

Водные робототехнические системы

2022/23 учебный год

Заключительный этап

Инженерный тур

Общая информация

Инженерный тур посвящен решению задач промышленной робототехники, а именно разработке системы диагностики подводного трубопровода в Арктической зоне с применением лазерных технологий и компьютерного зрения. В рамках инженерного тура участникам потребуется создать специальное устройство для сервисного подводного робота, которое поможет правильно определить повреждение на исследуемом участке. Также команде будет нужно настроить аппарат на проведение диагностики состояния подводного трубопровода с использованием алгоритмов компьютерного зрения и знаний из теории автоматического управления.

Результатом решения задачи являются разработанные маяк и ремонтная муфта для устранения повреждений трубопровода а также алгоритм управления подводным аппаратом и программа классификации обломков.

Легенда задачи

В одной из секций подводного трубопровода зафиксирована утечка. Для организации ремонта компания N предлагает использовать подводные аппараты. С помощью подводных аппаратов предполагается выполнить следующие задачи : обнаружение повреждения, установка маяка в месте повреждения, ремонт участка, классификация обломков труб.

Данные работы невозможно провести без дополнительных устройств. В этот раз команде инженеров необходимо предоставить проект ремонтной муфты и маяка.

Для реализации задачи команда получает набор комплектующих для конструирования и электроники и доступ к рабочей зоне с необходимым оборудованием, инструментами и расходными материалами.

Требования к команде и компетенциям участников

Количество участников в команде: 3–4.

1. Конструктор: разрабатывает муфту и сборочный чертеж к ней. (работа в САПР, работа с инструментами для обработки материалов).
2. Электронщик: разрабатывает маяк и принципиальную электрическую схему (проектирование плат, пайка) .
3. Программист компьютерного зрения: пишет программу для классификации обломков. (работа с OpenCV, Python).
4. Программист микроконтроллеров: пишет программу для автономного прохождения трубы, сброса маяка и обнаружения повреждения (программирование микроконтроллеров, Arduino IDE, регуляторы).

Оборудование и программное обеспечение

Для успешного выполнения задач заключительного этапа необходимо установить следующее ПО

№	Наименование	Назначение
1	Arduino IDE https://www.arduino.cc/en/software	Программирование подводного аппарата
2	MUR IDE https://murproject.com/documents/17/murIDE.exe	Решение задачи распознавания подводных объектов (рекомендуется)
3	САПР (например, SolidWorks и др.)	Подготовка конструкторской документации

Все электромонтажные и конструкторские работы будут выполняться в специальной рабочей зоне.

В рабочей зоне будут расположены необходимые инструменты и оборудование для осуществления электромонтажа (паяльные станции, расходные материалы, источники питания и т. д.) и для выполнения работ по конструированию (режущие инструменты, шлифовальные, измерительные и т. д.). В рабочей зоне будет размещен стол с дополнительными комплектующими и крепежом, которые могут быть использованы для решения задачи на усмотрение участников.

Также для выполнения задачи понадобится ноутбук. Также команда может привезти с собой собственный набор комплектующих для выполнения задания.

Список оборудования и инструментов представлен ниже.

№	Наименование	Кол-во
1	Блок питания с функцией ограничения тока	1
2	Паяльная станция с регулировкой температуры	5
3	Термостойкие коврики	5
5	Мультиметр	5
6	Стриппер	5
7	Пинцет	5
8	Кусачки	5
9	Плоскогубцы	5
10	Термоклеевой пистолет	5
11	Шуруповерт	2
12	Напильник	2
13	Линейка	10
14	Штангенциркуль	4
15	Отвертки (плоская, крестовая)	10
16	Рулетка	2
17	Молоток	2
18	Канцелярский нож	10

Для выполнения задания заключительного каждая команда получает набор комплектующих от разработчиков профиля. Не рекомендуется приступать к использованию компонентов до объявления задания. Команда полностью несет ответственность за сохранность своего набора до начала заключительного этапа.

1. Набор электроники.

№	Наименование	Кол-во
1	Пьезоизлучатель активный	1 шт.
2	Транзистор биполярный BC547	3 шт.
3	Конденсатор электролитический 10 мкФ	2 шт.
4	Набор резисторов	1 шт.
5	Набор конденсаторов керамических	1 шт.
6	Светодиод синий	1 шт.
7	Светодиод красный	1 шт.
8	Геркон	1 шт.
9	Таймер NE555	1 шт.
10	Плата макетная	1 шт.
11	Источник питания CR2032	2 шт.
12	Капсула для маяка	1 шт.

2. Набор конструирования.

№	Наименование	Кол-во
1	Петля маленькая	2 шт.
2	Ремонтная муфта ПП	2 шт.
3	Микро-кольцо 5 мм	4 шт.
4	Кольцо 17 мм	1 шт.
5	Заводное кольцо	10 шт. (упк)
6	Цепь алюминий	1 м
7	Цепь сталь	1 м
8	Клей ABRO эпоксидный	1 шт.
9	Секунда клей	2 шт.
10	Изолента	1 шт.
11	Шпилька	1 шт.
12	Перчатки	10 шт.
13	Грузы	8 шт. (уп) + 2
14	Потай МЗ-6	4 шт.
15	Потай МЗ-10	10 шт.

Описание задачи

Ваше задание:

- Разработать два устройства для проведения ремонта подводного трубопровода:
 - Световой маяк, который необходимо сбросить около места повреждения.
 - Ремонтная муфта, которая должна полностью перекрывать поврежденный участок.
- Разработать программу для автономного движения аппарата вдоль трубы и автоматического сброса маяка.
- Разработать программу классификации видов обломков.
- Выполнить миссию. В рамках миссии необходимо пройти вдоль трубы, обнаружить повреждение, сбросить маяк и всплыть, параллельно выполнив обработку видеопотока с подводного аппарата на предмет классификации поврежденных.

Задание разделено на три задачи:

Задача VI.2.5.1. Ремонтная муфта.

Задача VI.2.5.2. Обнаружение повреждения и световой маяк.

Задача VI.2.5.3. Классификация обломков.

Задача VI.2.5.1. Ремонтная муфта (25 баллов)

Из представленных материалов необходимо разработать ремонтную муфту.

Основные требования к конструкции:

- муфта состоит из двух полуколец на общей оси.
- конструкция муфты позволяет перекрыть трещину на трубе (вид трещины будет продемонстрирован в первый день соревнований).
- в конструкции муфты должен быть предусмотрен механизм автоматического закрытия полуколец муфты при достижении трубы. Т. е. при достижении трубы створки муфты смыкаются вокруг неё.
- предусмотрено крепление муфты к карабину балки.
- предусмотрен способ отсоединения муфты от направляющей балки.

При разработке муфты команда должна использовать только компоненты, представленные в наборе и в расходные материалы в рабочей зоне. При нехватке комплектных грузов, команда может использовать собственные груза для баллаستировки конструкции.

Итогом выполнения подзадачи является разработанная конструкция муфты, которая функционирует в воздухе, и воде и чертеж общего вида со спецификацией. При демонстрации работы в воде муфта закрепляется на специальной балке (будет продемонстрирована в первый день соревнований и опускается в воду с помощью неё).

Со списком компонентов можно ознакомиться в разделе Материалы и оборудование.

С порядком оценки работ и критериями оценки можно ознакомиться в разделе Критерии оценивания.

Решение

Результатом выполнения задачи является конструкция ремонтной муфты, удовлетворяющая критериям оценки. Далее приведены комментарии разработчиков по поводу создания муфты на основе предоставленных материалов и ожидаемым конструктивным решениям согласно критериям оценки.

№ п/п	Критерий	Баллы
1	<p>Размеры муфты подходят под внешний диаметр трубы.</p> <p>Комментарий: Для соответствия этому критерию на внутренней поверхности муфты диаметром 110 мм в конструкции не должно быть выступающих элементов внутри этого диаметра: <i>элементы могли быть скрыты в углублениях по краям муфты, либо же в местах установки винтов в отверстия на этой цилиндрической поверхности нужно было применять «потайные винты».</i></p>	1
2	<p>Полукольца муфты вращаются вокруг одной оси.</p> <p>Комментарий: <i>имелась в виду геометрическая (воображаемая) ось.</i> В качестве оси вращения команды использовали петли, расположенные соосно (вращение каждой из 2-х петель было вокруг одной оси), можно было использовать шпильку или метрический крепёж в качестве оси вращения.</p>	1
3	<p>Предусмотрено крепление муфты к направляющей балке.</p> <p>Комментарий: Для этого в верхнее звено цепи можно было установить заводное кольцо с подходящим для крепления на карабин внутренним диаметром.</p>	1
4	<p>Закрепленная на направляющей балке муфта удерживается в закрытом состоянии.</p> <p>Комментарий: для соответствия этому критерию можно было симметрично закрепить цепь к муфте и также симметрично расположить грузы. <i>Симметрично относительно плоскости проходящей через ось вращения и точку (заводное кольцо), к которой крепится карабин транспортировочной балки.</i></p> <p>Рычаги (расстояния от оси вращения муфты до точек, где расположены места крепления цепи и грузов к муфте) нужно было рассчитать или подобрать так, чтобы при закреплении муфты к карабину она оставалась в открытом положении.</p>	1
5	<p>Предусмотрен способ закрытия полуколец муфты при достижении трубы.</p> <p>Комментарий: Тут либо те же рычаги и система грузов, либо 4 и 5 критерий можно было выполнить, используя деталь в виде клина, установленную между полумуфтами: эта деталь удерживала бы муфты в открытом положении, а <i>при достижении трубы, при должном внимании к уменьшению трения между этой деталью и полумуфтами</i>, этот клин выскользнул бы из пространства между муфтами, т. к. упёрся бы в трубу, а муфта под действием силы тяжести продолжила движение вниз, освободившись тем самым от клиновидной детали.</p>	1

№ п/п	Критерий	Баллы
6	<p>Предусмотрен способ отсоединения муфты от направляющей балки, без дополнительного внешнего воздействия.</p> <p>Комментарий: Для выполнения этого критерия достаточно было развернуть заводное кольцо из критерия 3 и свернуть его в крючок, закрепить на верхнем звене цепи, а также приделать небольшой кусочек плавучего материала к самой верхней точке крючка. Крючок нужно было зацепить на транспортировочный карабин, опускать конструкцию медленно, затем после смыкания муфты вокруг трубы немного быстрее опустить транспортировочную балку вниз так, чтобы карабин выбрался из зацепления крючка, а сам крючок, за счёт того, что на нём есть «поплавок», не успел бы также быстро опуститься вслед за карабином, тем самым произошло бы отсоединение муфты от направляющей балки, без дополнительного внешнего воздействия.</p>	2
Итого		7

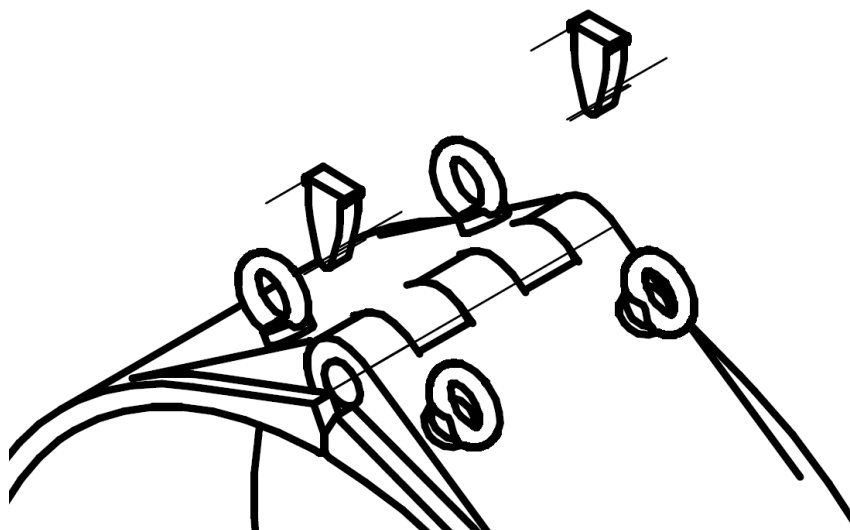


Рис. VI.2.1. Пример клиновидной детали, которая выполняет требования критериев 4 и 5

Варианты муфт участников.



Рис. VI.2.2. Команда Абрикосы



Рис. VI.2.3. Команда Аквакотики

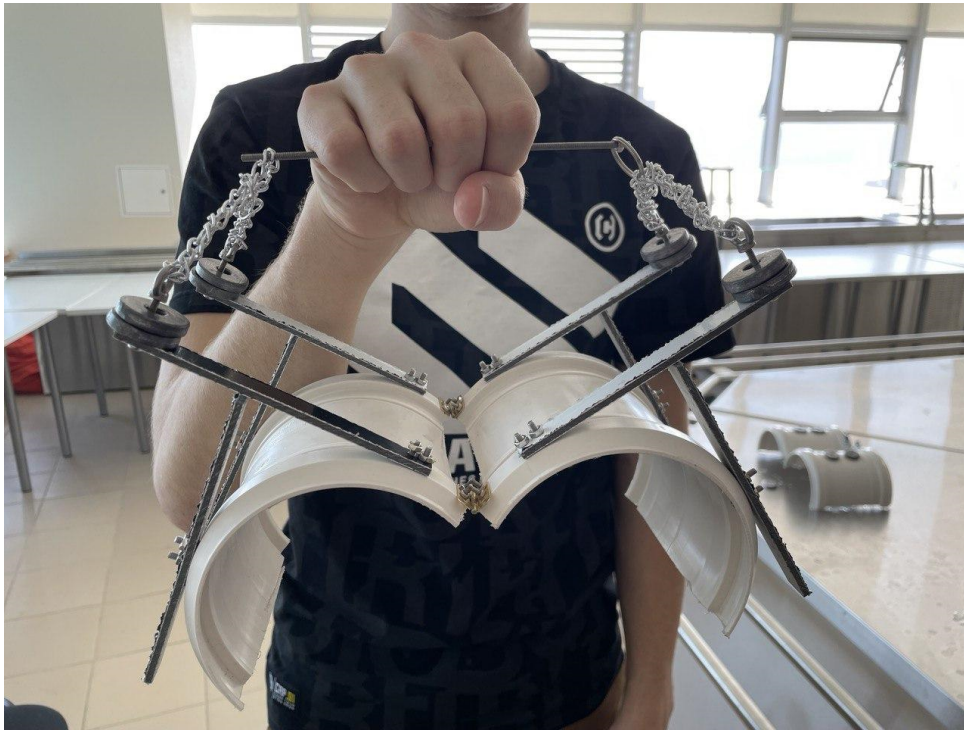


Рис. VI.2.4. Команда Masters of Numbers

Далее представлен чертеж общего вида команды UnderWaterDogs (6,5 баллов из 8) с правками разработчиков в соответствии с критерием 3 листа оценки чертежа. (Предупреждение! Чертеж редактировался в векторном редакторе, поэтому значения габаритных размеров в 2 раза меньше из-за несоответствия масштабу чертежа, а мешающие обозначению размеры грубо закрашены прямоугольником с рамкой, могут быть неточности):

1. Габаритные размеры всей сборки показаны на чертеже красным указателем, сверху вниз соответственно: высота, длина и ширина.
2. Габаритные размеры механизма (системы) удержания муфты в открытом положении указаны зеленым цветом.
(Также указаны: длина, ширина и высота D , $Ш$, B соответственно. Далее для каждой системы без пояснения)
К этой системе отнесены: грузы стальные, т. к. рычаг, на котором они находятся относительно оси вращения полумуфт, явно задействован в этом механизме; и цепь стальную, вплоть до самого верхнего звена.
3. Габаритные размеры механизма (системы), закрывающего муфту при достижении трубы указал фиолетовым.
К механизму отнесены грузы свинцовые.
4. Габаритные размеры механизма (системы) отсоединения муфты от транспортировочного карабина указаны бордовым.
К механизму отмечены шпильку, грузы на алюминиевой цепи, а также верхнее звено стальной цепи и карабин (задействованные в механизме части деталей цепи и карабина попадают в указанные габаритные размеры).

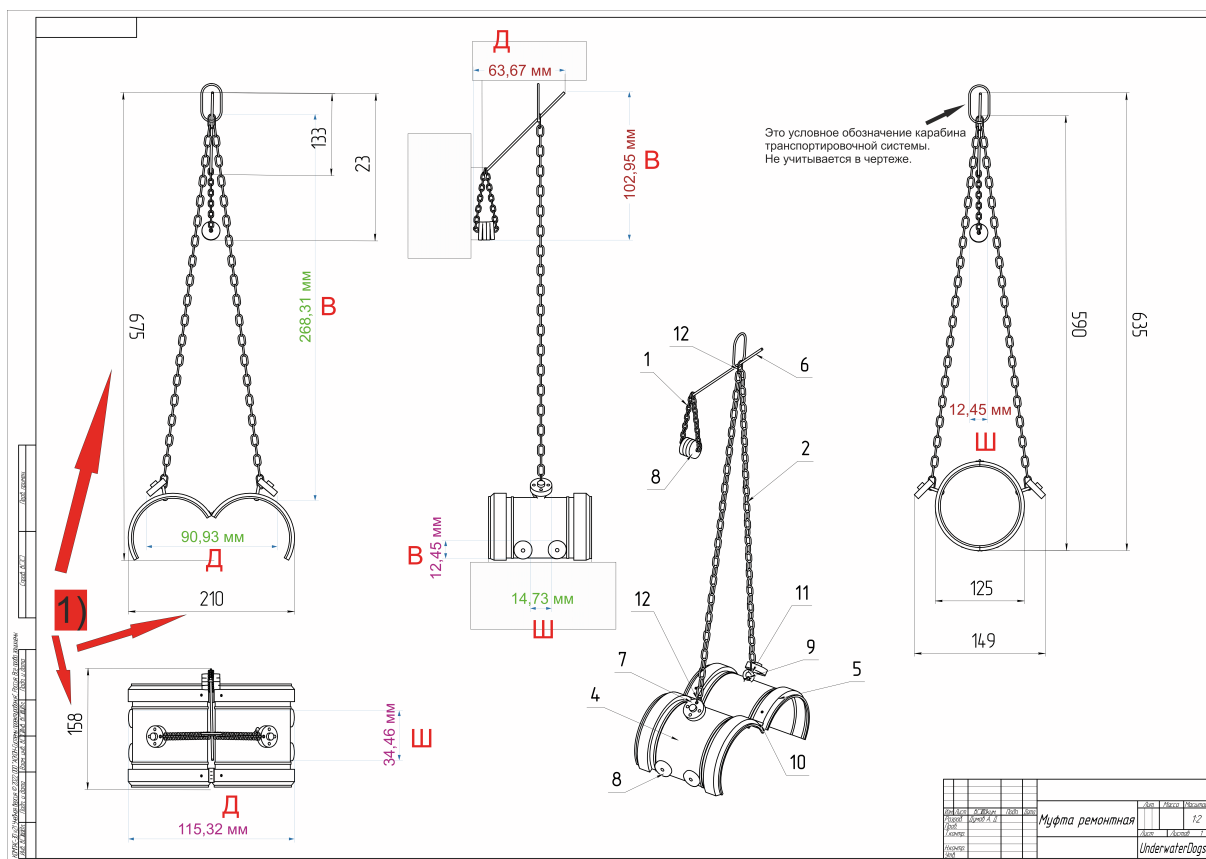


Рис. VI.2.5. Чертёж с примером указания габаритных размеров

Задача VI.2.5.2. Световой маяк и обнаружение повреждения (50 баллов)

Световой маяк

Из представленных материалов необходимо собрать световой маяк.

Маяк представляет собой устройство с двумя светодиодами и зуммером. При транспортировке маяк находится в выключенном состоянии. Маяк переносится в манипуляторе подводного аппарата, оснащённым магнитным держателем. После сброса маяка, он начинает мигать и издавать звуковой сигнал. Для разработанного устройства необходимо оформить принципиальную электрическую схему.

Требования к маяку:

- наличие двух светодиодов и зуммера;
- запуск с помощью геркона;
- при включении маяка светодиоды начинают мигать попеременно. Частота не регламентируется, однако попеременное включение светодиодов должно быть различимо невооруженным взглядом и определяться однозначно;
- зуммер должен подавать прерывистый сигнал (частота не регламентируется). Когда загорается первый светодиод зуммер включается, когда загорается второй — выключается.

Со списком компонентов можно ознакомиться в разделе «Материалы и оборудование». Результатом выполнения задачи является принципиальная схема маяка и

маяк, который функционирует и на воздухе и в воде.

Работа будет оцениваться до герметизации (проверка функционирования маяка на воздухе) и после герметизации (выполнение миссии в воде, оценка принципиальной схемы).

Тестирование в воде: маяк перед заплывом устанавливается в манипулятор. На клешне манипулятора установлен магнит. В момент транспортировки маяк должен находиться в выключенном состоянии. Маяк должен начать подавать сигнал только после его сброса. При транспортировке маяк неактивен.

Обнаружение повреждения

Необходимо написать программу для движения робота вдоль трубы (смоделирована белой полосой с желтыми границами). С помощью лазера аппарат должен определить повреждение (смоделировано черной пластиной), сбросить над пластиной маяк и всплыть.

Перед заплывом команда выполняет прошивку подводного аппарата.

Видео, получаемое при прохождении трубы должно быть обработано на предмет классификации осколков труб (задача [VI.2.5.3](#)).

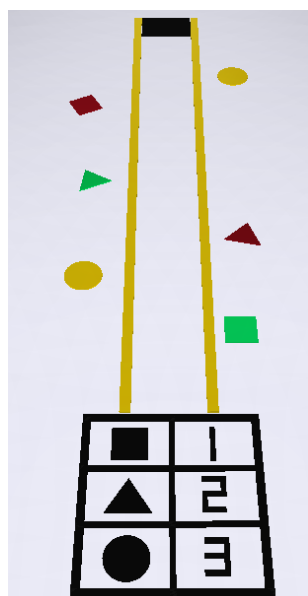
С правилами выполнения миссии можно подробно ознакомиться в критериях оценки.

Описание поля

Поле состоит из белой полосы длиной 3 м и шириной 0,5 м, которая с двух сторон ограничена желтыми полосами. Полоса моделирует трубу с повреждением. В начале полосы располагается таблица для решения задачи [VI.2.5.3](#). На противоположном конце полосы находится черная полоса (положение может меняться).

С двух сторон от трубы расположены таблички с фигурами (треугольник, квадрат, круг) разного цвета (желтый, зеленый, красный), необходимые для решения задачи [VI.2.5.3](#).

Пример расположения макетов представлен на рисунке ниже. Все испытания будут проводиться в воде в реальных условиях.



Информация об аппарате

Подключение устройств

	Периферия	Распиновка Arduino
Servo PWM Motors Servo	Left Motor	12
	Right Motor	5
	Vertical Motor	4
	Camera	7
Manipulator H-Bridge	A	9
	B	10
RS485 Remote	Control	A2
	RX	0
	TX	1
I2C Depth sensor: MS5837 IMU sensor: LSM6	SDA	2
	SCL	3
Laser Software Serial	RX	11
	TX	A1

Бортовая электроника

Плата бортовой электроника основана на Arduino Leonardo. Для программирования платы рекомендуется использовать Arduino IDE.

Подключение библиотек

Для взаимодействия с устройствами необходимо скачать недостающие библиотеки через Менеджер библиотек в Arduino IDE: Скетч → Подключить библиотеку → Управлять библиотеками. . .

Взаимодействие с устройствами

Датчики

На шине I2C (пины 2 и 3) подключены два датчика:

- Датчик давления для определения глубины: BlueRobotics MS5837 30BA. Рекомендуемая библиотека: BlueRobotics MS5837 Library https://github.com/bluerobotics/BlueRobotics_MS5837_Library.

-
- Датчик навигационный: HW-663 LSM6DS3. Рекомендуемая библиотека: LSM6 <https://github.com/pololu/lsm6-arduino>.

Для работы с I2C необходима библиотека Wire.

Лазерный сенсор

Лазерный сенсор подключается через интерфейс UART, при этом связь односторонняя (только прием данных). Скорость передачи данных (baudrate) составляет 9600. Для взаимодействия с лазером рекомендуется использовать библиотеку SoftwareSerial. Через нее можно получить массив данных, отправляемых с лазера (пин 11).

Пример инициализации подключения к лазерному датчику:

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial laserSerial(11, A1);

void setup() {
  laserSerial.begin(9600);
}
```

Пакет данных представляет собой массив длиной в три байта. Первый и третий байт равны 0xAA и 0xBB соответственно. Они необходимы для определения начала и конца массива полученных данных. Второй байт равен беззнаковому числу от 0 до 255 и отражает значения отправляемые лазером (относительная светлота точки, указываемая лазером).

Номер байта	Значение	Примечание
0	0xAA (170)	Начало пакета
1	0x00...0xFF (0...255)	Значение (светлота)
2	0xBB (187)	Конец пакета

Моторы и сервоприводы

Для работы с моторами и сервоприводом поворотной камерой (на пинах 12, 5, 4, 7) используется библиотека Servo.

Бесколлекторными моторами можно управлять с помощью функции:

```
servo.writeMicroseconds().
```

Эта функция задает ширину импульса управляющего сигнала для моторов и принимает значения от 1000 до 2000 микросекунд:

- 1000 — максимальная тяга в одну сторону (назад),
- 1500 — нейтральное положение, при котором мотор неподвижен,
- 2000 — максимальная тяга в другую сторону (вперёд).

Таким образом, для подачи тяги на движители силы от -100% до $+100\%$ необходимо преобразовать процент силы в значения от 1000 до 2000 мкс, при этом нулю (0%) будет соответствовать значение 1500 мкс.

Обратите внимание, что для успешной инициализации моторов, они должны получать сигнал 1500 мкс в течение как минимум 8 секунд (или более) с момента подачи питания.

Для управления сервоприводом (поворотная камера) можно использовать функ-

цию `servo.write(angle)`, где `angle` — угол, на который должен повернуться сервопривод.

Манипулятор

Для управления манипулятором используется Н-мост на пинах 9 и 10.

Манипулятором можно управлять, подавая сигналы (LOW и HIGH) на цифровые пины. Чтобы открыть или закрыть манипулятор необходимо подать на выходы различающиеся сигналы.

Сигналы, чтобы открыть манипулятор:

```
digitalWrite(9, LOW);  
digitalWrite(10, HIGH);
```

Сигналы, чтобы закрыть манипулятор:

```
digitalWrite(9, HIGH);  
digitalWrite(10, LOW);
```

Нейтральное положение манипулятора, при котором он бездействует:

```
digitalWrite(9, LOW);  
digitalWrite(10, LOW);
```

Результатом выполнения задачи 2Б является код в формате `*.ino`, при загрузке которого подводный аппарат начинает движение согласно заданию.

Решение

Световой маяк

Разработанное устройство должно представлять собой герметичную систему, с запуском с помощью геркона. На манипуляторе подводного аппарата расположен магнит, который удерживает маяк в выключенном состоянии. После сброса маяк, он должен начать мигать светодиодами попеременно и издавать прерывистый звуковой сигнал.

Примеры реализации устройства.





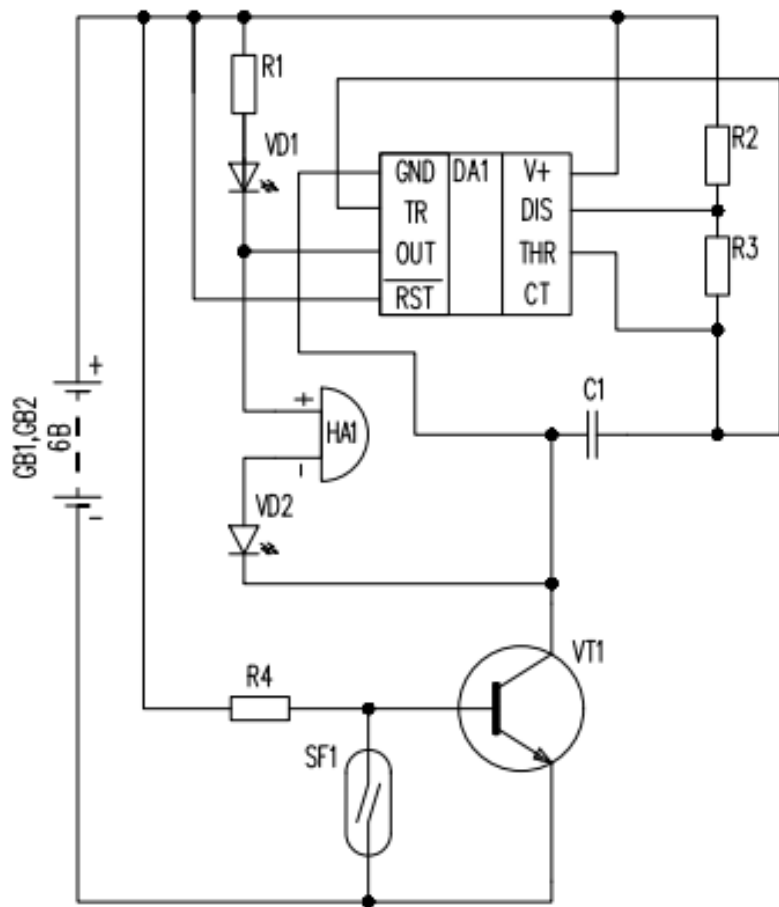
Пример реализации принципиальной схемы (команда ИНЖир, 7 баллов из 7).

Перв. примен.

Справ. No

Взам. инв. № Инв. №: субд. Подпись и дата

Подпись и дата Инв. №: подп.



133

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Горобец		01.02.2023
Проф.				
Н бюро				
Н контр.				
Утв.				

ИНЖир.
Схема электрическая
принципиальная.

Литера	Масса	Масштаб
	-	-
Лист	Листов 1	
НТО		

Перв. примен.	Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
		<u>Микросхемы</u>		
	DA1	Таймер NE555	1	
		<u>Резисторы</u>		
	R1	МЛТ-0,25-1кОм ±10% ГОСТ7113-77	1	
	R2, R4	МЛТ-0,25-20кОм ±10% ГОСТ7113-77	2	
	R3	МЛТ-0,25-220кОм ±10% ГОСТ7113-77	1	
		<u>Конденсаторы</u>		
	C1	Конденсатор 10мкФ	1	
	VD1	Светодиод синий	1	
	VD2	Светодиод красный	1	
Справ. №	SF1	Геркон	1	
	GB1, GB2	Источник питания, батарея кнопочная CR2032 3V	2	
	VT1	Транзистор биполярный прп-типа	1	
	HA1	Зуммер (динамик пьезоэлектрический)	1	
Взам. инв. №				
Инв. №: подл.				
Подпись и дата				
Инв. №: подл.				
1 ПЭЗ				
	Изм	Лист	№ докум.	Подп.
	Разраб.	Горобец		01.03.2023
	Проб.			
	Н.бюро			
	Н.контр.			
	Утв.			
ИНЖир. Перечень элементов.				Литера
				Масса
				Масштаб
				Лист
				Листов 1
				НТО

Формат А

Одним из требований к устройству была его герметичность. Ниже представлен вариант герметизации маяка от разработчиков, на основе которого были подобраны в материалах в комплектах для команд.

Для создания герметичной системы требуется капсула, груз и перчатка.

Алгоритм сборки маяка:

- Открыть капсулу, в крышку положить груз;
- Вырезать из перчатки подходящий под диаметр «крышки» лоскут материала;
- Накрыть крышку с грузом получившейся уплотнительной прокладкой;
- Уложить всю электронику внутри второй (прозрачной) детали капсулы
- Слегка натянуть прокладку, чтобы в момент соединения половинок капсулы не появилось складок;
- Аккуратно, чтобы не повредить электронику, соединить половинки капсулы через прокладку.

Обнаружение повреждения

Для успешного решения поставленной задачи программисту микроконтроллеров было необходимо написать код, выполняющий следующую последовательность действий:

- калибровка датчиков глубины и навигационно-пилотажного датчика;
- ожидание нажатия на одну из кнопок на геймпаде для начала движения;
- начало движения вперед с регуляторами по курсу и глубине;
- параллельно движению было необходимо принимать данные с лазера;
- при обнаружении повреждения лазером открыть и закрыть манипулятор, чтобы сбросить маячок;
- остановка движения вперед и всплытие на поверхность.

Ссылка на архив с кодом: <https://disk.yandex.ru/d/-6pRFgs3eW1Kfg>.

В архиве содержится основной код под названием `nto_arduino_task.ino`. Код содержит краткие пояснения. Остальные файлы в архиве взяты из оригинальной прошивки аппарата и служат для упрощения работы с ним (подать тягу на движители, повернуть камеру и т. д.)

До функции `setup()` происходит подключение библиотек, объявление переменных и констант. В функции `setup()` происходит инициализация констант и датчиков.

Затем в функции `loop()` происходит калибровка датчиков. С датчика глубины и навигационно-пилотажного датчика (а именно с гироскопа по оси z) записываются первые 100 значений, из которых вычисляется среднее арифметическое. Затем полученные значения будут вычитаться из текущих значений с датчиков, чтобы исправить неточности. Как сигнал конца калибровки на вертикальный движитель подается тяга на две секунды.

Вместе с началом калибровки датчиков начинается чтение данных с пульта управления через порт `Serial1`. Когда с пульта приходит значение `buffer[6]`, аппарат начинает движение и получение значений с лазера.

Для получения курса значения с гироскопа по оси z преобразуются в градусы с помощью подобранного коэффициента, то есть состояние покоя определяется диапазоном значений от -400 до 400 , если датчик получил значения больше или меньше этого диапазона, то полученное значение делится на коэффициент 2500 и прибавляется или вычитается из текущего значения градусов.

Для поддержания курса и глубины используется пропорциональный регулятор.

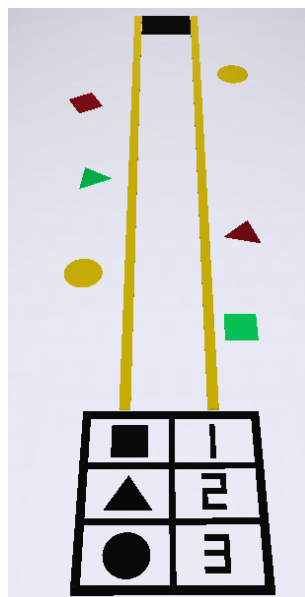
На порт `laserSerial` приходят значения лазера и записываются в список функцией `add_values()`, а затем функция `get_average()` возвращает скользящее среднее для десяти последних значений лазера. Скользящее среднее нужно для того, чтобы точно определить повреждение и не прекратить движение вдоль трубы раньше времени. Движение аппарата прекращается, когда текущее среднее значение лазера в четыре раза меньше, чем максимальное записанное значение лазера.

Когда аппарат прекращает движение манипулятор открывается и закрывается, сбрасывая маячок, затем аппарат всплывает на поверхность.

Задача VI.2.5.3. Классификация обломков (25 баллов)

Выполнить обработку видеопотока, полученного с подводного аппарата. Классифицировать обломки по их принадлежности к одной из труб.

- Выполнить классификацию обломков труб согласно указанной таблице кодировки.
- Необходимо обработать видеозапись прохождения аппарата вдоль трубы. У основания трубы расположена таблица из двух столбцов. Первый столбец — содержит изображение обломка (круг, квадрат, треугольник), второй столбец — код трубы (1, 2, 3). В этой таблице первый столбец неизменяемый, во втором столбце порядок цифр будет меняться.
- На видео прохождения трубы (получается при выполнении задачи [VI.2.5.2](#)) необходимо выделить все обломки и указать, к какой трубе они принадлежат.
- Дополнительно, на видео должен быть отчет в виде таблицы с указанием количества обломков, которые были обнаружены.
- Таблица кодировки определяется судьей перед началом заплыва каждой команды. Положение и количество обломков устанавливается перед началом заплывов и неизменно в рамках одной попытки для всех команд.



Для решения задачи по классификации обломков необходимо обработать видеопоток с камеры аппарата Middle ROV.

Рекомендуемое ПО для работы с видео аппарата: MUR IDE В этой среде разработки вы также можете потренироваться в распознавании объектов во встроенном

симуляторе, предварительно создав сцену для тестирования.

Уроки по машинному зрению в подводной робототехнике: <https://github.com/murproject/lessons>.

Пример получения изображения с камеры.

```
import cv2
# Открываем видеопоток с камеры
cap = cv2.VideoCapture(0)

# Теперь в бесконечном цикле будем читать кадры и отображать в окне
while True:
    # Получаем кадр
    ok, img = cap.read()

    # Если кадр был получен, то выводим его в окне
    if ok:
        cv2.imshow('camera', img)
        cv2.waitKey(1)

    # При ошибке чтения кадра
    else:
        print('camera read error')
        break

# Освобождаем ранее занятый поток
cap.release()
```

Результатом выполнения задачи VI.2.5.3 является код в формате *.py, при выполнении которого видеопоток обрабатывается согласно условию задачи.

Решение

Для успешного решения поставленной задачи программисту компьютерного зрения было необходимо обработать видео с аппарата следующим образом:

1. Распознать классы (цифры) в таблице и соотнести их с обломками (фигурами);
2. Классифицировать обломки, то есть подписать цвета и классы объектов на видео;
3. Вывести итоговую таблицу содержащую три формы обломков и количество обломков каждой формы.

В архиве с материалами есть две папки `data` и `src`. В папке `data` есть видео с примером заплыва `video.mp4`. В папке `data` код с решением `complete_task.py`. Для запуска кода необходимо изменить абсолютный путь в переменных `cap`, `samples` и `responses`. Также код содержит комментарии с пояснениями.

Ссылка на материалы: <https://disk.yandex.ru/d/H8QEX11h8caz4A>.

Для того, чтобы распознать цифры был использован код с открытого ресурса. В архиве есть папка `src`, там есть файл `train.py` для тренировки и `test.py` для теста распознавания цифр на изображения. Эти картинки есть в папке `data` под названием `train.png` и `test.png`. В результате тренировки и теста распознавания

цифр генерируются файлы `generalsamples.data` и `generalresponses.data` в папке `data`.

Основной код находится в папке `src` под названием `complete_task.py`. Там и используются сгенерированные файлы для распознавания цифр. В этом коде содержатся функции для выполнения миссии:

- `find_contours(img, color)` — возвращает контур по цвету в формате HSV
- `detect_shape(drawing, cnt, num, color)` — ищет в найденных контурах соответствие фигурам, а также принимает значения `num` и `color` для подписи объектов на изображении. Возвращает значения только когда фигура проходит в нижней части экрана. Это в дальнейшем понадобится для подсчета фигур.
- `count_shapes(shape_store)` — принимает список фигур, который заполняется в цикле `While` значениями из функции `detect_shape()`. Эта функция считает фигуры в списке и на основе этого увеличивает значение в таблице.
- `digits_recognize(img)` — возвращает список состоящий из трех распознанных цифр. В этой функции и используются файлы `generalsamples.data` и `generalresponse.data`.

В цикле `While` происходит чтение изображения с камеры, затем преобразование перспективы изображения, затем вызов функции `digits_recognize()`. Если эта функция распознала классы обломков далее начинается перебор значений по словарю цветов. Сначала вызывается функция `find_countours()`, если контур найден, то далее вызывается функция `detect_shape()`, полученные значения из которой заносятся в список и когда список равен шести элементам происходит вызов функции `count_shapes()`, а затем очищение списка.

Когда сумма количества фигур в таблице больше пяти перебор значений прекращается.

Также во время выполнения цикла `While` происходит печать текста с подсчетом количества фигур обломков.

Система оценивания

Критерии к задаче VI.2.5.1. Ремонтная муфта

Разработка чертежа общего вида и спецификации

Данный чертеж разрабатывается в соответствии с ГОСТ 2.119-73 и ГОСТ 2.120-73. Однако в целях обучения мы немного упростили требования к нему. И свели их к следующим критериям.

№ п/п	Критерий	Баллы
1	Рамка и основная надпись на заглавной и последующих страницах соответствует ГОСТ	1
2	Представлены изометрия и минимум 3 вида (разрез/вырыв считается за вид, а местный вид или вид с разрывом — нет)	1
3	Указаны габаритные размеры всей сборки и основных механизмов	2

4	Чертеж дополнен спецификацией с рамкой по ГОСТ, разрабатываемые детали и готовые явно отделены, указано корректное количество и номера соответствуют чертежу	2
5	Качество исполнения чертежа 0 — нечитаемо, не соответствует требованиям, 1 — есть вопросы по оформлению, частично соответствует, 2 — 1–2 незначительные ошибки, соответствует требованиям	2
Итого		8

Демонстрация работы конструкции «на воздухе»

№ п/п	Критерий	Баллы
1	Размеры муфты подходят под внешний диаметр трубы	1
2	Полукольца муфты вращаются вокруг одной оси	1
3	Предусмотрено крепление муфты к направляющей балке	1
4	Закрепленная на направляющей балке муфта удерживается в раскрытом состоянии	1
5	Предусмотрен способ закрытия полуколец муфты при достижении трубы	1
6	Предусмотрен способ отсоединения муфты от направляющей балки, без дополнительного внешнего воздействия	2
Итого		7

Демонстрация работы конструкции в воде

№ п/п	Результат	Баллы
1	Муфта остаётся раскрытой до достижения трубы	2
2	При достижении трубы муфта начинает смыкаться вокруг трубы	2
3	Муфта полностью смыкается и охватывает трубу	1
4	Муфта удерживается на трубе после смыкания	2
5	Муфта полностью перекрывает ремонтную область	1
6	Муфта сама отсоединяется от транспортировочной системы (направляющей балки)	2
Итого		10

Критерии к задаче VI.2.5.2. Обнаружение повреждения и установка маяка

Схема электрическая принципиальная

Данная схема разрабатывается в соответствии с ГОСТ 2.702-2011. Однако в целях обучения мы немного упростили требования к ней. И свели их к следующим критериям.

№ п/п	Критерий	Баллы
1	Наличие рамки для заглавного листа в соответствии с ГОСТ 2.104-2006	1
2	Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и не имеют изломов и взаимных пересечений	1

3	Все надписи выполнены шрифтом ГОСТ тип Б	1
4	Схема снабжена перечнем элементов с указанием их номиналов	1
5	Обозначение компонентов соответствует УГО	1
6	Схема соответствует условию задачи	2
Итого		7

Демонстрация работы маяка «на воздухе»

№ п/п	Критерий	Баллы
1	Геркон работает (вкл. маяка выполняется при помощи магнита)	3
2	Светодиоды работают (мигают попеременно)	2
3	Зуммер работает	3
Итого		8

Демонстрация работы аппарата в воде

№ п/п	Критерий	Баллы
1	Аппарат движется по трубе с удержанием курса	10
2	Повреждение обнаружено	5
3	Маяк сброшен 5 — сброшен на черную метку, 3 — сброшен в радиусе 15 см от метки, 1 — сброшен в радиусе 15–30 см от метки	5
4	Всплытие	5
5	Маяк начинает работу после сброса 5 — маяк начинает работу после сброса, 1 — маяк работает в воде согласно требованиям	5
6	Конструкция маяка герметична	5
Итого		35

Критерии к задаче VI.2.5.3. Классификация обломков

№ п/п	Критерий	Баллы
1	Правильно обозначен класс объекта на видео (3 за каждый обломок)	18
2	В конце программы представлена таблица с указанием количества обломков: 5 — таблица есть, количество обломков указано правильно, 3 — таблица есть, неправильно определено количество одной из фигур (отличие на 1 единицу), 1 — таблица есть, ошибка о определении количества двух фигур на единицу или одной фигуры на 2 единицы	5
3	Для каждого объекта указан его цвет	2
Итого		25

Порядок проведения заплывов

1. Разработчики профиля подготавливают расписание тренировок. Команда может записаться в любой слот для тренировки.

-
2. Финальные заплывы проводятся 3 марта.
 3. Перед началом заплыва судья определяет таблицу классификации и расположение табличек с обломками, положение которых не меняется в течение всего заплыва для всех команд.
 4. Каждой команде предоставляется 2 заплыва по 10 минут. В рамках одного заплыва команда имеет право запустить робота один раз.
 5. В итоговый зачет идут баллы, набранные командой за лучший заплыв.
 6. Порядок запуска:
 - 6.1. Перед погружением команда устанавливает маяк в манипулятор.
 - 6.2. Перед погружением команда включает аппарат, загружает свою программу и выполняет калибровку датчиков аппарата на ровной поверхности.
 - 6.3. Запуск робота осуществляется над табличкой с классификацией обломков. Стартовое положение (направление) над табличкой команда может задать самостоятельно.
 - 6.4. Программа должна стартовать по нажатию кнопки на джойстике.
 - 6.5. Миссию робот должен выполнять под водой (т. е. никакая часть робота не должна пересекать поверхность воды). Глубина может быть выбрана участниками самостоятельно.
 - 6.6. Миссия завершается, если робот всплыл на поверхность над черной меткой или по просьбе команды.

Материалы для подготовки

- MUR IDE <https://murproject.com/documents/17/murIDE.exe>.
- Arduino IDE <https://www.arduino.cc/en/software>.
- Практикум профиля Водные робототехнические системы <https://clck.ru/33mcpJ>.
- Видео по подводной робототехнике <https://www.youtube.com/@user-rw6dw7mh5q/videos>.