

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 26.07.2022 10:13:58

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ
КАФЕДРЫ «СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
ПОИСКОВОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ»
РОБОФАБРИКА

Сборка и программирование промышленного робота

Методические указания к лабораторной работе



Волгоград
2020

УДК 621.1.016 (075)

Р е ц е н з е н т

К.В. Приходьков

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Сборка и программирование промышленного робота: метод. указания к лабораторной работе / сост.: И.Д. Казаков; ВолгГТУ. – Волгоград, 2020. –23 с.

Излагаются инструкции по сборке и программированию конструктора промышленного робота на базе Arduino. Даются рекомендации по изучению теоретического материала к лабораторной работе и ее выполнению.

Предназначены в помощь слушателям центров дополнительного образования, изучающим программы, связанные с проектированием, сборкой и программированием роботов.

Ил. 40. Табл. 0. Библиогр.: 0 назв.

© Волгоградский государственный
технический университет, 2020

Оглавление

<u>1. Введение</u>	<u>3</u>
<u>2. Термины и обозначения деталей</u>	<u>4</u>
<u>3. Сборка основных узлов</u>	<u>8</u>
<u>4. Настройка сервопривода</u>	<u>10</u>
<u>5. Сборка расширительного узла</u>	<u>11</u>
<u>6. Сборка X-образного узла</u>	<u>13</u>
<u>7. Сборка узла захвата</u>	<u>13</u>
<u>8. Установка X-образного узла на основу</u>	<u>15</u>
<u>9. Установка расширительного узла на манипулятор</u>	<u>17</u>
<u>10. Установка узла захвата на манипулятор</u>	<u>17</u>
<u>11. Кабель-менеджмент манипулятора</u>	<u>18</u>
<u>12. Программирование сервопривода</u>	<u>20</u>
<u>13. Программирование манипулятора</u>	<u>21</u>
<u>13.1 Класс Os</u>	<u>21</u>
<u>13.2 Поля объекта и инициализация экземпляра</u>	<u>22</u>
<u>13.3 Методы класса</u>	<u>23</u>

1. Введение

Производственная робототехника используется на конвейерных линиях заводов по сборке сложной техники, где есть необходимость в долгом удержании тяжелых деталей в определенном точном положении, опасных производственных точках, где жизни человека может угрожать опасность (токсичные вещества, газы и др.). В основном, такая робототехника представляет собой манипуляторы с различными захватывающими устройствами, которые удерживают сварочные аппараты, компрессоры для покрытия деталей краской и другие.

История возникновения первых устройств, приспособленных поднимать и перемещать груз, начинается с древнегреческих поселений VI в. до нашей эры. Механизмы активно использовались при строительстве высоких зданий и сооружений, позже, для этих же целей проверенные технологии стали использовать в Европе. На протяжении всей истории человечества люди использовали подъемные механизмы адаптируя их под свои нужды в конкретный момент времени.



Рисунок 1 – Щербакова Яна, Абубикеров Тимофей, Горшенев Дмитрий, Коробкин Ярослав (слева направо) с проектом робота для удаления сорняков

Манипулятор, который попал нам в руки может выполнять задачи простого удержания объектов массой до полукилограмма и размерами не более 50*20*100 мм и состоит из многих деталей, представленных ниже.

Давайте сразу договоримся, что все пакеты с болтами и гайками мы не будем перемешивать и будем использовать только по назначению, иначе можно

прийти к ситуации, когда нам придется полностью начинать с начала всю сборку.

2. Термины и обозначения деталей



Рисунок 2 - Пакеты с болтами и гайками из набора

Итак, первый пакет будет необходим для соединения всех черных деталей между собой. Он содержит в себе болты и гайки средних размеров - М3.

Второй пакет необходим для установки и закрепления сервоприводов на своих местах. В нем содержатся наиболее большие болты и гайки, размера М4.

Третий пакет содержит подшипники, которые используются в трех местах установки сервопривода. Осторожнее с этим пакетом, ведь в его содержание рассчитано до гаечки. Всё пойдет на сборку.

ВНИМАНИЕ!

Подшипники необходимо установить в первую очередь, а болт с гайкой затянуть посильнее или приклеить на резьбовой клей!

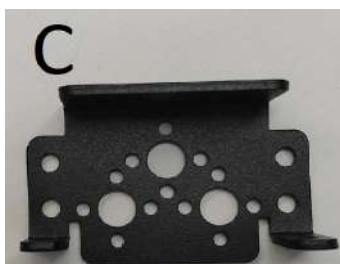
В четвертом пакете содержится удлинительная планка для увеличения общей длины манипулятора. Ее можно не собирать, если в этом нет необходимости. Болтики данного пакета имеют размер М3. Если они потеряются, то можно взять их из первого или шестого пакетика.

В пятом пакете находятся плечи сервопривода. Их лучше устанавливать непосредственно перед соединением двух узлов. При этом сначала установить плечо на узел, закрепив его четырьмя болтами из шестого пакета, а только затем на сам сервопривод, который необходимо откалибровать заранее. Плечи устанавливаются на сервопривод с помощью болтов с широкой шляпкой, из пятого пакетика.



Также в наборе присутствует множество деталей, которые мы с вами сейчас назовем своими именами, чтобы потом не путаться. Например, деталь, которая изображена слева на рисунке, будет называться **П1**, так как она П-образная. Такая деталь в наборе одна.

Следующей на очереди идет деталь **П2**. Как ни трудно догадаться, она тоже П-образная, но не имеет отверстия для установки сервопривода. Ее внешний вид приведен на изображении справа от текста.



В наборе есть четыре детали для установки сервоприводов, их мы будем называть деталь **С**.

Захват назовем деталь **З**



Рисунок 6 - Деталь З

Две детали **Ос** необходимы для сборки основы манипулятора. Они тоже П-образные, имеют максимальную ширину из всех деталей набора.



Рисунок 7 - Деталь Ос



Деталей **Г** в наборе всего две. Они необходимы для сборки расширителя манипулятора и, в зависимости от цели манипулятора, могут быть собраны двумя разными способами.

Теперь, когда мы знаем как будем называть все детали и откуда брать болты и гайки для соединения этих деталей, поговорим о цели. Мы собираем и программируем шестиосевой (шесть степеней свободы) манипулятор на сервоприводах. Сервоприводов, кстати, тоже ровно шесть.

Число степеней свободы манипулятора равно числу независимых координат, однозначно определяющих положение манипулятора в пространстве.

Простейшая механическая система — материальная точка в трехмерном пространстве — обладает тремя степенями свободы, так как ее состояние полностью описывается тремя пространственными координатами x, y, z .

Абсолютно твердое тело обладает шестью степенями свободы.

Реальные объекты могут иметь разные степени свободы, например, поезд вынужден перемещаться по рельсовому пути, и поэтому он имеет только одну степень свободы.

Следовательно, число степеней свободы манипулятора, как многоцелевой системы, должно выбираться в соответствии с той целью, которая требует максимальной подвижности захвата.

Следует различать число степеней свободы манипулятора и число степеней свободы схвата. Очевидно, что эти понятия не совпадают. Схват манипулятора как твердое тело не может иметь число степеней свободы больше шести, в то время как число степеней свободы манипулятора не ограничено. При движении манипулятора его оси могут занимать различные положения, что может изменить число степеней свободы схвата.

Следует иметь в виду, что с помощью манипулятора с пятью степенями свободы нельзя осуществить заданное произвольное положение и ориентацию объекта. Для этого необходимо иметь число степеней свободы манипулятора, равное шести.

Конечный вид манипулятора может выглядеть так. Но его можно собрать иначе, если в этом есть необходимость.



3. Сборка основных узлов

Начать сборку рекомендуется с основы. Необходимо соединить две детали **Ос** между собой. Рекомендуется использовать от четырех болтиков для надежного и прочного соединения, но никто не запрещает использовать два или восемь.

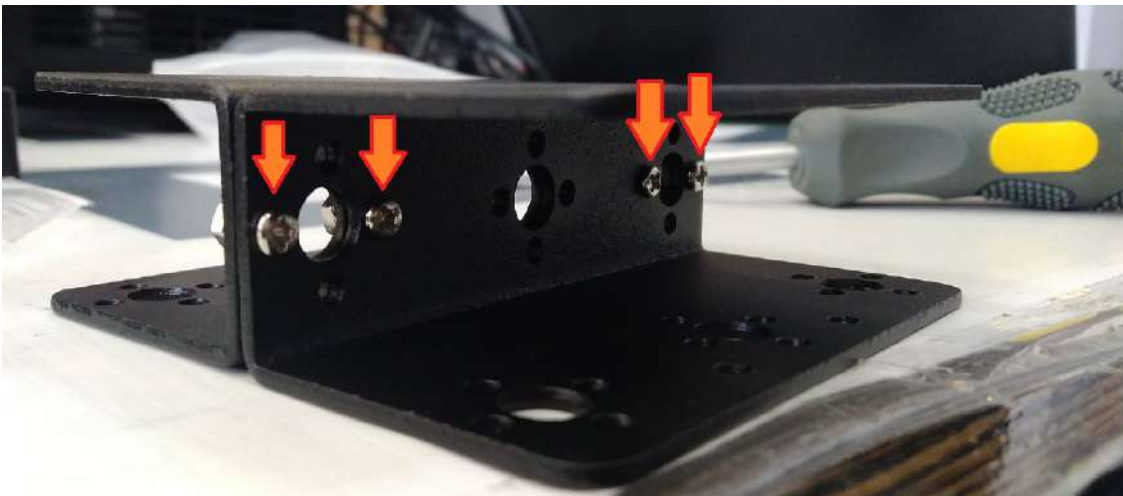


Рисунок 10 - Соединение основания

Далее необходимо установить подшипники на **три** детали **С**. Главное требование, гайка длинного болта должна находиться снаружи, как показано на рисунке ниже.

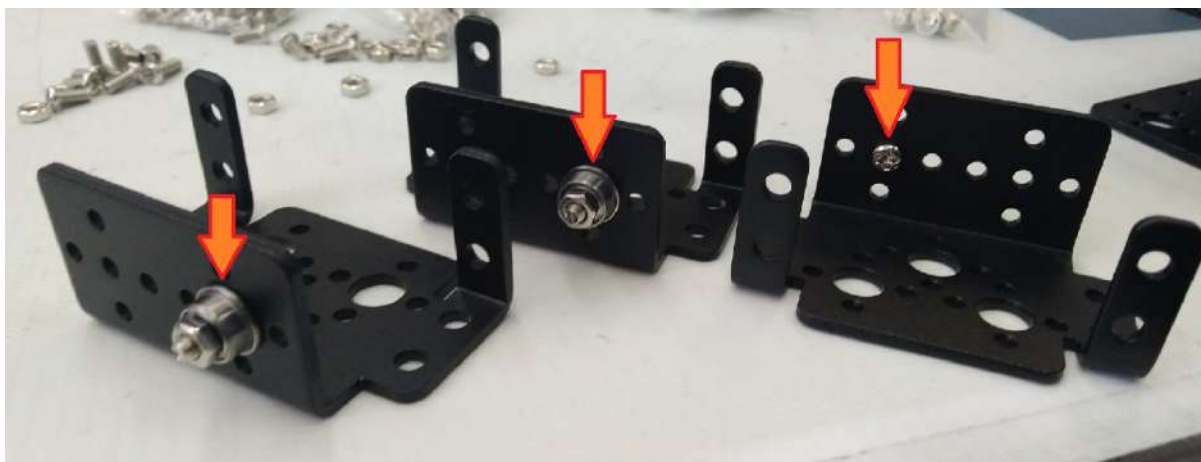


Рисунок 11 - Три детали С с установленным подшипниками

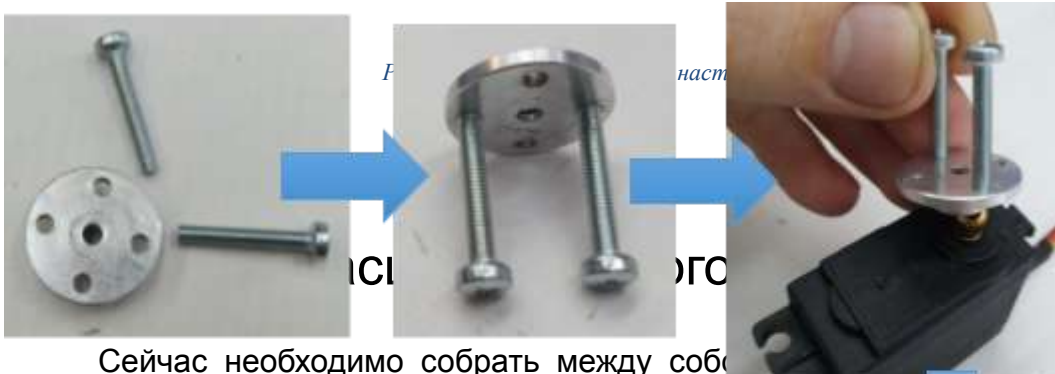
Теперь собираем **расширительную часть** манипулятора. Мы соберем “мини”-манипулятор с полной свободой движения, поэтому нам необходимо соединить только **две** детали Г, как показано на рисунке.



Информация! Альтернативный способ сборки данного элемента мы рассматривать не будем. Если есть необходимость, можно обратиться к странице с рисунком одного из вариантов конечного вида манипулятора.

4. Настройка сервопривода

Перед сборкой узлов между собой стоит поговорить о изначальной настройке сервоприводов. Все сервоприводы необходимо установить в положение около 90 градусов. Для этого необходимо взять качельку для сервопривода и вкрутить на нее два винта М3 любой длины. Далее установить качельку на каждый сервопривод, повернуть сервопривод до упора по часовой стрелке, а затем, на 90 градусов против часовой.



Сейчас необходимо собрать между собой **две** детали **С** с установленными на них подшипниками. действуем шаг за шагом, крепко затягивая все доступные болты и гайки, которые нужно брать из



подшипники
положены в
или от
расширительной части!



Будьте

внимательны!

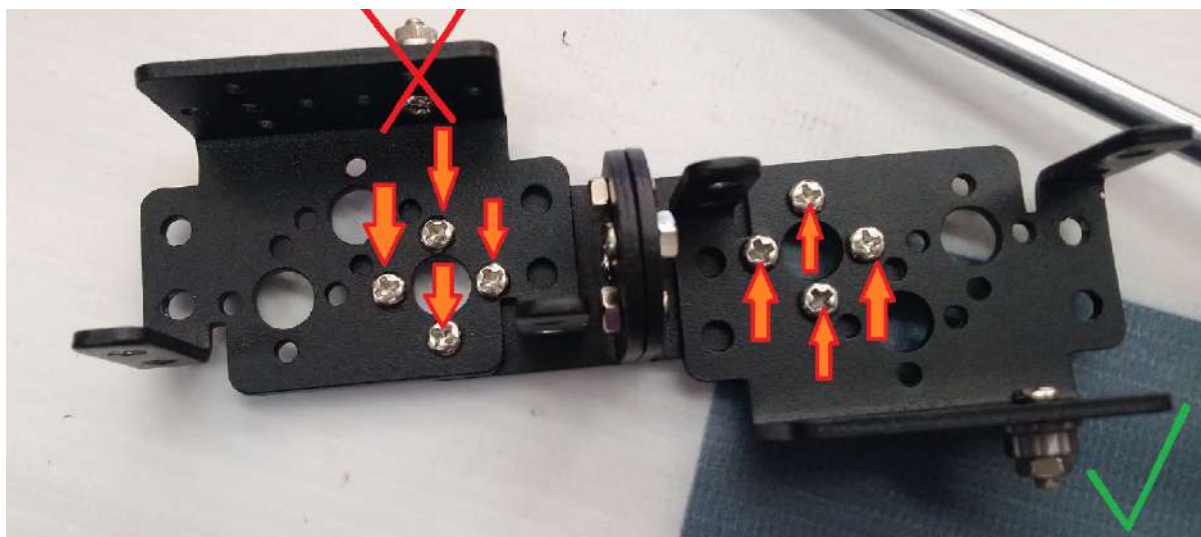
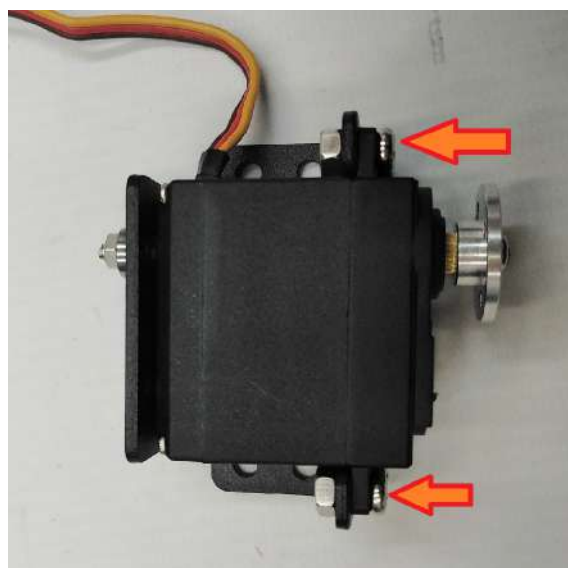


Рисунок 15 - Собранный расширительный узел с одной ошибкой в установке подшипника



После сборки данного узла можно установить на него два сервопривода. Закрепив их на все места болтами и гайками из второго пакетика. Сервопривод помещаться (если ориентироваться по рисунку →) справа на деталь **С**, которая при этом на рисунке находится слева.



После установки сервоприводов

собранный узел будет выглядеть так, как показано на рисунке ниже. Расширительный узел, который мы собрали, отвечает за вертикальный

поворот манипулятора в нашей конструкции. Также он регулирует высоту поднятия захвата с полезной нагрузкой.



Рисунок 18 - Собранные расширительный узел

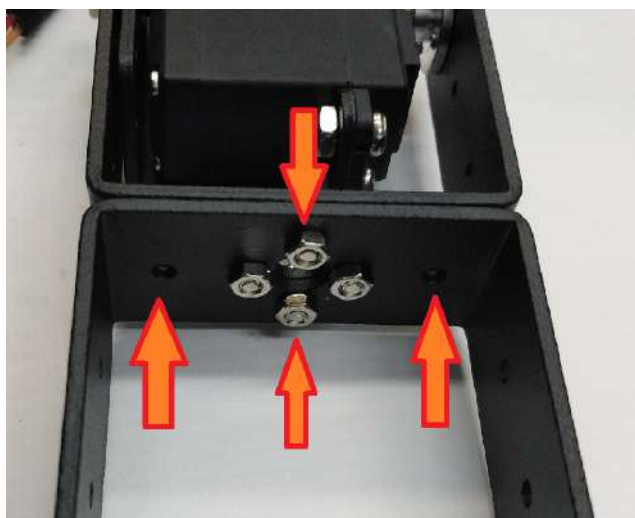
6. Сборка X-образного узла



Теперь собираем **X-образный узел**. Для этого берем две детали **П2** и

скручиваем их болтами и гайками из первого пакетика так, как показано на рисунке снизу.

Вы можете использовать от двух до четырех болтовых соединений. Например, как указано стрелочками, либо как было закреплено нами. Для надежности, рекомендуется закручивать болты посильнее или закрепить их на резьбовой клей.



7. Сборка узла захвата

Установите сервопривод на деталь П1. Для этого сначала проведите провод в отверстие для сервопривода, а затем, применив небольшое усилие, поместите сервопривод.

Сервопривод необходимо закрепить четырьмя болтиками и гайками М4 из второго пакетика. Возможно, потребуется дополнительное усилие для их установки.

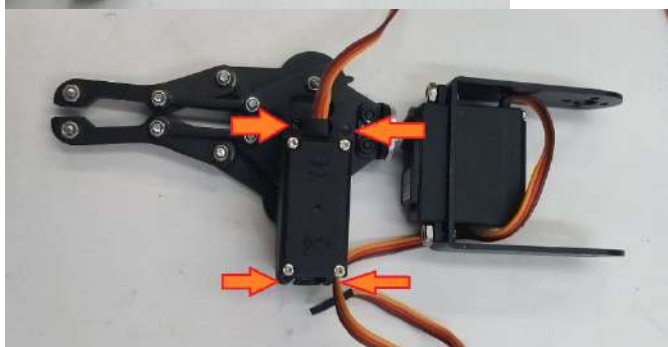


Теперь необходимо установить качельку на сервопривод. Воспользуйтесь болтом из пятого пакетика.



Деталь **3** устанавливается на два болта М3 из шестого пакетика таким образом, как показано на рисунке.

Теперь установим сервопривод захватывающего устройства на четыре болта М3 из шестого пакетика.



Для крепления качельки и настройки пальцев захвата воспользуемся графической инструкцией ниже.

Информация! Пальцы захвата могут быть сомкнуты не до конца, это не критично.

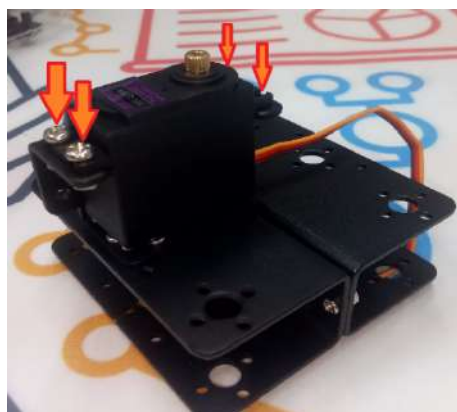
конца, это не критично.



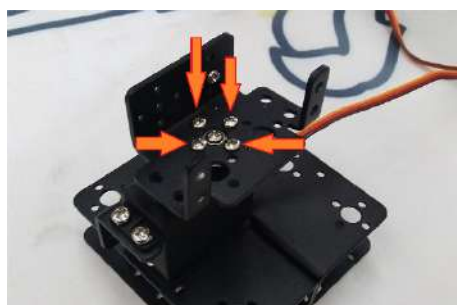
8. Установка X-образного узла на основу

Пора соединять узлы между собой. Начнем с самого главного узла - основы. На нее нужно установить оставшуюся деталь **С**. Используйте четыре болтика и гайки размера М3 из первого пакетика.

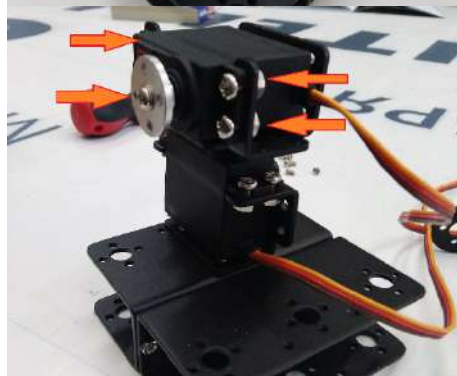
Сервопривод, который будет установлен на эту деталь, будет отвечать за повороты манипулятора по горизонтальной плоскости. Для его установки



потребуется четыре болтика и гайки М4 из второго пакетика. При закручивании будьте осторожны, ведь корпус сервопривода пластиковый. Однако закрутить нужно с достаточным усилием, чтобы болтики не раскрутились в процессе эксплуатации.



Необходимо установить качельку на последнюю деталь **С** с подшипником по центру, закрепив ее на четыре болта из шестого пакетика. Затем закрепите качельку на сервоприводе в том же положении как показано на рисунке.



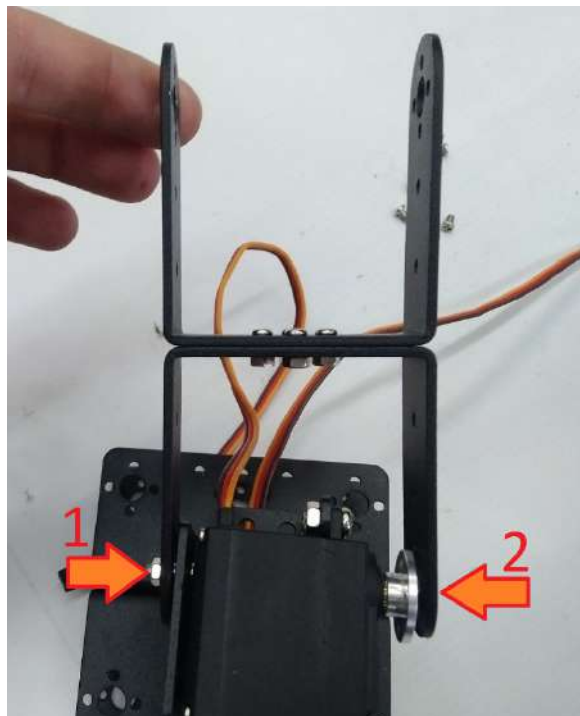
Теперь устанавливаем откалиброванный сервопривод на получившийся **узел основы манипулятора**, на четыре болта и гайки М4, как показано на рисунке. Это один из трех сервоприводов, отвечающих за оси наклона захвата. Сразу же устанавливаем качельку.



ВНИМАНИЕ!

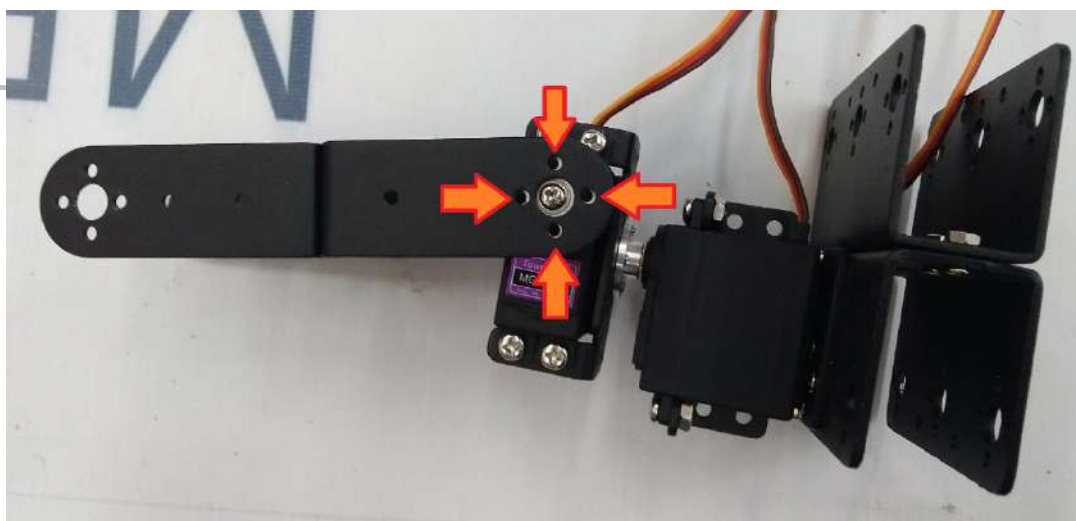
*Ось вращения сервопривода должна совпадать с осью вращения подшипника детали **С**.*

Приступаем к установке **X-образного узла** на **узел основы манипулятора**. Для этого сначала устанавливаем **X-образный узел** на подшипник, а затем доводим его на качельку сервопривода. После этого аккуратно поднимаем X-образный узел до момента, когда его можно будет закрепить на качельке четырьмя болтами М3 из шестого пакета.



подшипник, а затем доводим его на качельку сервопривода. После этого аккуратно поднимаем X-образный узел до момента, когда его можно будет закрепить на качельке четырьмя болтами М3 из шестого пакета.

Информация! Отклонение X-образного узла от горизонта на пару градусов, как на рисунке ниже, не является критичным.



9. Установка расширительного узла на манипулятор

Расширительный узел устанавливается на манипулятор точно также как **Х-образный узел**. Сначала устанавливается качелька на один из сервоприводов поворотного узла и закрепляется винтом для сервоприводов из пятого пакетика.

Расширительный узел устанавливается на **Х-образном узле**, а затем поворачивается, как показано на рисунке и закрепляется на четыре болтика из шестого пакетика

Информация! Отклонение поворотного узла на пару градусов от горизонта не является критичным.



Рисунок 33 - Крепление расширительного узла на манипуляторе

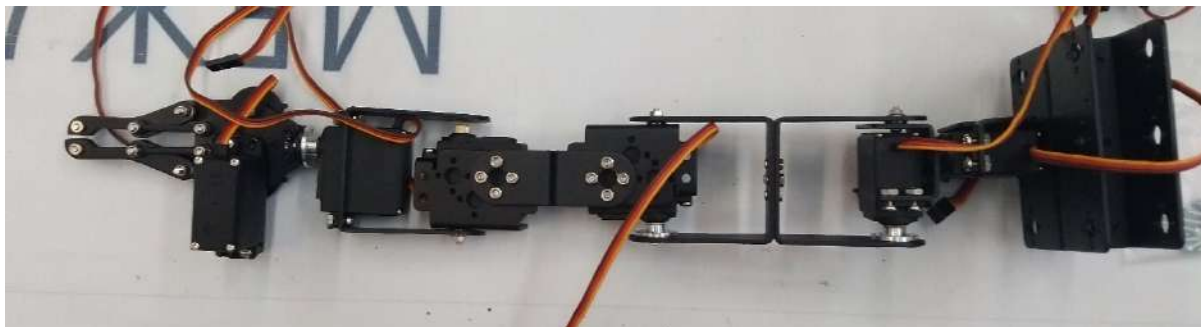
После установка **расширительного узла** стоит закрепить качельку на втором сервоприводе **расширительно узла**.

10. Установка узла захвата на манипулятор

Узел захвата устанавливается на манипулятор как продолжение расширительного узла. Сначала устанавливается качелька на второй сервоприводов **поворотного узла** и закрепляется винтом для сервоприводов из пятого пакетика.

Узел захвата устанавливается на **расширительный узел**, а затем поворачивается, как показано на рисунке и закрепляется на четыре болтика из шестого пакетика

Информация! Отклонение поворотного узла на пару градусов от горизонта не является критичным.



Манипулятор полностью собран, поздравляю!

11. Кабель-менеджмент манипулятора

Для удлинения проводов, чтобы они могли дотянуться до контроллера, необходимо воспользоваться удлинителями из вашего набора.



Рисунок 35 - Удлинитель проводов для сервопривода

Их нужно подключать к самым верхним сервоприводам манипулятора по схеме:

<i>Сервопривод</i>	<i>Удлинитель</i>
Коричневый	Черный
Красный	Красный
Оранжевый	Белый



Для того, чтобы провода не путались и не мешались их можно собрать в жгут (*жгут проводов – законченное изделие, состоящее из скрепленных между собой в пучок отдельных проводов*), с помощью оплетки, изображенной на рисунке.

Оплетку можно легко обрезать ножницами или кусачками до нужного размера. Получившийся жгут можно закрепить на манипуляторе с помощью пластиковых стяжек.

ВНИМАНИЕ!

Не закрепляйте провода на манипуляторе в натяг, так как при управлении манипулятором, провода могут оторваться!

Подключение сервоприводов к контроллеру указано в таблице:

<i>Сервопривод</i>	<i>Arduino</i>
Основание (поворот)	2
X-образный узел (наклон)	3
Расширительный узел 1 (наклон)	4
Расширительный узел 2 (наклон)	5
Узел захвата (поворот)	6
Узел захвата (захват)	7

ВНИМАНИЕ!

Питание сервоприводов необходимо подключить от стороннего источника энергии, а не от Arduino, иначе контроллер может выйти из строя от излишней нагрузки.

12. Программирование сервопривода

Для написания программы манипулятора нам потребуется использовать привычный контроллер Arduino и среду разработки Arduino IDE.

Самая простая схема программирования сервопривода – это программирование с использованием библиотеки <Servo.h>.

```
1 #include <Servo.h>
2 Servo myservo;
3
4 void setup() {
5   myservo.attach(9);
6   myservo.write(90);
7 }
8
9 void loop() {
10
11 }
12
```

Так выглядит самая простая программа. Здесь объявляется экземпляр класса «Servo» с именем myservo. Сервопривод подключен к пину 9, что можно определить по функции .attach(), и поворачивается на угол 90, функция .write().

При программировании поворота сервопривода необходимо учитывать, что программа выполняется практически мгновенно, в отличие от самого поворота сервопривода. Именно поэтому необходимо в программе добавлять функцию ожидания – **delay(int time)**, где **time** – время ожидания программы в миллисекундах.

Информация! 1 секунда = 1000 миллисекунд.

13. Программирование манипулятора

13.1 Класс Os

```
1 #include <Servo.h>
2 class Os {
3     public:
4         Os(int servo_pin, int norm, int maximum, int minimum) {
5             _servo.attach(servo_pin);
6             _norm = norm;
7             _now = norm;
8             _max = maximum;
9             _min = minimum;
10            _servo.write(_now);
11        }
12
13        void set_angle(int angle) {
14            if (angle >= _min and angle <= _max) {
15                _servo.write(angle);
16                _now = angle;
17            }
18        }
19
20        void angle_plus() {
21            if (_now + 1 >= _min and _now + 1 <= _max) {
22                _now++;
23                _servo.write(_now);
24            }
25        }
26
27        void angle_minus() {
28            if (_now - 1 >= _min and _now - 1 <= _max) {
29                _now--;
30                _servo.write(_now);
31            }
32        }
33
34        ~Os() {}
35    private:
36        Servo _servo;
37        int _now;
38        int _norm;
39        int _max;
40        int _min;
41 };
```

Рисунок 38 – Класс оси

Данный класс позволяет проще работать с осями манипулятора, так как не придется переписывать все эти функции для объявления переменных, поворота сервоприводов на несколько градусов или поворот на определенный угол.

Также данный класс не позволит повернуть сервоприводы на недоступные углы, которые нужно будет установить вручную при настройке осей.

13.2 Поля объекта и инициализация экземпляра

Разберем как это работает. Класс `Os` состоит из пяти полей, а именно:

`_servo` – сервопривод оси;

`_now` – текущее положение сервопривода оси;

`_norm` – нормальное положение сервопривода оси;

`_max` – максимальный угол поворота сервопривода оси;

`_min` – минимальный угол поворота сервопривода оси.

Нормальное положение определяет угол при инициализации программы, т.е. положение, в котором данная ось будет находиться при подключении питания к манипулятору. Минимальное и максимальное положения сервопривода оси необходимо определить в ручную при настройке осей и указать при инициализации оси в программе, кстати, для инициализации необходимо воспользоваться следующим методом:

```
Os(int servo_pin, int norm, int maximum, int minimum);  
Os osnov(2, 90, 45, 135);
```

Рисунок 39 - Объявление объекта Os

Объявляется экземпляр объекта оси основания, сервопривод которой подключен ко второму цифровому пину, т.е. **servo_pin = 2**. Нормальное положение оси – 90 градусов, **norm = 90**. Минимальное положение – 45 градусов, **min = 45**. Максимальное положение – 135 градусов, **max = 135**.

13.3 Методы класса

```
osnov.angle_plus(); // Увеличивает угол на 1  
osnov.angle_minus(); // Уменьшает угол на 1  
osnov.set_angle(50); // Установить угол 50
```

Рисунок 40 - Методы класса Os

С помощью метода **.angle_plus()** можно увеличить угол оси манипулятора на один градус.

С помощью метода **.angle_minus()** можно уменьшить угол оси манипулятора на один градус.

С помощью метода **.set_angle(int angle)** можно изменить угол оси манипулятора на угол, который указан в качестве параметра метода - **angle**.

Все эти методы проходят валидацию. Т.е. если сервопривод оси манипулятора поворачивается на максимальный угол равный 135 градусам, то метод **.angle_plus()** не изменит положение сервопривода оси, в то время как **.angle_minus()** повернет его.

Информация! Для удобной работы можно переписать методы или дополнить текущие методы своими!

Учебное издание

Составители:

Казаков Игорь Дмитриевич

СБОРКА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА.

Методические указания к лабораторной работе

Темплан 2020 г. (учебно-методическая литература). Поз. №
Подписано в печать 00.00.2020. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Гарнитура Times. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,4.

Тираж 10 экз. Заказ

Волгоградский государственный технический университет.
400005, г. Волгоград, просп. В. И. Ленина, 28, корп. 1.

Отпечатано в типографии ИУНЛ ВолгГТУ.
400005, г. Волгоград, просп. В. И. Ленина, 28, корп. 7.