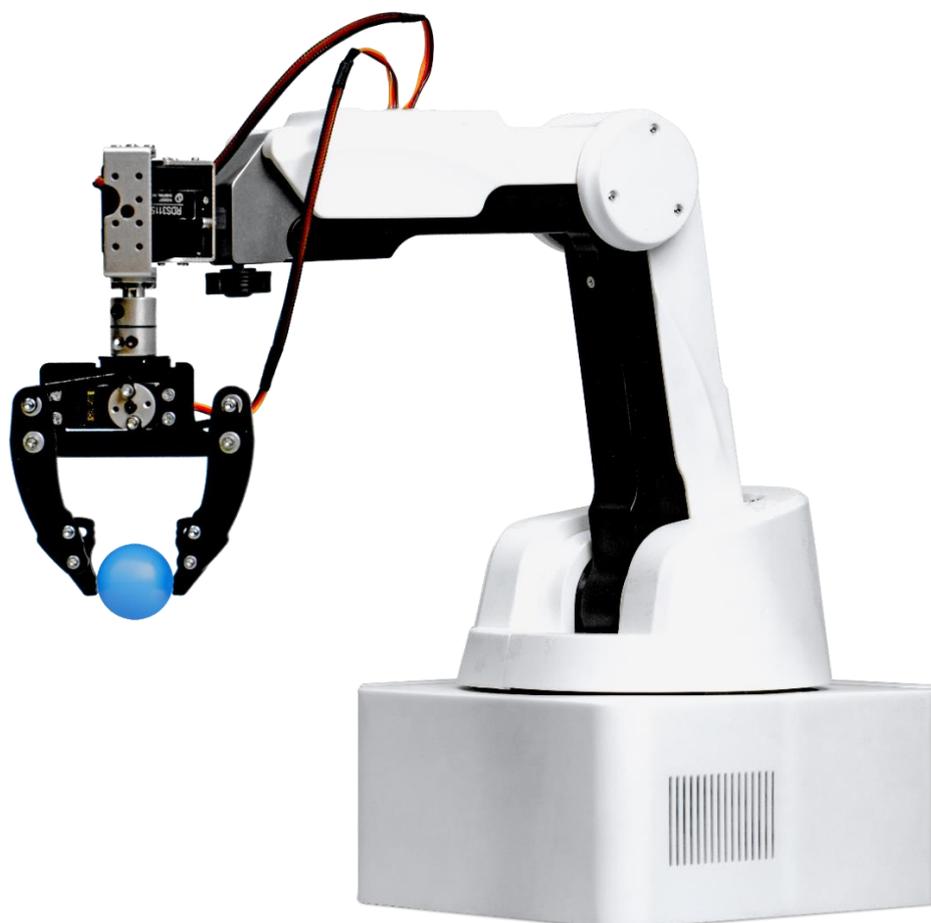


**ООО «ПРОМОБОТ»**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА  
PROMOBOT M EDU  
(M Edu)**

**Руководство по эксплуатации**

ред. 05.08.2025



## **Информация для пользователя**

Внешний вид изделия и пользовательского интерфейса может отличаться от изображений, представленных в данном документе. Компания постоянно улучшает продукт в связи с чем данное руководство периодически пересматривается и изменяется.

## Содержание

<b>1</b>	<b>ОПИСАНИЕ И РАБОТА PROMOVOT M EDU</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Меры безопасности при использовании</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>Общие меры безопасности</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2</b>	<b>Меры безопасности при работе с модулем 3D-печати</b> .....	<b>7</b>
<b>2.3</b>	<b>Меры безопасности при работе с модулем лазерной гравировки</b> .....	<b>7</b>
<b>2.4</b>	<b>Меры безопасности при работе с модулем захвата вакуумного и механического</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Общая информация</b> .....	<b>8</b>
<b>3.1</b>	<b>Эксплуатационные ограничения</b> .....	<b>8</b>
<b>3.2</b>	<b>Упаковка</b> .....	<b>9</b>
<b>3.3</b>	<b>Маркировка</b> .....	<b>9</b>
<b>3.4</b>	<b>Гарантийные обязательства</b> .....	<b>10</b>
<b>3.5</b>	<b>Хранение</b> .....	<b>12</b>
<b>3.6</b>	<b>Транспортирование</b> .....	<b>13</b>
<b>3.7</b>	<b>Утилизация</b> .....	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>Описание устройства</b> .....	<b>15</b>
<b>4.1</b>	<b>Технические характеристики</b> .....	<b>15</b>
<b>4.1</b>	<b>Состав</b> .....	<b>18</b>
<b>4.2</b>	<b>Манипулятор</b> .....	<b>20</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Основание</b> .....	<b>21</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Башня</b> .....	<b>24</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Порядок расположения контактов («распиновка разъемов»)</b> .....	<b>27</b>
<b>4.1</b>	<b>Блок питания</b> .....	<b>33</b>
<b>4.2</b>	<b>Внешний блок коммутации инструмента</b> .....	<b>34</b>
<b>4.3</b>	<b>Поворотный модуль инструмента</b> .....	<b>35</b>
<b>4.4</b>	<b>Модуль захвата вакуумного</b> .....	<b>37</b>
<b>4.5</b>	<b>Модуль захвата механического</b> .....	<b>39</b>
<b>4.6</b>	<b>Модуль захвата пилющих инструментов</b> .....	<b>40</b>
<b>4.7</b>	<b>Модуль 3D-печати</b> .....	<b>42</b>
<b>4.8</b>	<b>Модуль лазерной гравировки</b> .....	<b>46</b>
<b>4.9</b>	<b>Пульт управления</b> .....	<b>48</b>
<b>5</b>	<b>Включение M Edu</b> .....	<b>49</b>
<b>5.1</b>	<b>Подключение к манипулятору монитора и элементов управления</b> .....	<b>49</b>
<b>5.2</b>	<b>Подключение к манипулятору ПК через шнур сетевого интерфейса ETHERNET</b> .....	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>Выключение M Edu</b> .....	<b>50</b>
<b>7</b>	<b>Программное обеспечение M Edu</b> .....	<b>51</b>
<b>7.1</b>	<b>Инструкция по установке операционной системы</b> .....	<b>51</b>
<b>7.1.1</b>	<b>Подготовка к установке</b> .....	<b>51</b>
<b>7.1.2</b>	<b>Установка операционной системы</b> .....	<b>51</b>
<b>8</b>	<b>Техническое обслуживание M Edu</b> .....	<b>53</b>
<b>8.1</b>	<b>Общие указания</b> .....	<b>53</b>
<b>8.2</b>	<b>Меры безопасности</b> .....	<b>53</b>
<b>8.3</b>	<b>Порядок технического обслуживания изделия</b> .....	<b>53</b>

## Определения, обозначения и сокращения

В настоящем документе применяют следующие термины с соответствующими определениями, сокращения и обозначения:

М Edu	–	Образовательная робототехническая платформа Promobot M Edu
Promobot M Control	–	Встроенное программное обеспечение Promobot M Control
Манипулятор, манипулятор М Edu	–	Многофункциональный настольный четырехосевой робот-манипулятор с плоскопараллельной кинематикой и обратной связью, входящий в состав М Edu
ОС	–	Операционная система
ПК	–	Персональный компьютер
ПО	–	Программное обеспечение
ШИМ	–	Широтно-импульсная модуляция

# 1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА PROMOBOT M EDU

Образовательная робототехническая платформа Promobot M Edu представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из многофункционального настольного четырехосевого робот-манипулятора с плоскопараллельной кинематикой и обратной связью, набора сменных рабочих инструментов и методических указаний, предназначенный для использования в образовательных целях.

M Edu обеспечивает пользователю возможность освоения навыков программирования, основ управления роботизированными системами и принципов работы производственных линий.

## **2 Меры безопасности при использовании**

### **2.1 Общие меры безопасности**

К работе с M Edu допускаются только лица, изучившие эксплуатационную документацию на M Edu, прошедшие инструктаж по технике безопасности с обязательной соответствующей отметкой в журнале инструктажа по технике безопасности.

Работающие с M Edu обязаны:

- выполнять требования эксплуатационной документации, правил электро- и пожарной безопасности;
- не допускать, чтобы сетевые и интерфейсные кабели были скручены или передавлены, а также располагать их там, где их могут легко повредить;
- контролировать все процессы во время работы;
- после завершения процессов немедленно выключить оборудование;
- избегать попадание рук и других частей тела в рабочую зону манипулятора M Edu во включенном состоянии;
- при появлении посторонних шумов прекратить работу и обесточить оборудование;
- содержать в чистоте рабочую поверхность манипулятора M Edu, защищать от загрязнений и присутствия посторонних предметов;
- при появлении неисправности сообщить об этом в сервисную службу компании-изготовителя.

Запрещается:

- производить действия, противоречащие эксплуатационной документации на M Edu;
- оставлять работающий манипулятор M Edu без присмотра;
- позволять лицам младше 18 лет использовать M Edu в одиночку;
- работать во взрывоопасной среде, рядом с легковоспламеняющимися предметами;
- подключать дополнительное оборудование без выключения манипулятора;
- перемещать манипулятор во включенном состоянии;

- открывать и разбирать корпус манипулятора и сменных модулей;
- модифицировать манипулятор (изменять или удалять элементы конструкции);
- производить ремонт M Edu самостоятельно;
- использовать M Edu не по назначению.

## **2.2 Меры безопасности при работе с модулем 3D-печати**

При работе с модулем 3D-печати не допускается расположение рабочего места в помещениях без наличия естественной или искусственной вентиляции.

Запрещается трогать нагретый экструдер и столик для печати. Запрещается располагать предметы в рабочей зоне модуля 3D-печати.

## **2.3 Меры безопасности при работе с модулем лазерной гравировки<sup>1</sup>**

При работе с модулем лазерной гравировки допускается работать только в защитных очках.

Запрещается:

- смотреть на луч лазера;
- использовать модуль лазерной гравировки с материалами, выделяющими едкие вещества, а также отражающими металлами;
- направлять модуль лазерной гравировки на живых существ даже в случае, если он обесточен.

## **2.4 Меры безопасности при работе с модулем захвата вакуумного и механического**

Запрещается:

- поднимать груз, масса которого превышает значение грузоподъемности, указанного в технических характеристиках;
- выключать манипулятор M Edu, если груз находится в подвешенном положении;
- приступать к работе, если есть механические повреждения у присоски или механического захвата;
- поднимать мокрый или влажный груз;
- поднимать острые предметы.

<sup>1</sup> – При наличии в комплектации M Edu сменного модуля лазерной гравировки.

## **3    Общая информация**

### **3.1    Эксплуатационные ограничения**

Правила работы с M Edu:

1. Сборка, подготовка, включение, остановка и обслуживание устройства должны выполняться строго в соответствии с данным руководством.
2. Кто может работать с M Edu:
  - самостоятельно работать с устройством могут только люди старше 18 лет;
  - школьники и подростки могут использовать M Edu только под присмотром взрослых.
3. Безопасность при работе:
  - всегда учитывайте ограничения, указанные в технических характеристиках устройства;
  - не используйте M Edu, если температура, влажность или другие условия окружающей среды выходят за пределы, указанные в инструкции. Это может привести к поломке.
4. Пространство для работы: убедитесь, что вокруг M Edu достаточно свободного места. Минимальное расстояние до стен или других предметов должно быть не меньше 1 метра.
5. Защита от воды и повреждений:
  - не работайте с устройством рядом с водой, чтобы избежать его повреждения;
  - берегите M Edu от ударов, падений и других механических воздействий. Это может привести к попаданию внутрь пыли, жидкости или посторонних предметов.
6. Чистка устройства: не используйте абразивные или химически активные средства для очистки. Это может повредить поверхность.
7. Питание и аксессуары:
  - используйте только оригинальный блок питания и аксессуары, которые идут в комплекте с устройством;

- не подключайте M Edu к источникам питания с нестабильным напряжением.
8. Электромагнитные поля: не работайте с устройством рядом с источниками сильных электромагнитных полей (например, мощные магниты или генераторы). Это может нарушить работу электроники.

### **3.2 Упаковка**

Упаковка M Edu (Рисунок 1) – это коробка из белого гофрокартона, с ручкой и ложементами внутри для защиты содержимого. При распаковке сохраняйте ее целостность для дальнейшего хранения и перевозки M Edu.



Рисунок 1 – Упаковка M Edu

### **3.3 Маркировка**

Маркировка изделия (M Edu) есть как на упаковке, так и на самом устройстве.

На упаковке маркировка находится на боковых сторонах. Там указана следующая информация:

- наименование изделия;
- напряжение питания;
- максимальная потребляемая мощность;
- дата производства;
- информация о документах, в соответствии с которым произведена M Edu;
- комплектность поставки;
- срок службы;
- гарантийный срок;
- информация об изготовителе;
- информация о сертификации;
- параметры упаковки;
- информация о грузополучателе;
- информация о пункте назначения.

Маркировка на манипуляторе расположена на дне основания манипулятора и содержит следующую информацию:

- наименование изделия;
- массу;
- габаритные размеры;
- напряжение питания;
- максимальную потребляемую мощность;
- дату производства;
- информацию об изготовителе;
- информацию о документах, в соответствии с которым произведена M Edu;
- информацию о сертификации.

### **3.4 Гарантийные обязательства**

Гарантийный срок производителя составляет 12 (двенадцать) месяцев. Гарантийный срок исчисляется по общему правилу с даты приобретения M Edu у предприятия-изготовителя. Гарантийный срок на M Edu, приобретенной розничным

потребителем (гражданином, приобретающим М Edu исключительно для личных, семейных, домашних и иных нужд, не связанных с осуществлением предпринимательской деятельности) исчисляется с даты приобретения М Edu розничным потребителем.

При обнаружении в М Edu недостатков в период гарантийного срока владелец обязуется незамедлительно письменно сообщить об этом предприятию-изготовителю, описав подробно признаки выявленного недостатка, и в течение одного рабочего дня обеспечить по требованию предприятию-изготовителю дистанционный доступ к М Edu для дистанционной диагностики.

В период гарантийного срока предприятие-изготовитель обязуется при получении претензии обеспечить безвозмездное устранение недостатков М Edu в срок не более 60 рабочих дней с момента получения предприятием-изготовителем претензии и, в случае необходимости, предоставления дистанционного доступа к М Edu. Предприятие-изготовитель вправе по своему выбору осуществить замену М Edu ненадлежащего качества.

В случае существенного нарушения требований к качеству М Edu (обнаружения неустранимых недостатков, которые не могут быть устранены без несоизмерных расходов или затрат времени, или выявляются неоднократно, либо неоднократно проявляются вновь после их устранения) владелец вправе потребовать замены М Edu ненадлежащего качества.

Гарантийный срок продлевается на время, в течение которого М Edu не могла использоваться из-за обнаруженных в нем недостатков, а именно на период времени, равный периоду с момента получения уполномоченным лицом претензии о недостатках М Edu до момента устранения недостатков.

Гарантийное обслуживание осуществляется по выбору предприятием-изготовителем по месту ее нахождения или по месту нахождения М Edu. Гарантийному ремонту (замене) не подлежит М Edu:

- эксплуатировавшийся образом, не соответствующим требованиям руководства по эксплуатации;
- имеющий по вине пользователей механические повреждения, явившиеся причиной обращения за гарантийным ремонтом;

- эксплуатировавшийся или хранившийся в условиях (среде), не соответствующей требованиям, установленным документацией на M Edu;
- прошедший модификацию (изменения) или ремонт без участия предприятия-изготовителя.

Гарантийные обязательства распространяются на M Edu в той комплектации, в которой он находился на момент поставки предприятием-изготовителем и не распространяются на недостатки, возникшие в результате неверной работы ПО Promobot M Control, разработанного (доработанного) пользователем самостоятельно без согласования с предприятием-изготовителем.

Порядок осуществления гарантийного обслуживания/ ремонта M Edu установлен Положением о гарантийном ремонте и проведении сервисного обслуживания оборудования ООО «ПРОМОБОТ», размещенного по ссылке: <https://promobot.ru/warranty-repair-and-service-provision/>.

В гарантийное обслуживание (ремонт) не включены дополнительные услуги, в том числе, загрузка информации на M Edu, доработка ПО Promobot M Control, функционала, мониторинг состояния M Edu, не связанный с исправлением недостатков. Дополнительные услуги оказываются на основании отдельно заключенного возмездного соглашения, в частности соглашения об уровне сервиса (SLA).

### **3.5 Хранение**

1. Упаковка: сохраняйте коробку и упаковочные материалы в сухом месте. Они могут понадобиться для перевозки или хранения устройства в будущем.
2. Место хранения:
  - убедитесь, что в помещении нет сырости, испарений воды, горючих жидкостей или газов;
  - M Edu должна храниться в отапливаемом и проветриваемом помещении;
  - избегайте попадания прямых солнечных лучей;
  - температура должна быть от +5°C до +40°C (лучше всего +25°C);
  - влажность воздуха не должна превышать 65%.

3. Подготовка к хранению:
  - перед тем как убрать устройство на хранение, протрите его корпус сухой мягкой тканью;
  - проверьте, чтобы на рабочих поверхностях манипулятора и сменных модулей не осталось посторонних материалов.
4. Что нельзя делать:
  - не кладите тяжелые предметы на коробку с M Edu;
  - не допускайте посторонних людей к месту хранения устройства.

### **3.6 Транспортирование**

1. Используйте оригинальную упаковку: перевозите M Edu только в коробке, в которую он был изначально упакован.
2. Условия перевозки:
  - перевозить устройство можно любым крытым транспортом;
  - рекомендуемая температура: от +10°C до +35°C;
  - влажность воздуха не должна превышать 70%.
3. Если перевозили на холоде: если M Edu перевозили при минусовой температуре, перед включением оставьте его в теплом помещении на 2–3 часа, чтобы он прогрелся до температуры не ниже +10°C.
4. Как упаковать:
  - убедитесь, что манипулятор, сменные модули и другие детали лежат на своих местах внутри коробки;
  - не ставьте коробку вертикально – она должна лежать ровно;
  - перед транспортировкой проверьте, чтобы внутри коробки не было посторонних предметов.
5. Бережная перевозка:
  - избегайте ударов и резких движений коробки во время перевозки;
  - помните, что упаковка с M Edu – это хрупкий груз, поэтому обращайтесь с ней аккуратно.

### **3.7 Утилизация**

Срок эксплуатации M Edu – 3 года.

Если M Edu повреждена так, что ее больше нельзя использовать, утилизируйте ее.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды все отходы, образующиеся при утилизации M Edu и ее частей, подлежат обязательному сбору с последующей утилизацией в установленном порядке и в соответствии с действующими требованиями и нормами отраслевой нормативной документации, в том числе в соответствии с СанПиНом 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления».

Если это необходимо для налогового учета, операция по утилизации должна быть отражена в бухгалтерских документах в соответствии с законодательством той страны, в которой установлено оборудование.

## 4 Описание устройства

### 4.1 Технические характеристики

№	Параметр	Единица измерения	Значение
1	Грузоподъемность манипулятора, не более	г	500
2	Количество степеней свободы манипулятора	шт	4
3	Радиус рабочей зоны манипулятора, не более	мм	385
4	Повторяемость, не хуже	мм	0,2
5	Линейная скорость точки фиксатора инструмента манипулятора, не более	мм/с	100
6	Количество выходных портов общего назначения манипулятора	шт	5
7	Типы проводных интерфейсов манипулятора	-	Ethernet, HDMI, USB, UART, RS-485, SPI, I2C, TTL, 1-Wire
8	Тип вычислительного модуля манипулятора	-	Raspberry Pi 5
9	Тип процессора вычислительного модуля манипулятора	-	Четырехядерный процессор Broadcom BCM2712
10	Частота процессора вычислительного модуля манипулятора	ГГц	2,4
11	Архитектура процессора вычислительного модуля манипулятора	-	64-бит Arm Cortex-A76
12	Разрешение встроенного светодиодного экрана	точек	128x64
13	Кол-во каналов встроенной звуковой карты	штук	2
14	Мощность динамика	Вт	2
15	Чувствительность микрофона	Дб	-45
16	Количество сменных модулей инструмента в комплекте поставки	шт.	4 <sup>1</sup>

№	Параметр	Единица измерения	Значение
17	Максимальный диаметр пиющего инструмента для модуля захвата пиющих инструментов	мм	10
18	Максимальный размер изображения для рисования	мм	90x135
19	Тип расходных материалов для модуля 3D-печати	-	PLA-филамент
20	Диаметр PLA-филамента для модуля 3D-печати	мм	1,75
21	Температура печатающей головки модуля 3D-печати, не более	°C	220
22	Длина тефлоновой трубки модуля 3D-печати	м	1
23	Максимальный размер объектов для 3D-печати	мм	50x50x50
24	Диаметр присоски модуля захвата вакуумного	мм	23
25	Мощность насоса модуля захвата вакуумного, не более	Вт	6
26	Минимальный раствор когтей модуля захвата механического	мм	0
27	Максимальный раствор когтей модуля захвата механического	мм	80
28	Углы поворота узла поворота башни (относительно положения по умолчанию)	градус	±168
29	Углы поворота узла поворота нижнего плеча (относительно вертикальной оси манипулятора)	градус	2...-88
30	Углы поворота узла поворота верхнего плеча (относительно нижнего плеча)	градус	55...144
31	Углы поворота узла поворота инструмента (относительно положения по умолчанию)	градус	±88
32	Входное напряжение блока питания	В	230

№	Параметр	Единица измерения	Значение
33	Частота входного напряжения блока питания	Гц	50
34	Выходное напряжение блока питания	В	12
35	Потребляемая мощность М Edu, не более	Вт	180
36	Ток выхода манипулятор (разъем 12V OUT), не более	А	4
37	Степень защиты корпуса	-	IP20
38	Диапазон рабочих температур	°С	+5...+40
39	Допустимая относительная влажность воздуха, не более	%	70
40	Масса манипулятора, (±15%)	кг	6
41	Масса М Edu в упаковке, (±15%)	кг	10
42	Габаритные размеры манипулятора, ДхШхВ, не более	мм	288x200x371
43	Габаритные размеры М Edu в упаковке, ДхШхВ, не более	мм	480x350x250
<b>Сменный модуль лазерной гравировки <sup>2</sup></b>			
44	Мощность лазера модуля лазерной гравировки, не более	мВт	500
45	Длина волны лазера модуля лазерной гравировки	нм	650
46	Максимальный размер изображения для лазерной гравировки	мм	90x135
<p><sup>1</sup> – При наличии в комплектации М Edu модуля лазерной гравировки количество сменных модулей инструмента в комплекте поставки увеличится до 5.</p> <p><sup>2</sup> – При наличии в комплектации М Edu сменного модуля лазерной гравировки.</p>			

## 4.1 Состав

В состав M Edu входят следующие компоненты:

№	Наименование	Краткое описание	Количество
1	Информационный лист	Ссылка и QR-код для получения пользовательской документации и методических пособий	1 шт.
2	Манипулятор	Многофункциональный настольный четырехосевой робот-манипулятор с плоскопараллельной кинематикой и обратной связью	1 шт.
3	Блок питания	Импульсный блок питания с кабелем для питания от сети переменного тока 230 В 50 Гц, вилка стандарта СЕЕ 4/7 (тип F) или 7/7 (тип E/F) с заземлением и выходным постоянным напряжением 12 В	1 шт.
4	Пульт управления	Проводной USB-геймпад для ручного управления M Edu	1 шт.
5	Печатающая головка	Головка для печати PLA-филаментом; входит в комплект модуля 3D-печати	1 шт.
6	Экструдер	Настольный блок с сервоприводом для подачи PLA-филамента в экструдер; входит в комплект модуля 3D-печати	1 шт.
7	Трубка тефлоновая	Трубка для подачи PLA-филамента в экструдер; входит в комплект модуля 3D-печати	1 шт.

№	Наименование	Краткое описание	Количество
8	Держатель катушки PLA-филамента	Две направляющие для установки катушки PLA-филамента; входит в комплект модуля 3D-печати	1 шт.
9	Защитное стекло	Стекло для защиты поверхности при 3D-печати; входит в комплект модуля 3D-печати	1 шт.
10	Тестовый PLA-филамент	PLA-филамент для проверки функции 3D-печати; входит в комплект модуля 3D-печати	10 м
11	Модуль лазерной гравировки <sup>1</sup>	Модуль лазерный красный 650 нм 250 мВт с фокусировкой	1 шт.
12	Очки защитные <sup>1</sup>	Защитные очки от фиолетового, синего и красного лазерного излучения длиной волны 405-450 нм и 635-660 нм	1 шт.
13	Внешний блок коммутации инструмента	Блок с вакуумным насосом для модуля захвата вакуумного и безопасной коммутацией питания модуля лазерной гравировки <sup>1</sup>	1 шт.
14	Ключ коммутации питания модуля лазерной гравировки <sup>1</sup>	Ключ от ключ-выключателя, предназначенного для безопасной коммутации питания модуля лазерной гравировки	2 шт.
15	Модуль захвата пирующих инструментов	Захват для пирующих инструментов диаметром до 10 мм	1 шт.
16	Ручка Promobot	Шариковая ручка; используется совместно с модулем захвата пирующих инструментов	1 шт.

№	Наименование	Краткое описание	Количество
17	Поворотный модуль инструмента	Блок сервопривода для обеспечения вращения инструмента (не используется для модуля 3D-печати, модуля лазерной гравировки и модуля захвата пирующих инструментов)	1 шт.
18	Модуль захвата вакуумного	Модуль с вакуумной присоской	1 шт.
19	Модуль захвата механического	Блок инструмента с двумя акриловыми когтями, приводимыми в движение сервоприводом	1 шт.
20	Шнур сетевого интерфейса ETHERNET	Ответный шнур разъема сетевого интерфейса ETHERNET	1 шт.
21	Подложка с разметкой	Рабочее поле манипулятора с разметкой для точного размещения объектов и удобства использования при обучении	1 шт.
22	Встроенное программное обеспечение Promobot M Control	ПО, предназначенное для управления манипулятором	1 шт.
<sup>1</sup> – При наличии в комплектации M Edu сменного модуля лазерной гравировки			

## 4.2 Манипулятор

Основным компонентом M Edu является настольный 4-х осевой манипулятор (Рисунок 2), который состоит из:

- основания;
- башни;
- полиуретанового корпуса.

Чтобы устройством было удобно и безопасно пользоваться, в комплект входят защитные элементы, провода и расходники, которые помогают получить доступ ко всем функциям.

M Edu можно улучшать и расширять, подключая к нему дополнительные совместимые модули. Это делает устройство более универсальным и полезным для разных задач.



Рисунок 2 – Настольный 4-х осевой манипулятор

#### 4.2.1 Основание

Основание манипулятора – это неразборный блок с разъемами для внешних подключений, расположенных на задней панели (Рисунок 3).



Рисунок 3 – Панель разъемов для подключения внешних устройств

Разъемы для внешних подключений:

1. Тумблер включения/выключения питания манипулятора:
  - «0» – питание выключено;
  - «|» – питание включено.
2. UART – для подключения внешнего оборудования по последовательному интерфейсу UART.
3. ETHERNET – для подключения манипулятора к компьютеру.
4. USB – для подключения элементов управления (компьютерная мышь, клавиатура, пульт управления).
5. GPIO – для подключения внешних датчиков и исполнительных механизмов.
6. HDMI – для подключения монитора.
7. RS-485 – для подключения внешнего оборудования по последовательному интерфейсу RS-485.
8. STEP/DIR – для прямого управления драйверами шаговых двигателей по интерфейсу STEP/DIR.
9. TTL – для подключения сервопривода с интерфейсом TTL.
10. STEPPER – для подключения шагового двигателя.
11. 12v OUT – для питания внешнего оборудования (блок коммутации инструмента, нагревательный элемент печатающей головки).

12. POWER 12v – для подключения блока питания манипулятора.

Для правильного и безопасного подключения дополнительных совместимых модулей к манипулятору пользуйтесь информацией о «распиновке разъемов».

В основании размещены дисплей, микрофон и динамик для обеспечения взаимодействия M Edu с пользователем.

Низкоуровневое программное обеспечение Promobot M Control установлено на встроенный центральный управляющий контроллер с архитектурой ARM. В состав робота-манипулятора входит одноплатный компьютер (Рисунок 4), наличие которого дает пользователю возможность установить операционную систему и пользовательское программное обеспечение под собственные нужды.

Одноплатный компьютер поставляется без предустановленной операционной системы; его загрузчик U-Boot выполняет только аппаратную инициализацию. Одноплатный компьютер поставляется без предустановленной операционной системы; его загрузчик U-Boot выполняет только аппаратную инициализацию.



Рисунок 4 – Одноплатный компьютер Raspberry Pi 5

Управление дополнительными системами M Edu осуществляется через встроенный микроконтроллер STM32.

Также можно использовать внешний компьютер, чтобы разделить задачи: встроенный одноплатный компьютер будет управлять манипулятором, а внешний компьютер – отвечать за графический интерфейс.

На корпусе основания находится кнопка включения/выключения манипулятора (Рисунок 5). Кнопка не фиксируется, то есть нажимаешь ее – манипулятор выключается.

Эта кнопка удобна тем, что можно выключить устройство, не трогая основной переключатель питания (тумблер). Если необходимо снова включить манипулятор, просто нажмите эту кнопку еще раз.



Рисунок 5 – Кнопка включения/выключения манипулятора

#### 4.2.2 Башня

Башня закреплена на основании манипулятора. На башне закреплены плечо и стрела манипулятора (Рисунок 6).



Рисунок 6 – Манипулятор, где: 1 – башня; 2 – плечо; 3 – стрела; 4 – блок инструмента

Движение плеча и стрелы манипулятора происходит благодаря трем поворотным узлам (J1, J2, J3) (Рисунок 7). Эти узлы приводятся в движение шаговыми двигателями, которые работают через ременные передачи. Чтобы контролировать положение узлов, используются энкодеры (датчики положения) и концевые выключатели (датчики, которые показывают крайние точки движения).

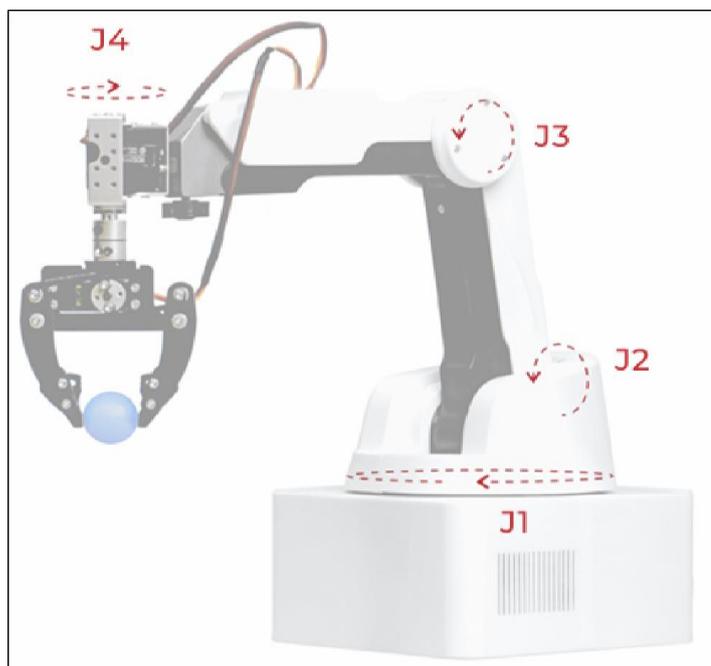


Рисунок 7 – Движение плеча и стрелы манипулятора

На стреле расположен блок инструмента и панель разъемов для подключения сменных модулей с кнопкой FreeDrive (Рисунок 8).



Рисунок 8 – Стрела манипулятора (вид сверху), где: 6 – панель разъемов для подключения сменных модулей; 7 – кнопка FreeDrive

Разъемы для подключения сменных модулей:

1. TEMP – для подключения датчика температуры печатающей головки и лазерной головки<sup>1</sup>.
2. FAN – для подключения вентилятора печатающей головки.
3. GP3 – для подключения поворотного модуля инструмента.
4. GP3 – для подключения привода модуля захвата механического.

Для правильного и безопасного подключения дополнительных совместимых модулей к манипулятору пользуйтесь информацией о «распиновке разъемов».

<sup>1</sup> – При наличии в комплектации M Edu сменного модуля лазерной гравировки

### 4.2.3 Порядок расположения контактов («распиновка разъемов»)

Для правильного и безопасного подключения дополнительных совместимых модулей к манипулятору пользуйтесь информацией о «распиновке разъемов».

#### Примечание

- 1 Первый контакт для каждого разъема находится слева.
- 2 Для разъема UART контакты считаются как: верхний левый 1, нижний левый 2, ..., верхний правый 9, нижний правый 10.
- 3 Прочерк в названии контакта – контакт в текущей ревизии не используется.

Разъем	Название ответного разъема на кабель	Но-мер конта-кта	Название контакта	Тип контакта	Параметры сигнала
RS-485	PHR-3 произво- дитель JST	1	A	Интерфейсный порт	Допустимое напряжение: -8...+13 В
		2	B	Интерфейсный порт	Допустимое напряжение: -8...+13 В
		3	GND	Земля	-
STEP/ DIR	PHR-8 произво- дитель JST	1	Шаг (привод верхнего плеча)	Вход	Допустимое напряжение: 0...3,6 В
		2	Направление (привод верхнего плеча)	Вход	Допустимое напряжение: 0...3,6 В

<b>Разъем</b>	<b>Название ответного разъема на кабель</b>	<b>Но-мер конта-кта</b>	<b>Название контакта</b>	<b>Тип контакта</b>	<b>Параметры сигнала</b>
		3	Шаг (привод нижнего плеча)	Вход	Допустимое напряжение: 0...3,6 В
		4	Направ-ление (привод нижнего плеча)	Вход	Допустимое напряжение: 0...3,6 В
		5	Шаг (привод базы)	Вход	Допустимое напряжение: 0...3,6 В
		6	Направ-ление (привод базы)	Вход	Допустимое напряжение: 0...3,6 В
		7	Шаг (привод внешнего шагового мотора)	Вход	Допустимое напряжение: 0...3,6 В
		8	Направ-ление (привод внешнего шагового мотора)	Вход	Допустимое напряжение: 0...3,6 В

Разъем	Название ответного разъема на кабель	Номер контакта	Название контакта	Тип контакта	Параметры сигнала
TTL	PHR-4 производитель JST	1	GND	Земля	-
		2	12 В	Выход	Максимальный ток: 2 А
		3	-	-	-
		4	TTL	Интерфейсный порт	Допустимое напряжение: 0...3,6 В Максимальный ток: 3,3 мА
СТЕPPER	PHR-4 производитель JST	1	Обмотка А2	Выход	Максимальный ток обмотки: 0,5 А
		2	Обмотка А1	Выход	Максимальный ток обмотки: 0,5 А
		3	Обмотка В1	Выход	Максимальный ток обмотки: 0,5 А
		4	Обмотка В2	Выход	Максимальный ток обмотки: 0,5 А
12V OUT		1	12 В	Выход	Максимальный ток: 2 А

Разъем	Название ответного разъема на кабель	Номер контакта	Название контакта	Тип контакта	Параметры сигнала
	ХНР-2 производитель JST	2	Управляемая земля	Выход	Максимальный ток: 2 А
UART	IDC-10F производитель Connfly	1	5 В	Выход	Максимальный ток: 100 мА
		2	GND	Земля	-
		3	RX	Вход	Допустимое напряжение: 0...5,5 В
		4	TX	Выход	Максимальный ток: 20 мА
		5	-	-	-
		6	-	-	-
		7	-	-	-
		8	-	-	-
		9	12 В	Выход	Максимальный ток: 100 мА
		10	GND	Земля	-

Разъем	Название ответного разъема на кабель	Номер контакта	Название контакта	Тип контакта	Параметры сигнала
GPIO	PHR-6 производитель JST	1	Порт 1/SCK	Вход АЦП/Выход ШИМ/Интерфейсный порт	Допустимое напряжение: 0...5,5 В Максимальный ток: 20 мА
		2	Порт 2/MISO	Вход АЦП/Выход ШИМ/Интерфейсный порт	Допустимое напряжение: 0...5,5 В Максимальный ток: 20 мА
		3	Порт 3/MOSI	Вход АЦП/Выход ШИМ/Интерфейсный порт	Допустимое напряжение: 0...5,5 В Максимальный ток: 20 мА
		4	Порт 4/SCL	Вход АЦП/Выход ШИМ/Интерфейсный порт	Допустимое напряжение: 0...5,5 В Максимальный ток: 20 мА
		5	Порт 5/SDA	Вход АЦП/Выход ШИМ/Интерфейсный порт	Допустимое напряжение: 0...5,5 В Максимальный ток: 20 мА

Разъем	Название ответного разъема на кабель	Номер контакта	Название контакта	Тип контакта	Параметры сигнала
		6	GND	Земля	-
TEMP	PHR-2 производитель JST	1	GND	Земля	-
		2	Температура	Вход	Допустимое напряжение: 0...5,5 В
FAN	XHP-2 производитель JST	1	Управляемая земля	Выход	Максимальный ток: 1 А
		2	12 В	Выход	Максимальный ток: 1 А
GP3	PHR-4 производитель JST	1	TTL/PWM	Интерфейсный порт/Выход ШИМ	Допустимое напряжение: 0...5,5 В Максимальный ток: 20 мА
		2	АЦП	Вход	Допустимое напряжение: 0...5,5 В
		3	5 В	Выход	Максимальный ток: 1 А
		4	GND	Земля	-

Разъем	Название ответного разъема на кабель	Номер контакта	Название контакта	Тип контакта	Параметры сигнала
GP4	PHR-4 производитель JST	1	TTL/PWM	Интерфейсный порт/Выход ШИМ	Допустимое напряжение: 0...5,5 В Максимальный ток: 20 мА
		2	АЦП	Вход	Допустимое напряжение: 0...5,5 В
		3	5 В	Выход	Максимальный ток: 1 А
		4	GND	Земля	-

#### 4.1 Блок питания

Блок питания (Рисунок 9) – это устройство, которое превращает переменное напряжение 230 В (как в розетке) в постоянное напряжение 12 В. У него есть специальный контакт для заземления, который делает использование M Edu безопасным.

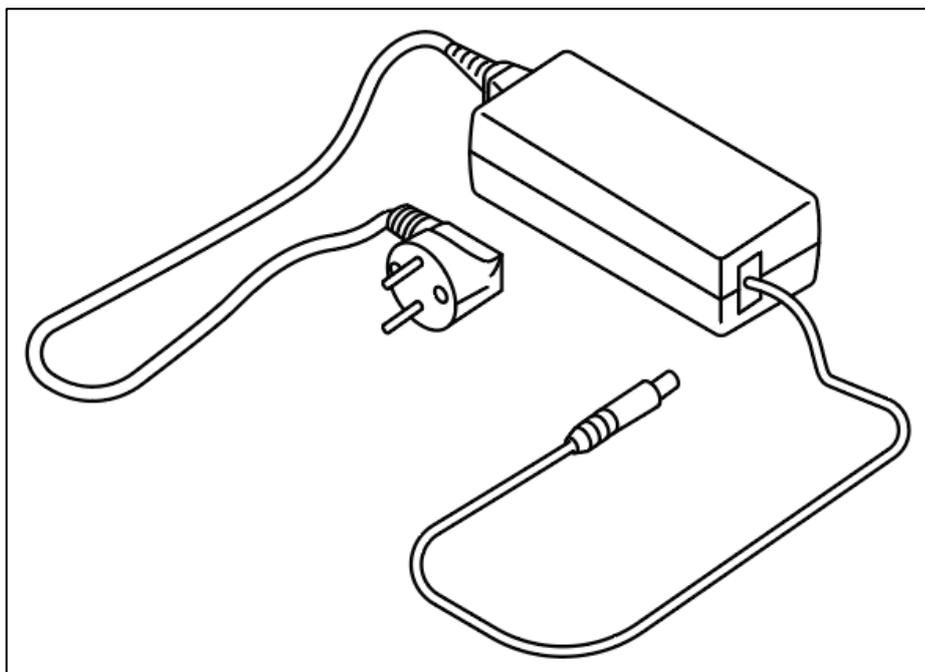


Рисунок 9 – Блок питания

Для подключения блока питания к М Edu, вставьте его в разъем POWER 12V на панели разъемов для подключения внешних устройств.

**Примечание** – Подключение блока питания к М Edu разрешается только при установке тумблера в положении «0». Использование М Edu запрещается при поврежденных элементах корпуса или кабелей блока питания.

## 4.2 Внешний блок коммутации инструмента

Внешний блок коммутации инструмента (Рисунок 10) предназначен для безопасной коммутации питания модуля лазерной гравировки<sup>1</sup> и работы модуля захвата вакуумного.

<sup>1</sup> – При наличии в комплектации М Edu сменного модуля лазерной гравировки.



Рисунок 10 – Внешний блок коммутации инструмента

Внутри блока установлен вакуумный насос для присасывания предметов вакуумной присоской. Для этого блок коммутации инструмента требуется подключить к разъему 12V OUT на панели разъемов для подключения внешних устройств.

Снаружи блока – ключ-выключатель для включения/выключения питания лазерной головки. Для этого блок коммутации инструмента требуется подключить к разъему TTL на панели разъемов для подключения внешних устройств.

### **4.3 Поворотный модуль инструмента**

В поворотном модуле инструмента (Рисунок 11) располагается четвертый поворотный узел (J4) манипулятора.

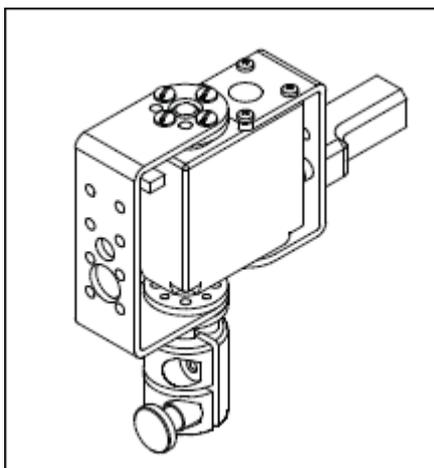


Рисунок 11 – Поворотный модуль инструмента

Поворотный модуль инструмента вставляется в специальное гнездо в блоке инструмента (Рисунок 12).



Рисунок 12 – Установка поворотного модуля инструмента

После этого он закрепляется винтом, который прижимает его и надежно фиксирует. Провода поворотного модуля подключаются к разъему 3. GP3 на панели разъемов для подключения сменных модулей (Рисунок 13).



Рисунок 13 – Подключение проводов поворотного модуля

Через поворотный модуль подключаются механический и вакуумный захваты.

**П р и м е ч а н и е** – Все монтажные работы допускается производить только на обесточенном оборудовании.

#### **4.4 Модуль захвата вакуумного**

Модуль захвата вакуумного предназначен для того, чтобы перемещать предметы.

Модуль состоит из присоски и вакуумного насоса, расположенного в блоке коммутации инструмента (Рисунок 14).

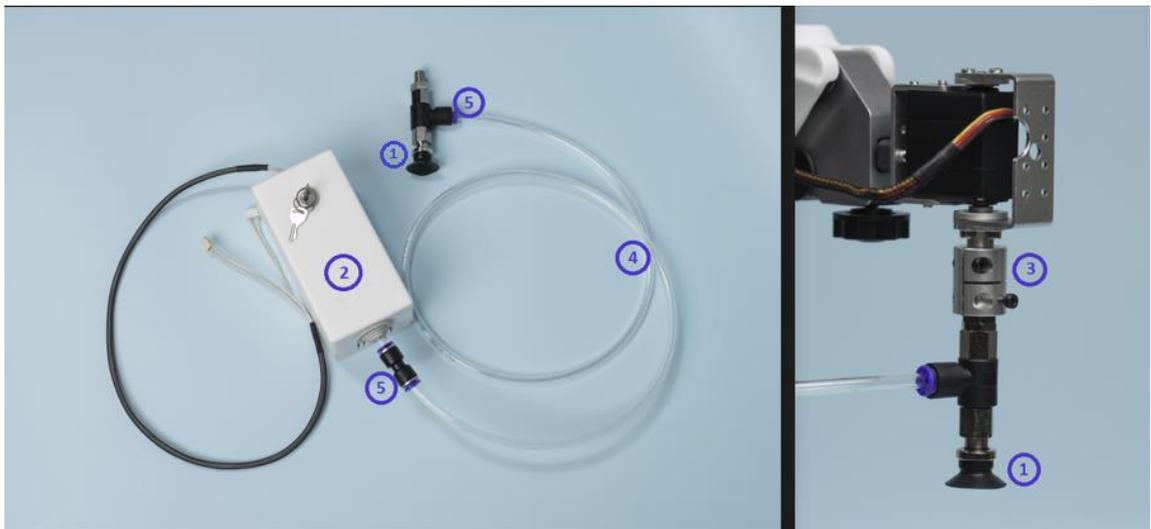


Рисунок 14 – Модуль захвата вакуумного, где: 1 – присоски; 2 – вакуумный насос; 3 – винты на муфте; 4 – полиуретановая трубка; 5 – фитинговые держатели

Принцип работы: между присоской и поверхностью предмета создается низкое давление (вакуум), благодаря чему предмет прилипает к присоске и его можно перемещать.

Установка и подключение модуля захвата вакуумного:

**Примечание** – Все монтажные работы допускается производить только на обесточенном.

1. Установите присоску вакуумного захвата в поворотный модуль инструмента:
  - 1) Возьмите поворотный модуль, ослабьте винты на муфте.
  - 2) Закрутите присоску в поворотный модуль и затяните винты на муфте.
2. Присоедините полиуретановую трубку:
  - 1) Один конец трубки присоедините к присоске. Для закрепления используются фитинговые держатели.
  - 2) Второй конец трубки присоедините к блоку коммутации инструмента. Для закрепления также используются фитинговые держатели.

**Примечание** – Не отсоединяйте полиуретановую трубку от блока коммутации и присоски после использования модуля, их можно хранить в сборе.

3. Установите поворотный модуль инструмента в специальное гнездо в блоке инструмента и подключите провода.
4. Подключите блок коммутации инструмента к манипулятору.
5. Включите манипулятор, руководствуясь инструкцией.

Модуль вакуумного захвата готов к работе.

#### 4.5 Модуль захвата механического

Модуль захвата механического предназначен для того, чтобы перемещать предметы. Модуль состоит из привода и двух когтей (Рисунок 15).

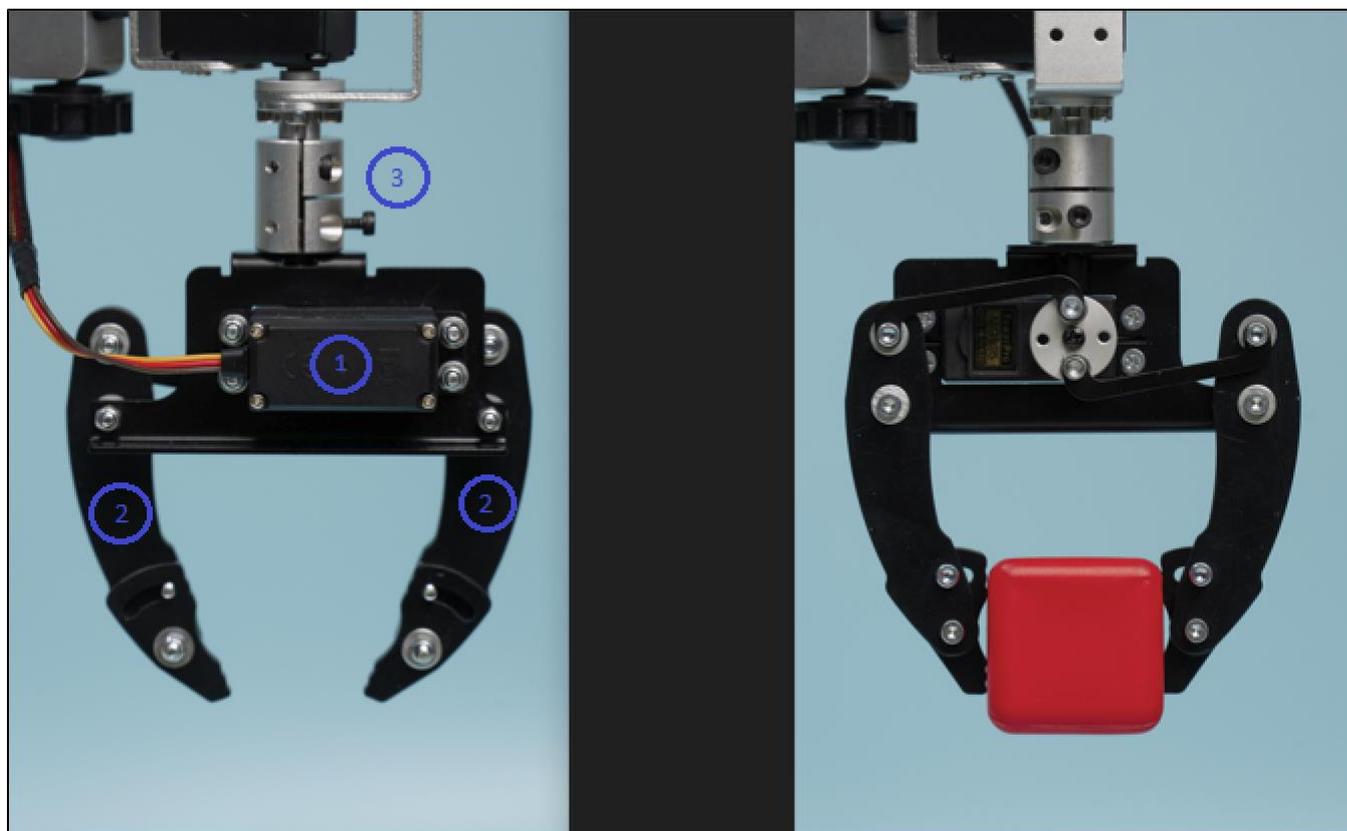


Рисунок 15 – Модуль захвата механического, где: 1 – привод механического захвата, 2 – когти, 3 – винты на муфте

Принцип работы: привод сжимает когти механического захвата, и они зажимают предмет между собой. Благодаря этому предмет можно легко перемещать.

Установка и подключение модуля захвата механического:

**Примечание** – Все монтажные работы допускаются производить только на обесточенном оборудовании.

1. Установите модуль механического захвата в поворотный модуль инструмента:
  - 1) Возьмите поворотный модуль, ослабьте винты на муфте (Рисунок 15).
  - 2) Закрутите захват в поворотный модуль и затяните винты на муфте.

2. Установите поворотный модуль инструмента в специальное гнездо в блоке инструмента и подключите провода поворотного модуля.
3. Подключите провода механического захвата к разъему 4. GP3 на панели разъемов для подключения сменных модулей (Рисунок 16).



Рисунок 16 – Подключение проводов механического захвата

Включите манипулятор, руководствуясь инструкцией. Модуль захвата механического готов к работе.

#### **4.6 Модуль захвата пишущих инструментов**

Модуль захвата пишущих инструментов (Рисунок 17) предназначен для рисования. Модуль состоит из захвата пишущих инструментов и держателя захвата.

Принцип работы: в захват вставляется ручка или фломастер толщиной до 10 мм. Внутри захвата есть пружина, которая слегка нажимает на пишущий инструмент, чтобы он касался бумаги. Благодаря этому можно писать или рисовать.

Установка и подключение модуля захвата пишущих инструментов:

1. Возьмите захват и ослабьте винт.
2. Вставьте ручку (или фломастер) так, чтобы кончик выступал примерно на 4,5 см вниз и закрутите винт, чтобы зафиксировать.
3. Установите держатель захвата в специальное гнездо в блоке инструмента и закрепите винтом.
4. Расположите бумагу под стрелой манипулятора на ровную поверхность, которая не скользит, или закрепите края бумаги скотчем.
5. Включите манипулятор, руководствуясь инструкцией.

Модуль захвата пишущих инструментов готов к работе.



Рисунок 17 – Модуль захвата пишущих инструментов, где: 1 – захвата пишущих инструментов; 2 – держатель захвата; 3 – винт

## 4.7 Модуль 3D-печати

Модуль 3D-печати (Рисунок 18) предназначен для печати 3D-объектов PLA-филаментом.



Рисунок 18 – Модуль 3D-печати

Модуль состоит из следующих компонентов:

1. Экструдер (блок подачи PLA-филамента);
2. Печатающая головка;
3. Тefлоновая трубка для подачи PLA-филамента;
4. Держатель для катушки с PLA-филаментом;
5. Защитное стекло.

Принцип работы: экструдер через тefлоновую трубку подает пластиковую нить (PLA-филамент) в печатающую головку. Там нить нагревается до нужной температуры, становится жидкой и наносится на защитное стекло. Манипулятор двигает печатающую головку так, чтобы получилась нужная фигура.

Установка и подключение модуля 3D-печати:

**Примечание** – Все монтажные работы допускается производить только на обесточенном оборудовании.

1. Установите и подключите печатающую головку:
  - 1) Возьмите печатающую головку и приведите ее в рабочее положение (Рисунок 19).

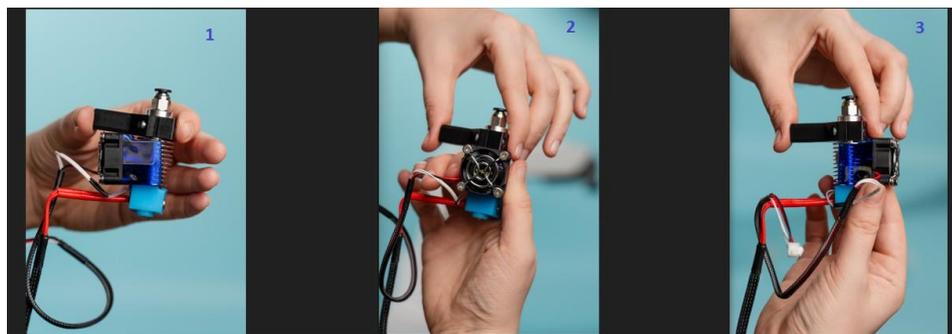


Рисунок 19 – Приведение печатающей головки в рабочее положение

- 2) Установите печатающую головку в блок инструмента и закрепите винтом.
- 3) Подключите провод нагревательного элемента к разъему 12V OUT на панели разъемов для подключения внешних устройств.
- 4) Подключите провода датчика температуры и вентилятора к разъемам 1. TEMP и 2. FAN на стреле манипулятора (Рисунок 20).



Рисунок 20 – Подключение провода датчика температуры и вентилятора

2. Установите и подключите экструдер:

**Примечание** – Для осуществления тестовой печати в комплект также входят 10 метров PLA-филамента.

- 1) Возьмите тефлоновую трубку и с помощью фитинговых держателей присоедините один конец к печатающей головке, а другой – к экструдеру.
- 2) Установите катушку PLA-филамента с держателем на стол (при наличии).
- 3) Возьмите экструдер и открутите на нем прижимной винт, откройте его (Рисунок 21).

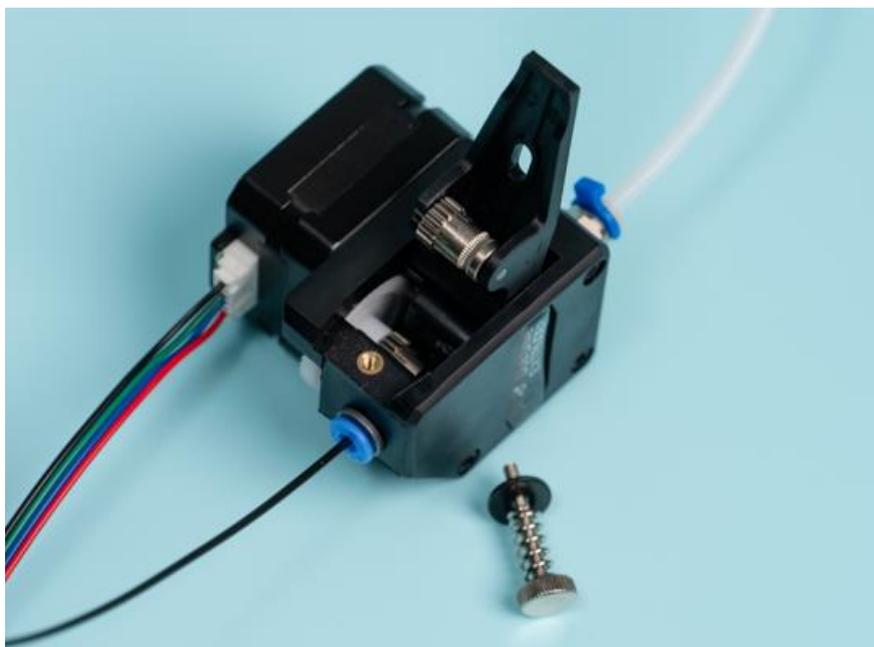


Рисунок 21 – Экструдер

- 4) Возьмите пластиковую нить и заправьте ее через экструдер по тefлоновой трубке до печатающей головки (до упора) (Рисунок 22).

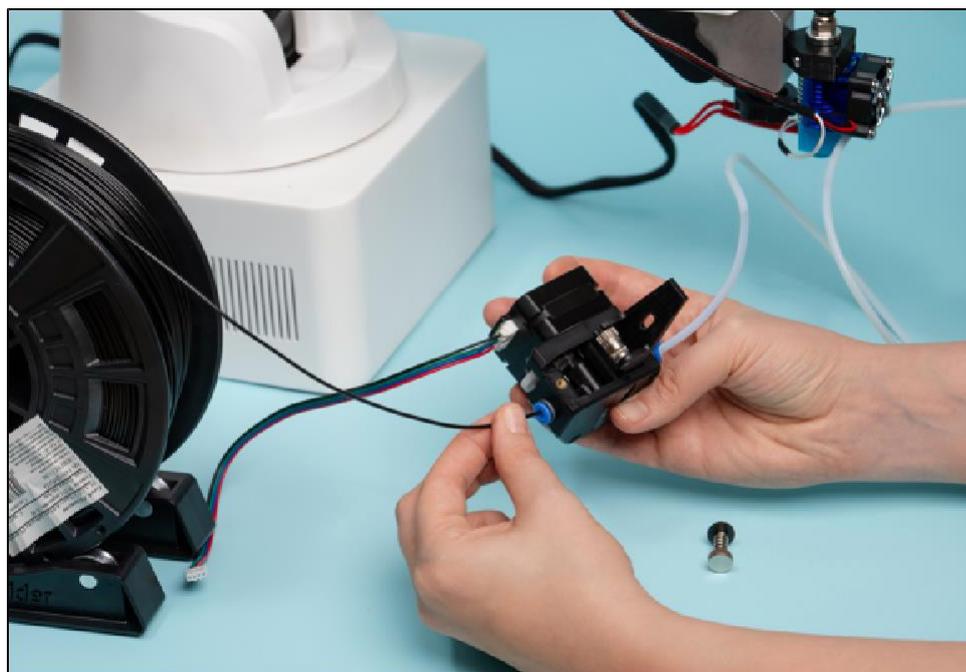


Рисунок 22 – Заправка пластиковой нити в экструдер

- 5) Закройте экструдер и закрутите на нем прижимной винт.
- 6) Подключите провода экструдера к разъему STEPPER на панели разъемов для подключения внешних устройств (Рисунок 23).



Рисунок 23 – Подключение проводов экструдера

3. Подготовьте поверхность для 3D-печати (Рисунок 24):
  - 1) Расположите защитное стекло на поверхности стола в 10 см от корпуса манипулятора и закрепите его бумажным скотчем по краям.
  - 2) Наклейте в центр стекла бумажный скотч 10x10 см для того, чтобы объект при печати не приклеился к стеклу.

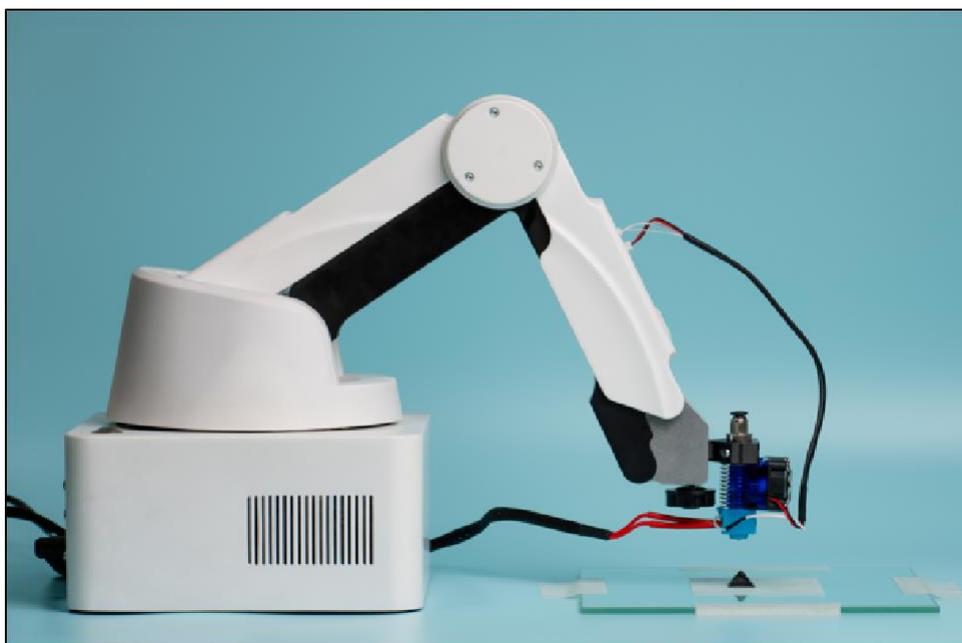


Рисунок 24 – Расположение защитного стекла

4. Включите манипулятор, руководствуясь инструкцией.

Модуль 3D-печати готов к работе.

#### 4.8 Модуль лазерной гравировки

Модуль лазерной гравировки<sup>1</sup> предназначен для нанесения изображений на дерево или картон.

**Примечание** – Не допускается использовать другие материалы, потому что при работе они могут выделять вредные испарения.

Модуль состоит из лазерной головки с фиксатором инструмента и защитных очков (Рисунок 25). Для обеспечения безопасной работы питание модуля управляется через ключ-выключатель.



Рисунок 25 – Модуль лазерной гравировки

Принцип работы: лазерный луч точно нагревает поверхность, из-за чего материал в этом месте меняет свои свойства и цвет. Благодаря этому на дереве или картоне можно получить изображение.

<sup>1</sup> – При наличии в комплектации M Edu сменного модуля лазерной гравировки.

Установка и подключение модуля лазерной гравировки:

**Примечание** – Все монтажные работы допускается производить только на обесточенном оборудовании.

1. Установите лазерную головку в блок инструмента и закрепите винтом.
2. Подключите провод к разъему 4. GP3 на стреле манипулятора (Рисунок 26).



Рисунок 26 – Подключение проводов лазерной головки

3. Подключите блок коммутации инструмента к разъему TTL на панели разъемов для подключения внешних устройств.
4. Расположите материал для выжигания на поверхности стола в 10 см от корпуса манипулятора (под стрелой манипулятора).
5. Наденьте защитные очки.

**Примечание** – Прямой или отраженный луч лазера может вызвать ожоги или слепоту.

6. Включите манипулятор, руководствуясь инструкцией.  
Модуль лазерной гравировки готов к работе.

## 4.9 Пульт управления

Пульт управления выглядит как игровой джойстик с кнопками и стиком (Рисунок 27).

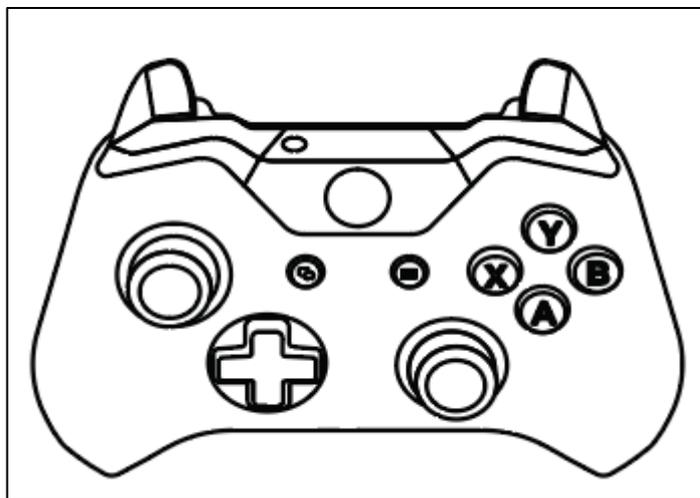


Рисунок 27 – Пульт управления

Он подключается в разъем USB на панели для подключения внешних устройств.

С помощью этого пульта можно вручную управлять движением манипулятора, используя кнопки и стик. Управление через пульт зависит от функций программного обеспечения, установленного на устройстве.

## **5 Включение M Edu**

1. Поставьте манипулятор на ровную поверхность. Убедитесь, что вокруг него (в радиусе 0,5 метра) нет никаких лишних предметов.
2. Переведите тумблер включения питания манипулятора в положение «0» (выключено).
3. Установите нужный сменный модуль.
4. Выберите, как вы хотите подключить манипулятор.

### **5.1 Подключение к манипулятору монитора и элементов управления**

1. Подключите блок питания к манипулятору и к розетке.
2. Подключите монитор к манипулятору. Вставьте кабеля HDMI монитора в соответствующий разъем манипулятора.
3. Подключите элементы управления (мышь, клавиатура) в разъем USB на панели манипулятора.
4. Переведите тумблер включения питания манипулятора в положение «|» (включено).
5. На мониторе отобразится загрузка BIOS/UEFI и остановится в ожидающем режиме, так как ОС отсутствует.
6. Установите операционную систему с карты micro-SD согласно главе 7.

### **5.2 Подключение к манипулятору ПК через шнур сетевого интерфейса ETHERNET**

1. Подключите блок питания к манипулятору и к розетке. Переведите тумблер включения питания манипулятора в положение «|» (включено).

## **6 Выключение M Edu**

Выключение манипулятора происходит через операционную систему (если вы пользовались манипулятором с использованием монитора и элементов управления).

После выключения манипулятора переведите тумблер включения питания манипулятора в положение «0» (выключено).

## **7 Программное обеспечение M Edu**

**В н и м а н и е!** ПАК M Edu поставляется без предустановленной операционной системы. Производитель подтверждает совместимость одноплатного компьютера Raspberry Pi 5 с Ubuntu 22.04 и отечественной РЕД ОС 8. Установку и лицензирование ОС, а также верхнеуровневого ПО выполняет пользователь самостоятельно.

В состав платформы входит низкоуровневое программное обеспечение Promobot M Control, установленное на встроенный центральный управляющий контроллер с архитектурой ARM. Робот-манипулятор также оснащен одноплатным компьютером, наличие которого дает пользователю возможность установить операционную систему и пользовательское программное обеспечение под собственные нужды.

Для обеспечения полной функциональности системы требуется установка верхнеуровневого программного обеспечения. Установка ПО должна выполняться в соответствии с инструкцией или указаниями, прилагаемыми к ПО. В качестве альтернативы возможно использование верхнеуровневого ПО, поставляемого предприятием-изготовителем.

### **7.1 Инструкция по установке операционной системы**

#### **7.1.1 Подготовка к установке**

Блок питания: 5V/5A, при использовании блока питания 5V/3A максимальный ток на USB портах будет уменьшен до 600 mA.

Карта памяти: MicroSD с минимальной скоростью записи не ниже 10Мб/с.

Наличие картридера.

#### **7.1.2 Установка операционной системы**

Для установки операционной системы необходимо выполнить следующие действия:

1. Необходимо выбрать и скачать операционную систему.

2. Загрузить файл с образом на карту памяти. Если образ сжат в архив, то его необходимо распаковать с помощью архиватора и извлечь из него файл формата \*.iso или \*.img.

3. Записать образ операционной системы на MicroSD. Например, с помощью программы balenaEtcher, которая поддерживает работу с несколькими операционными системами: Windows, macOS, Linux.

3. Подключить кардридер с картой памяти к компьютеру по USB порту.

4. Подключить микрокомпьютер к источнику питания. Требования к источнику питания представлены в п. 7.1.1.

5. Подключить дисплей и клавиатуру для работы.

После записи образа необходимо выполнить следующие действия:

1. Перезагрузить компьютер.

2. Войти в BIOS/UEFI: при помощи клавиш Del, F2, F10, F12 или Esc сразу после включения компьютера (ключ зависит от производителя).

3. Изменить порядок загрузки: необходимо найти раздел "Boot Order", "Boot Priority" или "Startup" и установить USB-флешку на первое место в списке загрузки.

4. Сохранить изменения и выйти из BIOS/UEFI. Компьютер должен загрузиться с флешки.

## **8 Техническое обслуживание M Edu**

### **8.1 Общие указания**

Техническое обслуживание M Edu должно проводиться регулярно для обеспечения его надежной работы и продления срока службы. Рекомендуется проводить техническое обслуживание не реже одного раза в месяц, а также после каждого интенсивного использования.

Основные задачи технического обслуживания:

- проверка работоспособности всех компонентов;
- очистка от пыли и загрязнений;
- обновление программного обеспечения.

### **8.2 Меры безопасности**

Техническое обслуживание требуется проводить в хорошо проветриваемом помещении. Перед началом обслуживания отключите M Edu от источника питания.

### **8.3 Порядок технического обслуживания изделия**

Порядок технического обслуживания M Edu:

1. Проверьте состояние корпуса манипулятора M Edu на наличие трещин и повреждений.
2. Убедитесь, что все соединения надежны, а кабели не имеют изломов или оголенных участков.
3. Используйте мягкую ткань для протирки корпуса манипулятора M Edu и сменных модулей.
4. Удалите пыль и грязь из щелей и труднодоступных мест манипулятора и сменных модулей с помощью сжатого воздуха.
5. Для очистки стола модуля 3D-печати используйте сначала салфетку, смоченную водой, а далее спиртовую салфетку.
6. При обнаружении изношенных или поврежденных деталей обратитесь к производителю.
7. После завершения всех работ включите манипулятор M Edu и проведите тестирование его функций. Убедитесь, что все системы работают корректно.