплект WiFi антенн • Комплект соединительных кабелей и кабельных направляющих • Комплект ЗИП(3) 	ГБО 100/500 кГц; профилограф; дополнительное оборудование по требованию заказчика.(1)	<ol style="list-style-type: none"> 1.Самоходная автономная гусеничная платформа. 2. Цифровая цветная автономная видеочамера. 3. Пульт контроля.(2) 	<p>jProbe Rover GT TM RL колесный транспортный модуль для трубопроводов диаметром 300–1000 мм</p> <p>Съемный механизм дистанционной регулировки высоты видеокамеры (до 235 мм) с установленной дополнительной светодиодной подсветкой</p> <p>jProbe Rover Control Panel панель управления</p> <p>jProbe Rover Joystick модуль управления с джойстиком</p> <p>jProbe Rover FHD PTZ Сам видеочамера с наклонной/вращающейся головкой</p> <p>Камера заднего вида</p> <p>jProbe Rover Drum 150 автоматический кабельный барабан 150 мм</p> <p>Колесные муфты (колеса вращаются, когда привод отключен)</p> <p>Колеса Ø 101 мм – 6 шт. Колеса Ø 152 мм – 4 шт. Колеса Ø 203 мм – 4 шт. Колеса Ø 250 мм – 4 шт.</p> <p>jProbe Rover IBat внешняя аккумуляторная батарея</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Модуль с колёсами. 2. Аккумулятор. 3. Картографический модуль. 3.1. Оптические сенсоры. 3.2. Лазер. 4. Ремонтный модуль. 4.1. Цилиндрическая насадка.(3) 	<p>Транспортный модуль Sigma 250A</p> <ul style="list-style-type: none"> • Пост управления • Аккумулятор съемный • Зарядное устройство • Устройство накачки сухим азотом • Комплект сменных колес D 93/ D 125 • Комплект проставок (расширитель колес) • Комплект WiFi антенн • Комплект соединительных кабелей и кабельных направляющих(3) 	<p>Подводный аппарат "ГНОМ ПРО V" (рабочая глубина 300 м)</p> <p>6 двигателей (4 горизонтальных, 2 вертикальных расположенных векторно)</p> <p>Кабель-связка 12 мм, 300 м (до 400)</p> <p>Защитная полипропиленовая рама с блоком плавучести и опорами бесплатформенная система ориентации (функция удержания курса, данные отображаются на мониторе)</p> <p>Датчик глубины (функция удержания глубины, данные отображаются на мониторе)</p> <p>2 видеочамеры с сервоприводами наклона</p> <p>Катушка развёртывания кабеля, скользящий контакт</p> <p>Надводный блок управления/питания (береговая станция</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Транспортный модуль наведения 2. Кабельный барабан 3. Кабельный барабан 4. Пост управления 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Одноплатный компьютер Raspberry Pi 2. Аккумулятор 3. Видеокамера 4. Стабилизатор напряжения 5. 2 двигателя 6. Сервопривод 7. датчика флуоресценции вещества

				jProbe Rover Tools набор инструмента(3)			со встроенным персональным компьютером) ЖК монитор 15" Пульт управления, клавиатура, "мышь" Соединительные кабели Ремкомплект Инструкция по эксплуатации		
особенности эксплуатации	внутритрубный(2)	наружный(1)	внутритрубный(2)	внутритрубный(2)	внутритрубный(2)	внутритрубный(2)	наружный	внутритрубный	наружный
Оценка (баллы)	2,5	1,75	2	2,25	2	2,75	4	3	5
	https://taris.ru/uploads/ds/trf-500.pdf	<u>Автономный необитаемый подводный аппарат ММТ-3000</u>	https://1-engineer.ru/roboty-i-v-truboprovodah/	<u>Купить самоходные системы телеинспекции jProbe ROVER с управляемой камерой. Оптовые цены от официального дилера jProbe в России.</u>	https://ritm-magazine.com/ru/news/novosti-otrasli/modulnyy-robot-budet-obsledovat-gazovye-truby-iznutri-i-v-sluchae-neobходимosti	<u>Автономный робот для обследования трубопроводов, коллекторов и коммуникаций (taris.ru)</u>	<u>ТНПА «ГНОМ Про Вектор» для профессионального использования с векторными двигателями (gnomrov.ru)</u>	<u>Телеинспекция трубопроводов диаметром от 100 мм – робот Sigma 100D (taris.ru)</u>	
Оценка									
Критерии	Принцип оценки (баллы)								
Тип	ТНПА - 1. АНПА - 2. АНПА, ТНПА - 3.								
Серийное производство	Робот на стадии разработки - 1. Изготавливается по								

	индивидуальному заказу - 2. Продолжается по настоящее время - 3.								
Оборудование	В зависимости от комплектации и возможностей, которые дает эта комплектация (макс. 3 балла)								
особенности эксплуатации	Наружный - 1. Внутретрубный - 2. Наружный, внутритрубный - 3								