



**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 .....	3
Техника безопасности .....	3
Рабочее место, инструменты и оборудование.....	4
Монтаж .....	4
Назначение двигателей .....	4
Сборка пульта управления .....	5
Сборка рамы и монтаж элементов .....	6
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 установленными правилами безопасности.



Рисунок 1. Комплект ElementaryROV

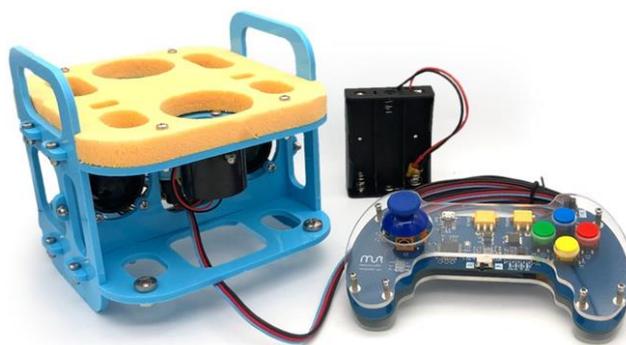


Рисунок 2. Собранный ТППА

## 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 детей старше 6–10 лет. Однако сборку и отладку аппарата необходимо проводить под присмотром и руководством родителей или совершеннолетних наставников с учетом всех требований безопасности. Каким

конкретно мерам безопасности следовать, зависит от выбранного инструмента. 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 3 этапа: сборка и монтаж, проверка электроники, сборка и балластировка подводного аппарата.

## **Рабочее место, инструменты и оборудование**

Вся работа по сборке набора должна проводиться в специально отведенном помещении. 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 потребуются набор отверток и плоскогубцы.

### **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 (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 (металлическая стружка, пыль и грязь).

### **Назначение движителей**

ТНПА включает в себя четыре движителя, два из которых отвечают за перемещение в вертикальной плоскости, а два – в горизонтальной.

В наборе для сборки ElementaryROV каждый движитель находится в упаковке и подписан (правый и левый движитель), однако сами движители имеют маркировку на своем корпусе:

- 5 – правый движитель
- 1 – левый движитель

Правый и левый вертикальные движители могут устанавливаться произвольным образом. Горизонтальные движители устанавливаются справа и слева робота, соответственно.

К блоку бортового управления разъемы двигателей можно подключить в произвольном порядке. Однако стоит помнить, что стандартная прошивка пульта управления может отличаться от выбранного расположения.

Как проверить работу двигателей и внести изменения в прошивку при необходимости см. раздел «Прошивка микроконтроллера пульта управления и тестирование аппарата».

## Сборка пульта управления

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

1. Сначала возьмите плату пульта и в каждое отверстие на плате установите 6 стоек M2x8, затянув их стойками M2x5 с обратной стороны. Стойки можно затягивать вручную без применения инструментов (рис.3).



Рисунок 3. Пульт с прикрученными стойками

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

3. Вторую акриловую пластину прикрутите с другой стороны платы. Убедитесь, что все винты и стойки крепко затянуты (рис.4).



Рисунок 4. 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.



Рисунок 5. Элементы конструкции и необходимые инструменты

Некоторые части рамы могут довольно туго соединяться между собой, поэтому для упрощения и ускорения сборки можно использовать киянку. При сборке необходимо проявить аккуратность и не прилагать слишком большое усилие при монтаже движителей и других хрупких частей робота. Сборку можно осуществлять в произвольном порядке.

Для того, чтобы ознакомиться с элементами рамы и особенностями их крепления между собой, мы рекомендуем выполнить предварительную сборку рамы без крепежа. При соединении деталей потребуется приложить определенные усилия, особенно при первой сборке.

### Сборка рамы

Сначала необходимо взять нижнюю пластину и вставить в нее планку. Перед пластины находится со стороны двух боковых овальных отверстий меньшего размера. Планку установите так, чтобы выемка для блока электроники была сверху (рис.6)



Рисунок 6. Нижняя пластина с планкой. Вид сзади.

Далее следует прикрепить верхнюю пластину.



Рисунок 7. Добавлена верхняя пластина.

Далее прикрепите боковые пластины так, чтобы крупные отверстия в них были направлены вверх.



Рисунок 8. Добавлены боковые пластины.

Далее планку следует закрепить винтами М3х8 и колпачковыми гайками к нижней пластине, а верхнюю и боковые пока отсоединить.

### **Монтаж движителей и блока бортового управления**

Теперь можно приступить к монтажу движителей и блока управления.

Прикрутите блок управления к верхней пластине с помощью винтов М3х8, так чтобы провод для джойстика находился в задней части робота (в области с крупными боковыми овальными отверстиями).

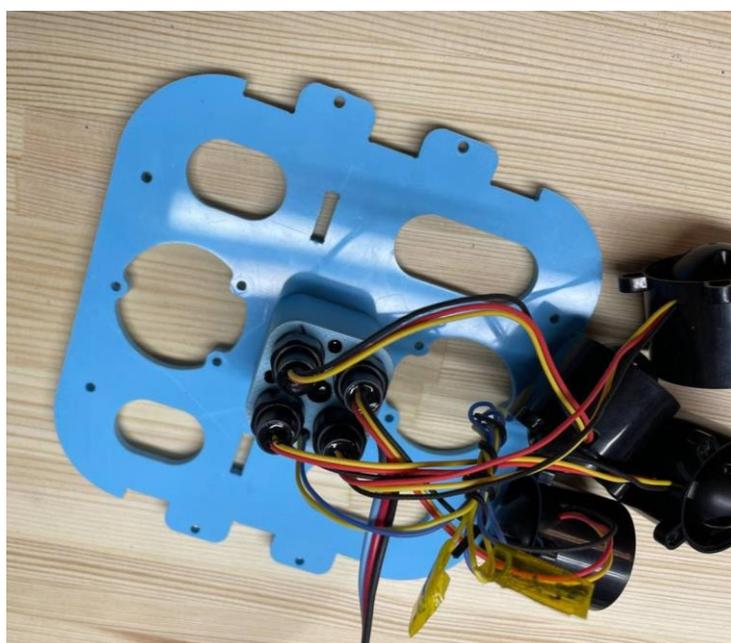


Рисунок 9. Блок управления прикреплен к верхней пластине.

Далее установите вертикальные движители на верхнюю раму, закрепите их винтами М3х12 и колпачковыми гайками.

На планке закрепите правый и левый движители. Справа и слева от центра робота соответственно.

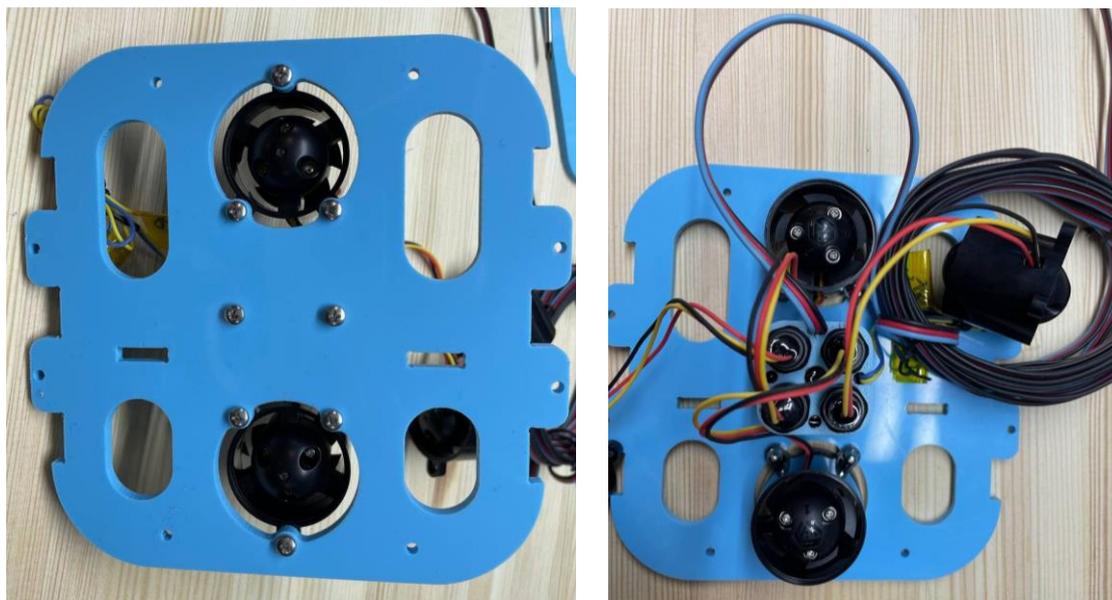


Рисунок 10. Закреплены вертикальные движители.

Закрепите горизонтальные движители на планке с помощью винтов М3х12 и колпачковых гаек, как показано на рисунке 11.

Потом установите верхнюю пластину и надежно зафиксируйте винтами М3х8 и гайками. После этого прикрутите движители к соответствующим сторонам, направив их лопастями к передней части рамы.

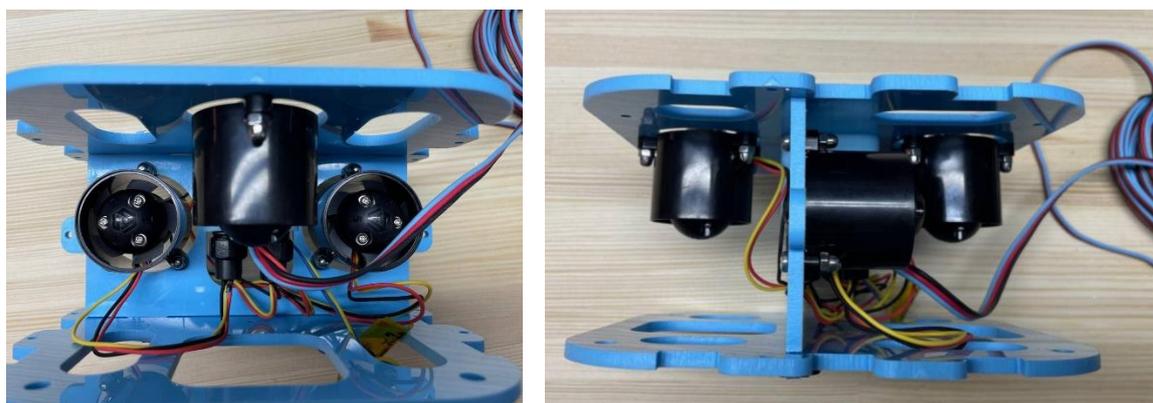


Рисунок 11. Горизонтальные движители установлены, и верхняя пластина закреплена.

Установите боковые пластины и зафиксируйте винтами М3х8 с каждой стороны (рис.12).

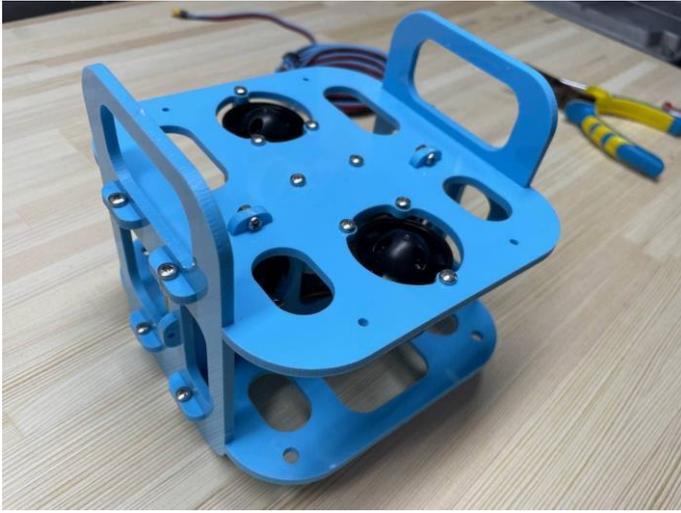


Рисунок 12. Боковые пластины установлены.

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

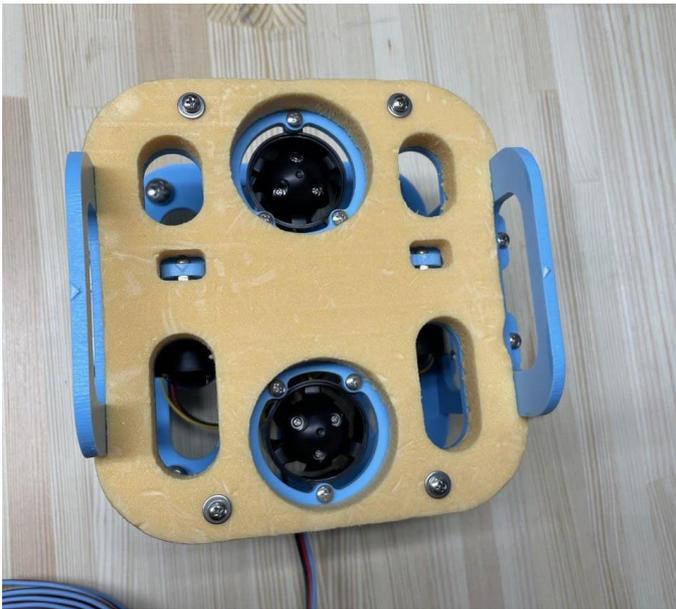


Рисунок 13. Плавучесть установлена.

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 выберите плату «Arduino Leonardo», после этого загрузите скетч на микроконтроллер.

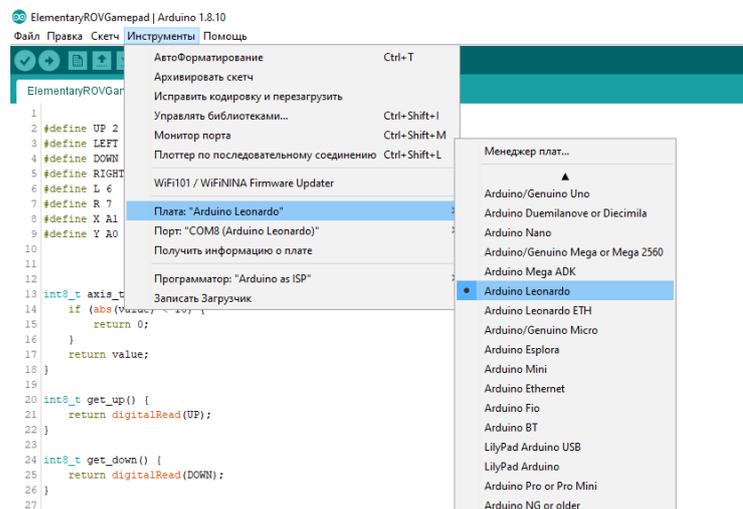


Рисунок 14. Выбор микроконтроллера в среде Arduino IDE

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 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. Через 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. Данная процедура называется отладкой аппарата. Этот 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 отклоняться 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
Замедление манёвров	левая кнопка
Ускорение манёвров	правая кнопка

Если возникло расхождение между реальной реакцией аппарата и табличными значениями, то стоит настроить управление аппаратом. Для этого необходимо исправить исходный код для джойстика.

В функции void loop() происходит вызов функции set\_motors, где в аргументах указывается тяга на каждый из движителей:

```
void loop() {
    axis_r.add(get_right_th());
    axis_l.add(get_left_th());
    axis_v.add(get_vert_th());

    set_motors(
        static_cast<int8_t>(axis_r.get()), // правый мотор
        static_cast<int8_t>(axis_v.get()), // вертикальный мотор
        static_cast<int8_t>(axis_l.get()), // левый мотор
        static_cast<int8_t>(axis_v.get()) // вертикальный мотор
    );
    delay(5);
}
```

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 такой вызов функции:

```
set_motors(
    static_cast<int8_t>(50),
    static_cast<int8_t>(0),
    static_cast<int8_t>(0),
    static_cast<int8_t>(0)
);
```

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

3. Записать положение двигателя на раме и номер двигателя.

4. Повторить с оставшимися 3 двигателями.

Пример результата:

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

Результат может быть другой в зависимости от вашей сборки. Далее вам остаётся лишь указать в функции `set_motors` оси в правильном порядке, который соответствует расположению двигателей в текущей конфигурации аппарата.

### **Настройка управления с пульта (стиков, кнопок)**

Сначала настроим управление на всплытие\погружение аппарата. За расчет тяги вертикальных двигателей отвечает функция `get_vert_th()`, а сглаженное значение мы получаем при помощи вызова функции `axis_v.get()`.

В аргументах вызова функции `set_motors` оставим только те значения, которые отвечают за вертикальные двигатели, а остальные заполним нулями:

```
set_motors(  
    static_cast<int8_t>(0),  
    static_cast<int8_t>(axis_v.get()),  
    static_cast<int8_t>(0),  
    static_cast<int8_t>(axis_v.get())  
);
```

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

```
set_motors(  
    static_cast<int8_t>(0),  
    static_cast<int8_t>(-axis_v.get()), // минус для инверсии  
    static_cast<int8_t>(0),  
    static_cast<int8_t>(axis_v.get())  
);
```

Таким образом, мы можем исправить инвертированную тягу на вертикальных двигателях.

### **Настройка горизонтальных моторов.**

За расчет сглаженных значений тяги горизонтальных двигателей отвечают вызовы функций `axis_r.get()` и `axis_l.get()` для правого и левого мотора соответственно.

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 получиться инвертированное управление. Аналогично предыдущему примеру, в случаях инвертированной тяги на двигателях, это может быть исправлено добавлением минуса:

```
set_motors(  
    static_cast<int8_t>(-axis_r.get()), // минус для инверсии  
    static_cast<int8_t>(axis_v.get()),
```

```

        static_cast<int8_t>(-axis_l.get()), // минус для инверсии
        static_cast<int8_t>( axis_v.get())
    );

```

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()` и `get_right_th()`, затем 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());
}

```

Также вы можете опционально настроить чувствительность стика на геймпаде, отредактировав константу `THRESHOLD` – при понижении этого значения, чувствительность повышается, например:

Было (недостаточная чувствительность):

```
#define THRESHOLD 25
```

Стало (более высокая чувствительность):

```
#define THRESHOLD 5
```

## Балластировка

После окончания основной работы по сборке робота необходимо провести балластировку. 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 воде.

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. Чтобы снизить влияние кабель-троса 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.

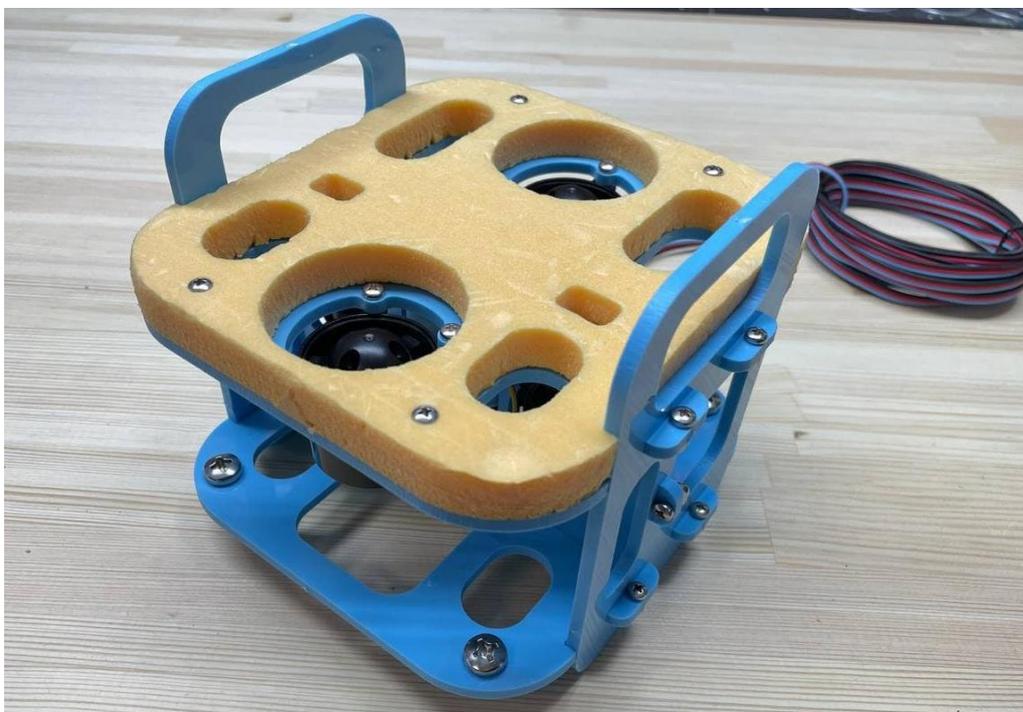


Рисунок 15. ElementaryROV в сборе с установленным балластом в нижней пластине.

После балластировки и отладки аппарат готов к использованию!