



**Федерация Спортивной и Образовательной  
робототехники**

**Российская Робототехническая Олимпиада 2024**  
**Творческая категория**  
«Роботы и роботизированные системы в нефтегазовой отрасли»

**ОТЧЕТ по проекту «Crash Tracker»**  
**Команда «2D»**  
*Младшая возрастная категория*

**Выполнили:**

Усков Данил, ученик 5 класса

МБОУ СОШ №13

Ивин Даниил, ученик 5 класса

МБОУ СОШ №13

**Руководитель:**

Орлов Юрий Олегович, главный

методист ООО «Центр Развития

Робототехники»

**г. Владивосток**  
**2024**

# Содержание

<b>Аннотация.....</b>	<b>3</b>
<b>О команде.....</b>	<b>4</b>
<b>1 Исследование.....</b>	<b>5</b>
1.1 Введение в исследование.....	5
1.2 Цели и задачи исследования.....	5
1.3 Типы и устройство нефтяных платформ.....	5
1.4 Информация об авариях на морских платформах.....	7
1.5 Обслуживание нефтедобывающих морских платформ.....	7
1.6 Существующие решения.....	8
1.7 Выводы исследования.....	9
<b>2 Разработка решения.....</b>	<b>10</b>
2.1 Общая информация.....	10
2.2 Необходимое оборудование и компоненты.....	10
2.3 Разработка макета.....	11
2.4 Алгоритм работы.....	13
2.5 Общий вид макета.....	13
2.5 Программный код.....	14
<b>3 Актуальность.....</b>	<b>17</b>
<b>4 Источники информации.....</b>	<b>18</b>

## **Аннотация**

Это отчет по проекту команды 2D из Владивостока. По нашей задумке робот должен выполнять фиксацию скрытых в толще воды частей и механизмов морских нефтедобывающих платформ, наиболее подверженных повреждению.

Это поможет предотвратить наступление аварийных ситуаций и снизить расходы на обслуживание.

Объектом исследования в работе является информация об аварийных ситуациях, произошедших на нефтяных платформах и причинах их возникновения.

Целью работы является разработка макета робототехнического решения и алгоритма работы позиционирования робота под водой по акустическим маякам. Задачами работы является сбор и систематизация информации об авариях на нефтяных платформах, причинах наступления и способах их отслеживания и предупреждения.

Результатом работы является создание базы для разработки автономного устройства по мониторингу состояния нефтяных платформ.

## О команде



Наша команда называется 2D, в ней два человека - Усков Данил и Ивин Даниил.

Усков Данил учится в 5Б классе в школе МБОУ СОШ №13. Увлекается чтением, играет в компьютерные игры. Занимается робототехникой 2 года. Изучает LEGO Mindstorms. В команде отвечает за разработку идеи, программирование и создание макета.

Ивин Даниил учится в 5Б классе в школе МБОУ СОШ №13. Увлекается чтением, играет в компьютерные игры, занимается самбо. Занимается робототехникой 2 года. Изучает LEGO Mindstorms. В команде отвечает за дизайн визуальное оформление, 3D моделирование и исследование.

Хотя, мы знакомы со второго класса, объединились в команду мы только в октябре 2023 года. Наши имена похожи и начинаются одинаково поэтому мы решили назвать команду 2D.

Мы участвовали в региональном этапе РРО и заняли первое место.

Также в январе мы участвовали в Робофесте и заняли номинацию «Лучшая рефлексия».

Наша команда выражает благодарности: Центру развития робототехники за предоставленную материальную базу, сети магазинов ДНС за финансовую поддержку, проекту МУР (Центр робототехники) за информационную поддержку.

# 1 Исследование

## 1.1 Введение в исследование

Мы решили остановиться на теме роботов в нефтегазовой промышленности. Так как наш город расположен на берегу моря, мы решили связать наш проект с морской добычей нефти. Сперва мы начали искать информацию в интернете о способах добычи нефти на континентальном шельфе. Мы нашли несколько видеороликов о катастрофах на морских платформах. И после их просмотра, мы решили, что наш проект будет посвящен улучшению безопасности на морских платформах.

## 1.2 Цели и задачи исследования

После того как мы определились с направлением нашей работы мы сформулировали цель исследования: подтвердить предположение, что контроль за состоянием нефтедобывающих морских платформ производится вручную (людьми), что влияет на аварийность.

Задачи исследования:

- 1) Узнать какими способами проводится обслуживание нефтедобывающих морских платформ.
- 2) Выяснить что влияет на аварийность, слабые места.
- 3) Найти примеры аварий произошедших из-за человеческого фактора или опущений в обслуживании.
- 4) Найти существующие роботизированные решение проблемы.

## 1.3 Типы и устройство нефтяных платформ



стационарные



свободно закрепленные



полупогружные (разведочные, буровые и добывающие)



самоподъемные буровые



с растянутыми опорами

Любая нефтяная платформа состоит из четырех основных частей - корпуса, якорной системы, буровой палубы и буровой вышки. Корпус нефтяной платформы представляет собой огромный понтон треугольной или четырехугольной формы. Его поддерживают на плаву шесть огромных колонн, наполненных воздухом. На корпусе закреплена буровая палуба, которая по размерам превышает футбольное поле.

Палуба отличается большой прочностью, чтобы выдерживать массу буровой установки, вертолетной площадки, нескольких кранов и другого оборудования. Над буровой палубой, примерно на высоте 10-15 этажного дома, возвышается буровая вышка, которая поднимает и опускает бур.

Также в нефтедобывающей отрасли стали использоваться «цифровые месторождения». Это полномасштабные виртуальные двойники, которые в режиме реального времени собирают и анализируют информацию со всех объектов на промысле, моделируют технологические процессы, контролируют состояние оборудования, передвижение транспорта и персонала. Любое «цифровое месторождение» состоит из нескольких модулей: добыча, подготовка, перекачка нефти, персонал, транспорт, механизированный фонд скважин, ремонты, промышленная безопасность и т.п. От датчиков, которыми оснащены реальные объекты, сведения поступают на промышленные контроллеры, обрабатывающие их и передающие в центр интегрированных операций.

## 1.4 Информация об авариях на морских платформах



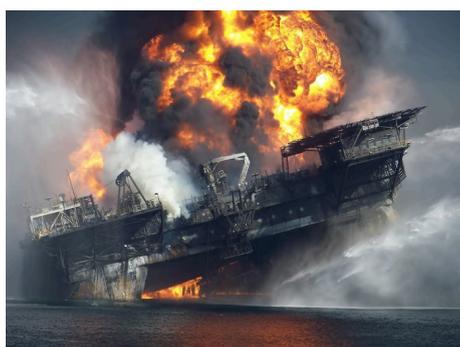
1. Авария из-за усталости материала на норвежской платформе Александра Килланда. Произошла в марте 1980 года в Северном море, на нефтяном месторождении Экофиск.

В результате чего погибли 123 человека.



2. Трагедия при нефтедобыче на платформе «Пайпер Альфа». Произошла 6 июля 1988 г. вблизи побережья Шотландии. В результате ошибки технического персонала произошел мощный взрыв.

Из-за пожара погибли 167 человек.



3. Взрыв на буровой платформе «Глубоководный горизонт» 20 апреля 2010 года в Мексиканском заливе.

11 человек погибли, 17 получили ранения. Платформа затонула. Нефть из поврежденной скважины поступала в залив 87 дней.



4. Катастрофа на платформе Mumbai High North 27 июля 2005 года в Аравийском море.

Авария вызвала значительный разлив нефти и потерю добычи в 120 000 баррелей нефти и 4,4 миллиона кубических метров газа в день.

## 1.5 Обслуживание нефтедобывающих морских платформ

Морские платформы функционируют в очень тяжелой среде. Высокие волны, штормы, перепады температур, морское обрастание, значительные нагрузки и трение приводят к быстрому износу узлов и механизмов. Они подвергаются коррозии и разрушению.

Экспертиза нефтяной платформы заключается как в ее комплексном исследовании на работоспособность, так и в исследовании составляющих ее частей. С помощью инженерно-технического исследования определяются причины возникновения поломок, неполадок и неисправностей.

Исследование нефтяной платформы относят к инженерно-техническим экспертизам. Оно производится компетентным лицом-специалистом, обладающим специальными знаниями в данной области (судебным инженерно-техническим экспертом), что позволяет ему эффективно решать возникающие из поставленных перед ним вопросов задачи.

А контроль состояния нефтяной платформы обычно выполняют рабочие, которые традиционно спускаются на тросах, причем даже в ветреную погоду, чтобы визуально определить степень износа конструкций. Однако делать это абсолютно необходимо.

Платформы - это огромные металлические структуры в большом объеме морской воды. И поэтому они сильно ржавеют, особенно в Северном море, где буровые установки, разработанные, чтобы эксплуатироваться 20 лет, работают более 40. В них все время возникают трещины из-за воздействия волн, и эти трещины должны быть зафиксированы и скреплены.

## **1.6 Существующие решения**

*Система мониторинга конструкций нефтяной платформы (СМИК)* - это интеллектуальное решение, представляющее собой аппаратно-программный комплекс, который осуществляет мониторинг нефтяных платформ (морских нефтегазопромысловых сооружений, буровых установок), для определения и предсказания момента перехода на предельно допустимые значения по наиболее характерным типам нагрузок.

1-ая задача: Контроль параметров колебания водной массы (морские, либо океанические волны), которые не только оказывают давление на конструкции, но и могут приводить к сверхнормативным нагрузкам вследствие резонансных колебаний).

В решении используются 3х-координатных акселерометры, с помощью которых измеряются собственные частоты колебаний путем измерения ускорения перемещения (с помощью математической модели вычленяются амплитуды). Если параметры превышают запрограммированные уставки, определяемые по методике и паспорту мониторинга, система автоматически формирует и отправляет в диспетчерскую службу уведомление о превышении предельно допустимых значений.

2-ая задача: Контроль снижения конструктивной жесткости нефтяных платформ.

В решении используются струнные тензометры для измерения напряженно-деформированного состояния конструкций, контроля параметров жесткости и сопряжения элементов сложной конструкции, инклинометры, которые показывают отклонение элементов конструкции от вертикали в двух осях.



*Sky Futures* - это английская компания по разработке дронов для нефтегазовой промышленности.

Методика контроля буровых платформ выглядит следующим образом. На установку присылают оператора и инженера, которые отправляют дрон в полет вокруг платформы, в ходе которого с помощью специальной аппаратуры создается 3D-модель конструкции с фиксацией любых аномалий.

За пять дней такая команда может сделать столько же, сколько делает целая бригада инспекторов за восемь недель. В том числе, может осмотреть факельную стойку для попутного газа, не останавливая ее работы.

Как только данные получены, они анализируются с помощью специально созданных алгоритмов и вместо традиционного бумажного отчета выкладываются на интернет-портал. Каждый дефект обозначается красным, желтым или зеленым цветом в зависимости от степени повреждения. Благодаря лазерному оборудованию дроны *Sky Futures* могут отследить любые трещины и коррозию, а также нанести на карту динамику их развития в течение ближайшего времени. Более того, дроны даже могут зафиксировать утечки газа.

### **1.7 Выводы исследования**

Процесс обслуживания и мониторинга состояния нефтяных платформ - сложный и трудозатратный, проводящийся, как правило, традиционными способами (обследование людьми). Обследование с помощью дронов ускоряет и автоматизирует процесс, однако, не дает представления о состоянии конструкций платформы, скрытых под водой.

Аварии происходящие на нефтедобывающих платформах влекут за собой большие убытки, гибель людей, загрязнение океанов и т.д.

В качестве решения этих проблем мы предлагаем робота, который заменит человека при обследовании мест наиболее подверженных аварии: опор, буровой установки и различных коммуникаций.

## 2 Разработка решения

### 2.1 Общая информация

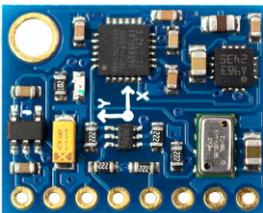
Предлагаемое нами роботизированное решение состоит из двух частей:

1. Акустические маяки, устанавливаемые на частях нефтяных платформ, скрытых водой и требующих периодического наблюдения.
2. Автономный необитаемый подводный аппарат.

Аппарат программируется оператором на проход всех или определенных маяков, затем робот спускается с палубы нефтяной платформы и программа активируется. Аппарат погружается на глубину первого маяка, принимает сигнал от него и начинает движение к маяку. Достигнув цели производит фотофиксацию, после этого, движется к следующему маяку и т.д. Закончив проход всех нужных маяков всплывает на поверхность.

### 2.2 Необходимое оборудование и компоненты

Робот должен состоять из следующих частей и иметь следующее оборудование:

№	Название	Фото	Для чего используется
1	Микрокомпьютер		Для управления работой двигателей, обработки данных датчиков, хранения фотографий и беспроводного подключения
2	Камера высокого разрешения с подсветкой		Для фотофиксации
3	Датчик глубины погружения		Для определения глубины погружения
4	Навигационно-пилотажный датчик		Для определения курса, крена и дифферента

5	Гидрофоны, 3 шт.		Для получения сигналов от маяков, установленных на нефтяной платформе
6	Подводные движители, 4 шт.		Для спуска/погружения и движения под водой
7	Аккумуляторная батарея и зарядное устройство		Для обеспечения питания системы.
8	Герметичный корпус и плавучесть		Плавучесть обеспечивает всплытие на поверхность при неработающих движителях.

### 2.3 Разработка макета

Так как полноценная разработка подводного аппарата сложный процесс и наших навыков явно недостаточно мы решили разработать макет, который продемонстрирует суть нашего решения и алгоритм работы.

Макет состоит из двух частей: модель нефтяной платформы и колесная тележка, выполняющая роль подводного робота.

В модели подводного робота используется:

№	Название	Фото	Для чего используется
1	Колесная тележка на базе Arduino Uno		<p>На тележке установлены:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● плата Arduino Uno;</li> <li>● датчики линии;</li> <li>● драйвер моторов;</li> <li>● бесколлекторные моторы 4 шт.;</li> <li>● пьезодинамик;</li> <li>● светодиоды 2 шт.;</li> <li>● аккумуляторы 18650 2 шт.;</li> <li>● выводы для подключения дополнительных устройств.</li> </ul>

2	Плата Arduino Uno, установленная на тележке		Должна быть синхронизирована с платой платформы и запрограммирована на прием сигналов ультразвуковыми датчиками и управление моторами.
3	Ультразвуковой датчик HC-SR04, 3 шт.		Установлены на тележке. Работает только на приём сигнала. Для снижения уровня ультразвукового шума передатчики закрыты колпачками.
4	Корпус для ультразвуковых датчиков, напечатанный на 3Д-принтере		Датчики устанавливаются на тележке под разными углами, чтобы принимать сигнал и определять направление дальнейшего движения. 3Д модель разработана самостоятельно.
5	Модель подводного робота, напечатанная на 3Д принтере и установленная на тележке		Помогает представить подводного робота и его основные компоненты. Использована 3Д модель <a href="https://www.thingiverse.com/thing:3783682">https://www.thingiverse.com/thing:3783682</a>

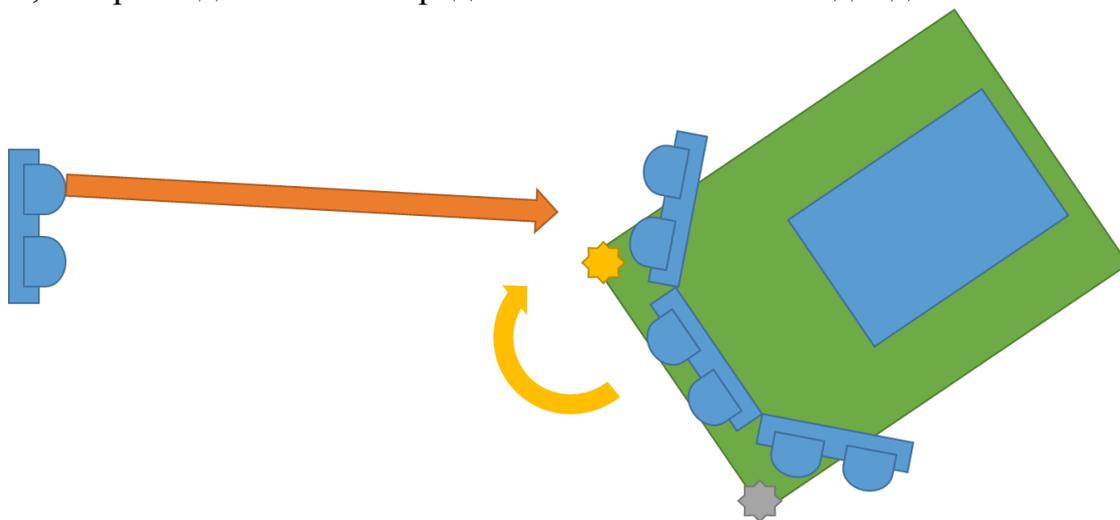
В модели нефтяной платформы используется:

№	Название	Фото	Для чего используется
1	Модель нефтяной платформы, напечатанная на 3Д-принтере		Помогает понять из чего состоит нефтедобывающая платформа. На ней закрепляется ультразвуковой датчик, работающий, как передатчик. Использована 3Д модель <a href="https://www.thingiverse.com/thing:4611980">https://www.thingiverse.com/thing:4611980</a>
2	Плата Arduino Uno, установленная на модели нефтяной платформы		Должна быть синхронизирована с тележкой и запрограммирована на передачу сигнала ультразвуковым датчиком с определенной частотой.
3	Ультразвуковой датчик HC-SR04		Установлен на модели нефтедобывающей платформы. Работает только на передачу сигнала.

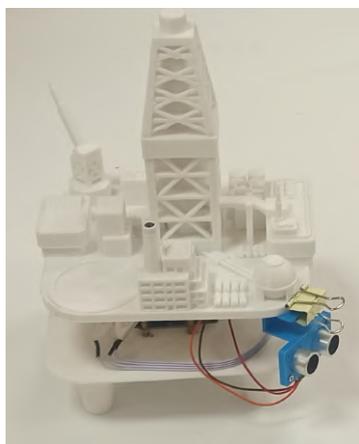
4	Корпус для ультразвукового датчика, напечатанный на 3Д-принтере		Для установки датчика на разных частях платформы. 3Д модель разработана самостоятельно.
5	Кабель		Используется для синхронизации платы тележки и платформы по протоколу UART.

### 2.4 Алгоритм работы

Алгоритм работы построен по принципу релейного регулятора. В случае, если сигнал от маяка получает один из крайних датчиков, робот поворачивает в сторону этого датчика. В случае, если сигнал получает центральный датчик - робот движется вперед. Для наглядности включается один из светодиодов, соответствующий стороне поворота, во время движения вперед включаются оба светодиода.



### 2.5 Общий вид макета



Нефтяная платформа



Колесная тележка с макетом робота

## 2.5 Программный код

Обе платы Arduino Uno запрограммированы в среде Arduino IDE на языке C/C++.

Программный код тележки:

```
MUR_RX | Arduino 1.8.13
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь
MUR_RX$
//машинка
#define LEFT_TRIG 7 //назначение пинов УЗ-датчиков
#define LEFT_ECHO 11
#define CENT_TRIG 9
#define CENT_ECHO 10
#define RIGH_TRIG 19
#define RIGH_ECHO 18

long timeStartSignal, timeEndSignal, lenL, lenC, lenR; //объявление переменных

void setup()
{
  pinMode(2, OUTPUT); //режимы пинов драйвера моторов
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(13, OUTPUT); //режимы пинов светодиодов
  pinMode(12, OUTPUT);
  pinMode(8, INPUT_PULLUP); //режим пина кнопки
  pinMode(LEFT_TRIG, OUTPUT); //режимы пинов УЗ-датчиков
  pinMode(LEFT_ECHO, INPUT);
  pinMode(CENT_TRIG, OUTPUT);
  pinMode(CENT_ECHO, INPUT);
  pinMode(RIGH_TRIG, OUTPUT);
  pinMode(RIGH_ECHO, INPUT);
  Serial.begin(230400);
  while (digitalRead(8) == 1) { //ожидание нажатия кнопки
  }
  if (digitalRead(8) == 0) {
    Serial.print(9); //отправка кода синхронизации с платформой
  }
}

void loop() {
  digitalWrite(LEFT_TRIG, LOW); //включение левого датчика
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(LEFT_TRIG, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
}
```

```

digitalWrite(LEFT_TRIG, LOW);

//получение волны от излучателя и определение расстояния до базы
while (digitalRead(LEFT_ECHO) == LOW); timeStartSignal = micros();
while (digitalRead(LEFT_ECHO) == HIGH); timeEndSignal = micros();
lenL = ((timeEndSignal - timeStartSignal) / 58.00) * 10.00;
constrain(lenL, 0, 300);
if (lenL < 100) {
    digitalWrite (13, HIGH);      //включение левого светодиода
    digitalWrite (12, LOW);
    digitalWrite(2, 1);          //поворот налево
    digitalWrite(5, 0);
    analogWrite(3, 100);
    analogWrite(6, 100);
}

digitalWrite(CENT_TRIG, LOW);    //включение центрального датчика
delayMicroseconds(5);
digitalWrite(CENT_TRIG, HIGH);
digitalWrite(RIGH_TRIG, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(RIGH_TRIG, LOW);

//получение волны от излучателя и определение расстояния до базы
while (digitalRead(RIGH_ECHO) == LOW); timeStartSignal = micros();
while (digitalRead(RIGH_ECHO) == HIGH); timeEndSignal = micros();
lenR = ((timeEndSignal - timeStartSignal) / 58.00) * 10.00;
constrain(lenR, 0, 300);
if (lenR < 100) {
    digitalWrite (12, HIGH);      //включение правого светодиода
    digitalWrite (13, LOW);
    digitalWrite(2, 0);          //поворот направо
    digitalWrite(5, 1);
    analogWrite(3, 100);
    analogWrite(6, 100);
}

delay(100);                      //задержка для синхронизации

```

## Программный код платформы:

```
MUR_TX | Arduino 1.8.13
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь
MUR_TX$
//платформа
char c = 0;
#define PIN_TRIG 5 // пин УЗ-датчика
#define PIN_ECHO 6
void setup() {
    Serial.begin(230400);
    pinMode(PIN_TRIG, OUTPUT); // режим пинов
    pinMode(PIN_ECHO, INPUT);
}

void loop() {
    //получение кода синхронизации с роботом
    if (c == '9') {
        digitalWrite(PIN_TRIG, LOW); //отправка УЗ-волны
        delayMicroseconds(5);
        digitalWrite(PIN_TRIG, HIGH);
        delayMicroseconds(10);
        digitalWrite(PIN_TRIG, LOW);
        delay(100);
    }
    else {
        //ожидание кода синхронизации с роботом
        c = Serial.read();
    }
}
```

### 3 Актуальность

14.03.2024 года мы ездили в Тихоокеанский океанологический институт имени В. И. Ильичёва ДВО РАН, рассказали о своём проекте, задали интересующие нас вопросы и получили на них ответы.



В нашей встрече принимали участие:

- Шакиров Ренат Белалович, доктор геолого-минералогических наук, заместитель директора, заведующий лабораторией;

- Уланова Ольга Анатольевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, лаборатория гидрохимии;

- Якимов Тимур Сергеевич, младший научный сотрудник,

лаборатория газогеохимии;

- Легкодимов Алексей Александрович, младший научный сотрудник, лаборатория комплексных исследований окружающей среды и минеральных ресурсов;
- Салюк Павел Анатольевич, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией, лаборатория спутниковой океанологии и лазерного зондирования;
- Пономарева Анна Леонидовна, кандидат биологических наук, лаборатория комплексных исследований окружающей среды и минеральных ресурсов;
- Барабанщиков Юрий Александрович, научный сотрудник, лаборатория гидрохимии.



Узнали о типах и устройстве нефтяных платформ, об особенностях обслуживания и наиболее подверженных повреждениям местах. В настоящее время массово производимых роботизированных решений не существует, все решения находятся в стадии прототипов.

## 4 Источники информации

1. Самые фатальные и дорогостоящие нефтяные катастрофы [Электронный ресурс] // FINGRAMOTA.ORG URL: <https://fingramota.org/teoriya-finansov/rynki/item/3418-samye-fatalnye-i-dorogostoyashchie-neftyanye-katastrofy>
2. Оборудование морских платформ для добычи нефти [Электронный ресурс] // VILS.RU URL: <https://vils.ru/articles/oborudovanie-morskikh-platform-dlya-dobychi-nefti>
3. Экспертиза нефтяной платформы [Электронный ресурс] // Созидание, экспертно-научный центр URL: <https://sozex.ru/jekspertiza-neftjanoy-platformy>
4. Дроны спасут буровые платформы от разрушения [Электронный ресурс] // Национальная ассоциация нефтегазового сервиса URL: <https://nangs.org/news/upstream/drony-spasut-burovye-platformy-ot-razrusheniya-1527>
5. Система мониторинга конструкций нефтяной платформы [Электронный ресурс] // СМИС Эксперт URL: <https://smis-expert.com/sistema-monitoringa-konstruktsiy-neftyanoy-platformy>