

ООО «ПРОМОБОТ»

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

Руководство по эксплуатации

ред. 17.03.2026



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

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ | 6 |
| 1.1 | Общие меры безопасности | 6 |
| 1.2 | Меры безопасности при работе с модулем 3D-печати | 7 |
| 1.3 | Меры безопасности при работе с модулем лазерной гравировки | 7 |
| 1.4 | Меры безопасности при работе с модулем захвата вакуумного и механического | 7 |
| 2 | ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ..... | 8 |
| 2.1 | Эксплуатационные ограничения..... | 8 |
| 2.2 | Упаковка..... | 9 |
| 2.3 | Маркировка..... | 10 |
| 2.4 | Гарантийные обязательства..... | 11 |
| 2.5 | Хранение | 13 |
| 2.6 | Транспортирование | 13 |
| 2.7 | Утилизация..... | 14 |
| 3 | ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА | 15 |
| 3.1 | Технические характеристики | 15 |
| 3.2 | Состав M Edu | 17 |
| 3.3 | Манипулятор..... | 20 |
| 3.3.1 | Основание | 21 |
| 3.3.2 | Башня..... | 25 |
| 3.3.3 | Порядок расположения контактов («распиновка разъемов»)..... | 28 |
| 3.4 | Блок питания..... | 36 |
| 3.5 | Внешний блок коммутации инструмента | 37 |
| 3.6 | Поворотный модуль инструмента | 38 |
| 3.7 | Модуль захвата вакуумного | 40 |
| 3.8 | Модуль захвата механического | 42 |
| 3.9 | Модуль захвата пиющего инструмента | 43 |
| 3.10 | Модуль 3D-печати..... | 44 |
| 3.11 | Модуль лазерной гравировки..... | 49 |
| 3.12 | Пульт управления..... | 51 |
| 4 | ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ M EDU | 52 |
| 4.1 | Общие указания..... | 52 |
| 4.2 | Меры безопасности | 52 |
| 4.3 | Порядок проведения технического обслуживания изделия..... | 52 |
| 5 | ВКЛЮЧЕНИЕ M EDU | 53 |
| 6 | ВЫКЛЮЧЕНИЕ M EDU..... | 57 |
| 7 | ПРИЛОЖЕНИЕ PROMOVOT M CONTROL | 58 |
| 7.1 | Ручное управление | 59 |
| 7.1.1 | Ручное управление «Без насадки»..... | 60 |
| 7.1.2 | Ручное управление «Механический захват» | 62 |
| 7.1.3 | Ручное управление «Вакуумный захват» | 63 |
| 7.2 | Создание программ | 65 |
| 7.2.1 | Подготовка к созданию программы | 66 |
| 7.2.2 | Blockly | 67 |
| 7.2.3 | Python | 81 |
| 7.3 | Настройка..... | 83 |
| 7.3.1 | Рисование..... | 85 |
| 7.3.2 | Гравировка | 87 |

| | | |
|-------|--|-----------|
| 7.3.3 | 3D-печать | 90 |
| 7.3.4 | Механический захват | 92 |
| 7.3.5 | Вакуумный захват | 93 |
| 7.3.6 | Без насадки..... | 93 |
| 7.4 | Мониторинг | 93 |
| 7.5 | Обновление приложения Promobot M Control..... | 94 |
| 8 | PROMOBOT M CONTROL SDK..... | 98 |
| 8.1 | Назначение и область применения | 98 |
| 8.2 | Архитектура и принципы работы SDK | 99 |
| 8.2.1 | Компоненты | 99 |
| 8.2.2 | Модель работы | 100 |
| 8.3 | Требования и подготовка среды | 100 |
| 8.3.1 | Сетевые требования | 100 |
| 8.3.2 | Требования к программному обеспечению | 101 |
| 8.3.3 | Установка SDK (Python)..... | 101 |
| 8.4 | Общие концепции SDK | 103 |
| 8.4.1 | Типы команд..... | 103 |
| 8.4.2 | Тайм-ауты и обработка ошибок..... | 104 |
| 8.4.3 | Единицы измерения и системы координат..... | 104 |
| 8.5 | Написание программы Python..... | 104 |
| 8.5.1 | Подключение библиотек и зависимостей..... | 104 |
| 8.5.2 | Подключение к манипулятору и захват управления | 105 |
| 8.5.3 | Основной блок выполнения (движения, чтение данных) | 107 |
| 8.5.4 | Завершающий блок (отключение, освобождение ресурсов) | 123 |

Определения, обозначения и сокращения

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

- М Edu – образовательная робототехническая платформа Promobot M Edu;
- Манипулятор – 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;
- Приложение Promobot M Control/ Приложение – веб-интерфейс для настройки и управления манипулятором М Edu;
- ШИМ – широтно-импульсная модуляция.

1 МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

1.1 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 попадания 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, проводить очистку от загрязнений и посторонних предметов;
- при появлении неисправности сообщить об этом в сервисную службу предприятия-изготовителя.

Запрещается:

- производить действия, противоречащие эксплуатационной документации 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 (изменять или удалять элементы конструкции) манипулятор;
- производить ремонт M Edu самостоятельно;
- использовать M Edu не по назначению.

1.2 Меры безопасности при работе с модулем 3D-печати

При работе с модулем 3D-печати¹ 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.

1.3 Меры безопасности при работе с модулем лазерной гравировки

При работе с модулем лазерной гравировки¹ 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.

1.4 Меры безопасности при работе с модулем захвата вакуумного и механического

При работе с модулем захвата вакуумного и механического запрещается:

- поднимать груз, масса которого превышает значение грузоподъемности, указанное 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.

¹ – При наличии модуля в комплектации M Edu.

2 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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.

2.1 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 0,5 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.

2.2 Упаковка

Упаковка M Edu (см. 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

2.3 Маркировка

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

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

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

На манипуляторе маркировка 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.

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

При обнаружении в M 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 предприятия-изготовителя дистанционный доступ к M Edu для дистанционной диагностики.

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

В случае существенного нарушения требований к качеству M Edu (обнаружения неустраняемых недостатков, которые не могут быть устранены без несоизмеримых 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 мог 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 предприятия-изготовителя по месту его нахождения или по месту нахождения М Edu. Гарантийному ремонту (замене) не подлежит М Edu:

- эксплуатируемая образом, не соответствующим требованиям руководства по эксплуатации;
- имеющая по вине пользователей механические повреждения, явившиеся причиной обращения за гарантийным ремонтом;
- эксплуатируемая или хранившаяся в условиях (среде), не соответствующей требованиям, установленным документацией на М Edu;
- прошедшая модификацию (изменения) или ремонт без участия предприятия-изготовителя.

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

Порядок осуществления гарантийного обслуживания/ремонта М Edu установлен Положением о гарантийном ремонте и проведении сервисного обслуживания оборудования ООО «ПРОМОБОТ», размещенного по ссылке:

<https://promo-bot.ru/warranty-repair-and-service-provision/>.

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

2.5 Хранение

При хранении M Edu необходимо соблюдать следующие требования:

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 должен 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.

2.6 Транспортирование

При транспортировании соблюдайте следующие правила:

1. Используйте оригинальную упаковку – перевозите M Edu только в коробке, в которой 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 M Edu на холоде, при минусовой температуре, то перед включением оставьте манипулятор 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.

2.7 Утилизация

Срок эксплуатации M Edu – 3 года.

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

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 2.1.3684-21 «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.

3 ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА

3.1 Технические характеристики

Технические характеристики M Edu представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики M Edu

| Параметр | Единица измерения | Значение |
|---|-------------------|-------------|
| Грузоподъемность | кг | 0,5 |
| Количество степеней свободы | – | 4 |
| Радиус рабочей зоны | мм | 385 |
| Максимальная линейная скорость центральной точки инструмента | мм/с | 100 |
| Точность позиционирования | мм | 0,1 |
| Повторяемость позиционирования | мм | 0,2 |
| Степень защиты корпуса | – | IP20 |
| Номинальное переменное напряжение на входе блока питания | В | 230 |
| Номинальное постоянное напряжение на выходе блока питания | В | 12 |
| Потребляемая мощность, не более | Вт | 180 |
| Масса манипулятора без дополнительного оборудования, не более | кг | 7 |
| Масса комплекта в упаковке, не более | кг | 12 |
| Габаритные размеры манипулятора без дополнительного оборудования, Д×Ш×В, не более | мм | 316×220×408 |

| Параметр | Единица измерения | Значение |
|---|-------------------|--|
| Габаритные размеры комплекта в упаковке, Д×Ш×В, не более | мм | 528×385×275 |
| Встроенный компьютер Raspberry Pi 5 для автономной работы | – | Наличие |
| Встроенный светодиодный экран | – | Наличие |
| Встроенный динамик | – | Наличие |
| Встроенный микрофон | – | Наличие |
| Голосовой помощник | – | Наличие |
| Прямое управление узлами манипулятора | – | Наличие |
| Режим FreeDrive | – | Наличие |
| Беспроводные интерфейсы для внешних коммуникаций | – | Wi-Fi, Bluetooth |
| Проводные интерфейсы для внешних коммуникаций | – | Ethernet, HDMI, USB, UART, RS-485, SPI, I2C, TTL, 1-Wire |
| Интерфейсы для подключения датчиков и исполнительных механизмов | – | цифровые входы, цифровые выходы, входы АЦП, выходы ШИМ |
| Материал 3D-печати (сменный экструдер для 3D-печати) ² | – | PLA-филамент |
| Точность 3D-печати (сменный экструдер для 3D-печати) ² | мм | 1 |
| Мощность лазерного гравера (сменный модуль для лазерной гравировки) ¹ , не более | мВт | 500 |
| Длина волны лазерного гравера (сменный модуль для лазерной гравировки) ¹ | нм | 405–650 |
| Диаметр вакуумной присоски (сменный захват вакуумный) ² , не более | мм | 23 |
| Мощность насоса модуля захвата вакуумного ² , не более | Вт | 6 |

| Параметр | Единица измерения | Значение |
|---|--------------------------|-----------------|
| Сила сжатия захвата механического (сменный захват механический), не более | Н | 8 |
| Максимальный раствор когтей модуля захвата механического, не более | мм | 80 |
| ¹ – Параметр учитывается в полной комплектации M Edu. ² – Параметр учитывается в комплектации M Edu Lite | | |

3.2 Состав M Edu

M Edu поставляется в трех комплектациях:

1. Полная комплектация – включает в себя манипулятор и 5 сменных насадок (вакуумный захват, механический захват, захват пищащего инструмента, модуль 3D-печати, модуль лазерной гравировки).
2. Комплектация без модуля лазерной гравировки – включает в себя манипулятор и 4 сменных насадки (вакуумный захват, механический захват, захват пищащего инструмента, модуль 3D-печати).

Комплектация M Edu Lite – включает в себя манипулятор и 2 сменных насадки (механический захват, захват пищащего инструмента).

Состав M Edu включает комплектующие, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Состав M Edu

| № | Наименование | Краткое описание | Количество |
|----------|---------------------|--|-------------------|
| 1 | Информационный лист | Ссылка и QR-код для получения пользовательской документации и методических пособий | 1 шт. |

| № | Наименование | Краткое описание | Количество |
|----|--|--|------------|
| 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 ² | Проводной USB-геймпад для ручного управления M Edu | 1 шт. |
| 5 | Печатающая головка ² | Головка для печати PLA-филаментом; входит в комплект модуля 3D-печати | 1 шт. |
| 6 | Экструдер ² | Настольный блок с сервоприводом для подачи PLA-филамента к печатающей головке; входит в комплект модуля 3D-печати | 1 шт. |
| 7 | Трубка тефлоновая ² | Трубка для подачи PLA-филамента к печатающей головке; входит в комплект модуля 3D-печати | 1 шт. |
| 8 | Держатель катушки PLA-филамента ² | Две направляющие для установки катушки PLA-филамента; входит в комплект модуля 3D-печати | 1 шт. |
| 9 | Защитное стекло ² | Стекло для защиты поверхности при 3D-печати; входит в комплект модуля 3D-печати | 1 шт. |
| 10 | Тестовый PLA-филамент ² | PLA-филамент для проверки функции 3D-печати; входит в комплект модуля 3D-печати | 10 м |

| № | Наименование | Краткое описание | Количество |
|----------|---|---|-------------------|
| 11 | Модуль лазерной гравировки ¹ | Модуль лазерный красный 405–650 нм 250 мВт с фокусировкой | 1 шт. |
| 12 | Очки защитные ¹ | 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 ² | Блок с вакуумным насосом для модуля захвата вакуумного и безопасной коммутации питания модуля лазерной гравировки ¹ , с полиуретановой трубкой | 1 шт. |
| 14 | Ключ коммутации питания модуля лазерной гравировки ¹ | Ключ от ключ-выключателя, предназначенного для безопасной коммутации питания модуля лазерной гравировки | 2 шт. |
| 15 | Модуль захвата пищевого инструмента | Захват для пищевого инструмента диаметром до 10 мм | 1 шт. |
| 16 | Ручка Promobot | Шариковая ручка; используется совместно с модулем захвата пищевого инструмента | 1 шт. |
| 17 | Поворотный модуль инструмента | Блок сервопривода для обеспечения вращения инструмента (не используется для модуля 3D-печати, модуля лазерной гравировки и модуля захвата пищевого инструмента) | 1 шт. |
| 18 | Модуль захвата вакуумного ² | Модуль с вакуумной присоской | 1 шт. |
| 19 | Модуль захвата механического | Блок инструмента с двумя акриловыми когтями, приводимыми в движение сервоприводом | 1 шт. |

| № | Наименование | Краткое описание | Количество |
|---|---|---|------------|
| 20 | Шнур сетевого интерфейса ETHERNET | Ответный шнур разъема сетевого интерфейса ETHERNET | 1 шт. |
| 21 | Подложка с разметкой ² | 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. |
| 23 | Краткая инструкция для пользователя M EDU | Краткая инструкция по включению / выключению M Edu, смене насадок с QR-кодами на видеоинструкции | 1 шт. |
| ¹ – Включено только в полную комплектацию M Edu. ² – Не включено в комплектацию M Edu Lite | | | |

3.3 Манипулятор

Основным компонентом M Edu является настольный 4-х осевой манипулятор (см. 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

3.3.1 Основание

Основание манипулятора – это неразборный блок, включающий в себя дисплей и разъемы для внешних подключений. Дисплей, расположенный на передней панели, отображает статус работы манипулятора с помощью изображений формата GIF (см. Рисунок 3).

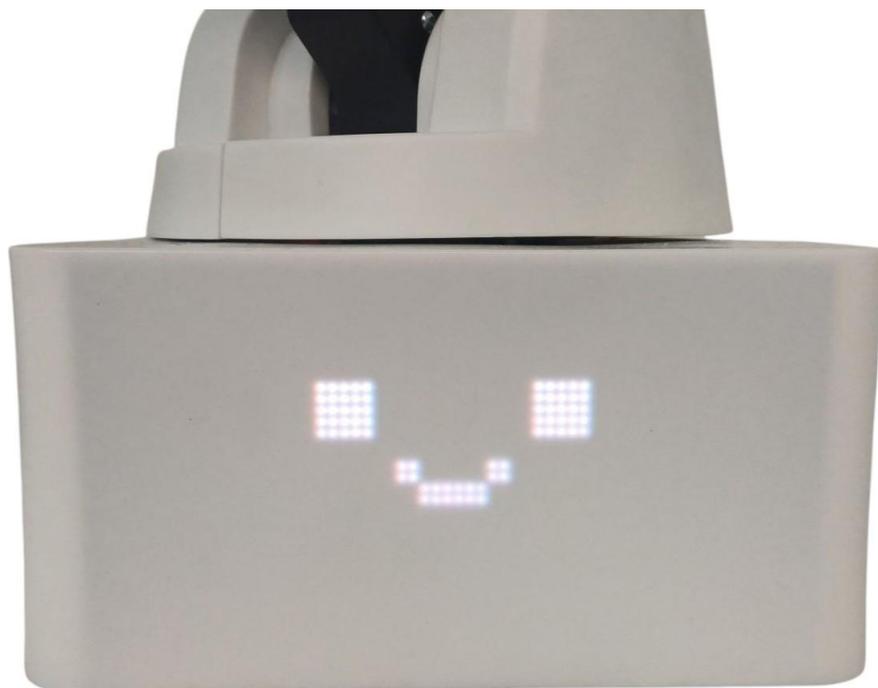


Рисунок 3 – Дисплей на основании манипулятора

Манипулятор визуально сопровождает свои действия следующими изображениями формата GIF:



– при включении;



– в ожидании;



– во время работы программы;



– после остановки.

Разъемы для внешних подключений расположены на задней панели (см. Рисунок 4).



Рисунок 4 – Панель разъемов для подключения внешних устройств

Тумблер включения/выключения питания манипулятора:

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



Рисунок 6 – Кнопка включения/выключения манипулятора

3.3.2 Башня

Башня закреплена на основании манипулятора. На башне закреплены плечо и стрела манипулятора (см. Рисунок 7).



Рисунок 7 – Манипулятор, где 1 – башня; 2 – плечо; 3 – стрела; 4 – блок инструмента

Движение плеча и стрелы манипулятора происходит благодаря трем поворотным узлам (J_1 , J_2 , J_3) (см. Рисунок 8). 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 8 – Движение плеча и стрелы манипулятора

На стреле расположен блок инструмента и панель разъемов для подключения сменных модулей с кнопкой FreeDrive. При нажатии и удерживании кнопки FreeDrive стрела манипулятора «расслабляется» и ее можно переместить в нужное положение (см. Рисунок 9).



Рисунок 9 – Стрела манипулятора (вид сверху), где: 6 – панель разъемов для подключения сменных модулей; 7 – кнопка FreeDrive

На панели разъемов для подключения сменных модулей расположены разъемы (сверху-вниз):

1. TEMP – для подключения датчика температуры печатающей головки и лазерной головки¹.
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».

3.3.3 Порядок расположения контактов («распиновка разъемов»)

¹ – При наличии в комплектации M Edu сменного модуля лазерной гравировки.

Для правильного и безопасного подключения дополнительных совместимых модулей к манипулятору пользуйтесь информацией о «распиновке разъемов» для внешних подключений, расположенных на задней панели (см. Рисунок 10) и о «распиновке разъемов» подключения на стреле манипулятора (см. Рисунок 11).

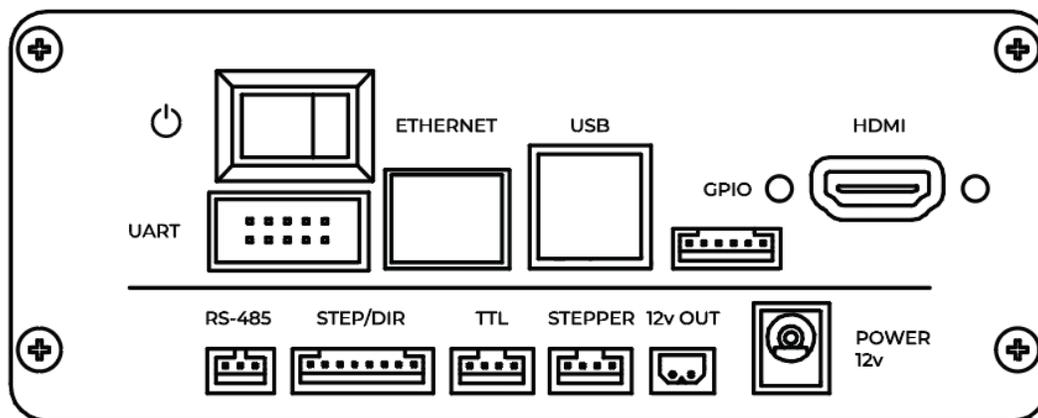


Рисунок 10 – Разъемы для внешних подключений

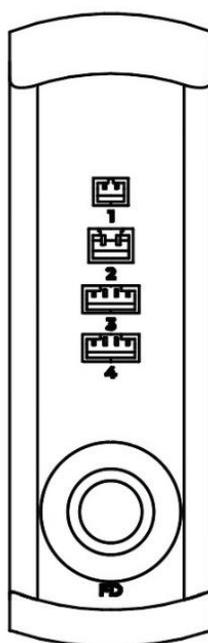


Рисунок 11 – Разъемы для подключения на стреле манипулятора

Порядок расположения контактов («распиновка разъемов») для внешних подключений описан в таблице 3.

Таблица 3 – Порядок расположения контактов разъемов на задней панели

Примечания

- 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.

Порядок расположения контактов («распиновка разъемов») описан в таблице 3.

| Разъем | Название ответного разъема на кабель | Номер контакта | Название контакта | Тип контакта | Параметры сигнала |
|--------------|--------------------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------|--|
| RS-485 | PHR-3 производитель JST | 1 | A | Интерфейсный порт | Номинальное рабочее напряжение: 0...3,3 В. |
| | | 2 | B | Интерфейсный порт | Максимально допустимое напряжение: -7...+12 В |
| | | 3 | GND | Земля | – |
| STEP/ DIR | PHR-8 производитель 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 |
| | | 3 | Шаг (привод нижнего плеча) | Вход | Допустимое напряжение: 0...3,6 В |

| Разъем | Название ответного разъема на кабель | Номер контакта | Название контакта | Тип контакта | Параметры сигнала |
|--------|--------------------------------------|----------------|---|--------------|----------------------------------|
| | | 4 | Направление (привод нижнего плеча) | Вход | Допустимое напряжение: 0...3,6 В |
| | | 5 | Шаг (привод базы) | Вход | Допустимое напряжение: 0...3,6 В |
| | | 6 | Направление (привод базы) | Вход | Допустимое напряжение: 0...3,6 В |
| | | 7 | Шаг (привод внешнего шагового мотора) | Вход | Допустимое напряжение: 0...3,6 В |
| | | 8 | Направление (привод внешнего шагового мотора) | Вход | Допустимое напряжение: 0...3,6 В |
| TTL | PHR-4 производитель JST | 1 | GND | Земля | — |
| | | 2 | 12 В | Выход | Максимальный ток: 2 А |
| | | 3 | — | — | — |

| Разъем | Название ответного разъема на кабель | Номер контакта | Название контакта | Тип контакта | Параметры сигнала |
|---------|--------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|---|
| | | 4 | TTL | Интерфейсный порт | Допустимое напряжение: 0...3,6 В Максимальный ток: 3,3 мА |
| STEPPER | PHR-4 производитель JST | 1 | Обмотка A2 | Выход | Максимальный ток обмотки: 0,5 А |
| | | 2 | Обмотка A1 | Выход | Максимальный ток обмотки: 0,5 А |
| | | 3 | Обмотка B1 | Выход | Максимальный ток обмотки: 0,5 А |
| | | 4 | Обмотка B2 | Выход | Максимальный ток обмотки: 0,5 А |
| 12v OUT | XHP-2 производитель JST | 1 | 12 В | Выход | Максимальный ток: 2 А |
| | | 2 | Управляемая земля | Выход | Максимальный ток: 2 А |
| UART | IDC-10F производитель | 1 | 5 В | Выход | Максимальный ток: 100 мА |
| | | 2 | GND | Земля | — |

| Разъем | Название ответного разъема на кабель | Номер контакта | Название контакта | Тип контакта | Параметры сигнала |
|--------|--------------------------------------|----------------|-------------------|--------------------------------------|--|
| | Connfly | 3 | RX | Вход | Допустимое напряжение: 0...5,5 В |
| | | 4 | TX | Выход | Максимальный ток: 2 А |
| | | 5 | - | - | - |
| | | 6 | - | - | - |
| | | 7 | - | - | - |
| | | 8 | - | - | - |
| | | 9 | 12 В | Выход | Максимальный ток: 100 мА |
| | | 10 | GND | Земля | - |
| GPIO | PHR-6 производитель JST | 1 | Порт 1/SCK | Вход АЦП/Выход ШИМ/Интерфейсный порт | Допустимое напряжение: 0...5,5 В Максимальный ток: 2 А |
| | | 2 | Порт 2/MISO | Вход АЦП/Выход ШИМ/Интерфейсный порт | Допустимое напряжение: 0...5,5 В Максимальный ток: 2 А |

| Разъем | Название ответного разъема на кабель | Номер контакта | Название контакта | Тип контакта | Параметры сигнала |
|--------|--------------------------------------|----------------|-------------------|--------------------------------------|---|
| | | 3 | Порт 3/MOSI | Вход АЦП/Выход ШИМ/Интерфейсный порт | Допустимое напряжение: 0...5,5 В Максимальный ток: 2 А |
| | | 4 | Порт 4/SCL | Вход АЦП/Выход ШИМ/Интерфейсный порт | Допустимое напряжение: 0...5,5 В Максимальный ток: 2 А |
| | | 5 | Порт 5/SDA | Вход АЦП/Выход ШИМ/Интерфейсный порт | Допустимое напряжение: 0...5,5 В Максимальный ток: 2 А |
| | | 6 | GND | Земля | – |
| TEMP | PHR-2 производитель JST | 1 | GND | Земля | – |
| | | 2 | Температура | Вход | Допустимое напряжение: 0...5,5 В |
| FAN | XHP-2 произво- | 1 | Управляемая земля | Выход | Максимальный ток: 1 А |

| Разъем | Название ответного разъема на кабель | Номер контакта | Название контакта | Тип контакта | Параметры сигнала |
|---------------|---|-----------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|
| | дитель JST | 2 | 12 В | Выход | Максимальный ток: 1 А |
| | | 4 | GND | Земля | – |

Порядок расположения контактов («распиновка разъемов») на стреле манипулятора описан в таблице 4.

Таблица 4 – Порядок расположения контактов разъемов на стреле манипулятора

| Разъем | Название ответного разъема на кабель | Номер контакта | Название контакта | Тип контакта | Параметры сигнала |
|---------------|---|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|---|
| 3. GP3 | PHR-4 производитель JST | 1 | TTL/PWM | Интерфейсный порт/Выход ШИМ | Допустимое напряжение: 0...5,5 В Максимальный ток: 2 А |
| | | 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 |
|--------|--------------------------------------|----------------|-------------------|-----------------------------|--|
| 4. GP3 | PHR-4 производитель JST | 1 | TTL/PWM | Интерфейсный порт/Выход ШИМ | Допустимое напряжение: 0...5,5 В Максимальный ток: 2 А |
| | | 2 | АЦП | Вход | Допустимое напряжение: 0...5,5 В |
| | | 3 | 5 В | Выход | Максимальный ток: 1 А |
| | | 4 | GND | Земля | – |

3.4 Блок питания

Блок питания (см. Рисунок 12) – 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.

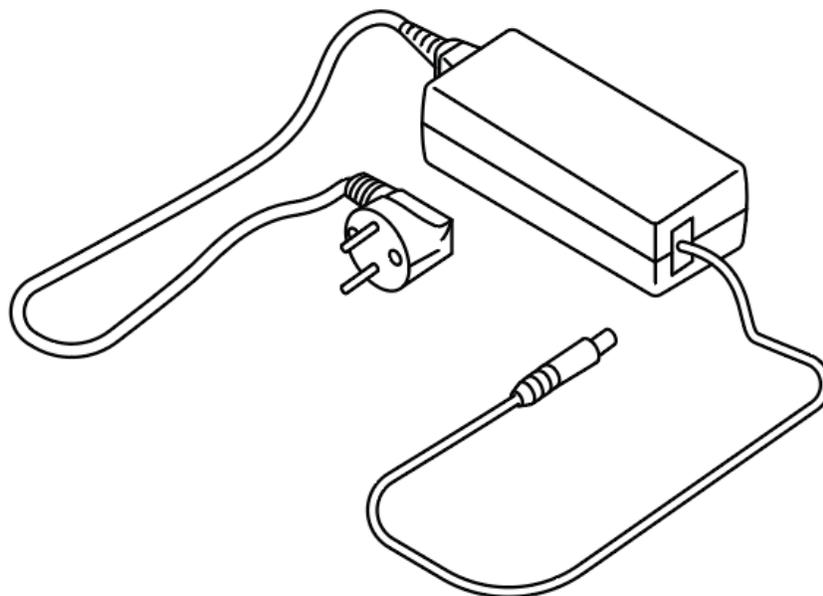


Рисунок 12 – Блок питания

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

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

3.5 Внешний блок коммутации инструмента

Внешний блок коммутации инструмента (см. Рисунок 13) предназначен для безопасной коммутации питания модуля лазерной гравировки¹ и работы модуля захвата вакуумного.

¹ – При наличии в комплектации M Edu сменного модуля лазерной гравировки.



Рисунок 13 – 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.

3.6 Поворотный модуль инструмента

В поворотном модуле инструмента (см. Рисунок 14) располагается четвертый поворотный узел (J4) манипулятора.

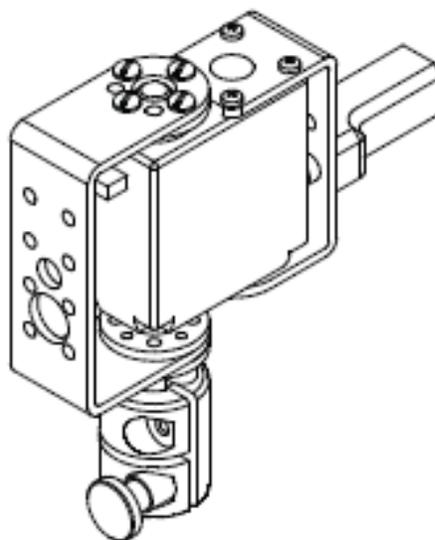


Рисунок 14 – Поворотный модуль инструмента

Поворотный модуль инструмента вставляется в специальное гнездо в блоке инструмента (см. Рисунок 15).



Рисунок 15 – 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 (см. Рисунок 16).



Рисунок 16 – Подключение проводов поворотного модуля

Через поворотный модуль подключаются механический и вакуумный захваты.

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

3.7 Модуль захвата вакуумного

Модуль захвата вакуумного предназначен для того, чтобы перемещать предметы.

Модуль состоит из присоски и вакуумного насоса, расположенного в блоке коммутации инструмента (см. Рисунок 17).

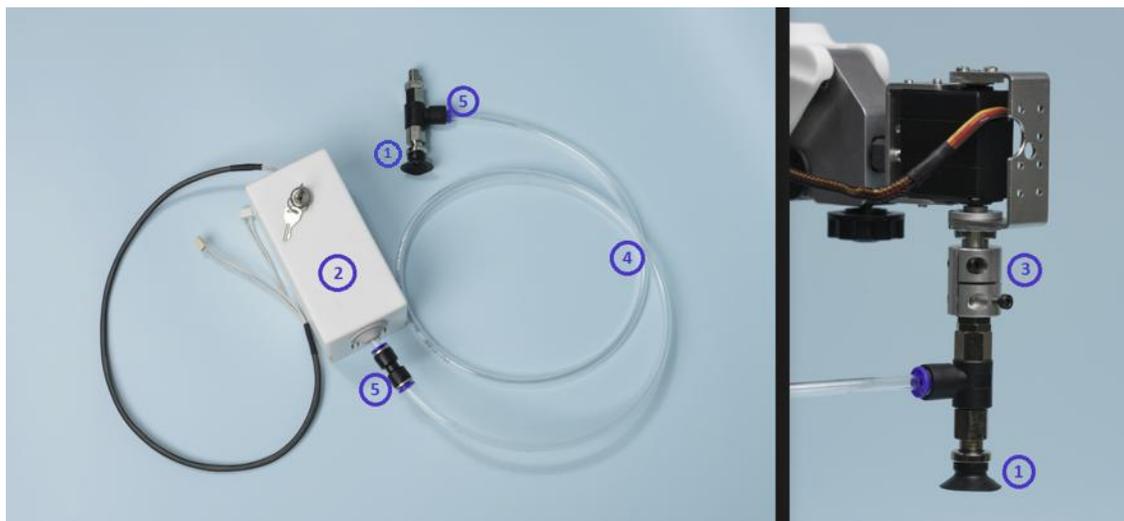


Рисунок 17 – Модуль захвата вакуумного, где: 1 – присоски; 2 – вакуумный насос; 3 – винты на муфте; 4 – полиуретановая трубка; 5 – фитинговые держатели

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 оборудовании.

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.

Примечания – 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.

3.8 Модуль захвата механического

Модуль захвата механического предназначен для того, чтобы перемещать предметы. Модуль состоит из привода и двух когтей (см. Рисунок 18).

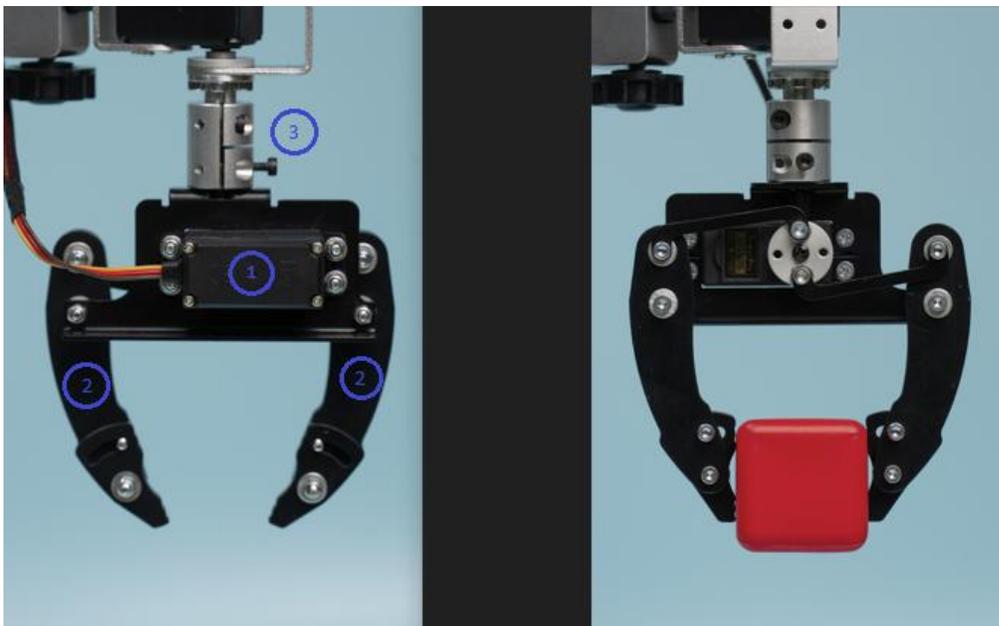


Рисунок 18 – Модуль захвата механического, где: 1 – привод механического захвата, 2 – когти, 3 – винты на муфте

Установка и подключение модуля захвата механического:

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

1. Установите модуль механического захвата в поворотный модуль инструмента:
 - 1) Возьмите поворотный модуль, ослабьте винты на муфте (см. Рисунок 18).
 - 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 (см. Рисунок 19).



Рисунок 19 – Подключение проводов механического захвата

4. Включите манипулятор, руководствуясь инструкцией.

Модуль захвата механического готов к работе.

3.9 Модуль захвата пищевого инструмента

Модуль захвата пищевого инструмента (см. Рисунок 20) предназначен для рисования. Модуль состоит из захвата пищевого инструмента 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 пищевого инструмента:

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 пишущего инструмента готов к работе.



Рисунок 20 – Модуль захвата пишущего инструмента, где: 1 – захват пишущего инструмента; 2 – держатель захвата; 3 – винт

3.10 Модуль 3D-печати

Модуль 3D-печати (см. Рисунок 21) предназначен для печати 3D-объектов PLA-филаментом.



Рисунок 21 – Модуль 3D-печати

Модуль состоит из следующих компонентов:

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

Принцип работы: экструдер через тефлоновую 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 (см. Рисунок 22).

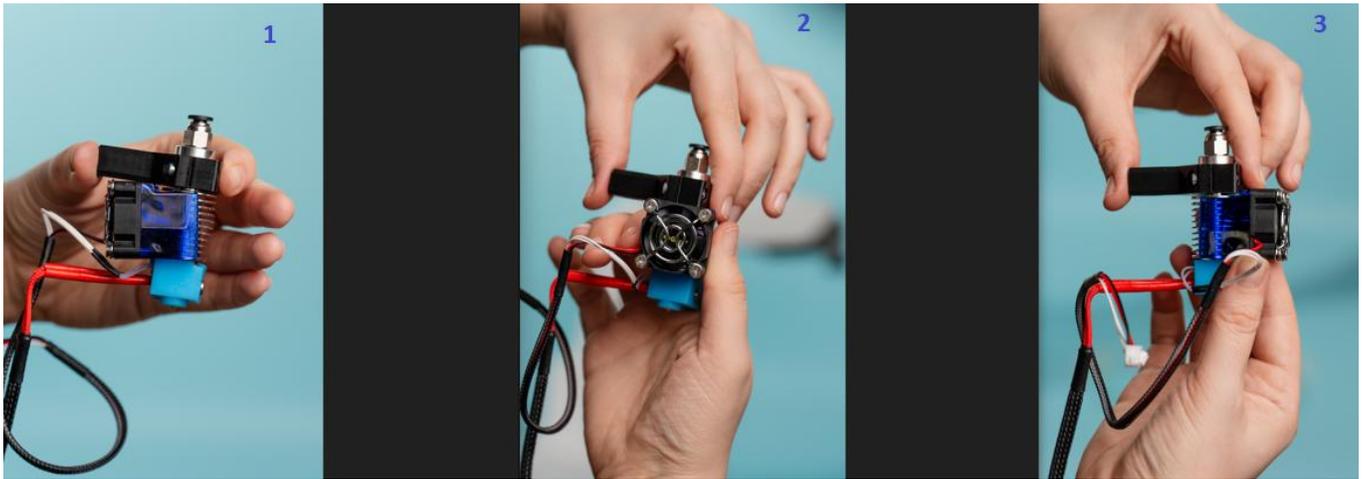


Рисунок 22 – Приведение печатающей головки в рабочее положение

- 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 (см. Рисунок 23).



Рисунок 23 – Подключение провода датчика температуры и вентилятора

2. Установите и подключите экструдер:

Примечание – Для осуществления тестовой печати в комплект также входит PLA-филамент 10 м.

- 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 (см. Рисунок 24).

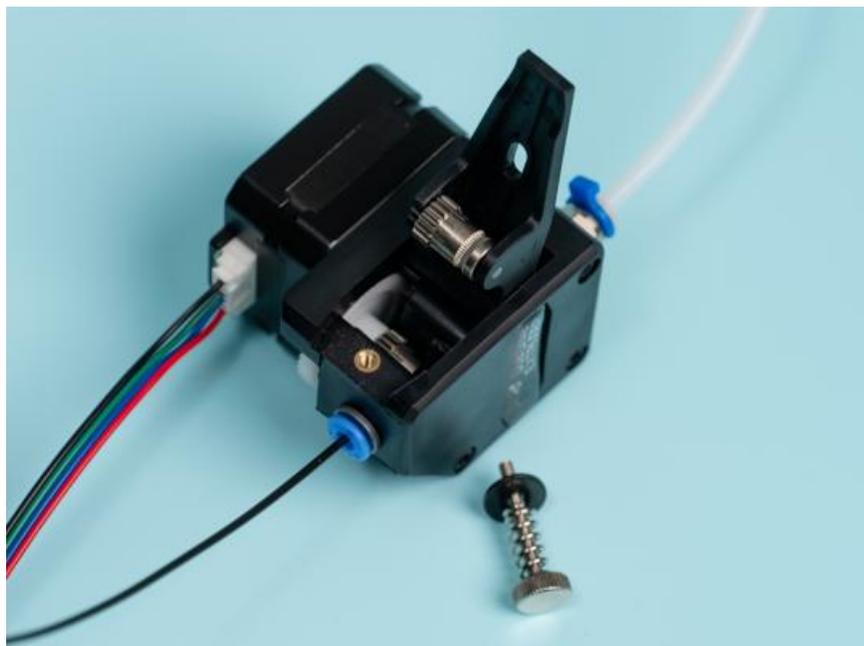


Рисунок 24 – Экструдер

- 4) Возьмите пластиковую нить и заправьте ее через экструдер по тefлоновой трубке до печатающей головки (до упора) (см. Рисунок 25).



Рисунок 25 – 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 (см. Рисунок 26).



Рисунок 26 – Подключение проводов экструдера

3. Подготовьте поверхность для 3D-печати (см. Рисунок 27):

- 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 10×10 см для того, чтобы объект при печати не приклеился к стеклу.



Рисунок 27 – Расположение защитного стекла

4. Включите манипулятор, руководствуясь инструкцией.

Модуль 3D-печати готов к работе.

3.11 Модуль лазерной гравировки

Модуль лазерной гравировки¹ 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 (см. Рисунок 28). Для обеспечения безопасной работы питание модуля управляется через ключ-выключатель.



Рисунок 28 – 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.

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 (см. Рисунок 29).



Рисунок 29 – 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. Требуется использовать защитные очки при работе с модулем лазерной гравировки.

6. Включите манипулятор, руководствуясь инструкцией.

Модуль лазерной гравировки готов к работе.

¹ – При наличии в комплектации M Edu.

3.12 Пульт управления

Пульт управления выглядит как игровой джойстик с кнопками и стиком (см. Рисунок 30).



Рисунок 30 – 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. Возможности управления через пульт зависят от версии программного обеспечения, установленного на устройстве.

4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ M EDU

4.1 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.

4.2 Меры безопасности

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

4.3 Порядок проведения технического обслуживания изделия

Техническое обслуживание M Edu включает в себя следующие шаги:

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.

После завершения всех работ включите манипулятор M Edu и проведите тестирование его функций. Убедитесь, что все системы работают корректно.

5 ВКЛЮЧЕНИЕ M EDU

Для включения M Edu и запуска приложения выполните следующие действия:

1. Поставьте манипулятор на ровную поверхность. Убедитесь, что вокруг него (в радиусе 0,5 метра) нет никаких лишних предметов.
2. Переверните тумблер включения питания манипулятора в положение «0» (выключено).
3. Установите нужный сменный модуль.
4. Подключите манипулятор любым из способов:
 - 1) Подключение к манипулятору монитора и элементов управления:
 - подключите блок питания к манипулятору и к розетке;
 - подключите монитор к манипулятору с помощью кабеля HDMI;
 - подключите элементы управления (мышь, клавиатура) к манипулятору через разъемы USB.
 - 2) Подключение к манипулятору ПК через шнур сетевого интерфейса ETHERNET:
 - подключите блок питания к манипулятору и к розетке;
 - подключите ПК к манипулятору с помощью шнура сетевого интерфейса ETHERNET.
5. Переверните тумблер включения питания манипулятора в положение «|» (включено).
6. На мониторе отобразится загрузка Ubuntu.
7. Прозвучит сигнал «Система запущена. Внимание! Начинается процесс калибровки. Будьте осторожны, не касайтесь манипулятора и убедитесь, что посторонние предметы не мешают движению устройства. Калибровка начнется через 5 4 3 2 1». Запустится калибровка: манипулятор должен сначала поднять стрелу вверх, затем совершить повороты влево-вправо и остановиться в исходном положении (см. Рисунок 31). По окончании калибровки прозвучит сигнал: «Калибровка прошла успешно».

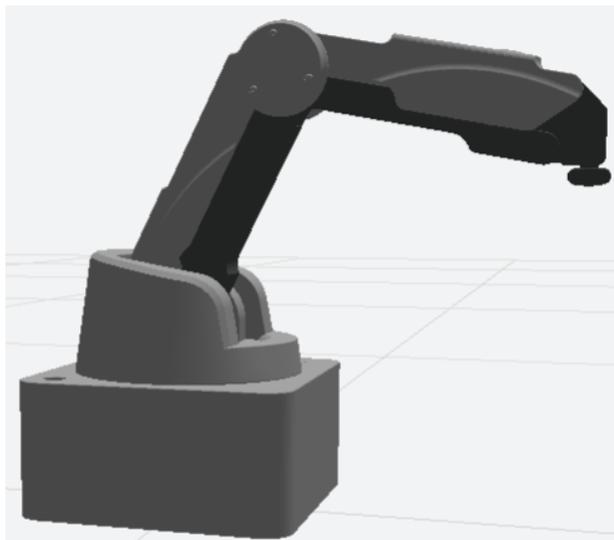


Рисунок 31 – Исходное положение манипулятора

Примечание – Исходное положение манипулятора (или нулевое положение) – это стартовая позиция для манипулятора при его включении. При некорректной работе системы манипулятора, он возвращается к стартовой позиции, затем повторяет операцию. Это помогает манипулятору всегда иметь точку отсчета для работы.

8. Загрузка приложения:

- если манипулятор подключен к монитору и к элементам управления, то на мониторе автоматически отобразится приложение Promobot M Control;
- если манипулятор подключен к ПК, то на ПК откройте веб-браузер (Chrome, если используете ОС Windows либо Chromium, если используете ОС Linux) и в адресной строке введите ip-адрес манипулятора «10.5.0.2»; отобразится приложение Promobot M Control.

При входе в приложение по умолчанию отобразится раздел ручного управления манипулятором (см. Рисунок 32).

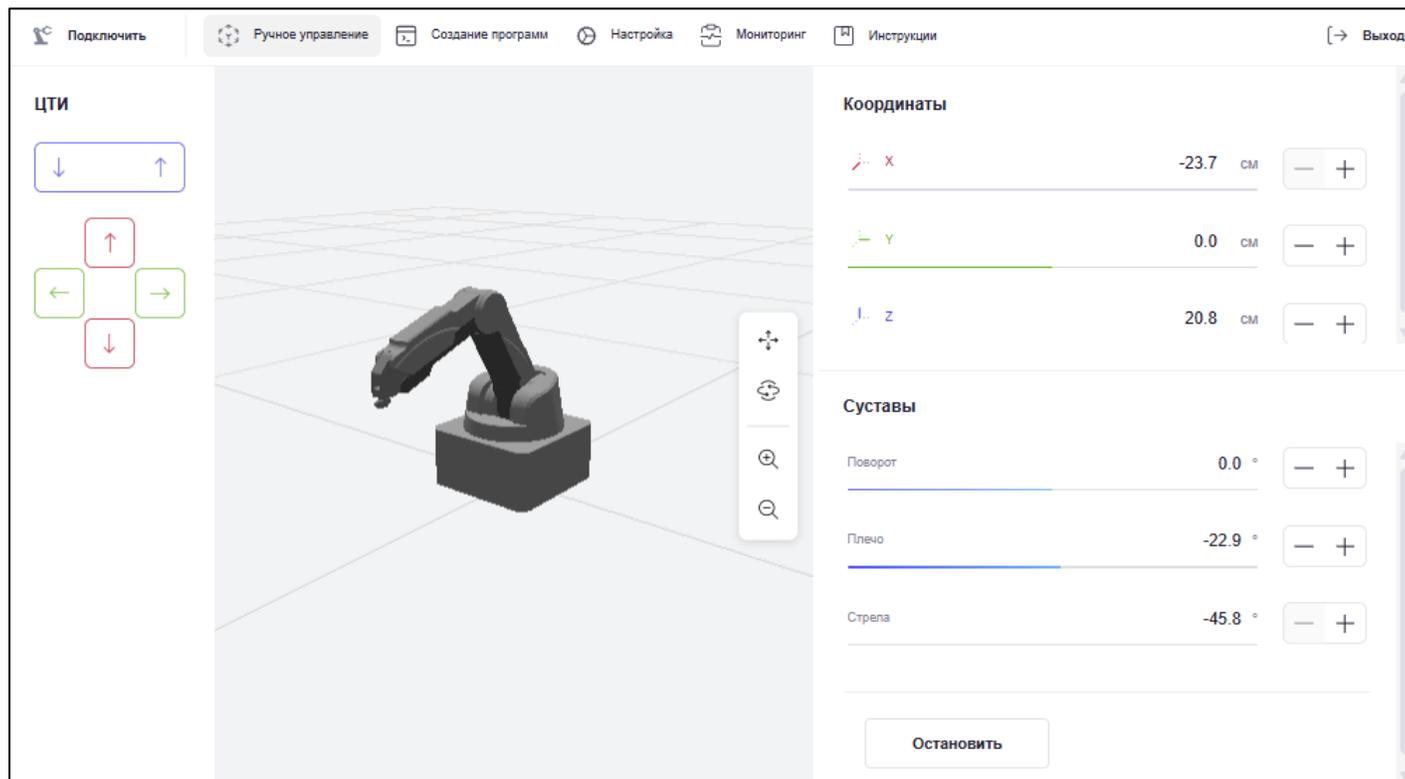


Рисунок 32 – Раздел «Ручное управление»

Примечание – При первом запуске M Edu необходимо установить последнюю версию приложения. Инструкция по обновлению описана в разделе 7.5 «Обновление приложения Promobot M Control» настоящего руководства.

9. Подключите манипулятор в приложении – нажмите кнопку «Подключить» в верхнем левом углу (см. Рисунок 33).



Рисунок 33 – Кнопка «Подключить»

При успешном подключении кнопка изменит цвет на зеленый и отобразится как «Отключить» (см. Рисунок 34).

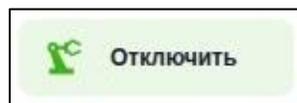


Рисунок 34 – Кнопка «Отключить»

Манипулятор готов к работе.

В случае не успешного подключения, отобразится уведомление «Манипулятор не найден. Проверьте подключение и попробуйте снова» (см. Рисунок 35).

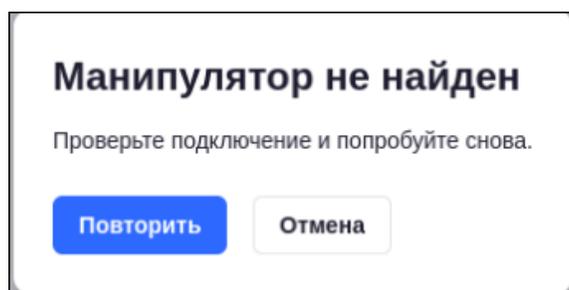


Рисунок 35 – Уведомление

Проверьте подключение и нажмите кнопку «Повторить» или «Отмена». Если манипулятор подключить не удалось, обратитесь в службу технической поддержки предприятия-изготовителя.

6 ВЫКЛЮЧЕНИЕ M EDU

Для выключения M Edu в приложении нажмите кнопку «Выход» в правом верхнем углу. Затем нажмите «Выключить манипулятор».

Отобразится уведомление о выключении (см. Рисунок 36).



Рисунок 36 – Уведомлении о выключении

Прозвучит голосовое сообщение: «Я начал подготовку к выключению. Убедитесь, что стрела манипулятора находится на столе. Сделать это можно через режим FreeDrive. Если стрела поднята, придержите ее во избежание падения».

С помощью кнопки FreeDrive опустите стрелу на стол и дождитесь отключения системы.

Переведите тумблер включения питания манипулятора в положение «0» (выключено).

Для выключения M Edu также можно использовать кнопку включения/выключения на корпусе манипулятора. Далее алгоритм выключения аналогичен предыдущему.

7 ПРИЛОЖЕНИЕ PROMOBOT M CONTROL

Приложение Promobot M Control позволяет:

- придумывать и создавать алгоритмы действий манипулятора;
- запускать воспроизведение действий на манипуляторе и на его виртуальной 3D модели;
- выстраивать работу манипулятора с насадками;
- изучать основы программирования на языках Blockly и Python, а также запускать на манипуляторе прописанный скрипт.

Приложение обладает функционалом обновления, который позволяет пользователям всегда иметь актуальную версию с улучшенной производительностью, новыми функциями и исправленными ошибками.

Примечание – Любой пользователь может зайти на сайт medu.promo-bot.ru, создавать алгоритмы действий манипулятора и запускать их на виртуальной 3D-модели манипулятора.

В верхней части приложения располагается главная панель вкладок, которая содержит: (см. Рисунок 37):

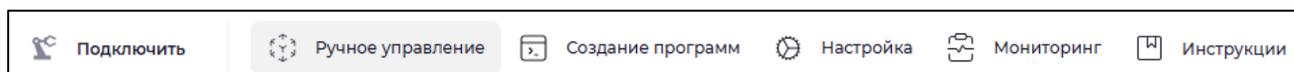


Рисунок 37 – Главная панель вкладок

- Кнопки:
 - «Подключить» – кнопка подключения/отключения манипулятора.
 - «Выход» – кнопка для выключения M Edu.
 - «Инструкции» – кнопка для открытия руководства Promobot M Edu на портале производителя.
- Вкладки:
 - «Ручное управление» – интерфейс для ручного управления манипулятором.
 - «Создание программ» – интерфейс для создания программ с помощью языков программирования Blockly, Python.
 - «Настройка» – интерфейс для настроек работы системы и инструмента.
 - «Мониторинг» – интерфейс для мониторинга работы M Edu.

В нижней части приложения располагается фиксированная нижняя панель, которая отображает наименование устройства и версию ПО (см. Рисунок 38).



Рисунок 38 – Фиксированная нижняя панель

Также по нажатию кнопки  открывается внутренняя клавиатура (см. Рисунок 39).



Рисунок 39 – Внутренняя клавиатура

7.1 Ручное управление

Ручное управление манипулятором (вкладка «Ручное управление») отображается по умолчанию при входе в приложение (см. Рисунок 40).

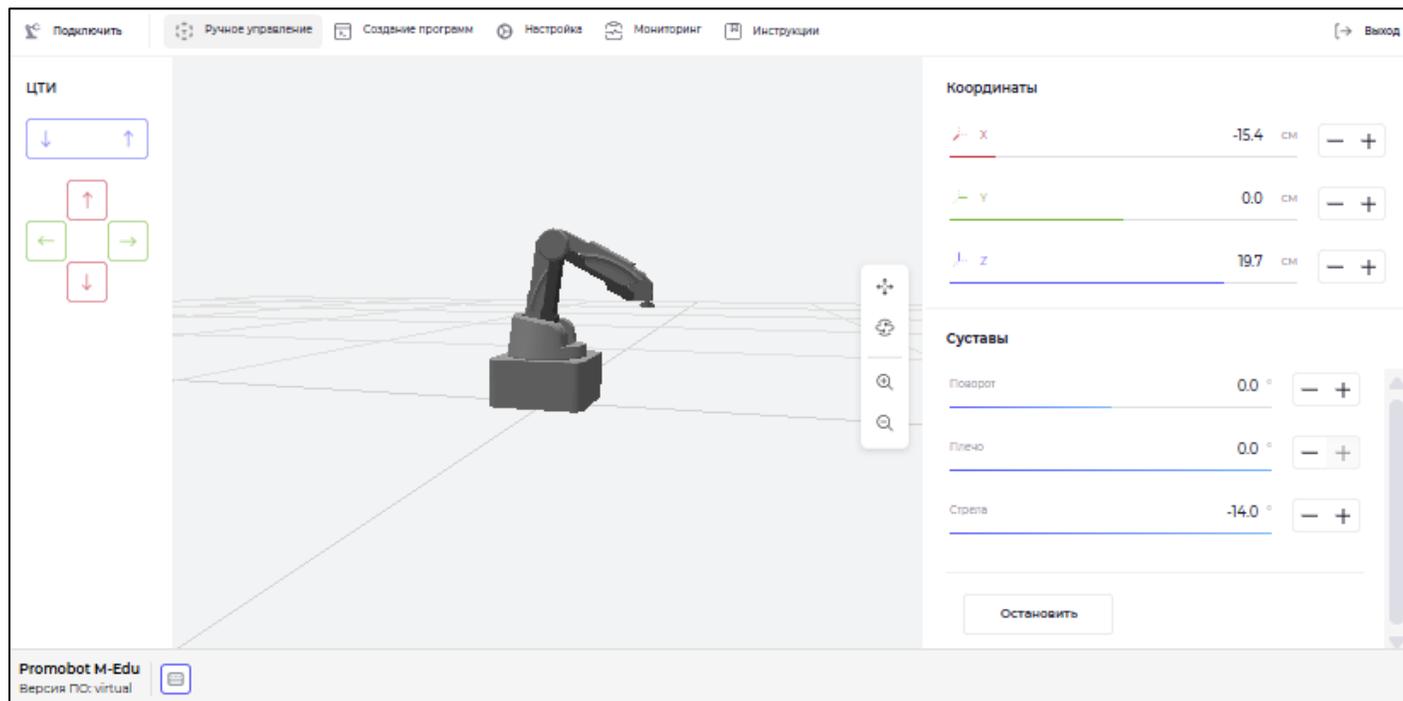


Рисунок 40 – Вкладка «Ручное управление»

Ручное управление доступно при работе с манипулятором без насадки, или с модулем захвата механического или с модулем захвата вакуумного.

7.1.1 Ручное управление «Без насадки»

Перед началом работы проверьте подключение к манипулятору.

Для управления манипулятором без насадки перейдите на вкладку «Настройка», далее «Инструмент», далее в поле «Выберите режим» установите значение «Без насадки» (см. Рисунок 72) и нажмите кнопку «Применить». Режим «Без насадки» включен по умолчанию при входе в приложение.

Перейдите на вкладку «Ручное управление» отобразится интерфейс ручного управления манипулятором в режиме «Без насадки».

Интерфейс ручного управления манипулятором без насадки состоит из следующих частей (см. Рисунок 41):

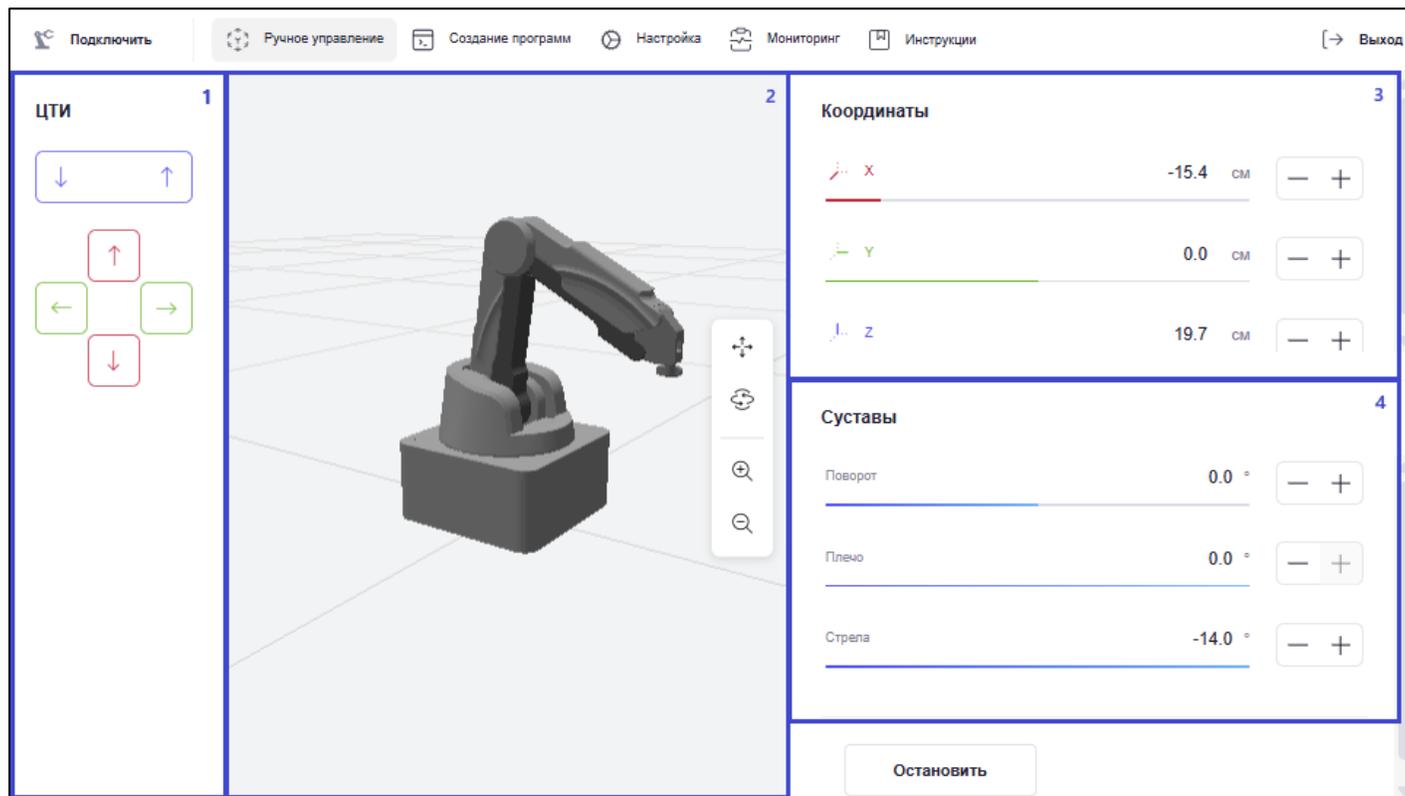


Рисунок 41 –Интерфейс ручного управления манипулятором в режиме «Без насадки»

1. «ЦТИ» – управление центральной точкой инструмента (ЦТИ) с помощью кнопок со стрелками направления.
2. Виртуальное пространство с 3D-моделью манипулятора – воспроизводит движения настоящего манипулятора в виртуальном пространстве. Обзор 3D-модели манипулятора можно регулировать с помощью нажатой левой кнопки мыши либо интерактивными кнопками (см. Рисунок 42).

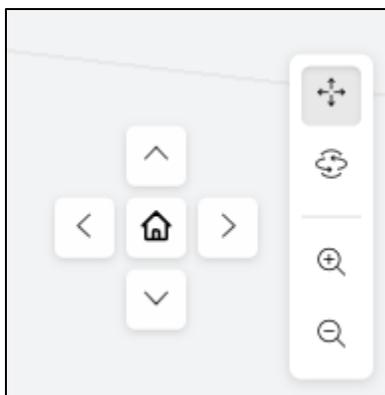


Рисунок 42 – Интерактивные кнопки

3. «Координаты» – управление манипулятором в трехмерной системе координат. Система координат манипулятора задана тремя взаимно перпендикулярными

линиями (см. Рисунок 43). Начало координат – исходное положение манипулятора (оси X, Y) и поверхность, на которую он установлен (ось Z):

- Ось «X» – горизонтальная ось, простирающаяся вперед и назад.
- Ось «Y» – горизонтальная ось, простирающаяся налево и направо.
- Ось «Z» – вертикальная ось, простирающаяся вверх.

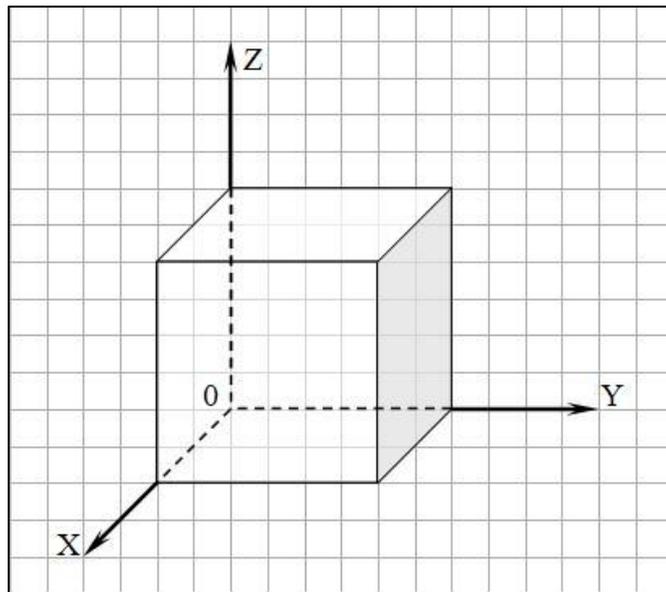


Рисунок 43 – Система координат

4. «Суставы» – управление поворотными узлами манипулятора (см. Рисунок 8):

- «Поворот» – изменяет угол поворотного узла J1;
- «Плечо» – изменяет угол поворотного узла J2;
- «Стрела» – изменяет угол поворотного узла J3.

С помощью кнопки «Остановить» манипулятор можно остановить во время движения.

7.1.2 Ручное управление «Механический захват»

Перед началом работы установите модуль захвата механического (см. раздел 3.8 «Модуль захвата механического»). Проверьте подключение к манипулятору.

Для управления манипулятором с механическим захватом перейдите на вкладку «Настройка», далее «Инструмент», далее в поле «Выберите режим» установите значение «Механический захват» (см. Рисунок 72) и нажмите кнопку «Применить».

Перейдите на вкладку «Ручное управление» отобразится интерфейс ручного управления манипулятором в режиме «Механический захват» (см. Рисунок 44).

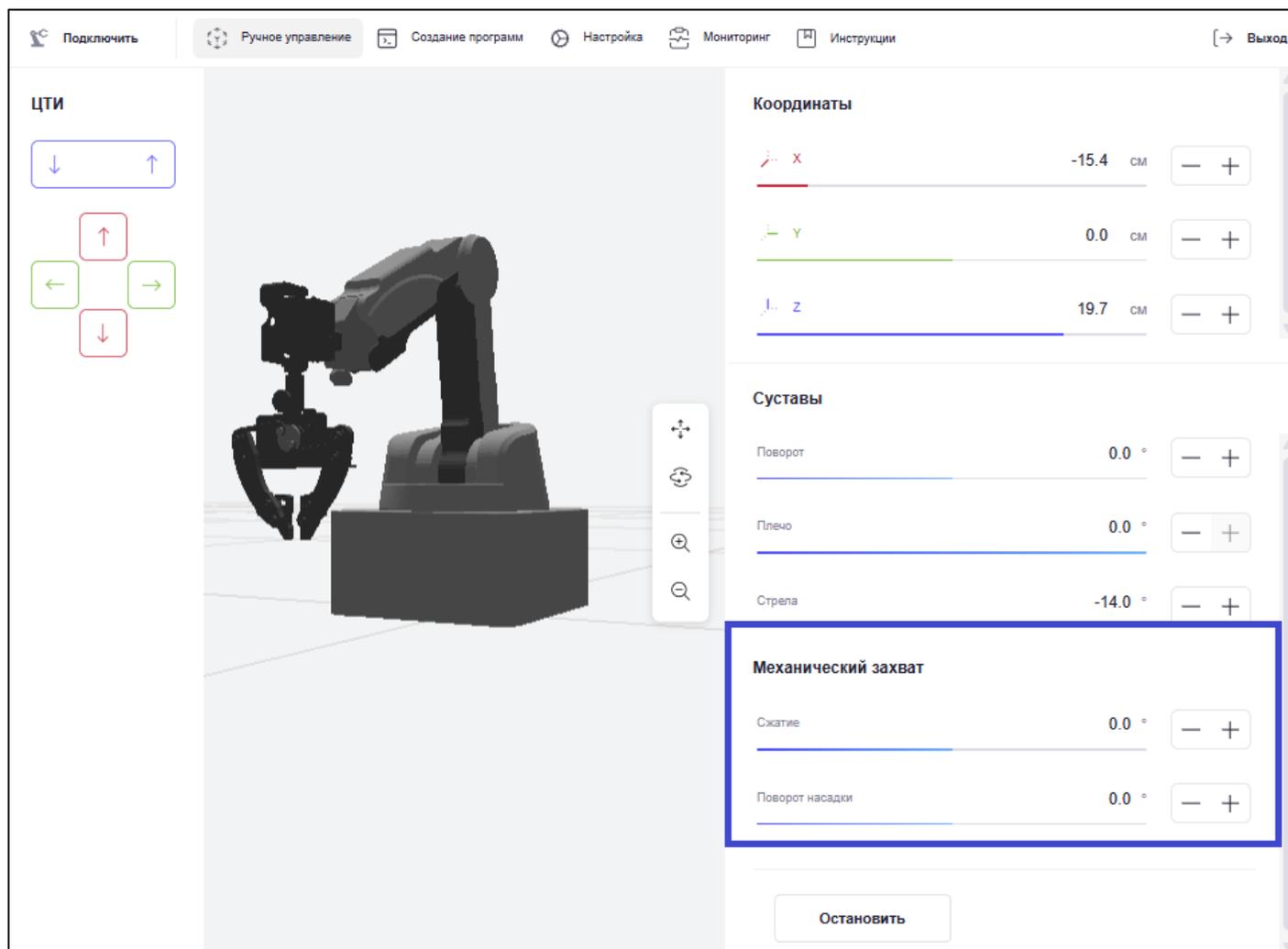


Рисунок 44 – Интерфейс ручного управления манипулятором в режиме «Механический захват»

Интерфейс ручного управления манипулятором с механическим захватом аналогичен интерфейсу ручного управления манипулятором без насадки (см. раздел 7.1.1 «Ручное управление «Без насадки»), при этом добавлены функции управления механическим захватом:

- «Сжатие» – изменяет угол раскрытия когтей;
- «Поворот насадки» – изменяет угол поворотного узла J4 (см. Рисунок 8).

7.1.3 Ручное управление «Вакуумный захват»

Перед началом работы установите модуль захвата вакуумного (см. раздел 3.7 «Модуль захвата вакуумного»). Проверьте подключение к манипулятору.

Для управления манипулятором с вакуумным захватом перейдите на вкладку «Настройка», далее «Инструмент», далее в поле «Выберите режим» установите значение «Вакуумный захват» (см. Рисунок 72) и нажмите кнопку «Применить».

Перейдите на вкладку «Ручное управление» отобразится интерфейс ручного управления манипулятором в режиме «Вакуумный захват» (см. Рисунок 45).

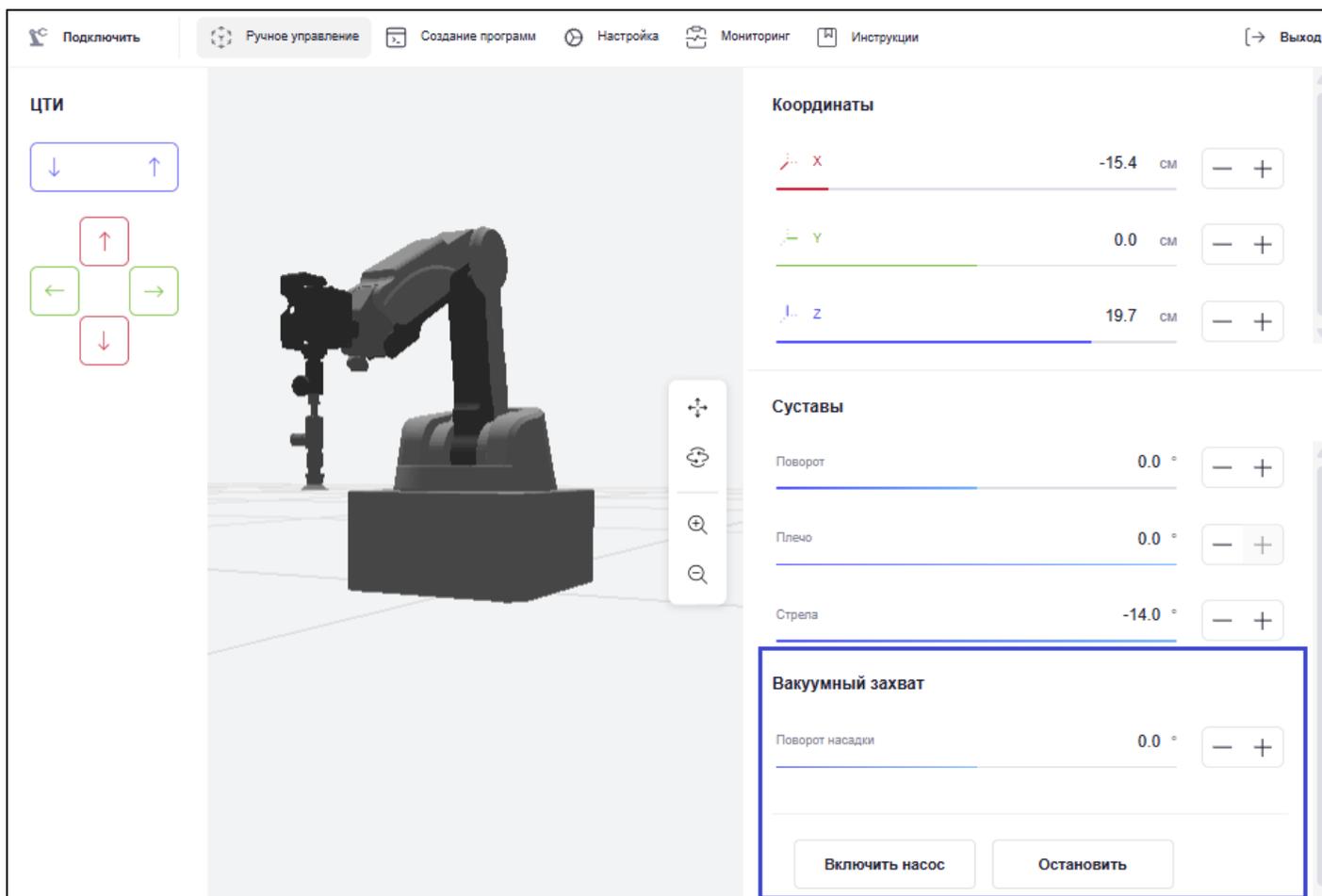


Рисунок 45 – Интерфейс ручного управления манипулятором в режиме «Вакуумный захват»

Интерфейс ручного управления манипулятором с вакуумным захватом аналогичен интерфейс ручного управления манипулятором без насадки (см. раздел 7.1.1 «Ручное управление «Без насадки»»), при этом добавлены функции управления вакуумным захватом:

- «Поворот насадки» – изменяет угол поворотного узла J4 (см. Рисунок 8).
- Кнопка «Включить/ выключить насос» – для включения и выключения.

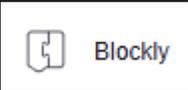
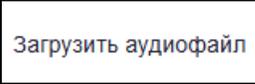
7.2 Создание программ

Приложение Promobot M Control позволяет создавать программы движения манипулятора (вкладка «Создание программ») с помощью языков программирования Blockly, Python.

Интерфейс создания программ имеет верхнее меню (см. Рисунок 46):



Рисунок 46 – Верхнее меню создания программ

| | |
|---|---|
|  | «Скачать» – кнопка для скачивания созданного скрипта в текстовом формате. |
|  | «Загрузить» – кнопка загрузки готового скрипта формата *.txt. |
|  | «Выбор шаблона» – кнопка для выбора готового скрипта, кнопка активна в режимах «Механический захват», «Вакуумный захват». |
|  | «Удалить все» – кнопка для очистки редактора. |
|  | «Blockly» – переход в графический редактор Blockly. |
|  | «Python» – переход в редактор кода Python. |
|  | «Запуск на манипуляторе» – кнопка запуска скрипта на манипуляторе. |
|  | «Загрузить аудиофайл» – кнопка загрузки аудиофайла с компьютера. |

В интерфейсе предусмотрено поле «Результат выполнения программы» – отображает результат выполнения программы. Для увеличения поля щелкните по нему левой кнопкой мыши и поле увеличится за счет виртуального пространства (см. Рисунок 47).

Результат выполнения программы:

Рисунок 47 – Поле «Результат выполнения программы»

7.2.1 Подготовка к созданию программы

Перед тем как начать программировать, убедитесь, что:

- вы подключены к манипулятору (если находитесь на сайте <https://medu.promo-bot.ru/> функционал будет ограничен);
- на манипулятор установлена нужная насадка;
- в настройках выбран подходящий режим;

Примечание – Создание программ доступно только в режимах «Без насадки», «Механический захват», «Вакуумный захват». Неправильный выбор режима может привести к ошибкам в движениях манипулятора, а также ограничит выбор в библиотеке блоков.

- выбран язык программирования:
 - Blockly – визуальный язык программирования для начинающих;
 - Python – для тех, кто готов перейти к текстовому коду.

7.2.2 Blockly

Blockly в приложении Promobot M Control представляет собой набор графических блоков (библиотека) определенной формы и графический редактор (см. Рисунок 48). Соединяя одни блоки с другими можно создать программу движений для манипулятора.

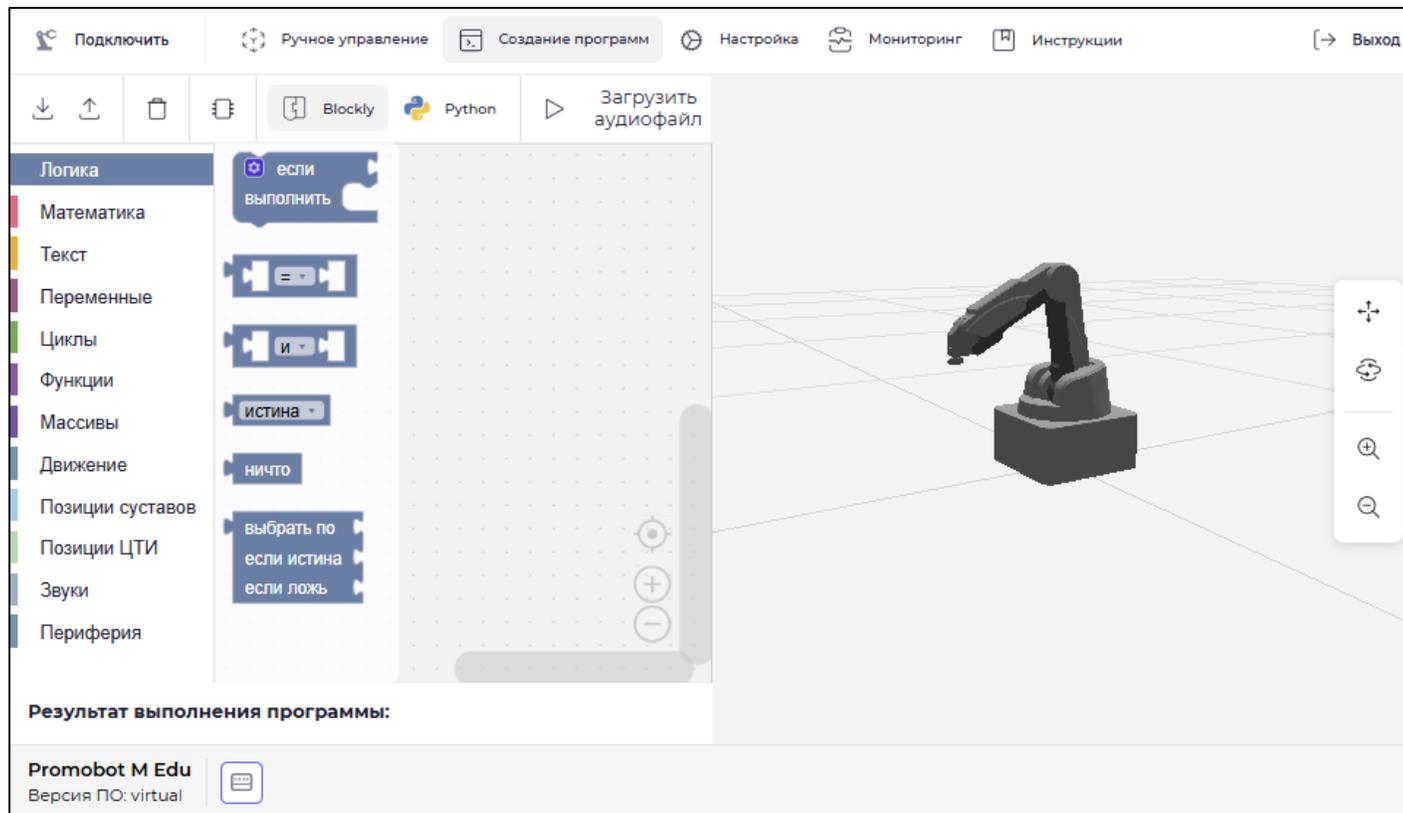


Рисунок 48 – Blockly в приложении Promobot M Control

Для получения краткой справки о блоке наведите на него курсор мыши – отобразится всплывающая подсказка (см. Рисунок 49).

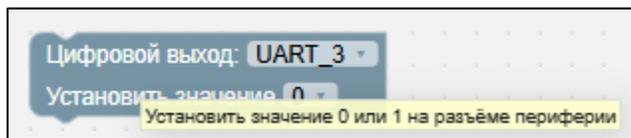


Рисунок 49 – Всплывающая подсказка

По блокам общего функционала доступна справка в контекстном меню блока (см. Рисунок 50), для этого нажмите правой кнопки мыши на блок.

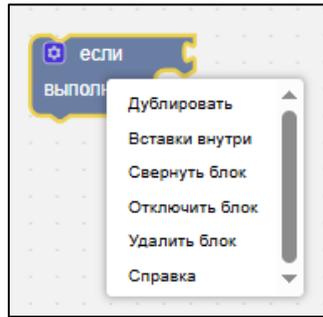


Рисунок 50 – Контекстное меню блока

7.2.2.1 Описание графических блоков (библиотека Blockly)

Библиотека Blockly в приложении Promobot M Control имеет следующие разделы:

1. «Логика» – условия, сравнения (см. Рисунок 51).



Рисунок 51 – Блоки «Логика»

2. «Математика» – вычисления, формулы (см. Рисунок 52).

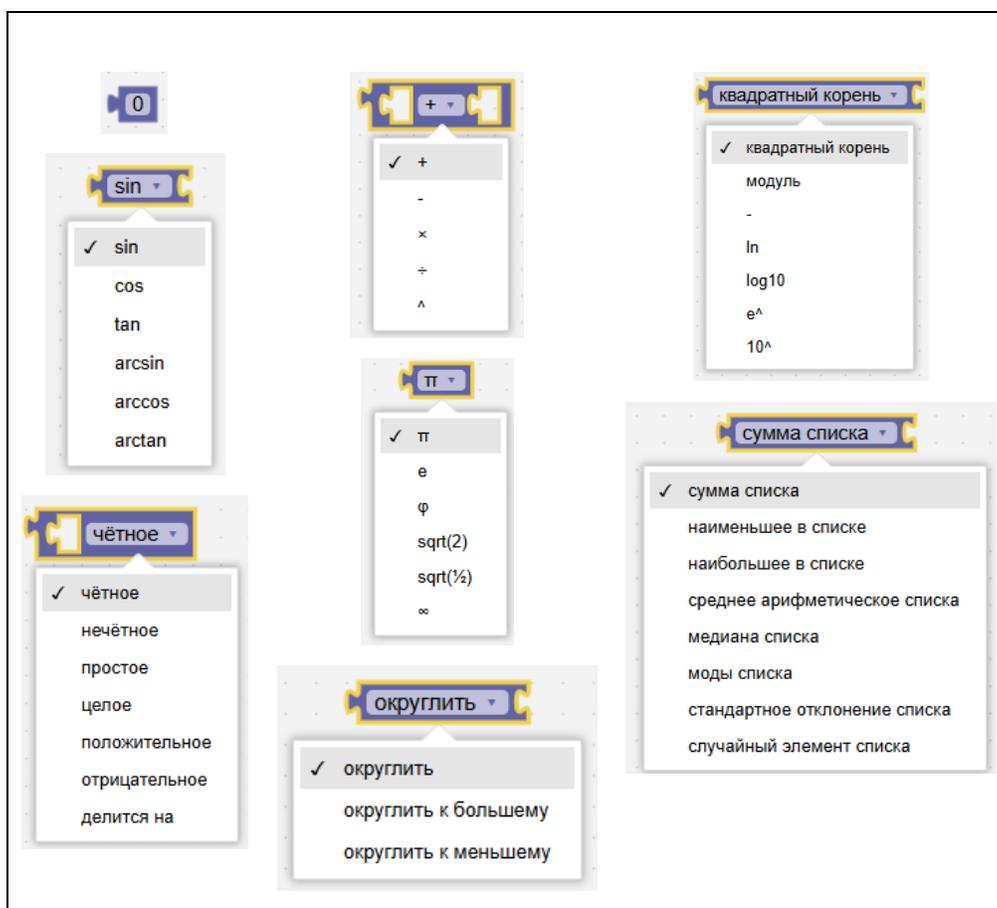


Рисунок 52 – Блоки «Математика»

3. «Текст» – работа с текстом (см. Рисунок 53).

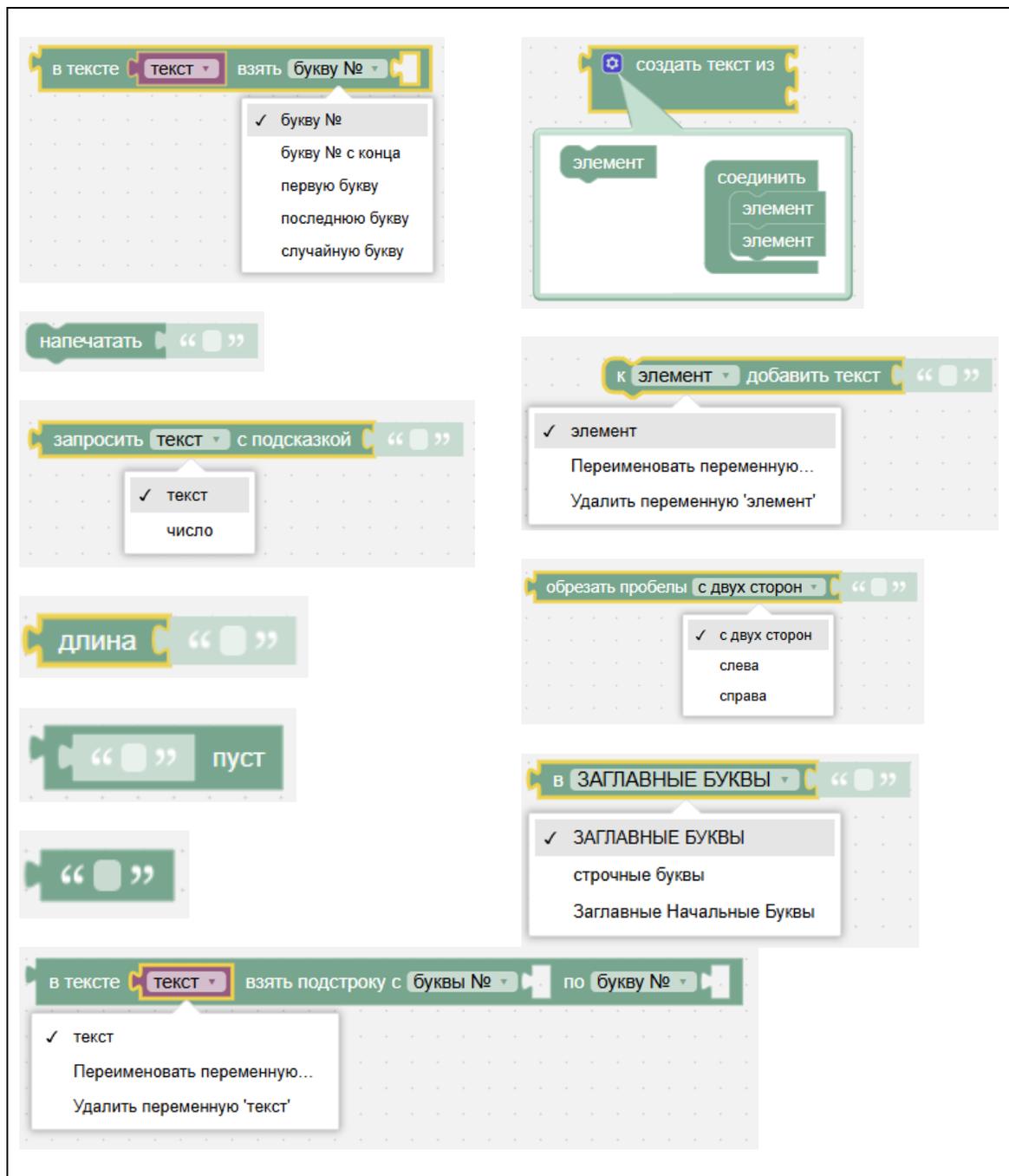


Рисунок 53 – Блоки «Текст»

4. «Переменные» – создание и редактирование переменных (см. Рисунок 54).

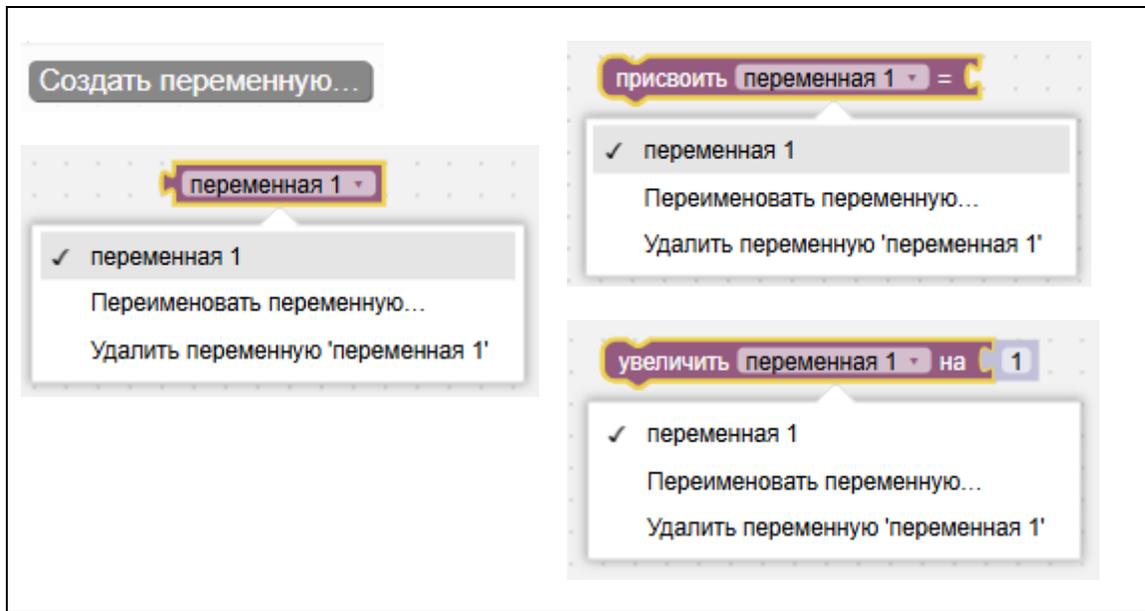


Рисунок 54 – Блоки «Переменные»

«Циклы» – многократное повторение определенных действий (команд) (см. Рисунок 55).

5. Рисунок 55).

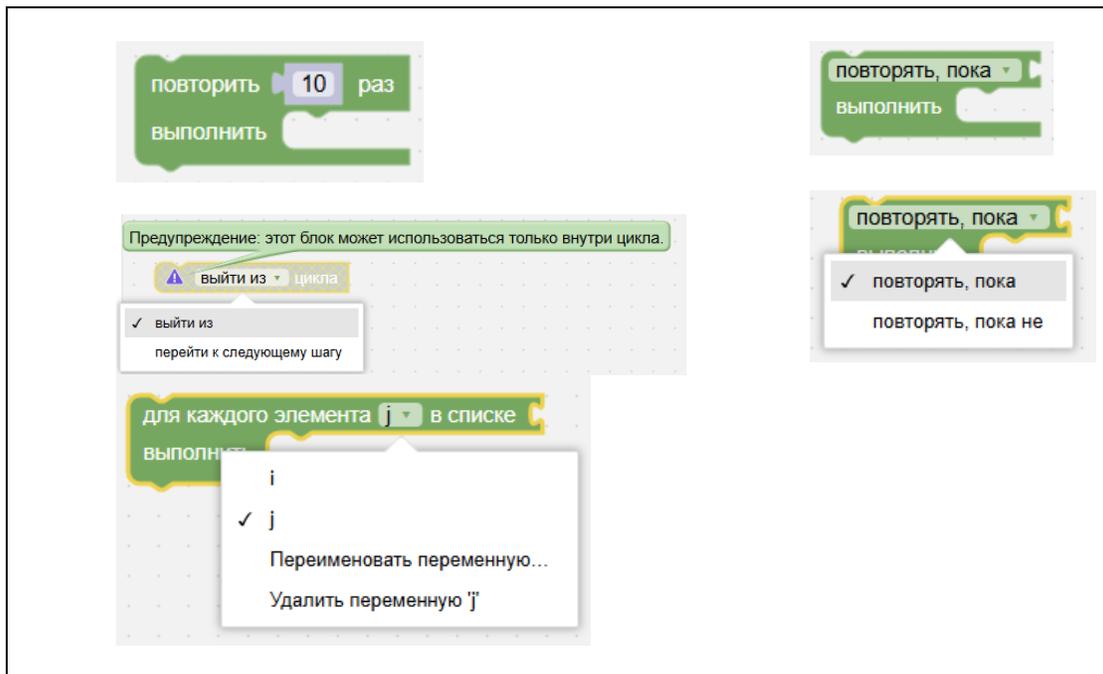


Рисунок 55 – Блоки «Циклы»

6. «Функции» – создание собственных процедур и именованных подпрограмм (см. Рисунок 56).



Рисунок 56 – Блоки «Функции»

7. «Массивы» – работа с элементами списков (см. Рисунок 57).

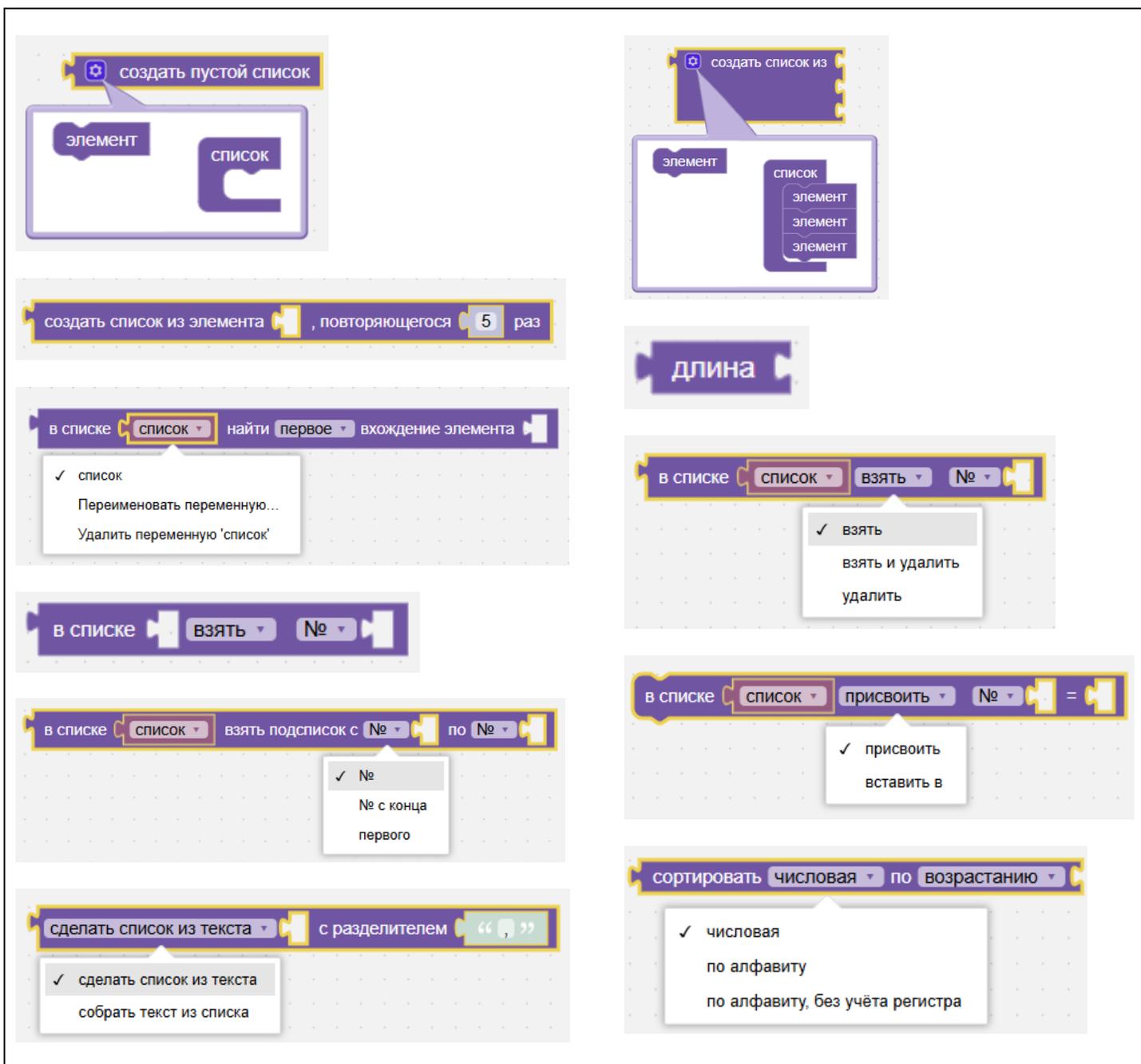
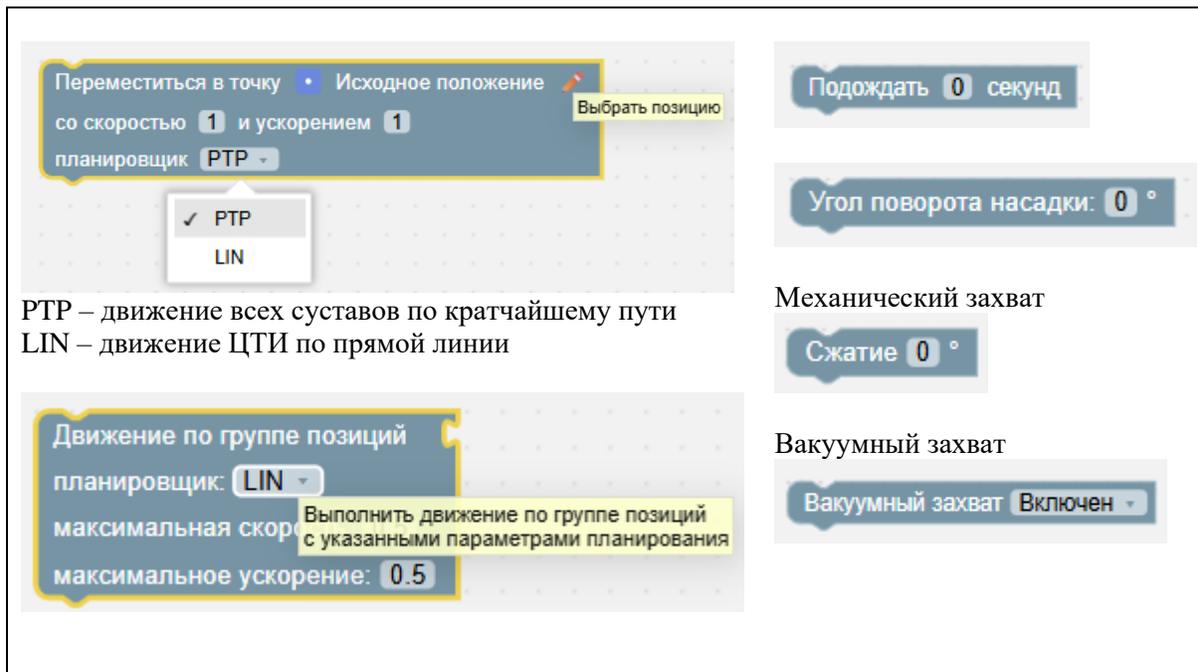


Рисунок 57 – Блоки «Массивы»

8. «Движение» – команды перемещения и работы с насадками (см. Рисунок 58).



PTP – движение всех суставов по кратчайшему пути
LIN – движение ЦТИ по прямой линии

Рисунок 58 – Блоки «Движение»

9. «Позиции суставов» – сохранение и использование точек положения поворотных узлов манипулятора (J1, J2, J3) (см. 3.3.2 «Башня»). Для добавления и сохранения позиций нажмите «Добавить позицию суставов» (см. Рисунок 59).

Добавить позицию суставов

Позиция по суставам

Наименование

Суставы

| | | |
|---------|---------|-----|
| Поворот | 0.0 ° | – + |
| Плечо | -22.9 ° | – + |
| Стрела | -45.8 ° | – + |

Сохранить **Остановить движение** **Удалить**

Рисунок 59 – Форма для создания позиции по суставам

10. «Позиции ЦТИ» – сохранение и использование точек положения центральной точки инструмента (ЦТИ). Для добавления и сохранения позиций нажмите «Добавить позицию ЦТИ» (см. Рисунок 60).

Добавить позицию ЦТИ

Позиция по ЦТИ [X]

Наименование
Введите имя позиции

ЦТИ

[↓] [↑]

[←] [→]

[↑] [↓]

Координаты

| | | |
|---|----------|---------|
| x | -23.7 см | [-] [+] |
| y | 0.0 см | [-] [+] |
| z | 20.8 см | [-] [+] |

[Сохранить] [Остановить движение] [Удалить]

Рисунок 60 – Форма для создания позиции ЦТИ

11. «Звуки» – воспроизведение аудио с возможностью фонового режима (см. Рисунок 61). Предустановлено 4 звуковых файла. Дополнительно можно загрузить файл в формате .wav - нажмите кнопку «Загрузить аудиофайл» и он появится для выбора в блоке.

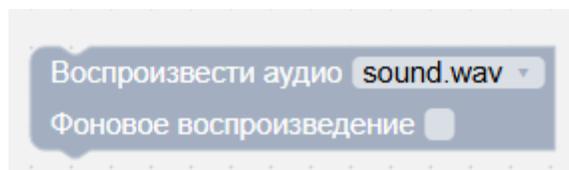


Рисунок 61 – Блок «Звуки»

12. Периферия – управление внешними подключениями (см. Рисунок 62).

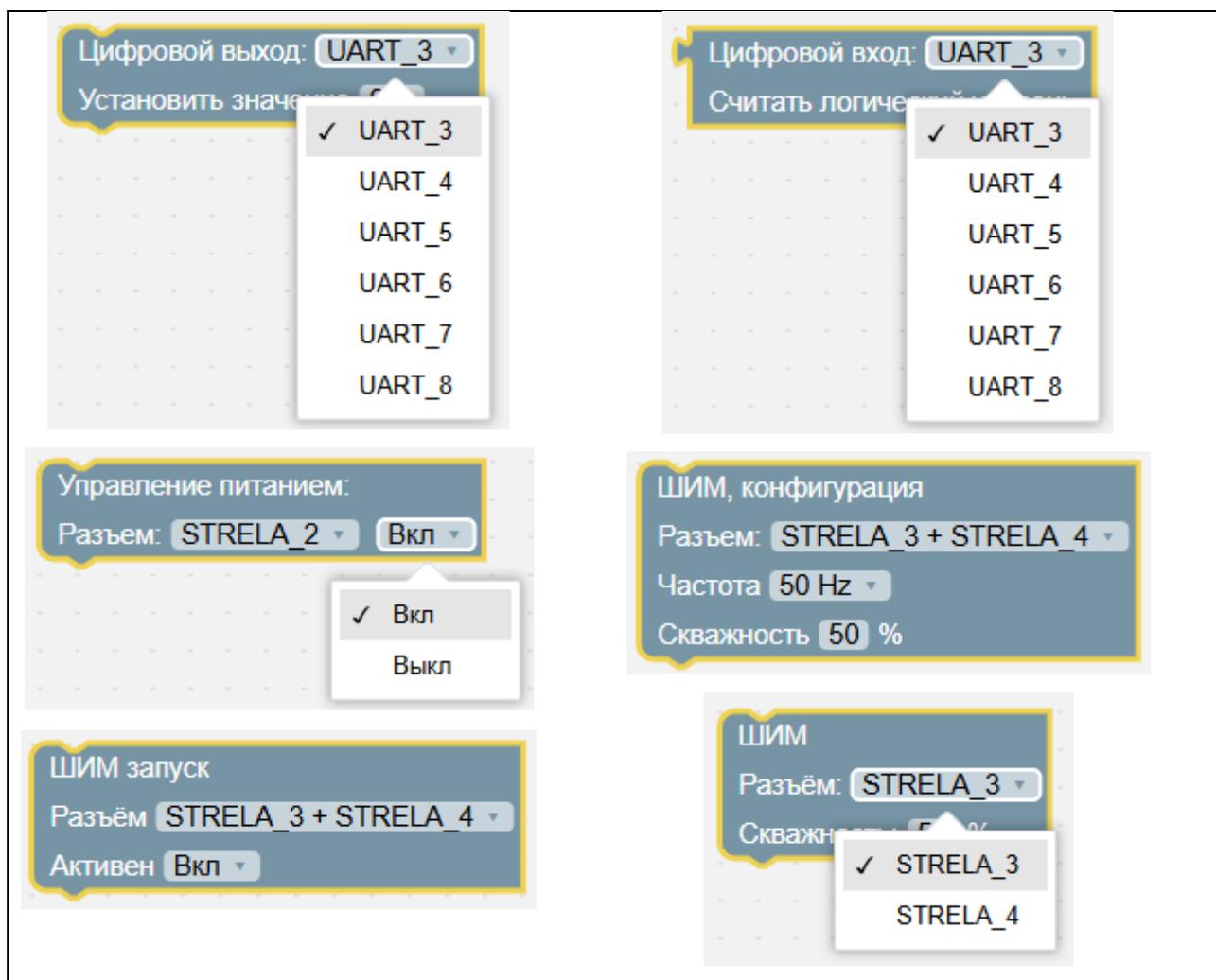


Рисунок 62 – Блоки «Периферия»

Блоки «Периферия» предназначены для взаимодействия с периферийными устройствами, подключаемыми к разъемам M Edu. Блоки позволяют организовать обмен данными по цифровым интерфейсам, управлять питанием внешних модулей, а также генерировать сигналы широтно-импульсной модуляции (ШИМ) для управления сервоприводами и другими аналоговыми устройствами.

Описание блоков:

1. Блоки цифрового ввода/вывода (UART) – данная группа блоков предназначена для настройки приемопередатчиков UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) на разъемах M Edu в режиме цифровых линий «вход» или «выход». Это позволяет подключать датчики с цифровым выходом (например, тактовые кнопки, герконы, концевые выключатели) или управлять простыми исполнительными устройствами (например, светодиодами, реле).

Примечание – Интерфейс UART по умолчанию предназначен для асинхронной последовательной передачи данных. Использование его контактов в качестве стандартных цифровых линий требует предварительной настройки в среде разработки.

- 1) Блок «Цифровой выход: UART_X» (см. Рисунок 63) – конфигурирует выбранный аппаратный UART для работы в режиме цифрового выхода и устанавливает на его выходной линии высокий или низкий логический уровень.

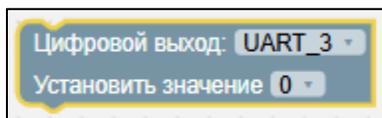


Рисунок 63 – Блок «Цифровой выход: UART_X»

Структура блока:

- Заголовок: «Цифровой выход: UART_X», где X – номер выбранного разъема/UART.
- Параметр «Установить значение» – выпадающий список, в котором пользователь выбирает целевой разъем UART для настройки.
 - Поле: «1» – соответствует логической единице, по умолчанию – сигнал высокого уровня, есть напряжение.
 - Поле: «0» – соответствует логическому нулю, по умолчанию – сигнал низкого уровня, нет напряжения.

Пример использования: для подачи управляющего сигнала на исполнительное устройство, подключенное к разъему «UART_3», необходимо выбрать в блоке значение «UART_3» и в поле параметра выбрать «1». Линия перейдет в активное состояние.

- 2) Блок «Цифровой вход: UART_X» (см. Рисунок 64) – конфигурирует выбранный аппаратный UART для работы в режиме цифрового входа и считывает текущее логическое состояние на его входной линии.

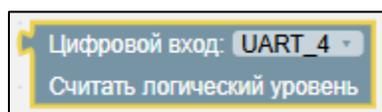


Рисунок 64 – Блок «Цифровой вход: UART_X»

Структура блока:

- Заголовок: «Цифровой вход: UART_X».

- Параметр «Считать логическое» – выпадающий список для выбора разъема UART, состояние которого необходимо проверить.

Пример использования: для ожидания нажатия кнопки, подключенной к разъему «UART_3», в цикле «ждать» или условия «если» используется данный блок.

2. Блок «Управление питанием» (см. Рисунок 65) – отвечает за подачу или отключение электропитания на внешние разъемы M Edu. Используется для энергосбережения или перезагрузки подключенных устройств. Управляет подачей напряжения питания на указанный разъем. Блок доступен только в режиме «Без насадки» (см. Рисунок 72).

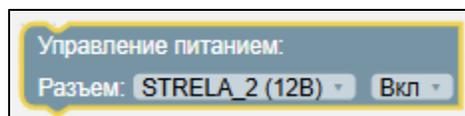


Рисунок 65 – Блок «Управление питанием»

Структура блока:

- Заголовок: «Управление питанием».
- Параметр «Разъем» – выпадающий список для выбора разъема питания «STRELA_2».
- Поле: «Вкл» – напряжение подано на разъем.
- «Выкл» – напряжение отключено от разъема.

Пример использования: для включения внешнего осветителя, подключенного к силовому разъему «STRELA_2», перед началом видеосъемки, необходимо установить переключатель блока в положение «Вкл».

3. Блоки настройки и запуска ШИМ – широтно-импульсная модуляция (ШИМ) используется для управления сервоприводами, регуляторами оборотов двигателей, яркостью светодиодов. Работа с ШИМ в Blockly разделена на два этапа: конфигурацию и запуск. Блоки доступны только в режиме «Без насадки» (см. Рисунок 72).

- 1) Блоки «ШИМ, конфигурация» и «ШИМ» (см. Рисунок 66) – задает параметры ШИМ-сигнала на указанных разъемах. Блок выполняется однократно для настройки генератора.

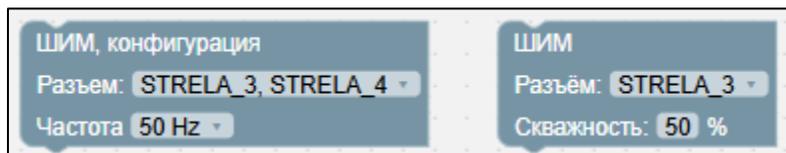


Рисунок 66 – Блоки «ШИМ, конфигурация» и «ШИМ»

Структура блока:

- Заголовок: «ШИМ, конфигурация» либо «ШИМ».
- Параметр «Разъем» – выпадающий список для выбора разъема «STRELA_3 + STRELA_4», что может означать использование двух линий на одном разъеме или выбор конкретного канала.
- Параметр «Частота» в блоке «ШИМ, конфигурация» – поле ввода или выбора частоты сигнала в Герцах (Гц). От частоты зависит период следования импульсов. Для стандартных сервоприводов обычно используется частота 50 Гц.

- Параметр «Скважность» в блоке «ШИМ» – поле ввода или выбора скважности импульса в процентах (%). Скважность определяет долю времени, в течение которого сигнал находится в состоянии «Вкл» (высокий уровень) от общего периода. Для сервоприводов изменение скважности от 5% до 10% (в зависимости от модели) изменяет угол поворота вала.

Пример использования: для подготовки к управлению сервоприводом, подключенным к разъему «STRELA_3 + STRELA_4», устанавливаются стандартные параметры: частота «50 Гц», а начальная скважность «50 %», что соответствует центральному положению вала большинства сервомашинок.

- 2) Блок «ШИМ питание (5В)» (см. Рисунок 67) – активирует или деактивирует генерацию ШИМ-сигнала на предварительно сконфигурированном канале.

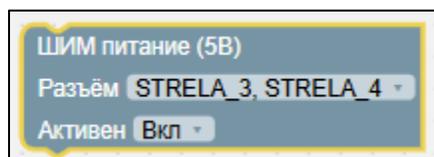


Рисунок 67 – Блок «ШИМ питание (5В)»

Структура блока:

- Заголовок: «ШИМ питание (5В)».
- Параметр «Разъем» – выпадающий список для выбора разъема (должен совпадать с разъемом, указанным в блоке конфигурации).
- Поле «Активен» – переключатель состояния:
 - «Вкл» – генерация ШИМ-сигнала с заданными параметрами начинается.
 - «Выкл» – генерация ШИМ-сигнала прекращается, напряжение на выходе устанавливается в неактивное состояние (обычно 0 В).

Пример использования: после выполнения блока конфигурации для разъема «STRELA_3 + STRELA_4», данный блок с параметром «Вкл» запускает подачу сигнала на сервопривод, заставляя его повернуться в положение, соответствующее заданной скважности. Для остановки удержания сервопривода (снятия управляющего сигнала) используется состояние «Выкл».

7.2.3 Python

Python в приложении Promobot M Control представляет собой редактор кода Python для написания, редактирования и сохранения кода, оптимизированный под синтаксис языка Python (см. Рисунок 68).

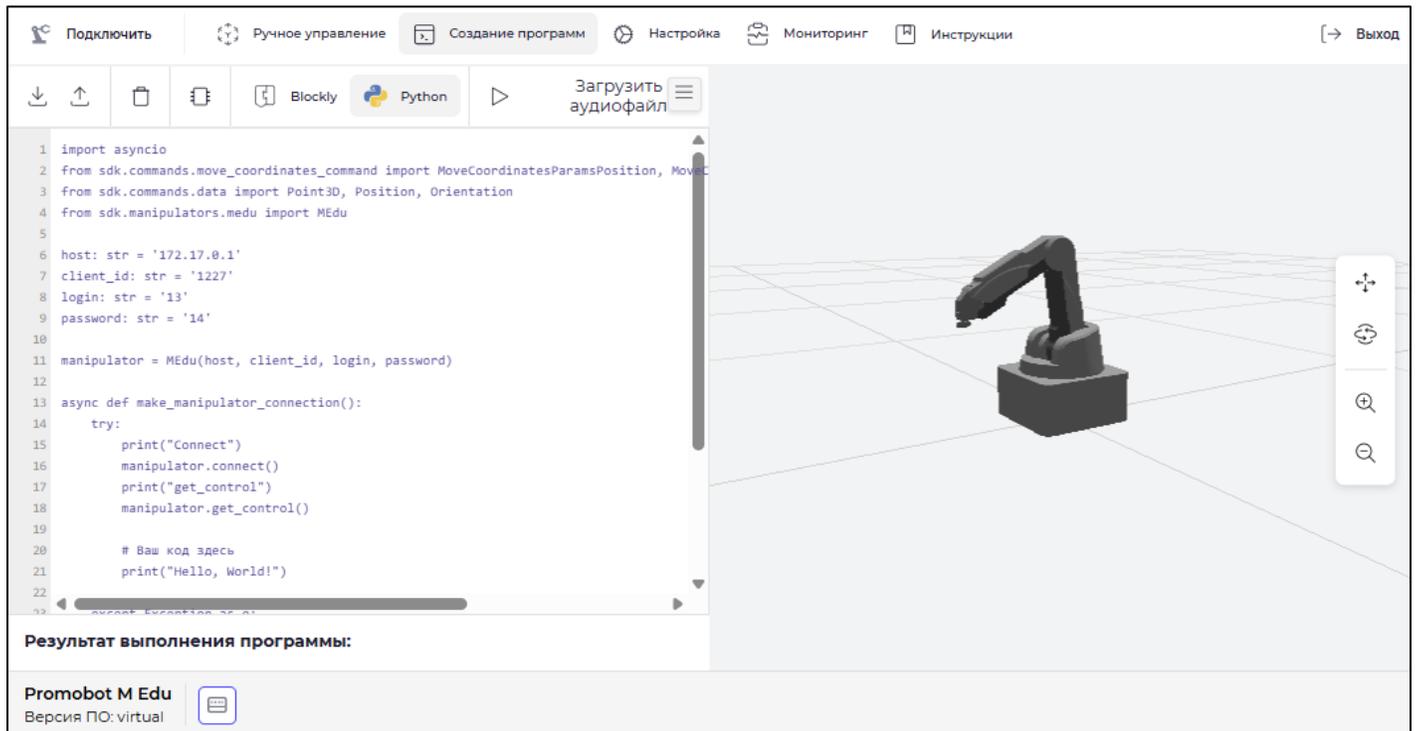


Рисунок 68 – Python в приложении Promobot M Control

Если ранее в Blockly была создана программа, то ее код может автоматически генерироваться в Python. Далее можно редактировать существующие строки.

При написании собственного кода используйте библиотеку SDK, описана в разделе 8 «PROMOBOT M CONTROL SDK».

При загрузке готового файла Python учтите, что программный код в файле, должен быть написан по правилам PEP8, сам файл должен иметь типы *.py или *.json.

В соответствии со структурой *.json формат сохранения программы такой – в JSON-объекте присутствует единственное поле "program": "/* текст программы */", содержащее всю программу в типе данных "строка". Каждая новая строка кода отделяется от предыдущей при помощи символа "\n" (без использования переноса строки).

Пример программного кода в формате *.json:

```

{
  "program": "import asyncio\nfrom sdk.commands.move_coordinates_command import\nMoveCoordinatesParamsPosition, MoveCoordinatesParamsOrientation\nfrom sdk.manipulators.m13\nimport M13\n\nhost: str = '172.17.0.1'\nclient_id: str = '1227'\nlogin: str = '13'\npassword: str =\n'14'\n\nmanipulator = M13(host, client_id, login, password)\n\nasync def\nmake_manipulator_connection():\n try:\n  print(\"Connect\")\n  manipulator.connect()\n  p
  
```

```
rint("\get_control")\n        manipulator.get_control()\n        \n        #        Ваш        код
здесь\n        print("\Hello, World!")\n        \n        except Exception as e:\n        print('Возникла
ошибка')\n        print(e)\n\nloop
=
asyncio.new_event_loop()\nasyncio.set_event_loop(loop)\nasyncio.get_event_loop().run_until_compl
ete(make_manipulator_connection())\n"
}
```

При запуске программы есть возможность подсвечивать выполняемую строку. Функцию можно включить/отключить с помощью слайдера (см. Рисунок 69).

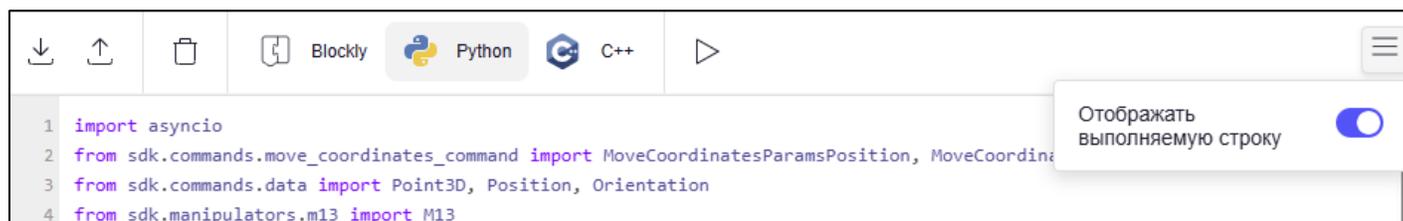


Рисунок 69 – Слайдер «Отображать выполняемую строку»

7.3 Настройка

Интерфейс для настройки (вкладка «Настройка») имеет два раздела (см. Рисунок 70):

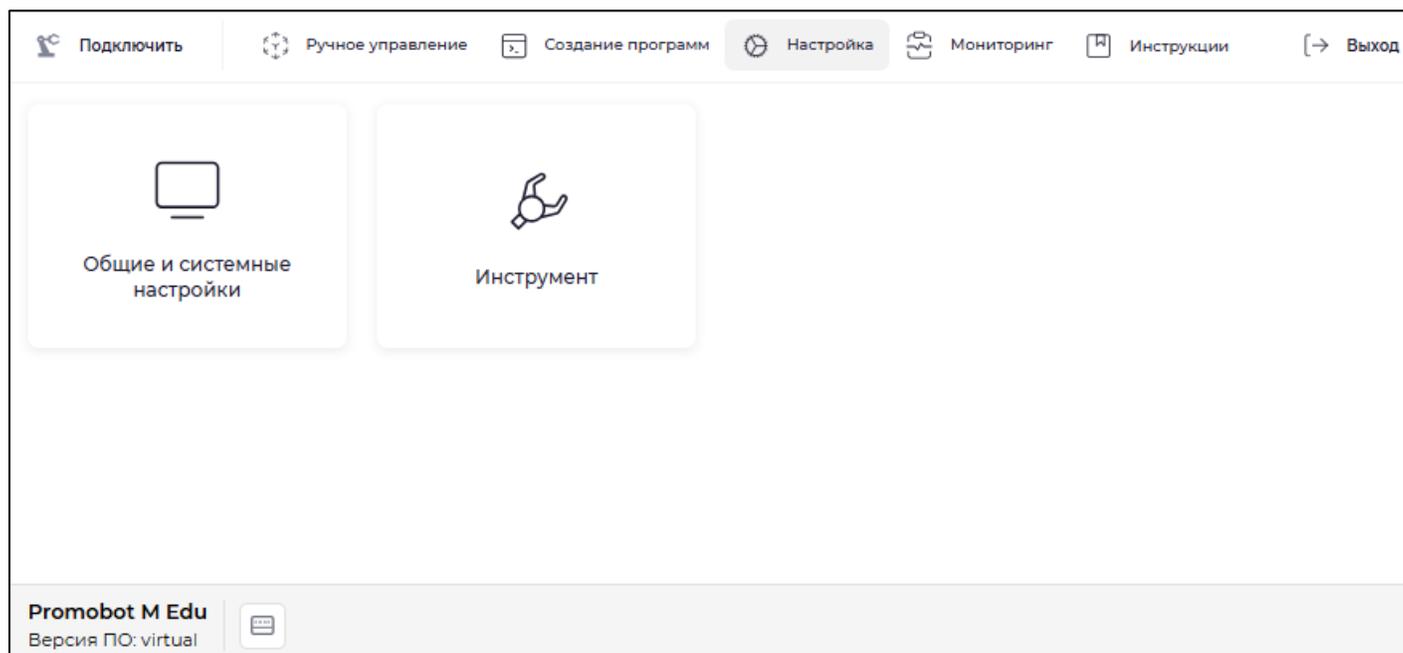


Рисунок 70 – Интерфейс для настройки

1. Раздел «Общие и системные настройки» (см. Рисунок 71).

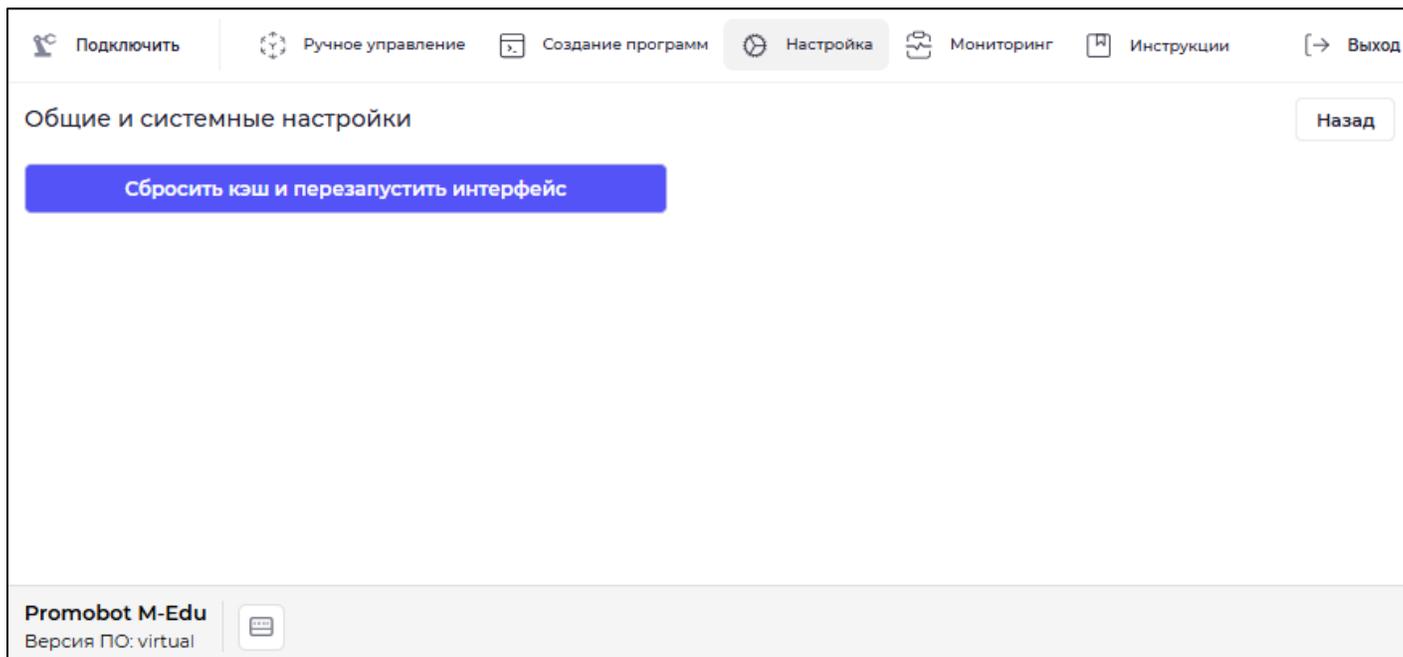


Рисунок 71 – Раздел «Общие и системные настройки»

В разделе есть кнопка «Сбросить кэш и перезапустить интерфейс», которая может быть использована для освобождения памяти и исправления ошибок, возникающих при работе с приложением.

Для возврата к другим настройкам нажмите кнопку «Назад».

2. Раздел «Инструмент» (см. Рисунок 72).

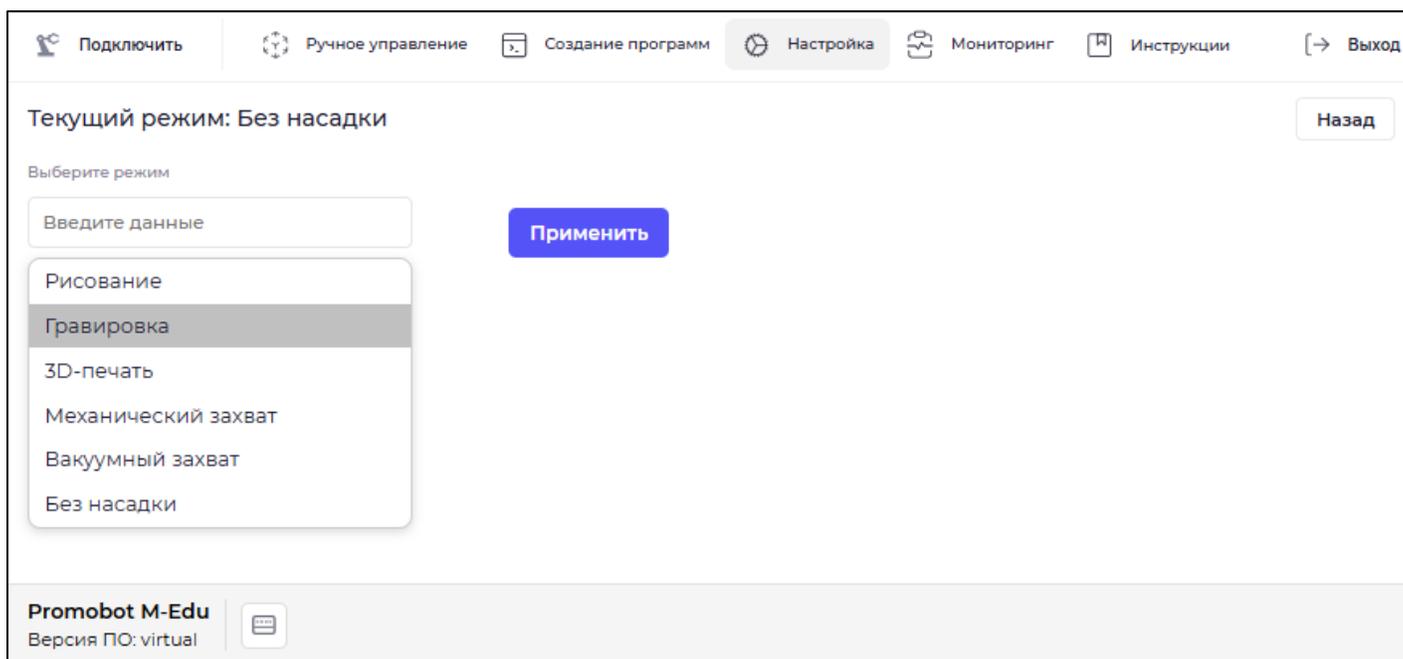


Рисунок 72 – Раздел «Инструмент»

Раздел предназначен для настройки режима работы с инструментом (насадкой). Для настройки в поле «Выберите режим» установите значение в соответствии с установленной насадкой и нажмите кнопку «Применить».

Для возврата к другим настройкам нажмите кнопку «Назад».

7.3.1 Рисование

Перед началом работы установите модуль захвата пишущего инструмента (см. раздел 3.9 «Модуль захвата пишущего инструмента»). Проверьте подключение к манипулятору.

Для управления в режиме «Рисование» нажмите кнопку «Настройка» на главной панели вкладок, в поле «Выберите режим» установите значение «Рисование» (см. Рисунок 72) и нажмите кнопку «Применить».

Нажмите кнопку «Рисование», автоматически откроется библиотека с доступными изображениями (см. Рисунок 73).

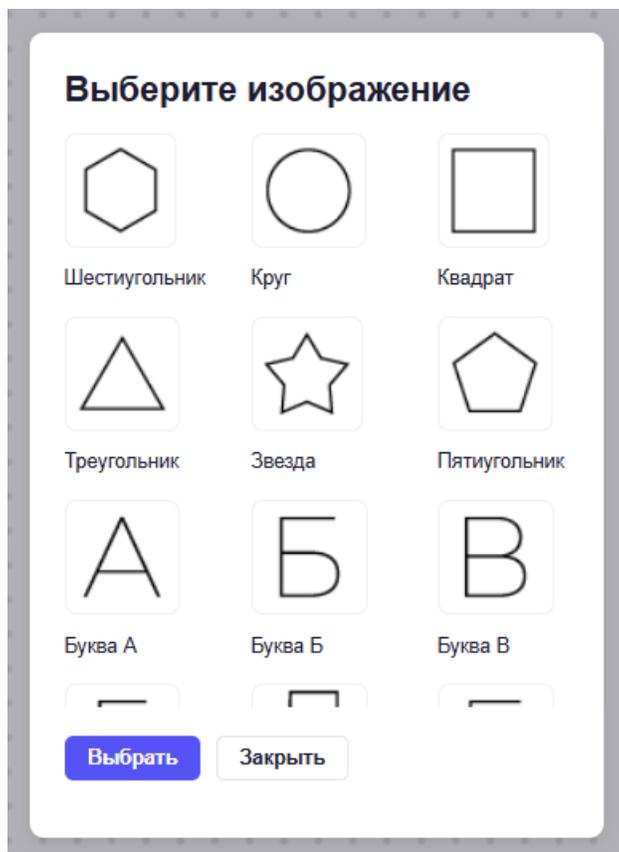


Рисунок 73 – Библиотека рисунков

Выберите изображение и нажмите кнопку «Выбрать» либо закройте форму. Изображение отобразится в области рисования (см. Рисунок 74).

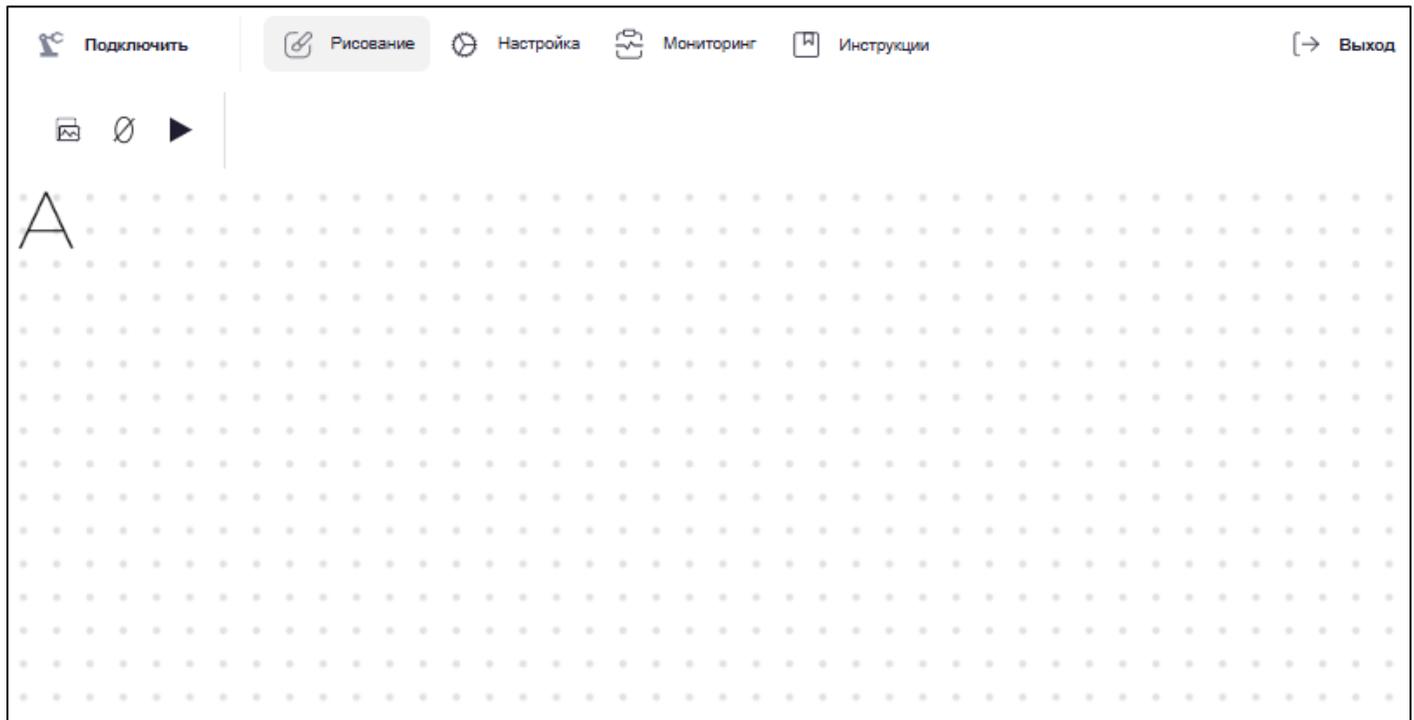


Рисунок 74 – Раздел «Рисования»

Перед запуском задайте стартовую позицию манипулятора:

1. Нажмите кнопку . Отобразится форма «Задание нуля» (Рисунок 75).

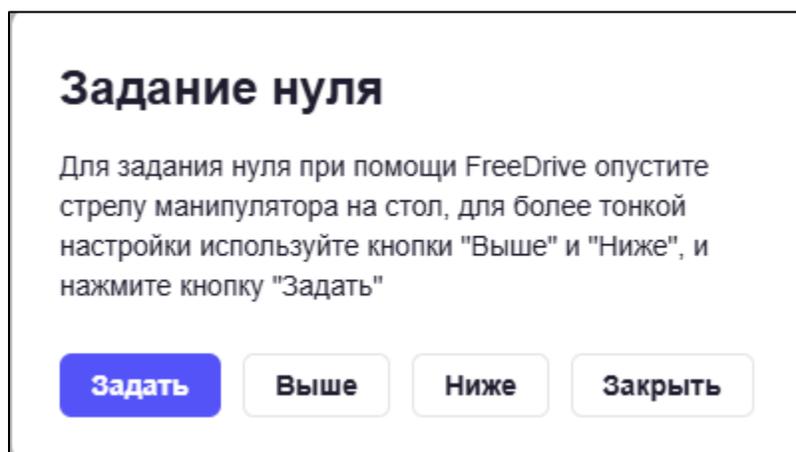


Рисунок 75 – Форма «Задание нуля»

2. Следуя инструкции определите начальную точку рисования и нажмите «Задать».

Для запуска рисования нажмите кнопку .

Для остановки рисования нажмите кнопку .

Чтобы заново выбрать рисунок нажмите кнопку



7.3.2 Гравировка

Перед началом работы установите модуль лазерной гравировки (см. раздел 3.11 «Модуль лазерной гравировки»). Проверьте подключение к манипулятору.

Для управления в режиме «Гравировка» нажмите кнопку «Настройка» на главной панели вкладок, в поле «Выберите режим» установите значение «Гравировка» (см. Рисунок 72) и нажмите кнопку «Применить».

Нажмите кнопку «Гравировка», автоматически откроется сообщение о технике безопасности при работе с лазером (см. Рисунок 76).

Техника безопасности



Шаг 1 из 3

ВНИМАНИЕ!
ПРИ ЛЮБЫХ ДЕЙСТВИЯХ С ЛАЗЕРОМ НЕОБХОДИМО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ОЧКИ. В ПРОТИВНОМ СЛУЧАЕ ВЕЛИКА ВЕРОЯТНОСТЬ ОЖОГА СЕЧАТКИ ГЛАЗА.

- Лазер может нагревать объекты, когда он находится в сфокусированном состоянии, поэтому такие объекты, как бумага или дерево, могут быть гравированы или сожжены
- НЕ направляйте лазер на людей или животных
- НЕ позволяйте детям играть с ним в одиночку
- Необходим постоянный контроль
- Немедленно выключите лазер после гравировки
- В комплект входят мелкие запасные части, поэтому, пожалуйста, держите их подальше от детей, так как они представляют опасность удушья
- НЕ позволяйте детям играть с манипулятором Promobot M Edu в одиночку. Все процессы должны контролироваться во время работы. После завершения процессов, пожалуйста, немедленно выключите оборудование
- При использовании лазерного модуля, пожалуйста, надевайте защитные очки
- Избегайте прямого воздействия излучения на глаза или кожу. Держитесь на безопасном расстоянии от лазера, чтобы избежать случайных травм
- НЕ помещайте руки в рабочую зону во время работы манипулятора Promobot M Edu. Невыполнение этого требования может привести к синякам и/или защемлению
- Используйте стойкую к возгоранию поверхность в качестве подложки, на которой будет находиться объект, предназначенный для обработки. Для этого подойдет лист стекла или металла. Важно, чтобы подложку не мог прожечь лазер. В качестве обрабатываемого материала лучше всего использовать плотный картон, но подойдут и листы канцелярской бумаги

Понятно, далее

Рисунок 76 – Техника безопасности при работе с лазером

Пройдите по шагам ознакомления, отобразится раздел гравировки (см. Рисунок 77).

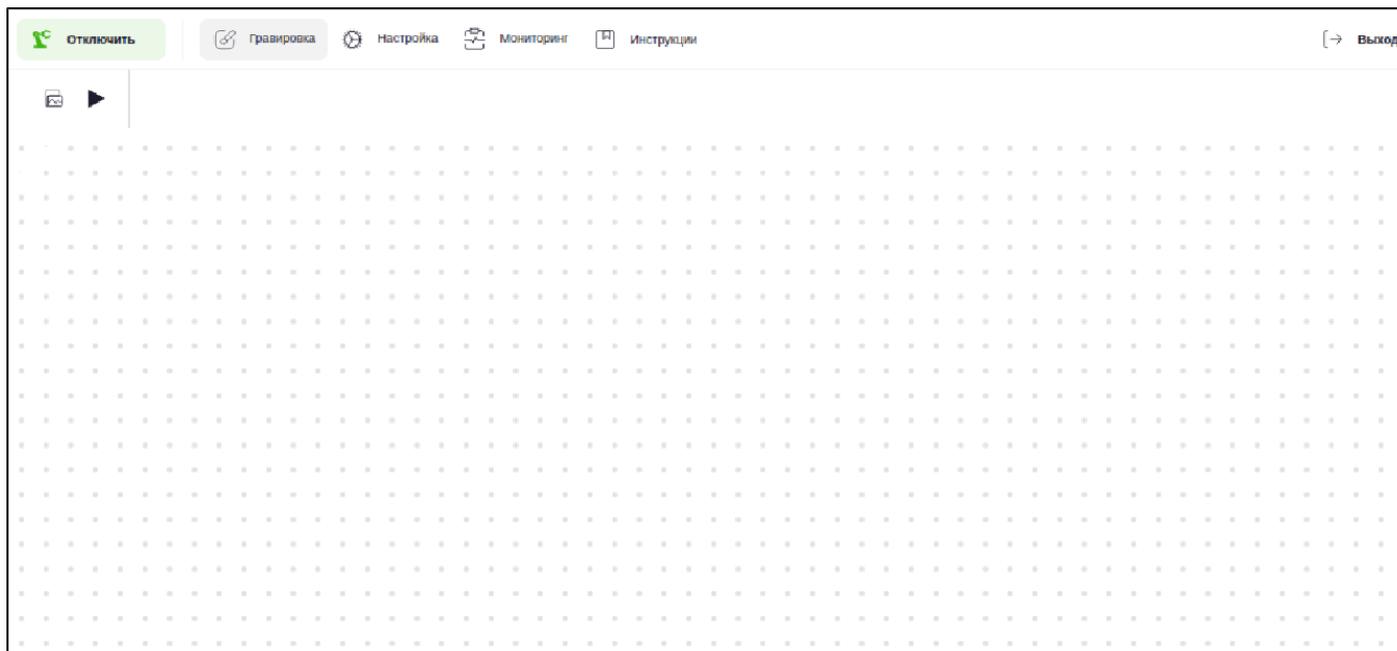


Рисунок 77 – Раздел «Гравировка»

Манипулятор выжигает изображения только из библиотеки. Чтобы выбрать изображение нажмите кнопку . Отобразится библиотека изображений (см. Рисунок 78).

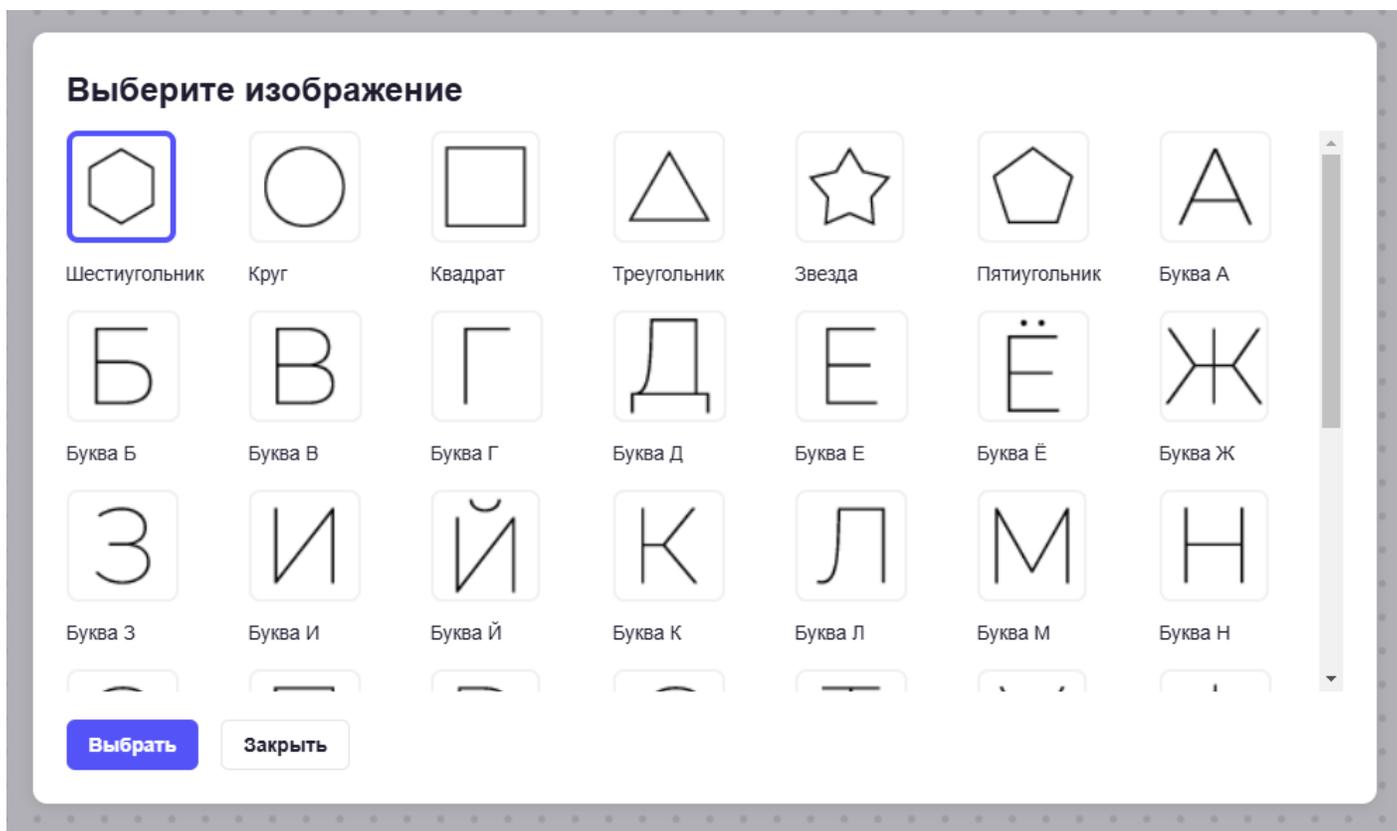


Рисунок 78 – Библиотека рисунков

Выберите изображение и нажмите кнопку «Выбрать». Изображение отобразится в области гравировки.

Для запуска гравировки нажмите кнопку .

Для остановки рисования нажмите кнопку .

Чтобы заново выбрать изображение нажмите кнопку .

7.3.3 3D-печать

Перед началом работы установите модуль 3D-печати (см. раздел 3.10 «Модуль 3D-печати»). Проверьте подключение к манипулятору.

Для управления в режиме «3D-печать» нажмите кнопку «Настройка» на главной панели вкладок, в поле «Выберите режим» установите значение «3D-печати» (см. Рисунок 72) и нажмите кнопку «Применить».

Нажмите кнопку «Печать», автоматически откроется библиотека с доступными фигурами (см. Рисунок 79).

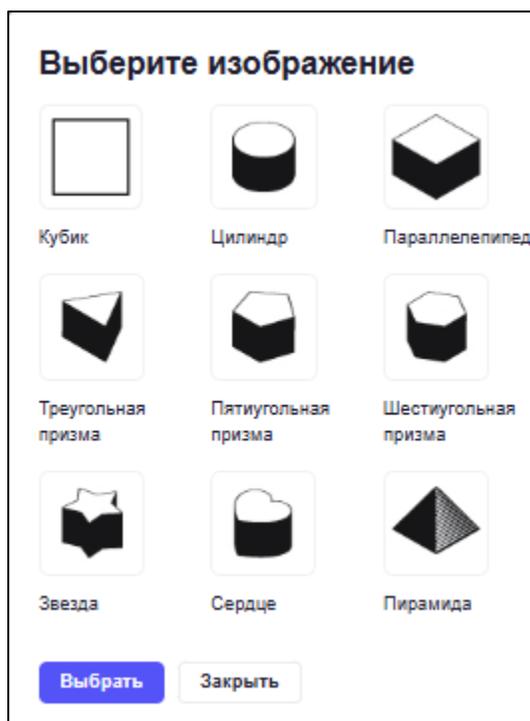


Рисунок 79 – Библиотека фигур

Выберите фигуру и нажмите кнопку «Выбрать». Фигура отобразится в области печати (см. Рисунок 80).

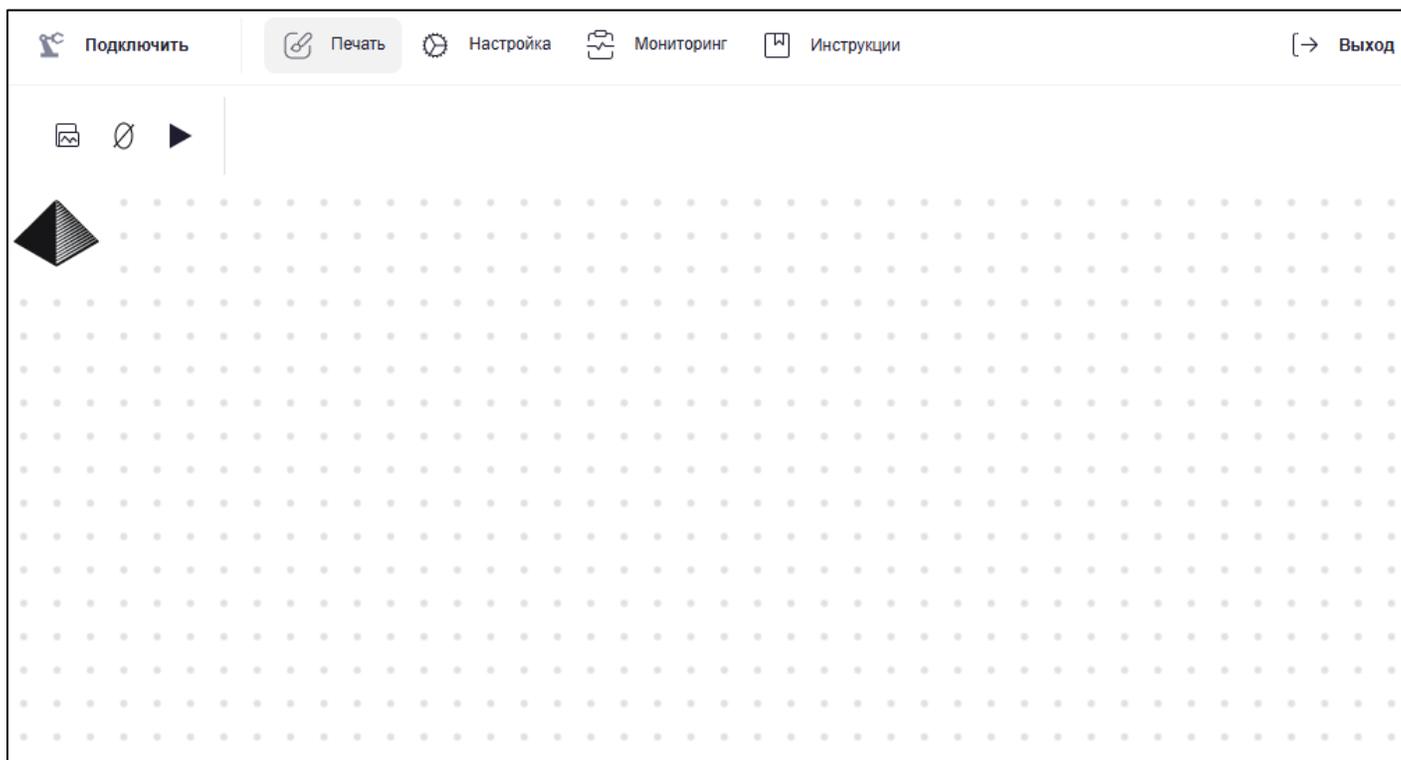


Рисунок 80 – Раздел «Печать»

Перед запуском задайте стартовую позицию стрелы манипулятора:

1. Нажмите кнопку . Отобразится форма управления «Задание нуля» (см. Рисунок 75).
2. Следуя инструкции определите начальную точку рисования и нажмите «Задать».

Запустите процесс 3D-печати нажав кнопку .

Отобразится уведомление «Программа выполняется» (см. Рисунок 81).

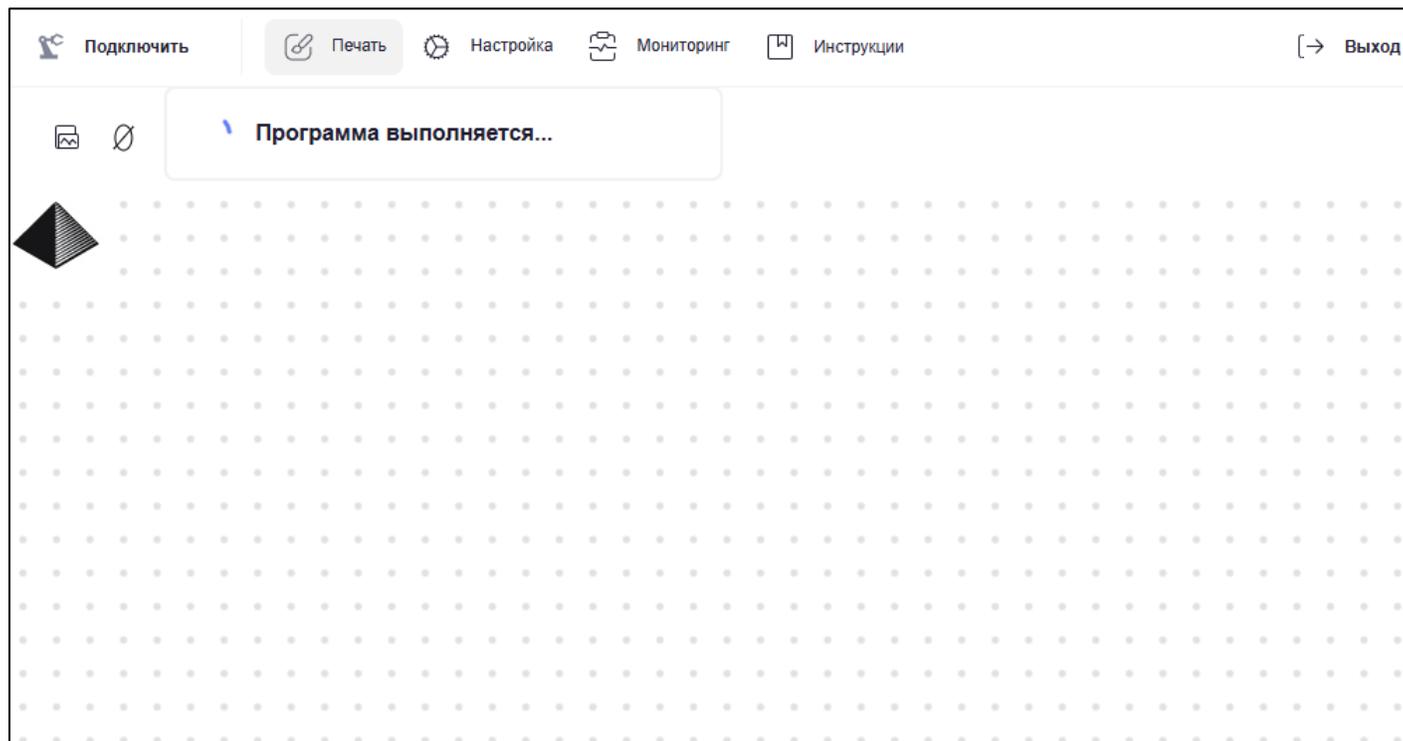


Рисунок 81 – Уведомление «Программа выполняется»

PLA-филамент в печатающей головке начнет нагреваться, при достижении нужной температуры (примерно через 5 минут) манипулятор начнет печать объекта.

Предупреждение! Печатающая головка и выходящий из нее пластик имеют высокую температуру. Прикосновение к работающему оборудованию может привести к ожогам.

Ожидайте не менее 15 минут после окончания печати для снятия 3D-объекта с защитного стекла и не менее 30 минут после окончания печати для демонтажа модуля 3D-печати.

7.3.4 Механический захват

Для ручного управления механическим захватом перейдите в раздел 7.1.2 «Ручное управление «Механический захват»».

Для создания программы с механическим захватом перейдите в раздел 7.2 «Создание программ».

7.3.5 Вакуумный захват

Для ручного управления вакуумным захватом перейдите в раздел 7.1.3 «Ручное управление «Вакуумный захват».

Для создания программы с вакуумным захватом перейдите в раздел 7.2 «Создание программ».

7.3.6 Без насадки

Для ручного управления без насадки перейдите в раздел 7.1.1 «Ручное управление «Без насадки».

Для создания программы без насадки перейдите в раздел 7.2 «Создание программ».

7.4 Мониторинг

Для того чтобы открыть систему мониторинга нажмите кнопку «Мониторинг» на главной панели вкладок.

Отобразится информация о версии интерфейса, релиза и прошивки (см. Рисунок 82). Версии отображаются только при подключенном манипуляторе.

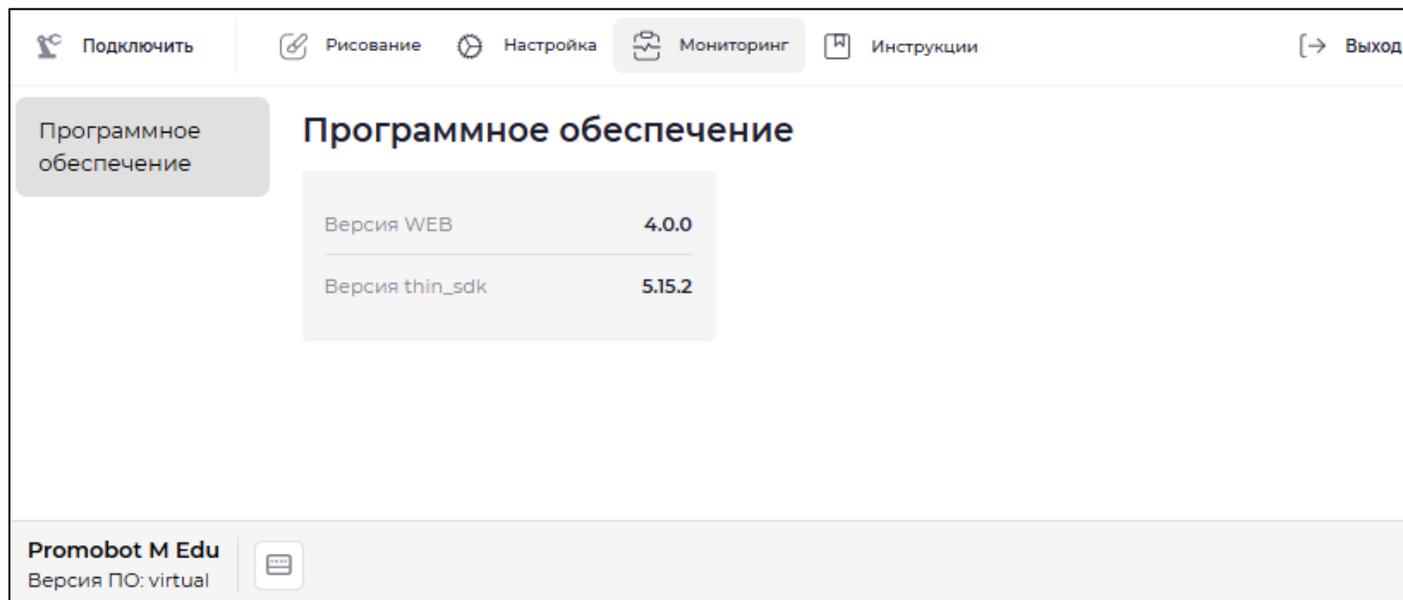


Рисунок 82 – Версии интерфейса, релиза и прошивки

7.5 Обновление приложения Promobot M Control

Перед обновлением сравните версии интерфейса, релиза и прошивки вашего M Edu с версиями в последнем релизе. Информацию о последнем релизе вы можете узнать в инструкции (в приложении нажмите кнопку «Инструкции» и перейдите в раздел 7.8 «Релизы»).

При несоответствии, подключите M Edu к интернету и выполните все обновления по очереди:

1. Обновите ПО:

- 1) Закройте приложение.
- 2) Запустите файл «Update_Mcontrol» на рабочем столе (см. Рисунок 83).

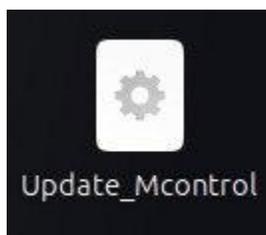


Рисунок 83 – Файл «Update_Mcontrol»

- 3) Откроется программный интерфейс «Terminal». Отобразится диалоговое окно для выбора типа обновления (см. Рисунок 84).

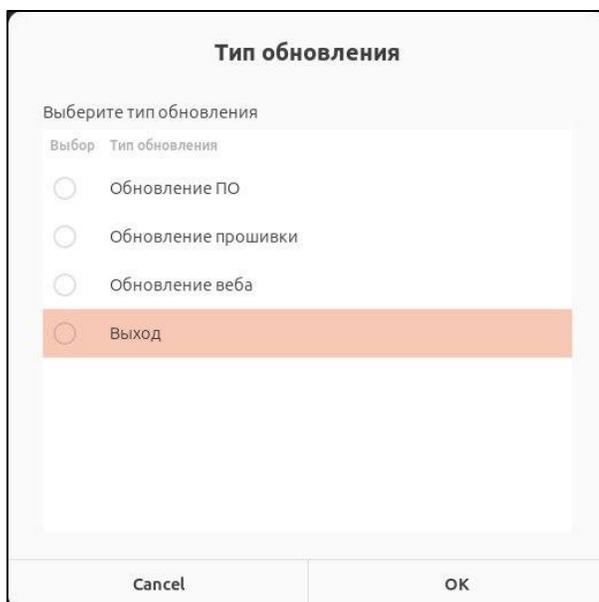


Рисунок 84 – Диалоговое окно для выбора типа обновления

- 4) Выберите «Обновление ПО» и нажмите «ОК». Отобразится уведомление о запуске обновления (см. Рисунок 85).

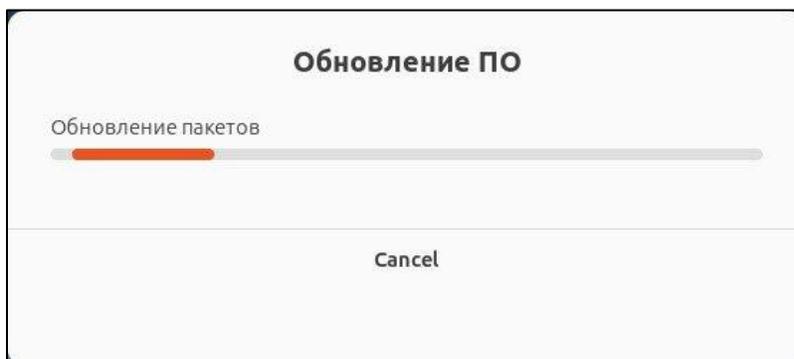


Рисунок 85 – Уведомление о запуске обновления ПО

- 5) По завершении обновления отобразится уведомление о завершении (см. Рисунок 86). Нажмите «ОК».

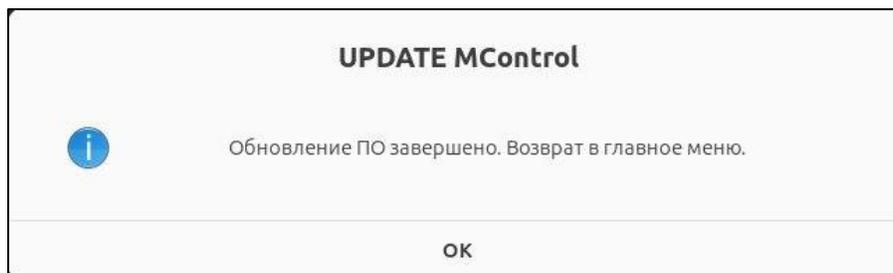


Рисунок 86 – Уведомление о завершении обновления ПО

Дождитесь появления диалогового окна для выбора типа обновления (см. Рисунок 84).

2. Обновите прошивку:

- 1) Выберите «Обновление прошивки» и нажмите «ОК». Отобразится уведомление «Найдена прошивка: ... Продолжить прошивку?» (см. Рисунок 87).

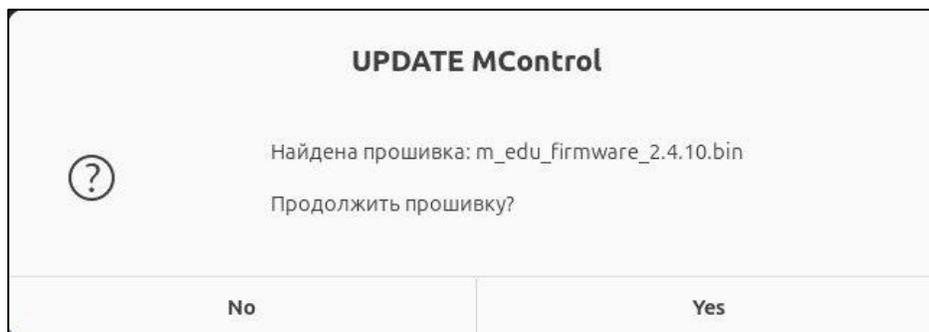


Рисунок 87 – Уведомление прошивки

- 2) Нажмите «Yes». Отобразится предупреждение «Убедитесь, что: 1) ПО выключено 2) Концевик в безопасном положении».

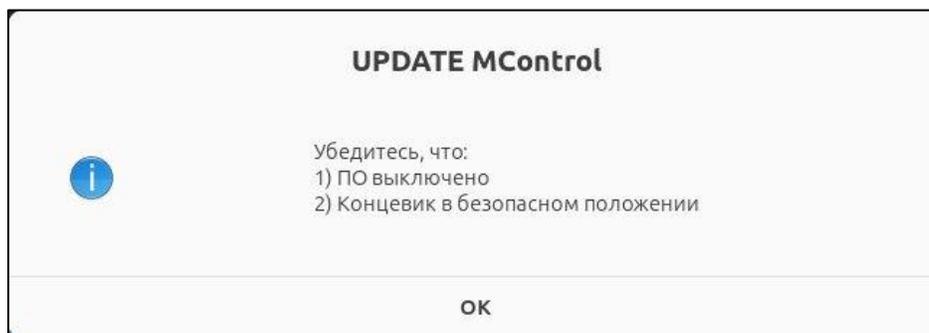


Рисунок 88 – Предупреждение

- 3) Убедитесь, что приложение закрыто, а стрела манипулятора лежит на столе. Нажмите «OK».
- 4) По завершении обновления отобразится уведомление о завершении. Нажмите «OK» (см. Рисунок 89).



Рисунок 89 – Уведомление о завершении прошивки

Дождитесь появления диалогового окна для выбора типа обновления (см. Рисунок 84).

3. Обновите веб:

- 1) Выберите «Обновление веба» и нажмите «OK».
- 2) По завершении обновления отобразится уведомление о завершении (Рисунок 90). Нажмите «OK».

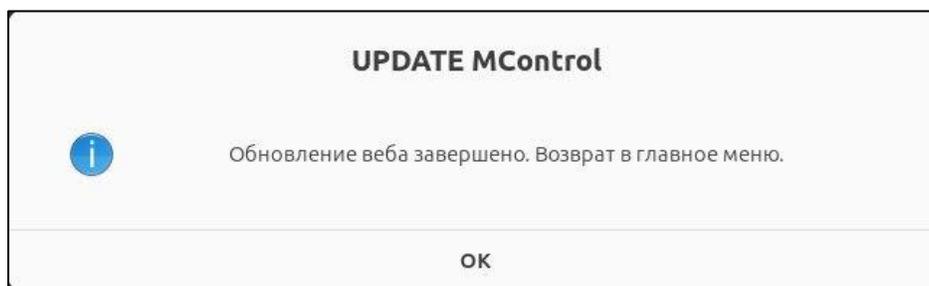


Рисунок 90 – Уведомление о завершении обновления веб-интерфейса

Дождитесь появления диалогового окна для выбора типа обновления (см. Рисунок 84).

4. Закройте диалоговое окно, нажав кнопку «Cancel».

На данный момент одновременное обновление версий ПО, прошивки и веб-интерфейса недоступно. Поочередное обновление гарантирует стабильную работу приложения.

В некоторых случаях может потребоваться перезагрузка устройства после обновления, при этом отобразится уведомление о требовании перезагрузки.

После обновления в интерфейсе мониторинга отобразятся версии, соответствующие последнему релизу.

При возникновении сложностей с обновлением приложения, обратитесь в сервисную службу предприятия-изготовителя.

8 PROMOBOT M CONTROL SDK

8.1 Назначение и область применения

Promobot M Control SDK предоставляет программный интерфейс для управления учебными роботами-манипуляторами под управлением программного обеспечения Promobot M Control, в частности образовательной робототехнической платформой Promobot M Edu, автоматизации задач и их интеграции с внешними системами. Поддерживаются как синхронные, так и асинхронные операции, что обеспечивает гибкость разработки для различных сценариев применения.

Основные возможности SDK:

- подключение манипулятора;
- перемещение и управление движением;
- задание целевых координат в декартовом пространстве или целевых углов каждого узла для точного позиционирования манипулятора;
- управление параметрами движения с помощью коэффициентов скорости и ускорения;
- реализация сложных траекторий, включая движение по дуге и последовательные перемещения по точкам;
- отслеживание положения манипулятора и его узлов в режиме реального времени;
- управление состоянием манипулятора (активный режим, режим ожидания, остановка и т.д.);
- смена режимов управления сервоприводами.

Работа с инструментом и сменными модулями:

- управление питанием инструмента манипулятора;
- управление гриппером и вакуумным насосом;
- управление ориентацией фланца инструмента;
- возможность проигрывания аудиофайлов на манипуляторе для оповещений или пользовательских сценариев.

Взаимодействие с внешними устройствами:

- управление внешними устройствами и датчиками через стандартные промышленные интерфейсы GPIO и I2C.

Автоматизация:

- выполнения программ по указанному имени;
- выполнение Python-скриптов;
- выполнение программ с передачей JSON-данных;
- тайм-ауты операций.

Диагностика:

- обработка сбоев и ошибок манипулятора.

8.2 Архитектура и принципы работы SDK

8.2.1 Компоненты

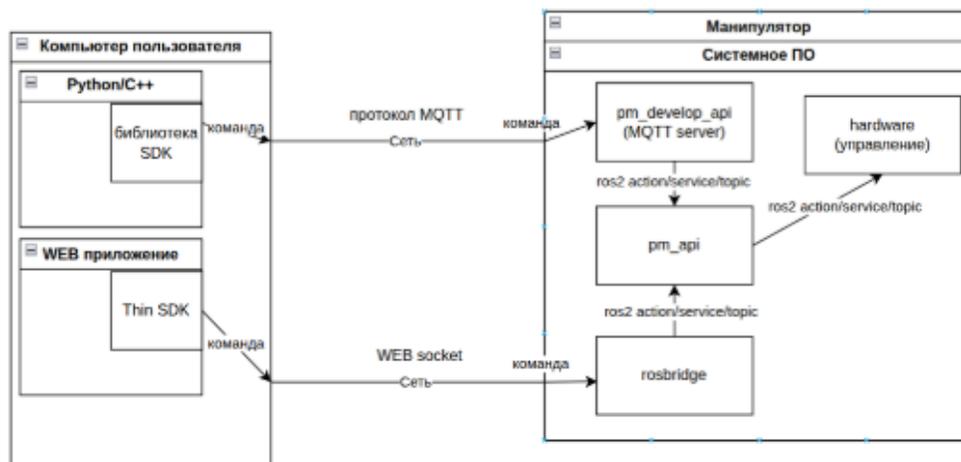


Рисунок 91 – Компоненты

Ключевые компоненты (см. Рисунок 91):

- Клиент: компьютер пользователя / приложение с SDK.
- Сервер (pm_develop_api) – работает на манипуляторе и обрабатывает команды.
- M Control – приложение с собственным SDK, которое переводит действия GUI в ROS2/rosbridge команды.

- Взаимодействие построено по модели клиент – сервер с использованием протокола MQTT.

SDK формирует унифицированные команды управления и телеметрию, которые передаются через брокера сообщений MQTT, действующий как центральный узел, принимающий сообщения от издателей и перенаправляя их соответствующим подписчикам. Серверный компонент `rm_develop_api` принимает их, проверяет корректность, трассирует сквозь шину обмена и преобразует во внутренние обращения к среде ROS 2. На уровне ROS 2 заявки на движение, запросы периферии и сигналы безопасности маршрутизируются к узлам планирования траекторий и низкоуровневым контроллерам сервоприводов, после чего результаты выполнения и потоковые данные о состоянии публикуются обратно в канал, позволяя приложению-клиенту получать подтверждения и актуальную диагностику.

8.2.2 Модель работы

1. Установка и настройка SDK на стороне клиента.
2. Подключение к контроллеру манипулятора Promobot M Control по IP-адресу и параметрам авторизации.
3. Захват управления манипулятором (`get_control`) и резервирование канала управления движением.
4. Выполнение команд движения, управления периферией или запуск программ/сценариев.
5. При необходимости — получение состояния манипулятора и диагностических данных.
6. Освобождение управления и завершение работы приложения.

8.3 Требования и подготовка среды

8.3.1 Сетевые требования

Клиентское приложение и контроллер манипулятора должны находиться в одной сети или иметь корректную маршрутизацию. Порты и протоколы, используемые SDK, не должны блокироваться межсетевыми экранами или политиками безопасности.

Конкретный перечень портов и протоколов определяется реализацией и приводится в технической документации на систему.

8.3.2 Требования к программному обеспечению

Требования к программному обеспечению следующие:

- Рекомендуемая версия Python: 3.12.x.
- Установленное программное обеспечение Promobot M Control на устройстве.

8.3.3 Установка SDK (Python)

8.3.3.1 Проверка версии Python

Рекомендуется использование виртуального окружения Python.

Установите Python 3.12, создайте виртуальное окружение и используйте его для запуска SDK – это обеспечит воспроизводимость и отсутствие конфликтов с системными пакетами.

Если Python уже установлен, то проверьте версию:

```
python3.12 --version  
python --version #, "python"
```

Ожидаемый вывод: Python 3.12.x. Если команда не найдена или версия ниже – необходимо установить требуемую версию либо обновить.

8.3.3.2 Установка Python 3.12

В зависимости от операционной системы на вашем компьютере выберите необходимый способ установки:

1. Ubuntu / Debian:

```
sudo apt update  
sudo apt install -y python3.12 python3.12-venv python3.12-distutils
```

2. Fedora / CentOS / RHEL:

- 1) используйте пакетный менеджер дистрибутива или сборку из исходников;

2) можно также установить через pyenv.

3. macOS (Homebrew):

```
brew update
```

```
brew install python@3.12
```

4. Windows – скачайте официальный инсталлятор Python 3.12 с python.org и выполните установку, включив опцию “Add Python to PATH”. После установки проверьте в PowerShell:

```
python --version
```

5. Переиспользование нескольких версий — pyenv (рекомендуется разработчикам):

```
# pyenv ()
```

```
curl https://pyenv.run | bash #
```

```
pyenv install 3.12.0
```

```
pyenv global 3.12.0
```

8.3.3.3 Настройка. Создание виртуального окружения

Виртуальное окружение обязательно для проекта. Рекомендуется запускать SDK внутри виртуального окружения, созданного той же версией Python 3.12.

Создайте виртуальное окружение:

```
# venv
```

Для linux:

```
python3.12 -m venv .venv # source .venv/bin/activate #
```

Для Windows:

```
python -m venv .venv
```

```
.venv\Scripts\Activate.ps1
```

Установите библиотеки и зависимости:

```
pip install --index-url https://pypi.org/simple pydantic==2.11.7 paho-mqtt==2.1.0 --extra-index-url https://test.pypi.org/simple/ pm-python-sdk --break-system-packages
```

8.4 Общие концепции SDK

8.4.1 Типы команд

Типы команд:

- Синхронные методы – выполняются до завершения операции и возвращают результат.
- Асинхронные методы – имеют суффикс `_async` и используются с механизмами асинхронности языка (`async/await`). Возможен вариант.
- `_async_await` – асинхронный метод, с ожиданием, пока завершится – работает как синхронный.
- `no_wait` методы – аналоги асинхронного метода, отправляют команду без ожидания завершения, использовать при необходимости минимальной задержки и с учетом рисков. Данные методы нельзя сделать `await`, чтобы дождаться статуса выполнения метод или нет.
- Стриминговые методы – периодическая передача команд управления (скорости, позы, суставы) при управлении малыми шагами.

Примеры вызовов:

```
manipulator.get_control() #  
await      manipulator.get_control_async_await()      #      (awaitable)  
manipulator.set_servo_twist_mode()  
    for (int i = 0; i < 5; ++i) { manipulator.stream_cartesian_velocities(lin, ang);  
std::this_thread::sleep_for(std::chrono::milliseconds(100));  
    } #  
manipulator.get_control_no_wait() # no_wait
```

8.4.2 Тайм-ауты и обработка ошибок

Большинство методов SDK поддерживают параметры `timeout_seconds` и `throw_error`. Рекомендуется использовать явные значения тайм-аутов и обрабатывать исключения на стороне клиентского приложения.

8.4.3 Единицы измерения и системы координат

Единицы измерения и системы координат:

- Декартовы координаты: метры.
- Углы суставов: радианы.
- Ориентация инструмента: кватернионы (x, y, z, w).
- Углы/параметры насадок (например, гриппер, поворотный модуль): градусы.

8.5 Написание программы Python

Структура программы (или программные блоки) состоит из логических блоков:

1. Подключение библиотек и зависимостей.
2. Подключение к манипулятору и захват управления.
3. Основной блок выполнения (движения, чтение данных).
4. Завершающий блок – опционально (отключение, освобождение ресурсов).

8.5.1 Подключение библиотек и зависимостей

Включается всегда

```
from sdk.manipulators.medu import MEdu
```

Необходимы для создания объектов манипулятора, подключения и получения управления.

Включается для управления по декартовым координатам. Используется для задания параметров.

```
from sdk.commands.move_coordinates_command import MoveCoordinatesParamsPosition,  
MoveCoordinatesParamsOrientation, PlannerType
```

Пример:

```
position = MoveCoordinatesParamsPosition(0.15, 0.1, 0.15)
orientation = MoveCoordinatesParamsOrientation(0, 0, 0.1, 0.1)
manipulator.move_to_coordinates_no_wait(position, orientation, 0.2, 0.2)
```

Переключение режимов стриминга

```
from sdk.utils.enums import ServoControlType
```

Пример команды:

```
manipulator.set_servo_control_type(ServoControlType.TWIST, timeout_seconds=5.0)
```

Подключаются для использования объекта насадки на манипуляторе

Например:

- использование гриппера, через объект GripperAttachment;
- использование вакуумного насоса, через объект VacuumAttachment;
- использование лазера, через объект LaserAttachment.

```
from sdk.manipulators.attachments.gripper import GripperAttachment
from sdk.manipulators.attachments.vacuum import VacuumAttachment
from sdk.manipulators.attachments.laser import LaserAttachment
```

Подключаются при использовании для паллетизации

```
from sdk.commands.data import Pose, Position, Orientation
```

Подключаются для установки пределов суставов

```
from sdk.commands.data import JointLimit
```

8.5.2 Подключение к манипулятору и захват управления

Подключение к манипулятору и захват управления описано в таблице 4.

Таблица 5 – Подключение к манипулятору и захват управления

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|-------------------|--|--|---|--|
| connect | Устанавливает соединение с манипулятором | manipulator.connect() | | |
| connect_async | Асинхронная версия установки соединения | await manipulator.connect_async() | | |
| get_control | Получает доступ к управлению манипулятором. Необходимо вызывать перед отправкой команд | manipulator.get_control(timeout_seconds=60.0, throw_error=True) | timeout_seconds – Тайм-аут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд) | host = "192.168.88.182" #IP манипулятора client_id = "122" #ID клиента |
| get_control_async | Асинхронная версия получения доступа к управлению | await manipulator.get_control_async(timeout_seconds=60.0, throw_error=True) | throw_error – Флаг выбрасывания исключения при ошибке | login = "13" #Логин password = "14" #Пароль manipulator = MEdu(host, client_id, login, password) |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|--------------|----------|---------|-----------|--|
| | | | | manipulator.connect() manipulator.get_control() |

8.5.3 Основной блок выполнения (движения, чтение данных)

Основной блок выполнения (движения, чтение данных) описано в таблице 5.

Таблица 6 – Основной блок выполнения (движения, чтение данных)

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|---------------------------|--|--|--|--|
| Команды перемещения | | | | |
| move_to_coordinates | Перемещает манипулятор в указанные декартовые координаты | manipulator.move_to_coordinates(position, orientation, velocity_scaling_factor, acceleration_scaling_factor, planner_type=PlannerType.PTP, timeout_seconds=60.0, throw_error=True) | position - позиция в декартовых координатах (x, y, z) orientation – ориентация в кватернионах (x, y, z, w) velocity_scaling_factor – масштабный коэффициент скорости (от 0 до 1) | Пример: position = MoveCoordinates.ParamsPosition(0.32, -0.004, 0.25) orientation = MoveCoordinates.ParamsOrientation(0, 0, 0, 1.0) |
| move_to_coordinates_async | Асинхронная версия перемещения в указанные | await manipulator.move_to_coordinates_async(position, orientation, | | |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|--------------------------------|---|---|--|--------|
| | декартовы координаты | velocity_scaling_factor, acceleration_scaling_factor, planner_type=PlannerType.PTP, timeout_seconds=60.0, throw_error=True) | acceleration_scaling_factor – масштабный коэффициент ускорения (от 0 до 1) | |
| move_to_coordinates_async_wait | Асинхронная версия с ожиданием пока завершится (работает как синхронная) перемещения в указанные декартовы координаты | manipulator.move_to_coordinates_async_wait(position, orientation, velocity_scaling_factor, acceleration_scaling_factor, planner_type=PlannerType.PTP, timeout_seconds=60.0, throw_error=True) | planner_type – тип планировщика движения (PTP или LIN) timeout_seconds – тайм-аут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд) throw_error – флаг выбрасывания исключения при ошибке | |
| move_to_coordinates_no_wait | Асинхронная версия без ожидания пока завершится перемещения в указанные декартовы координаты | manipulator.move_to_coordinates_no_wait(position, orientation, velocity_scaling_factor, acceleration_scaling_factor, planner_type=PlannerType.PTP, timeout_seconds=60.0, | | |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|----------------------|---|---|---|--------|
| | | throw_error=True) | | |
| move_to_angles | Перемещает манипулятор, устанавливая суставы в указанные углы | <pre>manipulator.move_to_angles(povorot_osnovaniya, privod_plecha, privod_strely, timeout_seconds=60.0, throw_error=True)</pre> <pre>manipulator.move_to_angles_no_wait(sp1, sp2, sp3, sp4, sp5, sp6, timeout_seconds, throw_error)</pre> | <p>М Edu:</p> <p>povorot_osnovaniy – целевой угол поворота основания</p> <p>privod_plecha – целевой угол плеча</p> <p>privod_strely – целевой угол стрелы</p> | |
| move_to_angles_async | Асинхронная версия перемещения по углам | <pre>await manipulator.move_to_angles_async(povorot_osnovaniya, privod_plecha, privod_strely, timeout_seconds=60.0, throw_error=True)</pre> <pre>await manipulator.move_to_angles_async(sp1, sp2, sp3, sp4, sp5, sp6, timeout_seconds, throw_error)</pre> | | |
| manipulator.arc_ | Движение по дуге | manipulator.arc_motio | target – целевая | |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|--------------------------------|---|---|---|--------|
| motion | – это перемещение манипулятора по круговой траектории | n(target, center_arc, step, count_point_arc, max_velocity_scaling_factor, max_acceleration_scaling_factor, timeout_seconds, throw_error) | точка (объект с position и orientation); center_arc – точка центра дуги (объект с position и orientation); | |
| manipulator.arc_motion_async | Асинхронная версия перемещение по дуге | await manipulator.arc_motion_async(target, center_arc, step, count_point_arc, max_velocity_scaling_factor, max_acceleration_scaling_factor) | step – шаг между точками дуги (по умолчанию 0.05); count_point_arc – количество точек для аппроксимации дуги (по умолчанию 50); | |
| manipulator.arc_motion_no_wait | | manipulator.arc_motion_no_wait(target, center_arc, step, count_point_arc, max_velocity_scaling_factor, max_acceleration_scaling_factor) | max_velocity_scaling_factor – максимальный масштаб скорости (по умолчанию 0.5); max_acceleration_scaling_factor – максимальный масштаб ускорения | |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|---------------------------------------|--|---|--|--------|
| | | | (по умолчанию 0.5); timeout_seconds – таймаут ожидания завершения (секунды); throw_error – выбрасывать исключение при ошибке (по умолчанию True) | |
| Получение информации о позиции | | | | |
| get_cartesian_coordinates | Получает текущие декартовы координаты манипулятора | coordinates=get_cartesian_coordinates() print(coordinates) | timeout_seconds – тайм-аут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд) | |
| get_cartesian_coordinates_async_await | Асинхронная версия получения декартовых координат | Coordinates = get_cartesian_coordinates_async_await() print(coordinates) | throw_error – флаг выбрасывания исключения при ошибке | |
| | Асинхронный метод, с ожиданием, пока завершиться (работает как синхронный) | coordinates = await manipulator.get_cartesian_coordinates_async_await() | get_joint_state: Medu - 9: - povorot_osnovan | |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|----------------------------------|---|--|--|--------|
| get_joint_state | Получает текущее состояние суставов манипулятора | joints = manipulator.get_joint_state() print(joints) | iya - privod_plecha - privod_strely - extruder | |
| get_joint_state_asyncAwait | Асинхронная версия получения состояния суставов | joints = await manipulator.get_joint_state_asyncAwait() | - privod_z - device - flange_bi - povorot_instrumenta - servo_zahvata | |
| Управление инструментами | | | | |
| nozzle_power | Управляет подачей питания на разъемы на стреле | manipulator.nozzle_power(power, timeout_seconds=60.0, throw_error=True) | power – признак наличия питания (True – включить, False – выключить) | |
| nozzle_power_async | Асинхронная версия управления питанием на стреле | await manipulator.nozzle_power_async(power, timeout_seconds=60.0, throw_error=True) | timeout_seconds – тайм-аут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд) throw_error – флаг выбрасывания исключения при ошибке | |
| manipulator.nozzle_power_no_wait | Без ожидания | manipulator.nozzle_power_no_wait(True) | | |
| GripperAttachment | Создание гриппера (доступно только при поданном питании – | gripper = GripperAttachment(manipulator) | rotation – угол поворота насадки gripper – угол | |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|-------------------|--|--|--|--------|
| | nozzle_power) | | сжатия гриппера | |
| asyncio.to_thread | Асинхронно через thread | await asyncio.to_thread(gripper.activate, rotation=20, gripper=40) | timeout_seconds – тайм-аут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд) throw_error – флаг выбрасывания исключения при ошибке | |
| activate | Управление гриппером | gripper.activate(rotation=20, gripper=10, timeout_seconds=30.0) | | |
| deactivate | Перевод гриппера в начальное положение | gripper.deactivate(timeout_seconds=30.0) начальное положение можно задать при создании объекта гриппера. gripper = GripperAttachment(manipulator, rotation_open=10, gripper_open=50) | | |
| get_status | Получение статуса | print(f"Статус гриппера: {gripper.get_status()}") | | |
| manage_gripper | Управляет гриппером | manipulator.manage_gripper(rotation, gripper, | | |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|----------------------------------|---|---|---|--------|
| | | timeout_seconds=60.0, throw_error=True) | | |
| manipulator.manage_gripper_async | Асинхронная версия управления гриппером | await manipulator.manage_gripper_async(rotation, gripper, timeout_seconds=60.0, throw_error=True) | | |
| attachment | Создание вакуумного насоса (доступно только при поданном питании - nozzle_power) | vacuum = VacuumAttachment(manipulator) | rotation – угол поворота насадки vacuum – признак включения вакуумного насоса (True – включить, False - выключить) | |
| activate | Активация вакуумного насоса | vacuum.activate(rotation=40, timeout_seconds=30.0) | timeout_seconds – тайм-аут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд) | |
| deactivate | Деактивация вакуумного насоса | vacuum.(timeout_seconds=30.0) | throw_error – флаг выбрасывания исключения при ошибке | |
| manipulator.manage_vacuum | Управляет вакуумным насосом (доступно только при поданном питании - nozzle_power) | manipulator.manage_vacuum(rotation, vacuum, timeout_seconds=60.0, throw_error=True) | | |
| manage_vacuum_async | Асинхронная версия управления | await manipulator.manage_v | | |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|------------------------|---|--|---|---------|
| | вакуумным насосом | vacuum_async(rotation, vacuum, timeout_seconds=60.0, throw_error=True) | | |
| get_status | Получение статуса | print(f'Статус вакуума: {vacuum.get_status()}") | | |
| write_gpio | Управление GPIO – это установка значения для GPIO | manipulator.write_gpio(name, value, timeout_seconds=30.0) | name – название GPIO value – значение | |
| write_gpio_async_await | Асинхронная установка значения GPIO | await manipulator.write_gpio_async_await(name, value) | соответствует двоичному представлению числа, которое будет записано (от | |
| write_gpio_no_wait | Установка значения без ожидания | manipulator.write_gpio_no_wait(name, 0) | 0 до 65535). timeout_seconds – Тайм-аут операции в секундах (по | |
| get_gpio_value | Чтение значения GPIO | value = manipulator.get_gpio_value(name) | умолчанию 60 секунд) Module name: | |
| get_gpio_mask | Чтение маски GPIO | mask_data = manipulator.get_gpio_mask(name) | '/dev/gpiochip4/stop_key_pin' | |
| write_i2c | Управление i2c – это запись в i2c | manipulator.write_i2c(name, value, | name – название | Пример: |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|------------------------|--------------------------------------|--|------------------------|--|
| | регистры | timeout_seconds=30.0) | регистра | name – |
| write_i2c_async_await | Асинхронная запись в регистры i2c | await manipulator.write_i2c_async_await(name, value) | value – значение (int) | "commutator/pwm1" value = 444 |
| Стриминг | | | | |
| set_servo_control_type | Режим TWIST (скорости) | manipulator.set_servo_control_type(ServoControlType.TWIST) или manipulator.set_servo_twist_mode() | | |
| | Режим POSE (целевая поза) | manipulator.set_servo_control_type(ServoControlType.POSE) или manipulator.set_servo_pose_mode() | | |
| | Режим JOINT_JOG (положение суставов) | manipulator.set_servo_control_type(ServoControlType.JOINT_JOG) или manipulator.set_servo_joint_jog_mode() | | Пример: joint_positions = {"joint1": 0.0, "joint2": 0.1, "joint3": -0.1} - позиции куда ехать joint_velocities = |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|-----------------------------|--------------------|---|--|---|
| | | | | <pre>{ "joint1": 0.0, "joint2": 0.0, "joint3": 0.0 } – с какой скоростью ехать manipulator.strea m_joint_positions (joint_positions, joint_velocities) – вызов метода</pre> |
| stream_cartesian_velocities | Стриминг скоростей | manipulator.stream_cartesian_velocities(position, velocities) | <p>position – позиция (объект с x, y, z).</p> <p>velocities – скорость (объект с gx, gy, rz).</p> <p>header – информация о штампе времени и системе координат (по умолчанию now и base_link)</p> | <p>Пример:</p> <pre>manipulator.set_s ervo_twist_mode() linear_vel = {"x": 0.02, "y": 0, "z": 0} angular_vel = {"rx": 0, "ry": 0, "rz": 0.01}</pre> <pre>manipulator.strea m_cartesian_velo cities(linear_vel, angular_vel)</pre> |
| stream_coordinates | Стриминг позы | manipulator.stream_coordinates(position, | position: позиция (объект с x, y, z). | Пример: manipulator.set_s |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|---|--|---|--|--|
| | | orientation) | orientation: ориентация (объект с x, y, z, w). header: информация о штампе времени и системе координат (по умолчанию now и base_link) | ervo_pose_mode() position = MoveCoordinates ParamsPosition(0. 27, 0.0, 0.15) orientation = MoveCoordinates ParamsOrientatio n(0, 0, 0, 1) manipulator.strea m_coordinates(po sition, orientation) |
| Программы (запуск готовых программы, JSON-сценариев и выполнение Python-код прямо на роботе) | | | | |
| run_program | Запуск готовой программы синхронная команда | manipulator.run_program(name, timeout_seconds=30.0, throw_error=True) | name – название программы (строка) | Пример: name = 'edum/default' |
| manipulator.run_program_async | Запуск готовой программы асинхронная команда | await manipulator.run_program_async(name) | timeout_seconds – тайм-аут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд) | |
| run_program_no_wait | Запуск готовой программы | manipulator.run_program_no_wait(name) | throw_error – флаг | |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|--------------------------------------|---|--|--|---|
| | команда без ожидания | | выбрасывания исключения при ошибке | |
| run_program_json | Запуск JSON-программы синхронная команда | manipulator.run_program_json(name, json, timeout_seconds=30.0, throw_error=True) | name – расположение программы timeout_seconds – тайм-аут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд) | Пример: name = "alpha/default"; program_json = { 'Root': [{'Move': { 'content': [{'Point': { 'positions': [0.3, -0.3, -0.4], 'time': 0.5}}]}, 'type': 'Simple'}}]} |
| run_program_json_async | Запуск JSON-программы асинхронная команда | await manipulator.run_program_json_async(name, json) | | |
| run_program_json_no_wait | Запуск JSON-программы без ожидания | manipulator.run_program_json_no_wait(name, json) | throw_error – флаг выбрасывания исключения при ошибке json – JSON-программа – объект с корневым ключом Root и массивом команд | |
| run_python_program | Запуск Python-кода на роботе синхронная команда | manipulator.run_python_program(code, timeout_seconds=30.0, throw_error=True) | code – строка с Python-кодом для выполнения на роботе | Пример: code = "print('Hello!')" |
| manipulator.run_python_program_async | Запуск Python-кода на роботе асинхронная | await manipulator.run_python_program_async(cod | timeout_seconds – Тайм-аут операции | |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|--|---|---|---|--------|
| | команда | e) | в секундах (по умолчанию 60 секунд) | |
| .run_python_program_no_wait | Запуск Python-кода на роботе команда без ожидания | manipulator.run_python_program_no_wait(c ode) | throw_error – флаг выбрасывания исключения при ошибке | |
| Остановка движениями (немедленная остановка текущего движения с таймаутом) | | | | |
| stop_movement | Остановка движения синхронная команда | manipulator.stop_movement(timeout_seconds=5.0, throw_error=True) | timeout_seconds – тайм-аут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд) | |
| stop_movement_async | Остановка движения асинхронная команда | await manipulator.stop_movement_async() | throw_error – флаг выбрасывания исключения при ошибке | |
| stop_movement_no_wait | Остановка движения команда без ожидания | manipulator.stop_movement_no_wait() | | |
| Состояния и данные (методы для получения состояния манипулятора и подписок) | | | | |
| get_joint_state | Текущие углы суставов | manipulator.get_joint_state() | | |
| get_home_position | Домашняя позиция | manipulator.get_home_position() | | |
| get_cartesian_coordinates | Текущие координаты X, Y, | manipulator.get_cartesian_coordinates() | | |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|--|-------------------------------------|--|--|--------|
| | Z. | | | |
| subscribe_coordinates | Подписка на координаты. | manipulator.subscribe_coordinates() | | |
| subscribe_hardware_error | Подписка на ошибки оборудования. | manipulator.subscribe_hardware_error() | ошибки возвращаются в формате JSON: {"type": id, "message": "..."} | |
| Конвейерная лента (MGbot) (управление конвейерной лентой и связанными устройствами) | | | | |
| mgbot_conveyer.set_speed_motors | Установка скорости мотора (0..100) | manipulator.mgbot_conveyer.set_speed_motors(speed) | Параметры (конвейер): | |
| mgbot_conveyer.set_servo_angle | Поворот сервопривода | manipulator.mgbot_conveyer.set_servo_angle(angle) | set_speed_motors(speed) – задает скорость мотора в диапазоне 0..100. | |
| mgbot_conveyer.set_led_color | Установка цвета светодиода (0..255) | manipulator.mgbot_conveyer.set_led_color(r, g, b) | set_servo_angle(angle) – поворачивает сервопривод (градусы) | |
| mgbot_conveyer.display_text | Показ текста на дисплее | manipulator.mgbot_conveyer.display_text(text) | set_led_color(r, g, b) | |
| mgbot_conveyer.set_buzz_tone | Звуковой сигнал (1..15) | manipulator.mgbot_conveyer.set_buzz_tone(level) | – задает цвет светодиодов (каждый канал) | |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|-------------------------------------|--------------------------|--|--|--------|
| mgbot_conveyer. get_sensors_data | Включить/чтение датчиков | sensor_data = manipulator.mgbot_conveyer.get_sensors_data(enabled) | 0..255). display_text(text): показывает текст на дисплее конвейера (utf-8). | |
| | Возвращаемые поля: | "DistanceSensor", "ColorSensor", "Prox" | <p>set_buzz_tone(level) – подает звуковой сигнал в диапазоне 1..15.</p> <p>get_sensors_data(enabled) – получить данные с датчиков. True — данные возвращаются в виде JSON.</p> <p>Возвращаемые данные (sensor_data):</p> <p>DistanceSensor – значение расстояния / показания дистанционного датчика.</p> | |

| Наименование | Описание | Команда | Параметры | Пример |
|--|----------|---------|---|--------|
| | | | <p>ColorSensor – объект с полями R, G, B, Prox (например {"R":97,"G":114,"B":108,"Prox":50})</p> <p>Prox – значение приближения к ColorSensor</p> | |
| <p>Диагностика (если возникли проблемы – используйте диагностические инструменты SDK и обращайтесь в техническую поддержку ПРОМОБОТ с подробными логами)</p> | | | | |

8.5.4 Завершающий блок (отключение, освобождение ресурсов)

Завершающий блок (отключение, освобождение ресурсов) описан в таблице 6.

Таблица 7 – Завершающий блок (отключение, освобождение ресурсов)

| Наименование | Описание | Команда | Параметры |
|---------------------------|---|--------------------------|---|
| Команды отключения | | | |
| disconnect | Разрыв соединения с шиной сообщений и остановка внутренних потоков MQTT | manipulator.disconnect() | Метод безопасен к повторному вызову: если соединение уже разорвано, он ничего не делает |