МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Стабилизация подводного аппарата по глубине**

Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ

по дисциплине

«Проектирование систем управления подводными РТК»

для студентов программ магистратуры



Севастополь

2022

УДК 681.5

**Стабилизация подводного аппарата по глубине:** Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Проектирование систем управления подводными РТК» для студентов программ магистратуры / Разраб. А.А. Кабанов – Севастополь: Изд-во СевГУ, 2022. – 8 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении лабораторных работ, целью которых является приобретение навыков моделирования систем управления подводными РТК.

Методические указания предназначены для студентов программ магистратуры по направлениям 15.04.06 – Мехатроника и робототехника, 27.04.04 –Управление в технических системах.

Рецензент:

В.А. Крамарь, д-р. техн. наук, профессор.

**СОДЕРЖАНИЕ**

[1. Цель работы 4](#_Toc130392434)

[2. Краткие теоретические сведения 4](#_Toc130392435)

[2.1. Подключение к аппарату 4](#_Toc130392436)

[2.2. Проверка работоспособности подводного аппарата 4](#_Toc130392437)

[3. Объект управления 5](#_Toc130392438)

[3.1. Особенности 5](#_Toc130392439)

[3.2. Характеристики 6](#_Toc130392440)

[4. Задание на работу 8](#_Toc130392441)

[5. Содержание отчета и порядок защиты работы 8](#_Toc130392442)

[6. Контрольные вопросы 8](#_Toc130392443)

[БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 8](#_Toc130392444)

# 

# 1. Цель работы

**Целью данной работы** является моделирование и реализация системы автоматического управления для аппарата MiddleAUV для стабилизации по глубине.

# 2. Краткие теоретические сведения

## 2.1. Подключение к аппарату

Есть два варианта подключения: по Wi-Fi или по Ethernet-кабелю. При тестировании нужно проверить на работоспособность оба способа подключения.

В любом случае, после успешного подключения аппарат будет доступен по IPадресу 10.3.141.1. Для подключения к нему по ssh: логин - pi, пароль - raspberry

Для продвинутых пользователей рекомендуется изучить работу с SSH.

Спустя некоторое время после включения аппарата (придётся немного подождать) будет доступна Wi-Fi сеть mur\_ssid, пароль - vladivostok. Название точки доступа также может включать серийный номер аппарата. Беспроводное подключение годится для испытаний на суше, но не подходит при погружении в воду.

Для работы по Ethernet необходим специальный кабель, один конец которого подключается к аппарату (необходимо надёжно закрутить, во избежание попадания воды), а на другом конце располагается обычный Ethernet, который можно подключить к компьютеру. Если в компьютере нет Ethernet разъема, то можно воспользоваться переходником Ethernet-USB, который поставляется с набором.

## 2.2. Проверка работоспособности подводного аппарата

Описанные ниже сведения можно найти по ссылке [1]. Для проверки аппарата на воздухе требуется выполнить ряд действий:

1. Включите блок бортового компьютера поворотом выключателя.

2. Подключитесь к аппарату с помощью Wi-Fi. Имя Wi-Fi сети должно начинаться с mur\_ssid. Пароль для подключения: vladivostok.

3. Запустите murIDE (скачать его можно с сайта [2]).

4. Убедитесь, что кнопка в левом верхнем углу находиться в режиме “Robot” и иконка ракеты горит зеленым.

5. Перейдите в меню Help -> Examples -> auv\_motors\_test.py. В редакторе кода должен появиться код запуска движителями.

6. Убедитесь, что никакие посторонние предметы не мешают вращению движителей.

7. Нажмите кнопку Play. Все движители должны начать вращение. По истечению 5 секунд вращение движителей должно прекратиться. Дождитесь прекращения работы движителей.

8. Нажмите на вкладку “Remote” в левом нижнем углу и нажмите кнопку “Enable/Disable remote mode” на панели инструментов (на ней изображен джойстик).

9. После нажатия кнопки, во вкладке “Remote” должно отобразиться видео с двух камер.

10. Нажмите кнопку “Telemetry” (на ней изображена буква i). Вы должны увидеть показания с датчиков, убедитесь, что они не нулевые.

Для проверки в воде:

1. Проверьте, что все устройства работают на столе.

2. Выключите, и проверьте на протекание, опустив робота в воду в выключенном состоянии.

3. Если визуально воды в блок автопилота не попало, то включите и проверьте в воде включенным, используя пример стабилизации по глубине Help -> Examples -> test\_depth.py. Робот должен погрузиться на глубину 30 см (глубина погружения датчика давления) и удерживаться на этой глубине в течение 20 секунд.

# 3. Объект управления

Набор автономного необитаемого подводного аппарата MiddleAUV (рис. 1). Данный проект реализуется при поддержке Фонда Содействия Инновациям [1].



Рисунок 1 – Middle AUV [1]

### 3.1. Особенности

MiddleAUV является автоматизированной системой, для реализации и отладки алгоритмов которой требуется внешний (не входящий в набор) компьютер.

Аппарат MiddleAUV готов к использованию из коробки, однако его можно модифицировать, добавив дополнительные устройства. В таком случае необходимо поверить гермовводы и заглушки, а также возможно потребуется выполнить балластировку.

Следует соблюдать меры предосторожности при работе с движителями: запрещается трогать руками лопасти гребных винтов движителей при включенном питании аппарата. Лопасти изготавливаются из прочного пластика, имеют заострённые края и могут вращаться со скоростью более 3000 оборотов в минуту, что может привести к травмам. Запрещается также продевать кабель через лопасти движителей, либо вставлять какие-либо предметы в движители.

### 3.2. Характеристики

**Размеры**

Габаритный размеры самого аппарата:

Длина: 30 см;

Ширина: 20 см;

Высота: 10 см.

Масса в упаковке: 3 кг.

**Общие технические характеристики набора**

- Вес нетто – 1 кг.

- Габаритные размеры в коробке – (Д х Ш х В) 380 x 285 x 285мм.

- Глубина погружения: до 10 м.

- Точность позиционирования по глубине: 2 см.

- Точность позиционирования по курсу: 5 градусов.

- Связь: Wi-Fi, Ethernet.

- Язык программирования: Python 3.

- Бортовой компьютер: на базе Raspberry PI compute module 4.

- Количество движителей: 4.

- Количество камер: 2.

- Производительность СТЗ: 10-20 кадр/секунду (при разрешении 640х480).

- Тяга одного движителя: до 0,2 кгс (при 12 В).

**Движитель подводный**

- Вес на воздухе, кг: 0,1.

- Габаритные размеры (без БУД) (Д х Ш х В), м: 0,058х0,050х0,050.

- Гребной винт (диаметр), мм: 37.

- Тяга в прямом направлении, кгс: 0,2 (при 12 В).

- Тяга при реверсе, кгс: 0,15 (при 12 В).

- Диапазон напряжений питания, В: от 7,5 до 12,6.

- Максимальный ток потребления, А: 15 А.

- Защита от короткого замыкания в двигателе: Нет.

- Интерфейс связи: PWM.

**Блок электроники**

- Акриловая труба D=60 мм.

- Крышка (4 гермоввода на 4,5 мм, 2 гермоввода на 5,3 мм, 2 заглушки на 5,3).

- Фланец.

- Уплотнительные кольца.

- Выключатель.

- Разъем для Ethernet и зарядки.

- Датчик глубины.

- Батарея.

- Камеры – 2 шт.

- Raspberry PI compute module 4.

**Комплект плавучести**

- Материал: синтактическая пена.

- Плотность: 280 кг/м3.

- Прочность на сжатие: 6,5 Мпа.

- Рабочая глубина: до 300 м.

**Кабель Ethernet**

- Количество пар: 2.

- Плавучесть: нейтральная.

- Цвет: жёлтый.

- Длина: 20 м.

**Зарядное устройство с разъемом**

- Диапазон напряжений сети: 100-240 В (50 Гц и 60 Гц).

- Диапазон напряжений питания: 10,8 – 12,6 В (при токе 1 А).

**Камера**

-Разрешение камеры: 1080p.

-Обзор камеры: угол обзора 75,7 градусов.

-Сенсор камеры: 5 Мп.

**Батарея**

- Напряжение, В: 9-12,6.

- Максимальный ток разряда, А: 25.

- Емкость, мАч: 3000.

**Датчик глубины**

- Диапазон измеряемых глубин, м: 0-300.

- Диапазон рабочих температур, C: -20 - +85.

- Точность, мм: +/- 2.

**Микрокомпьютер**

- Тактовая частота процессора, ГГц: 1,2.

- Оперативная память, Гб: 1.

- Наличие Wi-Fi: наличие.

- Наличие Ethernet: наличие.

- Размеры (ДхШхВ), мм: 67,6х31х2,5.

# 4. Задание на работу

Необходимо реализовать систему автоматического управления (управляющий закон выбирается произвольно) для модели подводного аппарата MiddleAUV в Matlab или Simulink. Стабилизацию осуществлять по глубине (задающее воздействие выбрать произвольным). Затем полученный закон управления необходимо реализовать в симуляторе [3]. После успешной отладки в симуляторе требуется провести лабораторный эксперимент и сравнить полученные результаты при работе с моделью и реальным объектом (выполнить построения ошибок по измеряемым величинам подводного аппарата). Можно попробовать "утопить" аппарат рукой, и он должен подняться на прежний уровень.

5. Содержание отчета и порядок защиты работы

Выполнение и защита лабораторной работы производится каждым студентом индивидуально. Защита результатов лабораторной работы осуществляется при наличии работающей компьютерной модели и полностью оформленного отчета.

Отчет должен включать в себя следующие разделы

* титульный лист;
* цель работы;
* постановка задачи;
* сведения о выполнении заданий (включая при необходимости схемы алгоритма работы программ, тексты программ, результаты работы программ);
* выводы.

Защита работы состоит в следующем:

* предъявление работающей компьютерной модели;
* предъявление отчета, оформленного в соответствии с требованиями;
* ответы на вопросы по теоретической и практической части работы.

6. Контрольные вопросы

1. Чем обусловлена связь моделей динамики и кинематики?

2. Чем обусловлены гидродинамические эффекты?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Robocenter URL: https://robocenter.net/goods/kit/middleauv/ (дата обращения: 01.09.2022).

2. MUR IDE URL: https://github.com/murproject/mur\_ide (дата обращения: 01.09.2022).

3. MUR Simulator URL: https://github.com/murproject/mur\_simulator (дата обращения: 01.09.2022).

Заказ № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_г.

Изд-во СевГУ