



**Набор для сборки телеуправляемого
необитаемого подводного аппарата
ElementaryROV**

Руководство по эксплуатации

Перед использованием изделия, пожалуйста, внимательно прочитайте данную инструкцию и сохраните это руководство для дальнейшего использования

Оглавление

Общая информация	3
Состав набора ElementaryROV	4
Техника безопасности	4
Рабочее место, инструменты и оборудование	4
Монтаж	5
Назначение двигателей	5
Сборка пульта управления	6
Сборка рамы и монтаж элементов	7
Прошивка микроконтроллера пульта управления и тестирование аппарата	10
Отладка и балластировка	11

Общая информация

Набор для сборки телеуправляемого необитаемого подводного аппарата ElementaryROV (Рис.1,2) предназначен для познавательных и демонстрационных целей.

Набор разработан и изготовлен ООО «Центр робототехники» г. Владивосток и декларируется в реестре Росаккредитации ЕАЭС N RU Д-РУ. НВ27.В.13241/20, как Модели электронные, для лиц старше четырнадцати лет.

Сборка и запуски модели телеуправляемого подводного аппарата допускается под присмотром родителей либо взрослых наставников, осуществляющих свое наставничество на законных основаниях. Запуски в бассейнах и рекреационных зонах должны проводиться строго в соответствии с правилами безопасности, там установленными.



Рис. 1. Набор для сборки



Рис. 2. Собранный ТНПА

Далее предоставлена необходимая информация о наборе и рассмотрена сборка ElementaryROV – ТНПА начального уровня.

Состав набора ElementaryROV

Таблица 1. Состав набора ElementaryROV

№	Наименование элемента	Кол-во
1	Двигатель подводный MUR Thruster 100	4
2	Комплект для сборки пульта управления	1
3	Блок бортового управления	1
4	Кабель-трос	5 м
5	Держатель элементов питания	1
6	Комплект элементов рамы	1
7	Комплект элементов плавучести	1
8	Комплект крепежа	1
9	Открытое ПО пульта управления	1

Техника безопасности

Данный набор рекомендован для лиц старше 6-10 лет. Однако, в ходе сборки придется работать с материалами и производить сложные действия, используя разное оборудование и инструменты, которые используются только взрослыми, поэтому ответственность за вовлечение детей и подростков в процесс сборки (пайки, работе с режущими инструментами и т.п.) лежит полностью на родителях (законных представителях), опекунах (попечителях). Каким конкретно мерам безопасности следовать, зависит от выбранного инструмента (например, см. руководство по эксплуатации паяльной станцией и т.п.). Работа не терпит спешки и требует осознанного и аккуратного подхода.

Наша главная задача – не получение готового аппарата для развлекательных целей, а формирование базовых умений и навыков, позволяющих развить инженерное мышление, грамотный подход к решению сложных задач, добросовестное выполнение всех шагов для достижения конечной цели. Вся работа условно будет делиться на 4 этапа: сборка и монтаж, проверка электроники, сборка и балластировка подводного аппарата.

Перед работой обязательно переоденьтесь, можете используйте рабочий халат или фартук. Проявляйте максимальную осторожность при работе с режущими и колющими инструментами.

Рабочее место, инструменты и оборудование

Вся работа по сборке набора должна проводиться в специально отведенном помещении, оборудованном верстаком. Обязательно позаботьтесь о достаточном освещении и хорошей вентиляции в месте, где будете проводить работу. На рабочем месте не должно находиться никаких посторонних предметов, мешающих процессу. И помните, качество сборки, а также успех выполнения работы во многом зависит от порядка на рабочем месте. Для работы потребуется набор отверток и плоскогубцы.



Рис. 3. Рабочее место с необходимым оборудованием и инструментами

Монтаж

Главные правила:

- не производите монтаж при подключенном питании (источник питания должен быть отсоединен от схемы);
- проявите максимальную внимательность, когда будете вставлять аккумуляторы в держатель. Неправильная установка может привести к разрушению и возгоранию аккумуляторов;
- будьте внимательны и осторожны с рабочими инструментами;
- аккуратно обращайтесь с наиболее хрупкими элементами конструктора, такими, как пульт управления, движители и блоки плавучести;
- надежно закручивайте винты и гайки;
- берегите пульт управления и держатель с аккумуляторными батареями от прямого попадания влаги и всевозможных мелких частиц, таких, как: металлическая стружка, пыль и грязь.

Назначение движителей

Перед монтажом движителей на раму, важным шагом, к которому нужно отнестись с особым вниманием, это разобраться с назначением каждого движителя. Будущий робот оснащен четырьмя движителями, два из которых отвечают за перемещение в вертикальной плоскости, а два в горизонтальной. Кабеля выходящие из распределительной коробки имеют разную длину. Кабели распределены по длине следующим образом:

- Длинный кабель у вертикального переднего движителя
- Средний кабель у вертикального заднего движителя
- Короткие кабели у правого и левого горизонтального движителя

Правый и левый движители могут устанавливаться произвольно на усмотрение пользователя. Но стоит помнить, что стандартная прошивка пульта управления может не совпасть с вашим расположением. В таком случае команды лево/право отдаваемые с пульта будут выполняться наоборот. Решить такую проблему можно двумя способами.

Первый способ – поменять левый и правый движители местами, установив их в соответствии с программой. Второй способ – изменить соответствующие строки кода в программе и перепрошить микроконтроллер пульта управления. Данный метод подробно описан в разделе «Отладка и балластировка».

Сборка пульта управления

Пульт управления одна из важнейших и слабозащищенных элементов конструктора. Проявите максимальную аккуратность и внимательность при работе.

Первый шаг. Возьмите плату пульта и по очереди, в каждое из имеющихся на плате отверстий, установите 6 стоек M2x8 затянув их стойками M2x5 с обратной стороны. Стойки можно затягивать вручную без применения инструментов.



Рис. 4. Пульт с прикрученными стойками

Второй шаг. Разместите одну из акриловых пластин на стойках и прикрутите ее винтами M2 из набора.

Третий шаг. Вторую акриловую пластину прикрутите с другой стороны платы. Убедитесь, что все винты и стойки крепко затянуты.



Рис. 5. Пульт в сборе

Сборка рамы и монтаж элементов

Выложите все элементы рамы и электроники набора ElementaryROV на свободный верстак или рабочий стол, подготовьте крепеж и инструменты.



Рис. 6. Элементы конструкции и необходимые инструменты

Некоторые части рамы могут довольно туго соединяться между собой, поэтому для упрощения и ускорения сборки можно использовать киянку. Однако, будьте аккуратны, не прилагайте слишком много силы, чтобы не повредить двигатели и другие хрупкие части набора. Сборку можно осуществлять в произвольном порядке.

Для начала мы рекомендуем произвести сборку без использования крепежа. Такой способ позволит ознакомиться с элементами рамы и с особенностью их крепления между собой. При соединении деталей потребуется приложить определенные усилия, особенно при первой сборке.

Для начала потребуется взять нижнюю пластину и вставить в нее переднюю (более тонкая) и заднюю (более широкая) планки. Где перед, а где зад, вы можете решить сами, так как нижняя пластина симметрична.

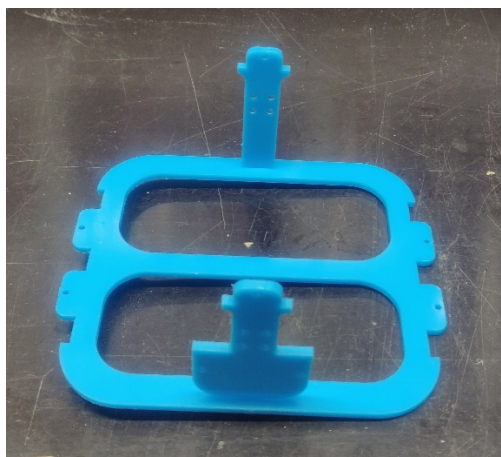


Рис. 8. Нижняя пластина с планками

Далее следует прикрепить верхнюю пластину.

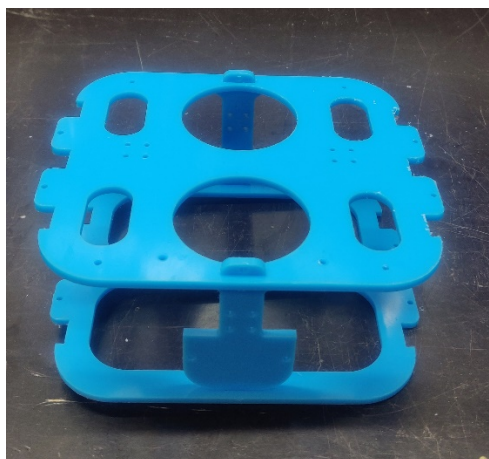


Рис. 9. Добавлена верхняя пластина

Затем поставив получившуюся конструкцию на бок прикрепите боковые пластины таким образом, чтобы крупные отверстия были направлены вверх.

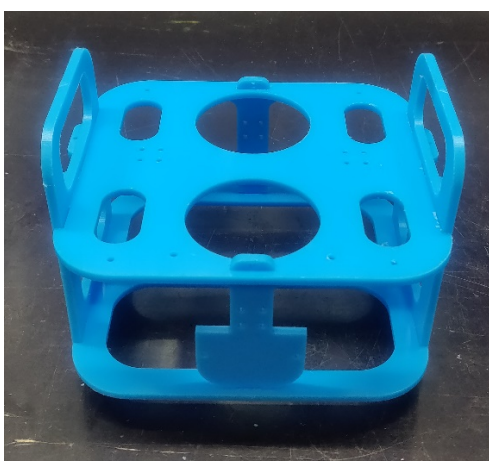


Рис. 10. Добавлены боковые пластины

Далее планки следует закрепить винтами и колпачковыми гайками к нижней пластине, а верхнюю и боковые пока отсоединить. Имейте в виду, что в наборе можно встретить два вида винтов: М3х8 используются для крепления моторов и элементов рамы, а М3х20 для фиксации плавучести.

Теперь можно приступить к монтажу движителей и распределительной коробки. Прикрутите задний вертикальный движитель к задней планке таким образом, чтобы движитель находился во внутренней части будущего аппарата и был направлен лопастями вверх. Распределительную коробку с электроникой закрепите на внешней части. Также поступите с передней планкой аналогично закрепите на ней второй вертикальный движитель во внутренней части лопастями вверх.

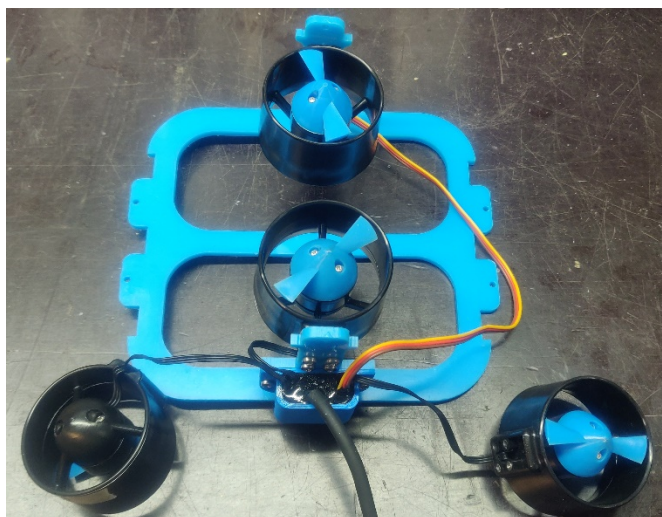


Рис. 11. Закреплены вертикальные движители

Установите верхнюю пластину и надежно зафиксируйте винтами и гайками. После этого прикрутите движители к соответствующим сторонам, направив их лопастями к передней части рамы.

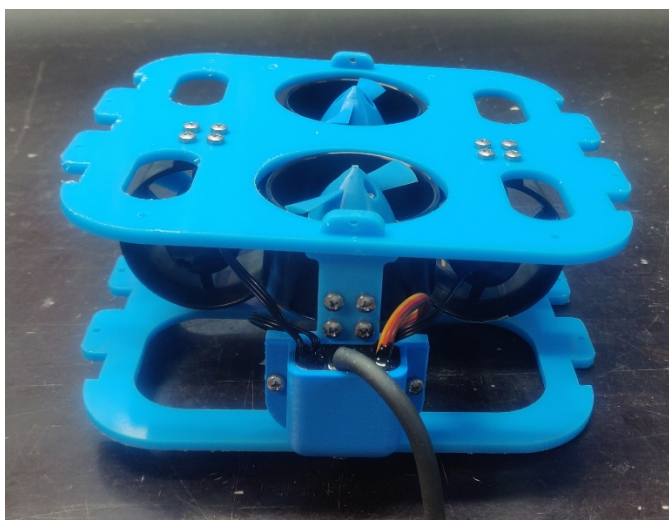


Рис. 12. Закреплены горизонтальные движители

Установите боковые пластины и зафиксируйте 4 винтами с каждой из сторон. Так же закрепите планки к верхней части рамы.

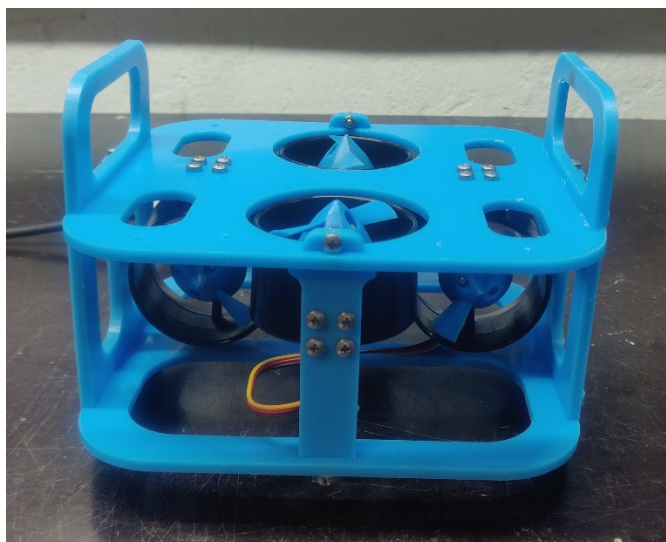


Рис. 13. Рама с двигателями в сборе

Далее установите плавучесть и закрепите ее винтами М3х20, обязательно используя шайбы. Старайтесь не прилагать чрезмерных усилий при фиксации плавучести. Следует немного подтянуть винты таким образом, чтобы шайбы только слегка продавили поверхность материала.

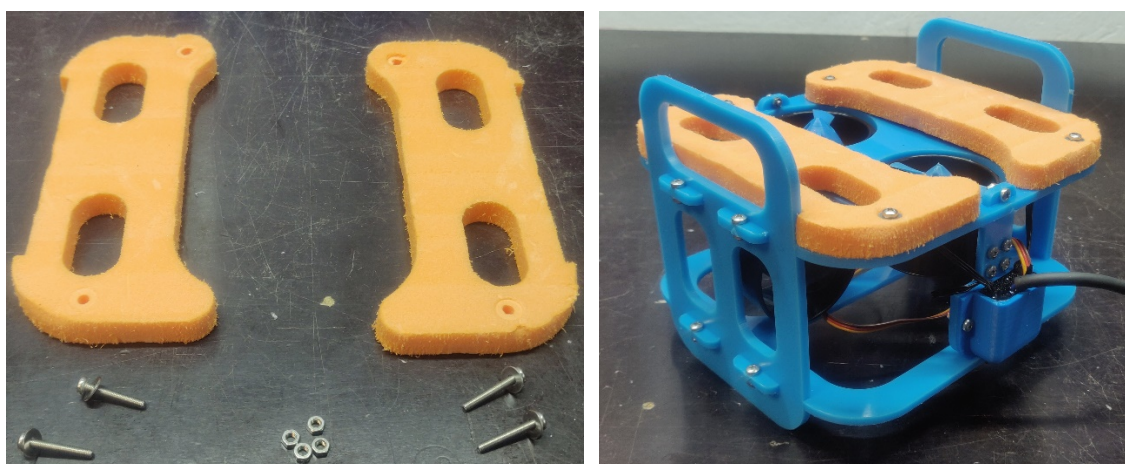


Рис. 14. Закрепление плавучести

Сборка аппарата закончена. Убедитесь в надежности креплений: двигатели не должны болтаться, а все винты с гайками крепко закручены.

Прошивка микроконтроллера пульта управления и тестирование аппарата

Перед тестированием аппарата необходимо прошить микроконтроллер пульта управления. Последнюю версию прошивки можно найти и скачать по ссылке: <https://github.com/murproject/ElementaryROV>, где она находится в свободном доступе. Помимо прошивки в пакете файлов находится дополнительная инструкция, которой мы рекомендуем воспользоваться. Для всех последующих действий вам потребуется ПК с установленной на него программой Arduino IDE.

Подключите пульт управления к компьютеру посредством кабеля USB - microUSB. Откройте файл с прошивкой ElementaryROV.ino при помощи Arduino IDE и выберете плату «Arduino Leonardo», а после этого загрузите скетч на микроконтроллер.

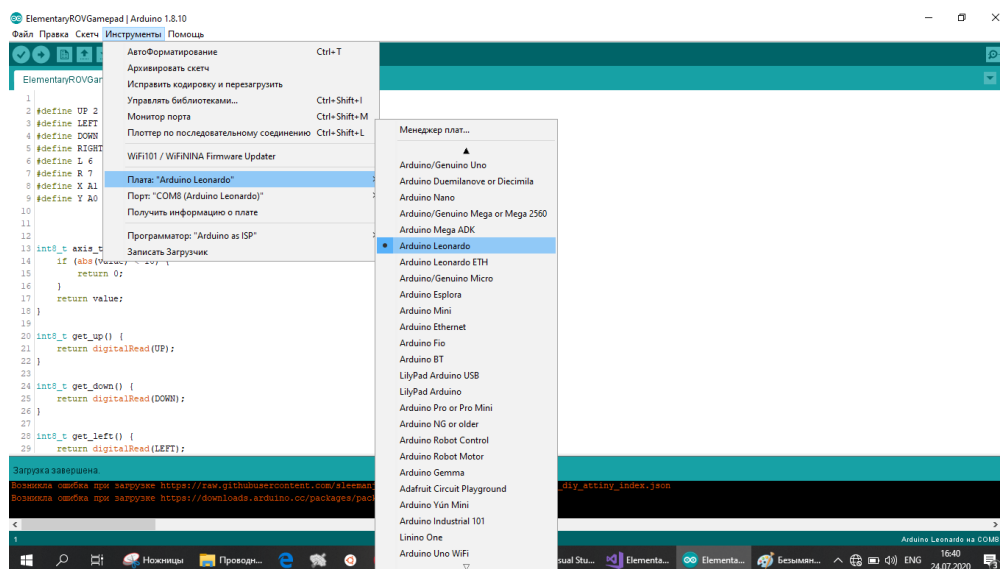


Рис. 15. Выбор микроконтроллера в среде Arduino IDE

Для электропитания аппарата следует пользоваться тремя аккумуляторами 18650. Перед тем как поместить их в держатель элементов питания, убедитесь в исправности аккумуляторов, а также в том, что переключатель питания пульта находится в положении OFF. Визуально осмотрите плату пульта, на ее поверхности не должно быть капель влаги и других инородных объектов. Будьте внимательны, руководствуйтесь главными правилами и техникой безопасности.

Подключите трехконтактный разъем аппарата к пульту управления. Вставьте аккумуляторы в держатель согласно их полярности и подсоедините двухконтактный разъем питания к пульту управления. Передвиньте переключатель в положение ON и дождитесь включения светодиодной индикации, далее прозвучит одиночный звуковой сигнал. Спустя несколько секунд сигнал повторится, это говорит о том, что все движители инициализированы микроконтроллером и робот готов к использованию.

Отладка и балластировка

В заключении, необходимо удостовериться, что движение робота в воде соответствует командам, отдаваемым с пульта управления, такая процедура называется отладкой аппарата. Данный этап можно проводить как в воде, так и на суше.

При работе на суше, для определения направления вращения винта движителя, можно использовать салфетку или другой легкий и тонкий материал, который будет сдвигать в ту сторону куда направлена тяга движителя. Будьте аккуратны и старайтесь не допускать попадания посторонних вещей на винт.

Подсоедините источник питания и включите пульт управления аппаратом. Так как повороты роботом осуществляются за счет того, что один горизонтальный движитель работает в прямом направлении, а второй в обратном (в случае с поворотом вправо правый движитель должен работать в обратном направлении, а левый в прямом). Таким способом удостоверьтесь, что все отдаваемые команды с пульта совпадают с данными в таблице.

Маневр, выполняемый роботом	Команда пульта управления
Всплытие	верхняя кнопка
Погружение	нижняя кнопка
Вперед	“стик” наклонить вперед по оси OY
Назад	“стик” наклонить назад по оси OY
Поворот вправо	“стик” наклонить вправо по оси OX
Поворот влево	“стик” наклонить влево по оси OX

Если возникло расхождение между реальной реакцией аппарата и табличными значениями, то стоит воспользоваться одним из двух способов отладки. Первый способ приведен в разделе «Назначение движителей». Второй способ связан с редактированием программного кода и перепрошивкой пульта управления, в котором объясняется отладка и вертикальных движителей.

Для того чтобы настроить управление аппаратом, необходимо исправить исходный код для джойстика.

В функции void loop() (строка 161), создается и заполняется массив uint8_t data[] - этот массив является управляющим пакетом для аппарата.

Подробное описание пакета:

```
uint8_t data[] = {
    0xAA, // Старший байт начала пакета
    0xEE, // Младший байт начала пакета
    motor_power_1, // Тяга от -100 до 100% бесколлекторного мотора на пине D2
    motor_power_2, // Тяга от -100 до 100% бесколлекторного мотора на пине D3
    motor_power_3, // Тяга от -100 до 100% бесколлекторного мотора на пине D4
    motor_power_4, // Тяга от -100 до 100% бесколлекторного мотора на пине D7
    motor_power_5, // Тяга от -100 до 100% коллекторного мотора на пинах D5 D6
    crc, //Контрольная сумма
    0xEF // Байт окончания пакета.
};
```

Для того чтобы после сборки аппарата определить соответствие движителя к пину рекомендуется следующий алгоритм:

1. Поставить на первый движитель тягу 50%, на все остальные движители поставить 0. Таким образом у вас получится следующий пакет:

```
uint8_t data[] = {
    0xAA,
    0xEE,
    50,
    0,
    0,
    0,
    get_add(),
};
```

```
    0,  
    0xEF  
};
```

2. Запустить аппарат, дождаться пока движители издадут звуки инициализации, и указанный начнет вращение. Если движитель вращаться не начал, стоит проверить правильность подключения аппарата.

3. Записать положение движителя на раме и номер движителя.

4. Повторить с оставшимися 3 движителями.

Пример результата:

- Движитель 1 - Вертикальный
- Движитель 2 - Горизонтальный левый
- Движитель 3 - Горизонтальный правый
- Движитель 4 - Вертикальный

Результат может быть другой в зависимости от вашей сборки.

Настройка управления с пульта (стиков, кнопок)

Сначала настроим управление на всплытие\погружение аппарата. За расчет тяги вертикальных движителей отвечают функции: `get_vert_th_1()`, `get_vert_th_2()`.

Вставим вызовы этих функций в пакет, так чтобы получился следующий пакет:

```
uint8_t data[] = {  
    0xAA,  
    0xEE,  
    get_vert_th_1(), // Вертикальный движитель  
    0, //Горизонтальный движитель  
    0, //Горизонтальный движитель  
    get_vert_th_2(), // Вертикальный движитель  
    get_add(),  
    0,  
    0xEF  
};
```

В зависимости от направления винта, у вас может получится инвертированное управление, чтобы исправить это нужно просто поставить перед вызовом функций "-", например:

```
uint8_t data[] = {  
    0xAA,  
    0xEE,  
    -get_vert_th_1(), // Вертикальный движитель  
    0, //Горизонтальный движитель  
    0, //Горизонтальный движитель  
    -get_vert_th_2(), // Вертикальный движитель  
    get_add(),  
    0,  
    0xEF  
};
```

Настройка горизонтальных моторов.

За расчет тяги вертикальных движителей отвечают функции: `get_left_th()`, `get_right_th()`.

Вставим вызовы этих функций. Пример:

```
uint8_t data[] = {
```

```

0xAA,
0xEE,
get_vert_th_1(), // Вертикальный движитель
get_left_th(), //Горизонтальный движитель
get_right_th(), //Горизонтальный движитель
get_vert_th_2(), // Вертикальный движитель
get_add(),
0,
0xEF
};

```

Теперь необходимо проверить, что при отклонении левого стика вперед, аппарат двигается вперед, и на отклонение стика назад, аппарат движется назад.

В зависимости от направления винта, у вас может получится инвертированное управление, чтобы исправить это нужно просто поставить перед вызовом функций "-", пример:

```

uint8_t data[] = {
    0xAA,
    0xEE,
    get_vert_th_1(), // Вертикальный движитель
    -get_left_th(), //Горизонтальный движитель
    -get_right_th(), //Горизонтальный движитель
    get_vert_th_2(), // Вертикальный движитель
    get_add(),
    0,
    0xEF
};

```

Финальным этапом настройки аппарата является проверка соответствия оси поворота для этого необходимо повернуть левый стик, например, вправо, если при этом аппарат совершает поворот влево, значит произошло рассогласование регулятора, для того чтобы это исправить необходимо пройти в реализации функций `get_left_th()` (срока 59), `get_right_th()` (срока 63). И инвертировать знаки сложения в этих функциях. Например:

Было:

```

int8_t get_left_th() {
    return clamp(get_Y() + get_X());
}

```

```

int8_t get_right_th() {
    return clamp(get_Y() - get_X());
}

```

Стало:

```

int8_t get_left_th() {
    return clamp(get_Y() - get_X());
}

```

```

int8_t get_right_th() {
    return clamp(get_Y() + get_X());
}

```

Несмотря на то, что основная работа над роботом закончена, следует учесть еще одну важную деталь, без которой не обходится ни одна сборка подводного аппарата, а

именно – балластировка. Данная процедура необходима для достижения аппаратом в воде нейтральной плавучести (робот не всплывает и не тонет в толще воды) или небольшой положительной (робот медленно всплывает). Такое свойство обеспечивает максимальную маневренность и скорость аппарата при его перемещении в толще воды.

Набор ElementaryROV имеет в комплекте уже точно рассчитанные и вырезанные блоки плавучести, обеспечивающие положительную плавучесть аппарата в воде. Для того чтобы придать аппарату нейтральное положение необходимо использовать балласт в виде винтов и гаек М6 из набора или иные тяжелые объекты, которые можете подобрать сами (например, можно использовать кусочки свинца). Стоит отметить, что в углах нижней пластины рамы аппарата расположены отверстия, которые рассчитаны для фиксации крепежа на М6, дающие возможность балластировать аппарат, изменяя количество винтов и гаек.

Опустите аппарат в воду и проследите за результатом. При идеальной балластировке плоскость верхней пластины рамы робота (учитывая блоки плавучести) должна совпадать с уровнем воды или слегка выступать, а при его погружении аппарат должен находиться на одном уровне (не всплывать и не тонуть) или очень медленно всплывать.

Обратите внимание, что блоки плавучести устанавливаются в верхней точке рамы, а балласт в нижней. Таким образом аппарат становится устойчивым, это исключает опрокидывание и излишнее раскачивание робота во время движения.

Кабель-трос также подвергается балластировке. Для снижения влияния на подвижность аппарата, на кабель закрепляются маленькие блоки плавучести, имеющиеся в наборе. Для фиксации блоков рекомендуем использовать изоленту, а также закреплять их на расстоянии 20-40 см друг от друга, как показано на рисунке.

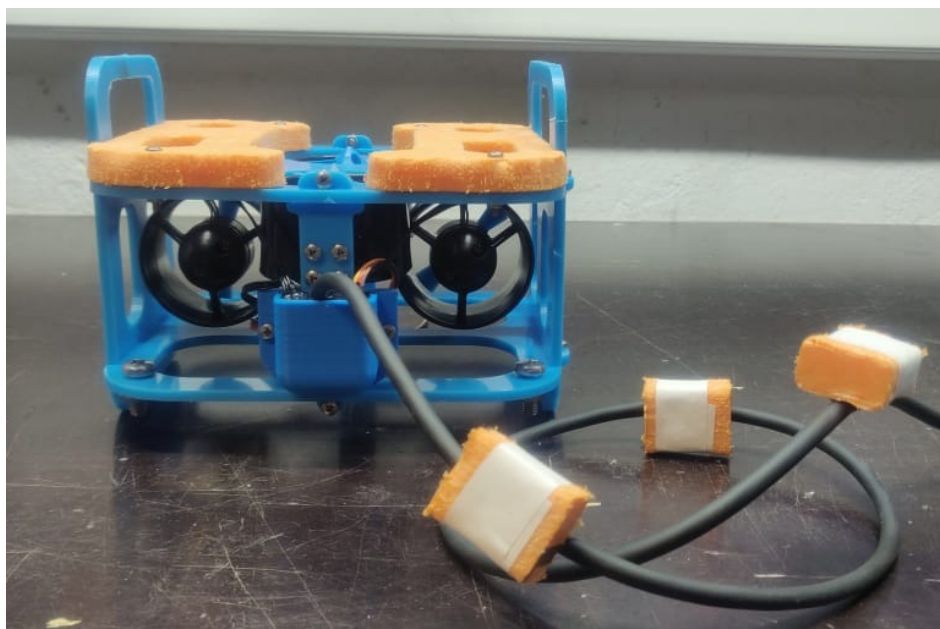


Рис. 16. Робот в сборе. На кабель закреплены блоки плавучести