

ООО «ПРОМОБОТ»

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

Руководство по эксплуатации

ред. 20.02.2026



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.....	24
3.3.3	Порядок расположения контактов («распиновка разъемов»).....	28
3.4	Блок питания.....	34
3.5	Внешний блок коммутации инструмента	36
3.6	Поворотный модуль инструмента	37
3.7	Модуль захвата вакуумного	39
3.8	Модуль захвата механического	41
3.9	Модуль захвата пиющего инструмента	42
3.10	Модуль 3D-печати.....	43
3.11	Модуль лазерной гравировки.....	48
3.12	Пульт управления.....	50
4	ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ M EDU	51
4.1	Общие указания.....	51
4.2	Меры безопасности	51
4.3	Порядок проведения технического обслуживания изделия.....	51
5	ВКЛЮЧЕНИЕ M EDU	52
6	ВЫКЛЮЧЕНИЕ M EDU.....	56
7	ПРИЛОЖЕНИЕ PROMOVOT M CONTROL	57
7.1	Ручное управление	57
7.1.1	Без насадки.....	58
7.1.2	Механический захват	61
7.1.3	Вакуумный захват	62
7.2	Создание программ	64
7.2.1	Подготовка к созданию программы	66
7.2.2	Выбор языка программирования	66
7.3	Настройка.....	83
7.3.1	Рисование	84
7.3.2	Гравировка	86
7.3.3	3D-печать	89
7.3.4	Механический захват.....	91

7.3.5	Вакуумный захват	92
7.3.6	Без насадки.....	92
7.4	Мониторинг	92
7.5	Обновление приложения Promobot M Control.....	92
8	PROMOBOT M CONTROL SDK.....	97
8.1	Назначение и область применения.....	97
8.2	Архитектура и принципы работы SDK	98
8.2.1	Компоненты	98
8.2.2	Модель работы	99
8.3	Требования и подготовка среды	99
8.3.1	Сетевые требования	99
8.3.2	Требования к программному обеспечению	100
8.3.3	Установка SDK (Python).....	100
8.4	Общие концепции SDK	102
8.4.1	Типы команд.....	102
8.4.2	Тайм-ауты и обработка ошибок.....	103
8.4.3	Единицы измерения и системы координат.....	103
8.5	Написание программы Python.....	103
8.5.1	Подключение библиотек и зависимостей.....	103
8.5.2	Подключение к манипулятору и захват управления	104
8.5.3	Основной блок выполнения (движения, чтение данных)	106
8.5.4	Завершающий блок (отключение, освобождение ресурсов)	122

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 неустранимых недостатков, которые не могут быть устранены без несоразмерных 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 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления».

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

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
Габаритные размеры комплекта в упаковке, Д×Ш×В, не более	мм	528×385×275

Параметр	Единица измерения	Значение
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
Сила сжатия захвата механического (сменный захват механический), не более	Н	8

Параметр	Единица измерения	Значение
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.
2	Манипулятор	Многофункциональный настольный четырехосевой робот-манипулятор с плоскопараллельной кинематикой и обратной связью	1 шт.

№	Наименование	Краткое описание	Количество
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
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.

№	Наименование	Краткое описание	Количество
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 пишущего инструмента	Захват для пишущего инструмента диаметром до 10 мм	1 шт.
16	Ручка Promobot	Шариковая ручка; используется совместно с модулем захвата пишущего 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 пишущего 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.
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.

№	Наименование	Краткое описание	Количество
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.
<p>¹ – Включено только в полную комплектацию M Edu.</p> <p>² – Не включено в комплектацию M Edu Lite</p>			

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).

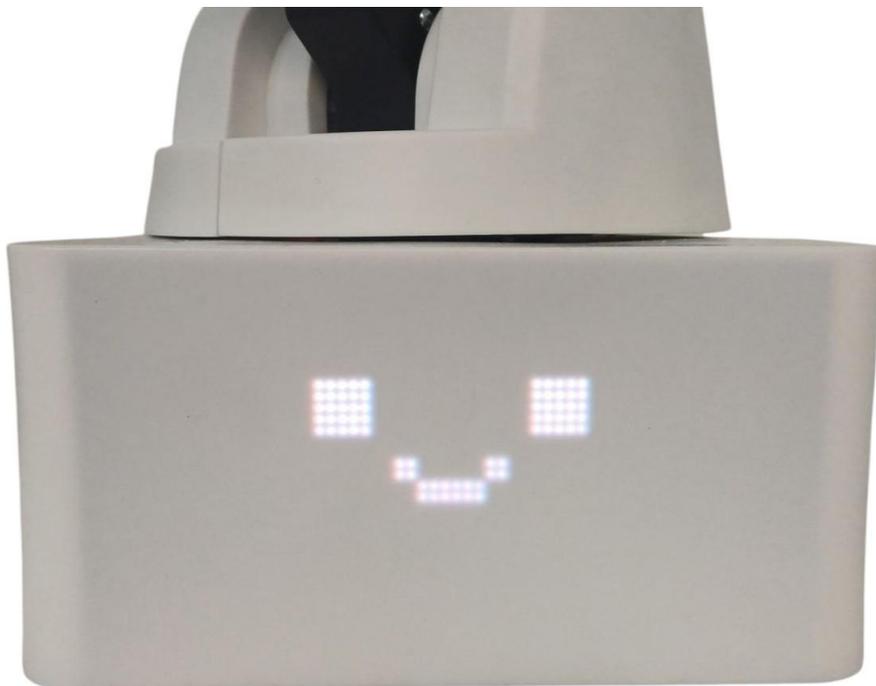


Рисунок 3 – Дисплей на основании манипулятора

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.

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

Также в основании расположен динамик для обеспечения обратной связи пользователю при взаимодействии с M Edu.

В качестве «мозга», основного вычислительного модуля M Edu, используется одноплатный компьютер Raspberry Pi 5 (см. Рисунок 5) с операционной системой. Это делает устройство автономным (для работы с M Edu не нужен компьютер).



Рисунок 5 – Одноплатный компьютер Raspberry Pi 5

Управление дополнительными системами M Edu осуществляется через встроенный микроконтроллер STM32.

Для выполнения всех функций M Edu достаточно подключить к манипулятору монитор и элементы управления (компьютерная мышь, клавиатура).

Также можно использовать внешний компьютер, чтобы разделить задачи: Raspberry Pi 5 будет управлять манипулятором, а компьютер – отвечать за графический интерфейс.

На корпусе основания находится кнопка включения/выключения манипулятора (см. Рисунок 6). При нажатии на нее манипулятор выключается.

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



Рисунок 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».

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

3.3.3 Порядок расположения контактов («распиновка разъемов»)

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).

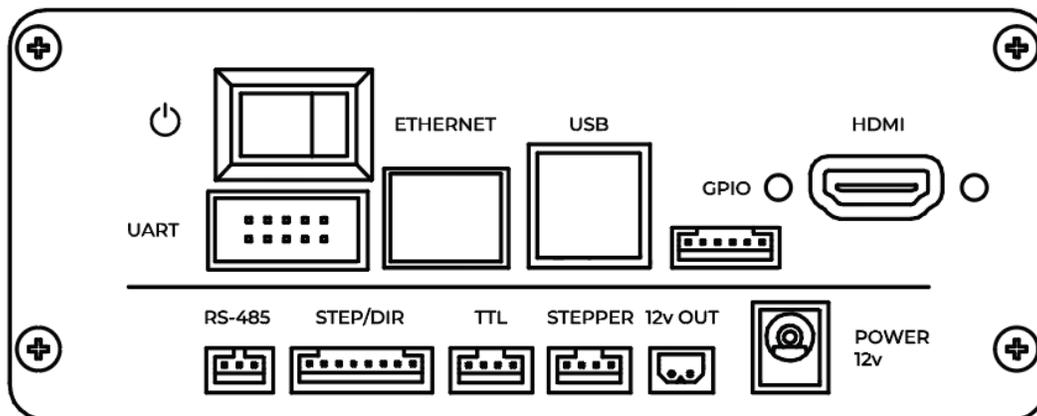


Рисунок 10 – Разъемы для внешних подключений

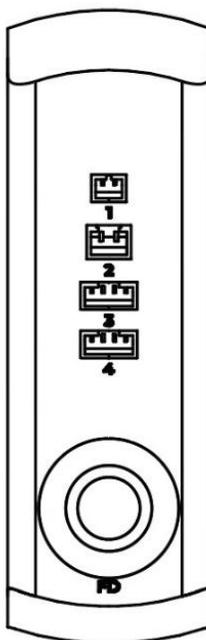


Рисунок 11 – Разъемы для подключения на стреле манипулятора

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: 20 мА
		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: 20 мА
		2	Порт 2/MISO	Вход АЦП/Выход ШИМ/Интерфейсный порт	Допустимое напряжение: 0...5,5 В Максимальный ток: 20 мА

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

Разъем	Название ответного разъема на кабель	Номер контакта	Название контакта	Тип контакта	Параметры сигнала
		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: 20 мА
		2	АЦП	Вход	Допустимое напряжение: 0...5,5 В
		3	5 В	Выход	Максимальный ток: 1 А
		4	GND	Земля	–

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

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.

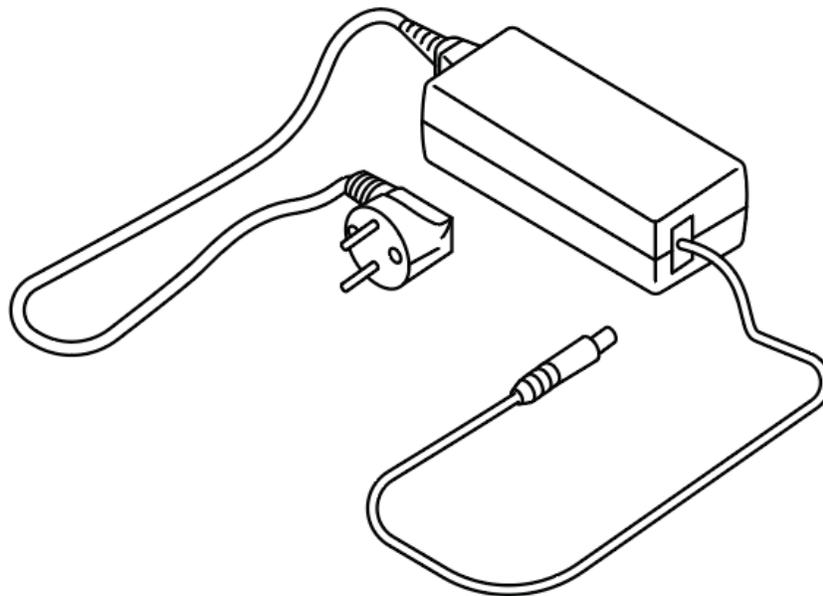


Рисунок 12 – Блок питания

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.

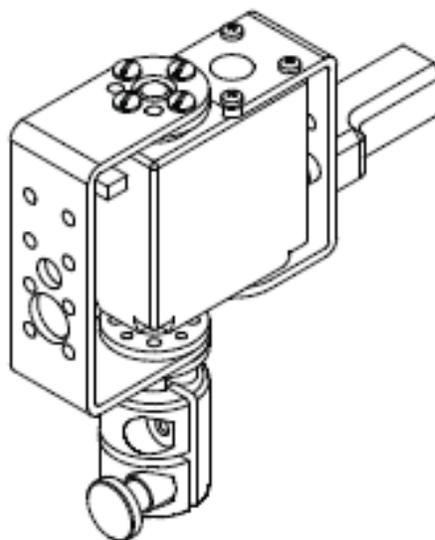


Рисунок 14 – Поворотный модуль инструмента

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).

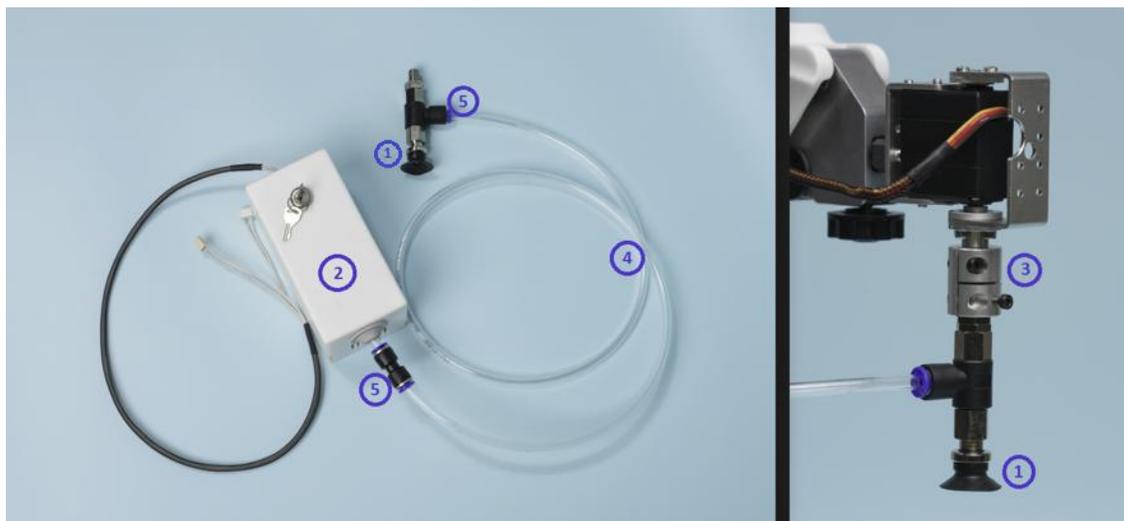


Рисунок 17 – Модуль захвата вакуумного, где: 1 – присоски; 2 – вакуумный насос; 3 – винты на муфте; 4 – полиуретановая трубка; 5 – фитинговые держатели

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).

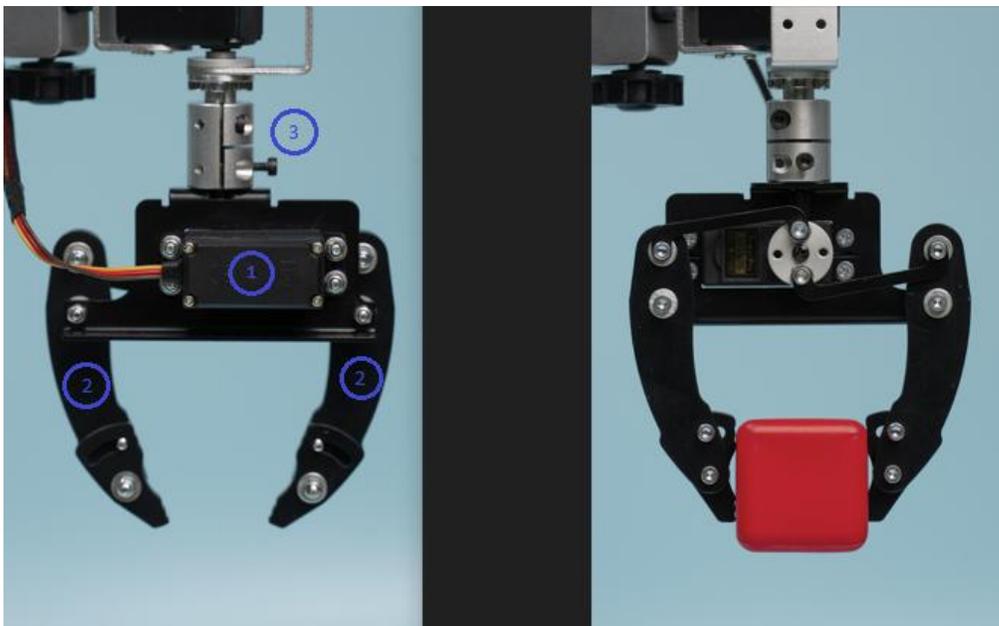


Рисунок 18 – Модуль захвата механического, где: 1 – привод механического захвата, 2 – когти, 3 – винты на муфте

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 пишущего инструмента

Модуль захвата пишущего инструмента (см. Рисунок 20) предназначен для рисования. Модуль состоит из захвата пишущего 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 пишущего 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. Тefлоновая трубка для подачи PLA-филамента.
4. Держатель для катушки с PLA-филаментом.
5. Защитное стекло.

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

Установка и подключение модуля 3D-печати:

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

1. Установите и подключите печатающую головку:
 - 1) Возьмите печатающую головку и приведите ее в рабочее положение (см. Рисунок 22).

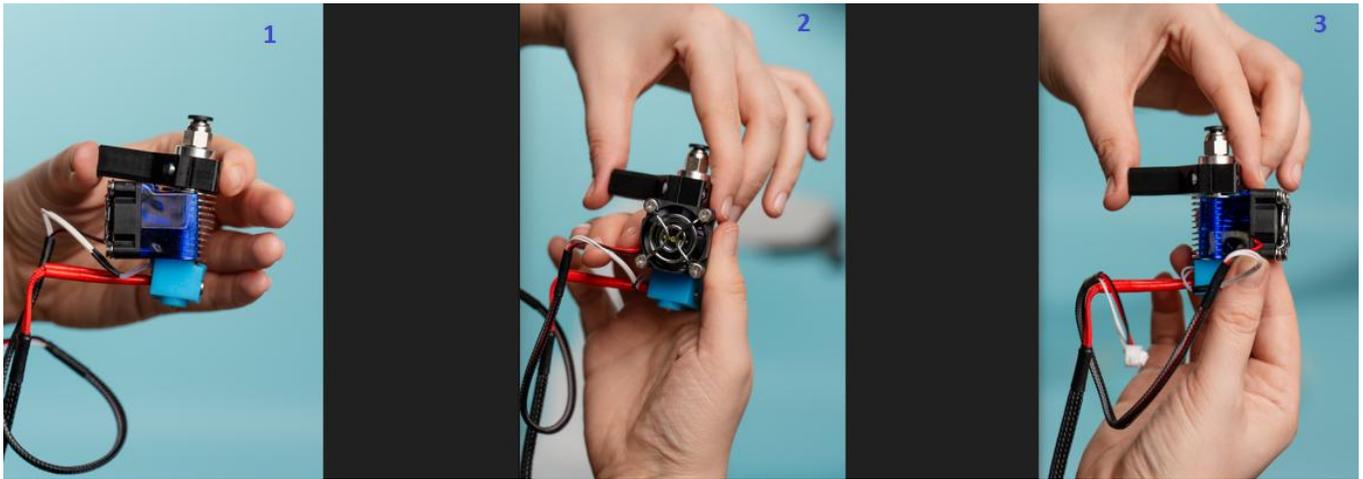


Рисунок 22 – Приведение печатающей головки в рабочее положение

- 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).

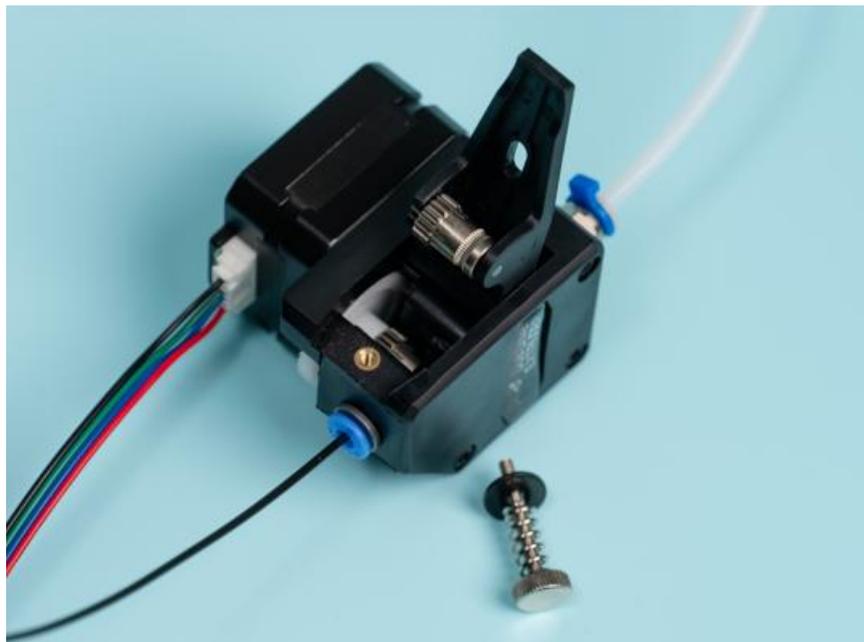


Рисунок 24 – Экструдер

- 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.

¹ – При наличии в комплектации M Edu.

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.

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. Переведите 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. Переведите 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».

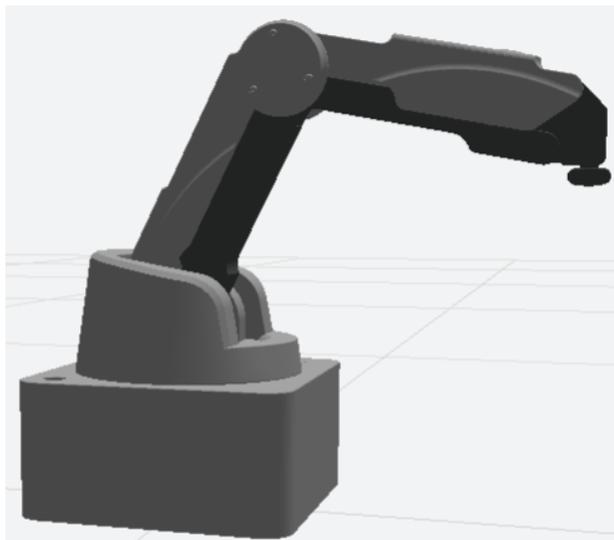


Рисунок 31 – Исходное положение манипулятора

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).

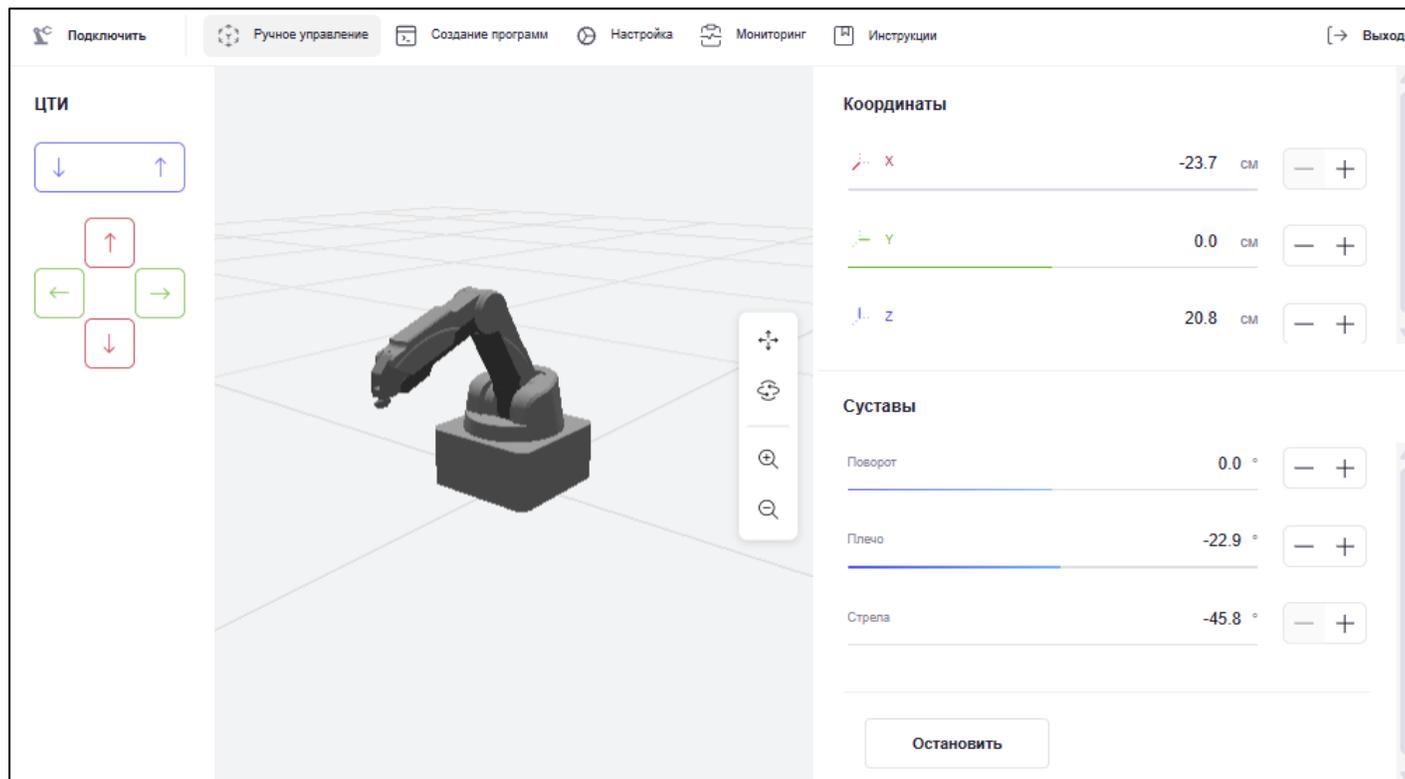


Рисунок 32 – Раздел «Ручное управления»

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).

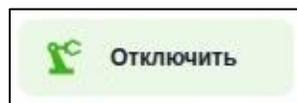


Рисунок 34 – Кнопка «Отключить»

Манипулятор готов к работе.

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

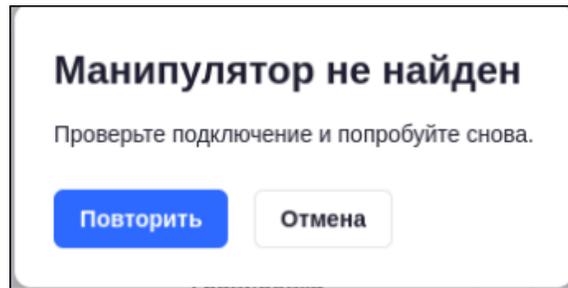


Рисунок 35 – Уведомление

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, C++ и Python, а также запускать на манипуляторе прописанный скрипт.

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

7.1 Ручное управление

При входе в приложение по умолчанию отобразится раздел ручного управления манипулятором (см. Рисунок 37).

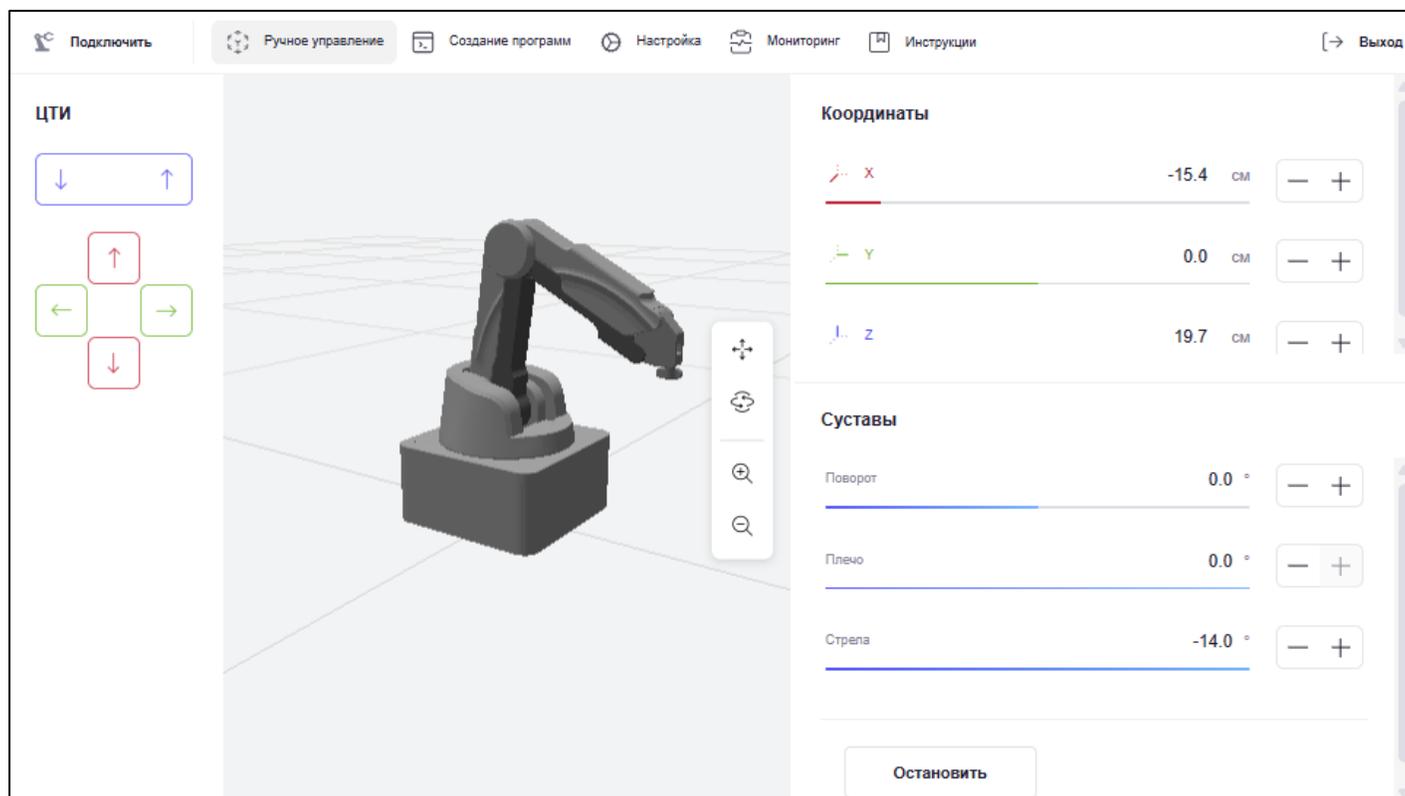


Рисунок 37 – Раздел «Ручное управления»

Ручное управление манипулятором доступно по кнопке «Ручное управление» на главной панели приложения. Ручное управление доступно только в режимах «Без насадки», «Механический захват» и «Вакуумный захват».

В верхней части располагается главная панель приложения, которая содержит кнопки:

- «Подключить» – кнопка подключения/отключения манипулятора.
- «Ручное управление» – кнопка для перехода в раздел ручного управления манипулятором.
- «Создание программ» – кнопка для перехода в раздел создания программ с помощью языков программирования Blockly, Python, C++.
- «Настройка» – кнопка для перехода в раздел выбора режима насадки.
- «Мониторинг» – кнопка для перехода в раздел мониторинга работы M Edu.
- «Инструкции» – кнопка для открытия руководства Promobot M Edu на портале производителя.
- «Выход» – кнопка для выключения M Edu.

7.1.1 Без насадки

Перед началом работы проверьте подключение к манипулятору.

Режим «Без насадки» включен по умолчанию при входе в приложение. Для переключения из другого режима нажмите кнопку «Настройка» на главной панели приложения, в поле «Выберите режим» установите значение «Без насадки» (см. Рисунок 38) и нажмите кнопку «Применить».

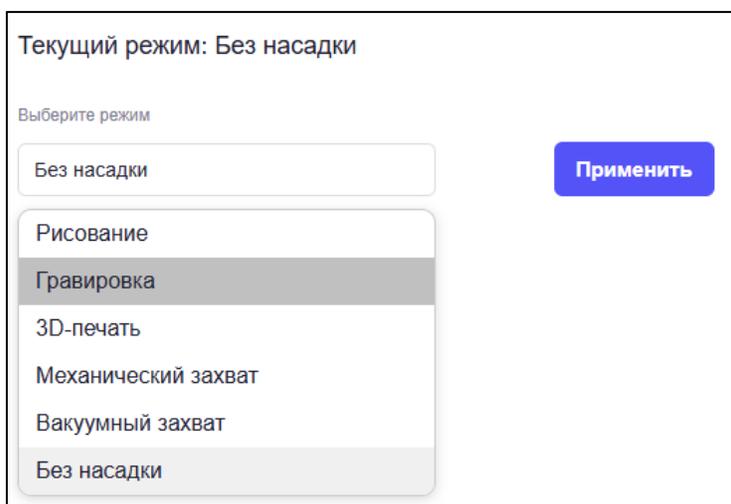


Рисунок 38 – Поле «Выберите режим»

Для перехода в ручное управление без насадки нажмите кнопку «Ручное управление». Отобразится раздел ручного управления манипулятором в режиме «Без насадки» (см. Рисунок 39).

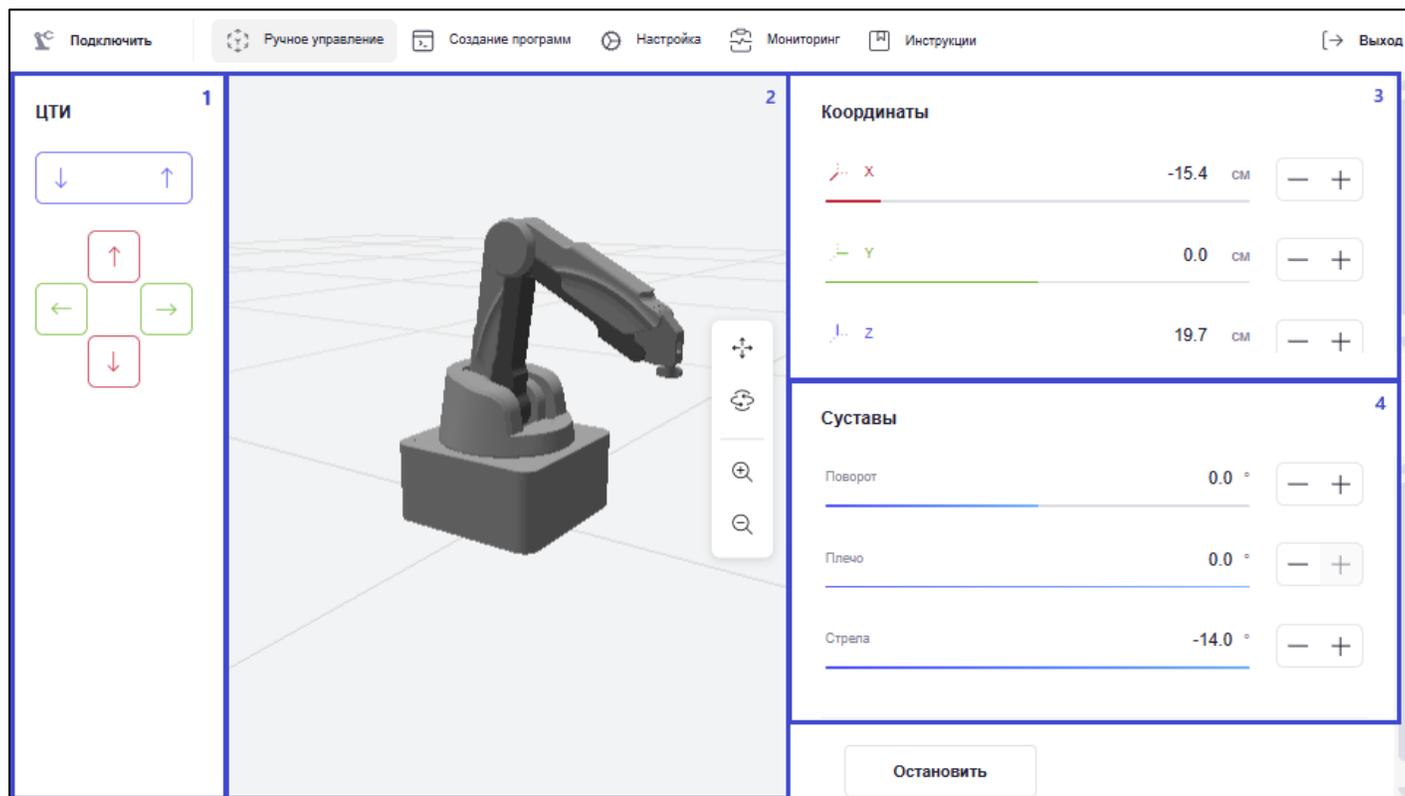


Рисунок 39 – Раздел ручного управления манипулятором в режиме «Без насадки»

Раздел ручного управления манипулятором в режиме «Без насадки» состоит из следующих частей:

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 40).

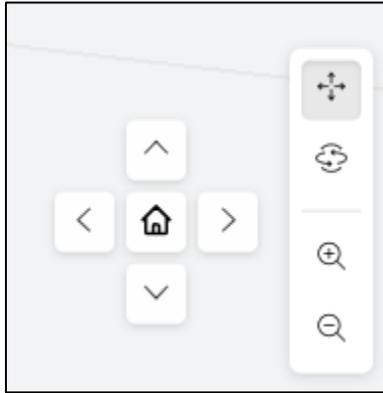


Рисунок 40 – Интерактивные кнопки

3. «Координаты» – управление манипулятором в трехмерной системе координат. Система координат манипулятора задана тремя взаимно перпендикулярными линиями (см. Рисунок 41). 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.

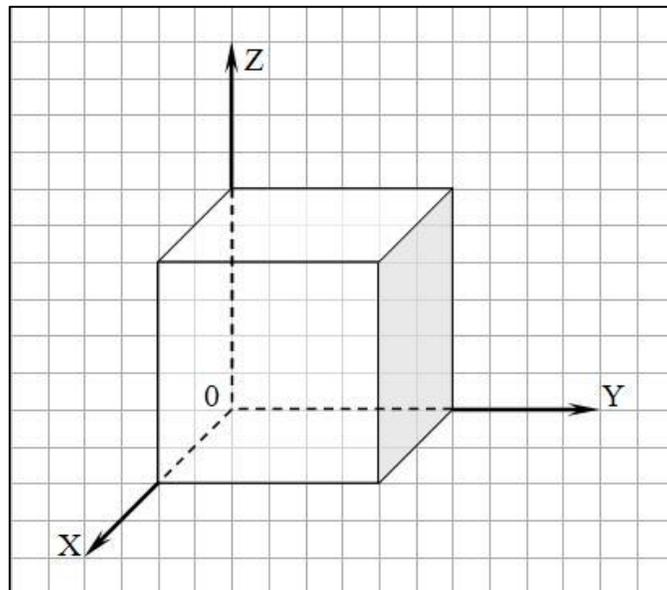


Рисунок 41 – Система координат

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

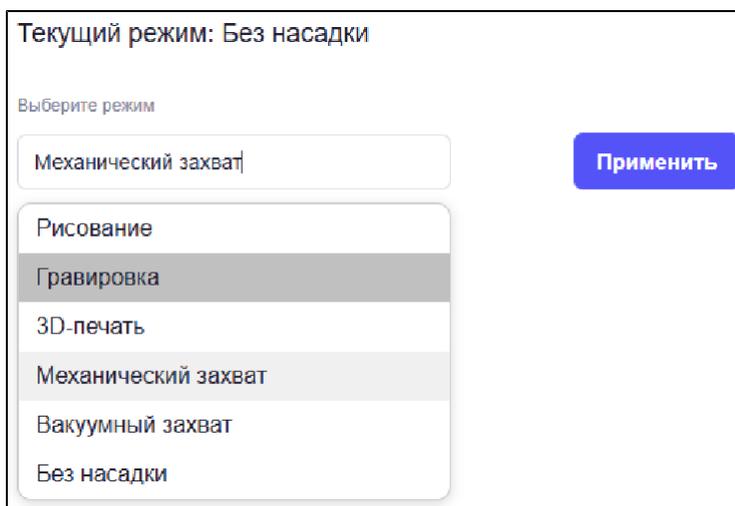
- «Поворот» – изменяет угол поворотного узла J1;
- «Плечо» – изменяет угол поворотного узла J2;
- «Стрела» – изменяет угол поворотного узла J3.

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

7.1.2 Механический захват

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

Для ручного управления в режиме «Механический захват» нажмите кнопку «Настройка» на главной панели приложения, в поле «Выберите режим» установите значение «Механический захват» (см. Рисунок 42) и нажмите кнопку «Применить».



The screenshot shows a software interface for selecting a mode. At the top, it says 'Текущий режим: Без насадки' (Current mode: No nozzle). Below that is the label 'Выберите режим' (Select mode). A dropdown menu is open, showing several options: 'Механический захват' (Mechanical grip), 'Рисование' (Drawing), 'Гравировка' (Engraving), '3D-печать' (3D printing), 'Механический захват' (Mechanical grip), 'Вакуумный захват' (Vacuum grip), and 'Без насадки' (No nozzle). The 'Механический захват' option is currently selected and highlighted. To the right of the dropdown is a blue button labeled 'Применить' (Apply).

Рисунок 42 – Поле «Выберите режим»

Нажмите кнопку «Ручное управление», отобразится раздел ручного управления манипулятором в режиме «Механический захват» (см. Рисунок 43).

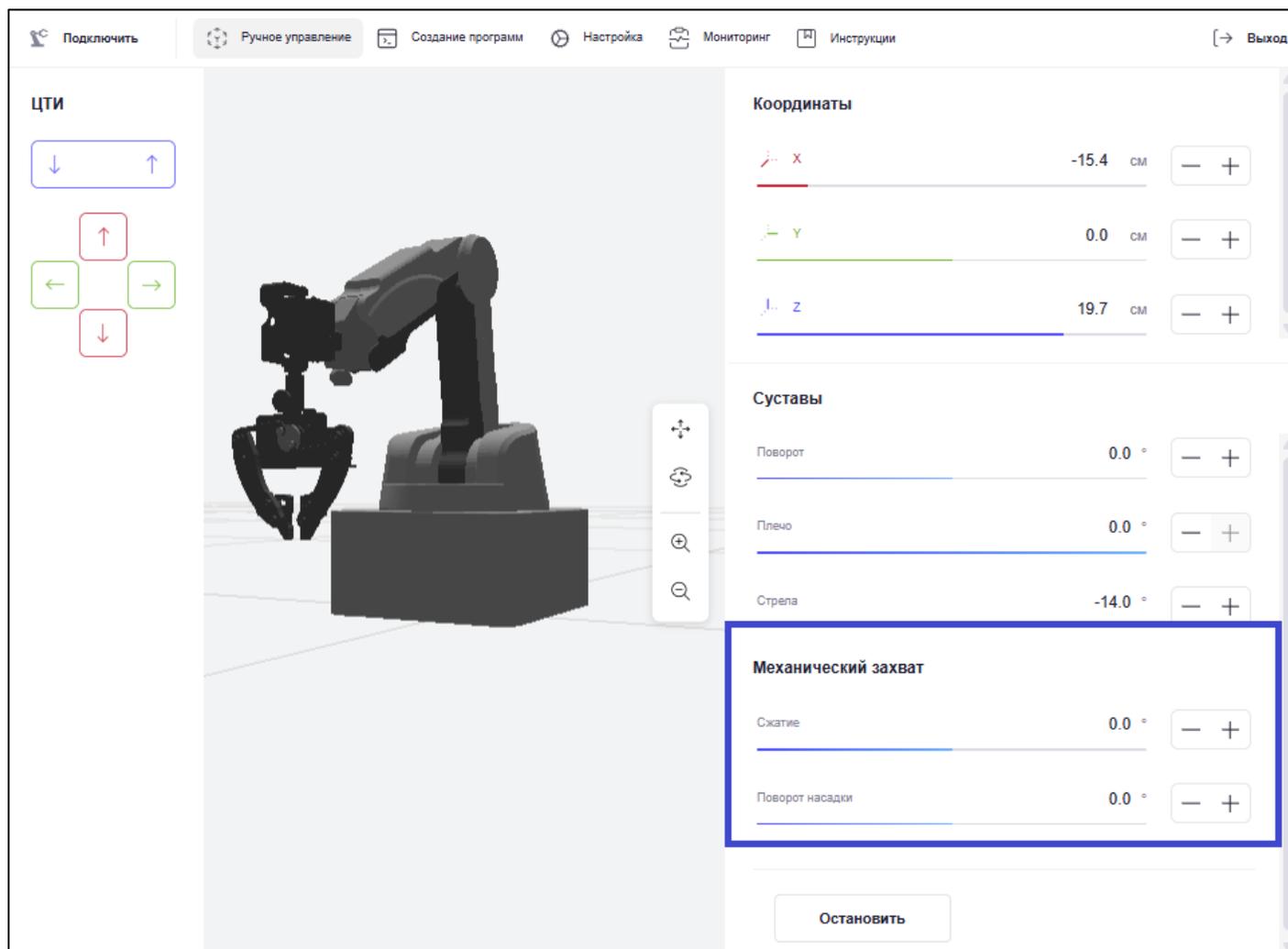


Рисунок 43 – Раздел ручного управления манипулятором в режиме «Механический захват»

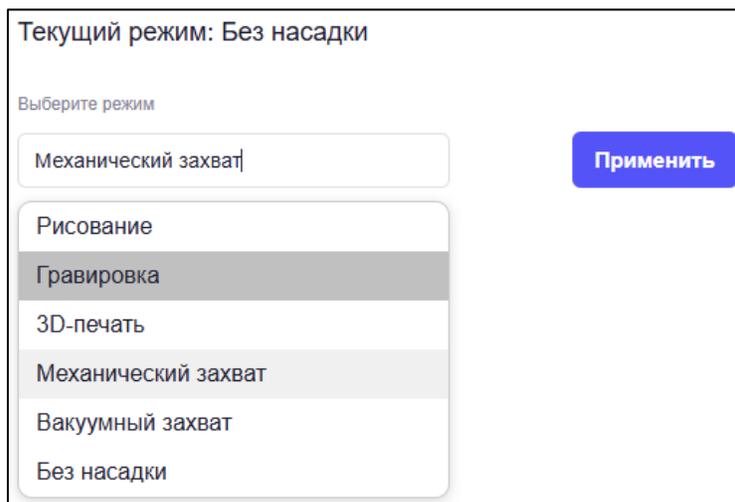
Раздел ручного управления манипулятором в режиме «Механический захват» аналогичен режиму «Без насадки», при этом добавлены функции управления насадкой «Механический захват»:

- «Сжатие» – изменяет угол раскрытия когтей;
- «Поворот насадки» – изменяет угол поворотного узла J4 (положительное направление – против часовой стрелки).

7.1.3 Вакуумный захват

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

Для ручного управления в режиме «Вакуумный захват» нажмите кнопку «Настройка» на главной панели приложения, в поле «Выберите режим» установите значение «Вакуумный захват» (см. Рисунок 44) и нажмите кнопку «Применить».



The screenshot shows a settings window with the title "Текущий режим: Без насадки". Below the title is the label "Выберите режим". There is a text input field containing "Механический захват" and a blue button labeled "Применить". A dropdown menu is open, listing the following options: "Рисование", "Гравировка", "3D-печать", "Механический захват", "Вакуумный захват", and "Без насадки". The "Вакуумный захват" option is currently selected and highlighted.

Рисунок 44 – Поле «Выберите режим»

Нажмите кнопку «Ручное управление», отобразится раздел ручного управления манипулятором в режиме «Вакуумный захват» (см. Рисунок 45).

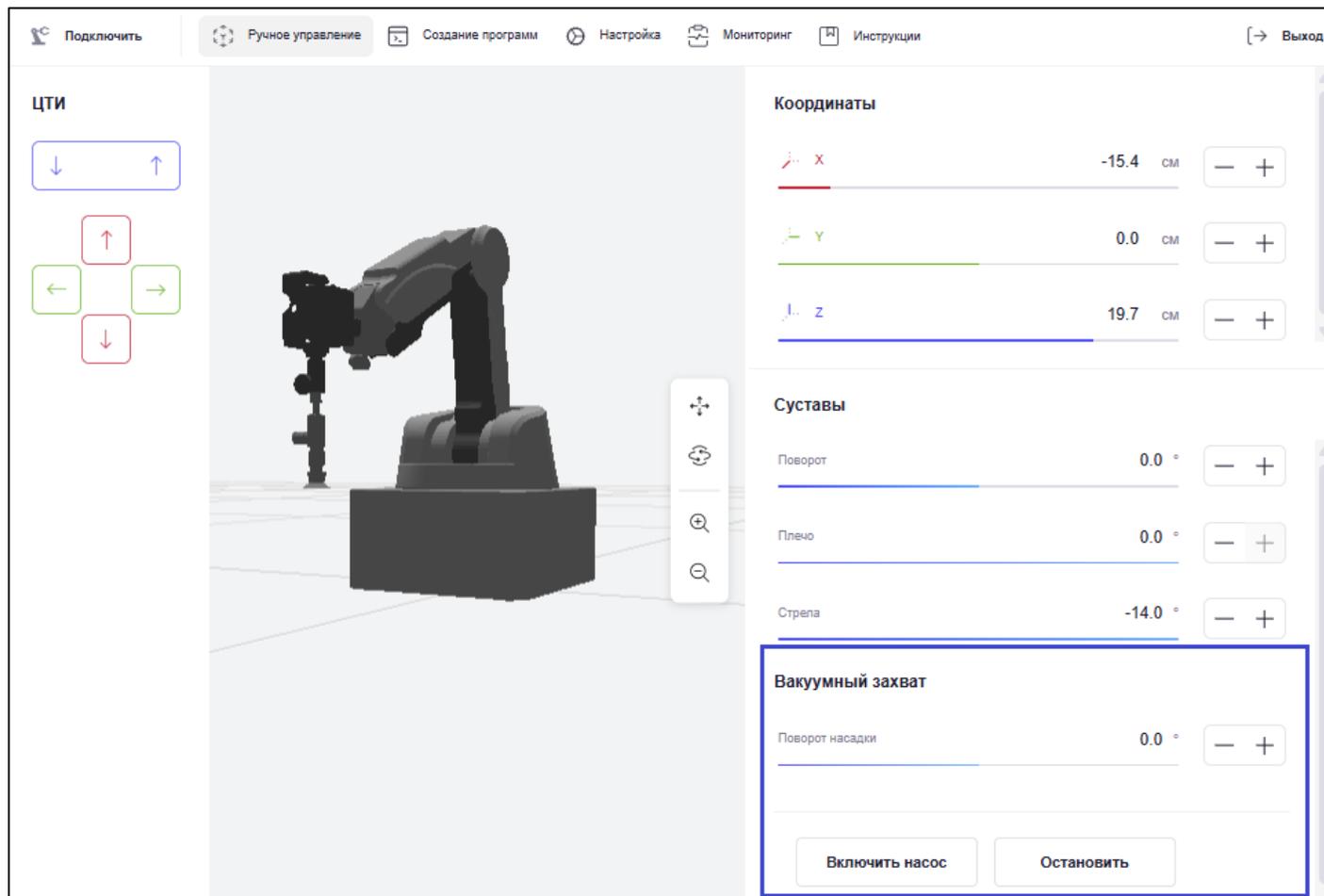


Рисунок 45 – Раздел ручного управления манипулятором в режиме «Вакуумный захват»

Раздел ручного управления в режиме «Вакуумный захват» аналогичен режиму «Без насадки», при этом добавлена функция управления насадкой «Вакуумный захват» – «Поворот насадки», которая изменяет угол поворотного узла J4 (положительное направление – против часовой стрелки).

Для включения насоса используется кнопка «Включить насос», для выключения – «Выключить насос».

7.2 Создание программ

Создание программ доступно по кнопке «Создание программ» на главной панели приложения. Создание программ доступно только в режимах «Без насадки», «Механический захват» и «Вакуумный захват».

В разделе предусмотрены кнопки быстрого действия (см. Рисунок 46).



Рисунок 46 – Кнопки быстрого действия в разделе «Создание программ»

	«Скачать» – скачать алгоритм программы в текстовом формате.
	«Загрузить» – загрузить алгоритм программы в текстовом формате.
	«Выбор шаблона» – выбрать готовый алгоритм, кнопка активна в режимах «Механический захват», «Вакуумный захват».
	«Удалить все» – очистить рабочую область.
	«Blockly» – открыть графический редактор Blockly.
	«Python» – открыть редактор кода Python.
	«C++» – открыть редактор кода C++.
	«Запуск на манипуляторе» – запустить скрипт.
	«Загрузить аудиофайл» – загрузить аудиофайл с компьютера.

Также в разделе создания программы есть 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).

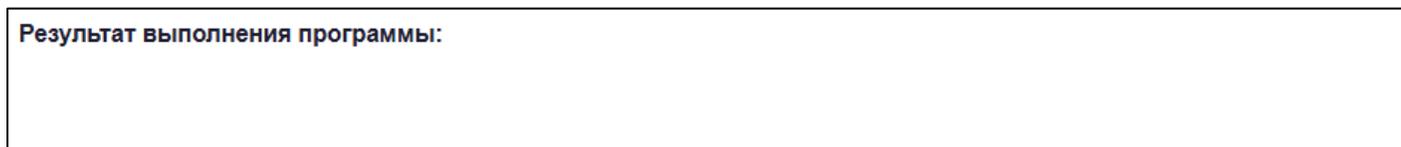


Рисунок 47 – Поле «Результат выполнения программы»

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.

Неправильный выбор режима приведет к ошибкам в движениях манипулятора, а также ограничит выбор в библиотеке блоков.

7.2.2 Выбор языка программирования

На панели создания программ доступны три языка программирования:

- Blockly – визуальный язык программирования для начинающих;
- Python – для тех, кто готов перейти к текстовому коду;
- C++ – для продвинутых пользователей и сложных сценариев.

7.2.2.1 Blockly (рекомендуется для начала)

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.

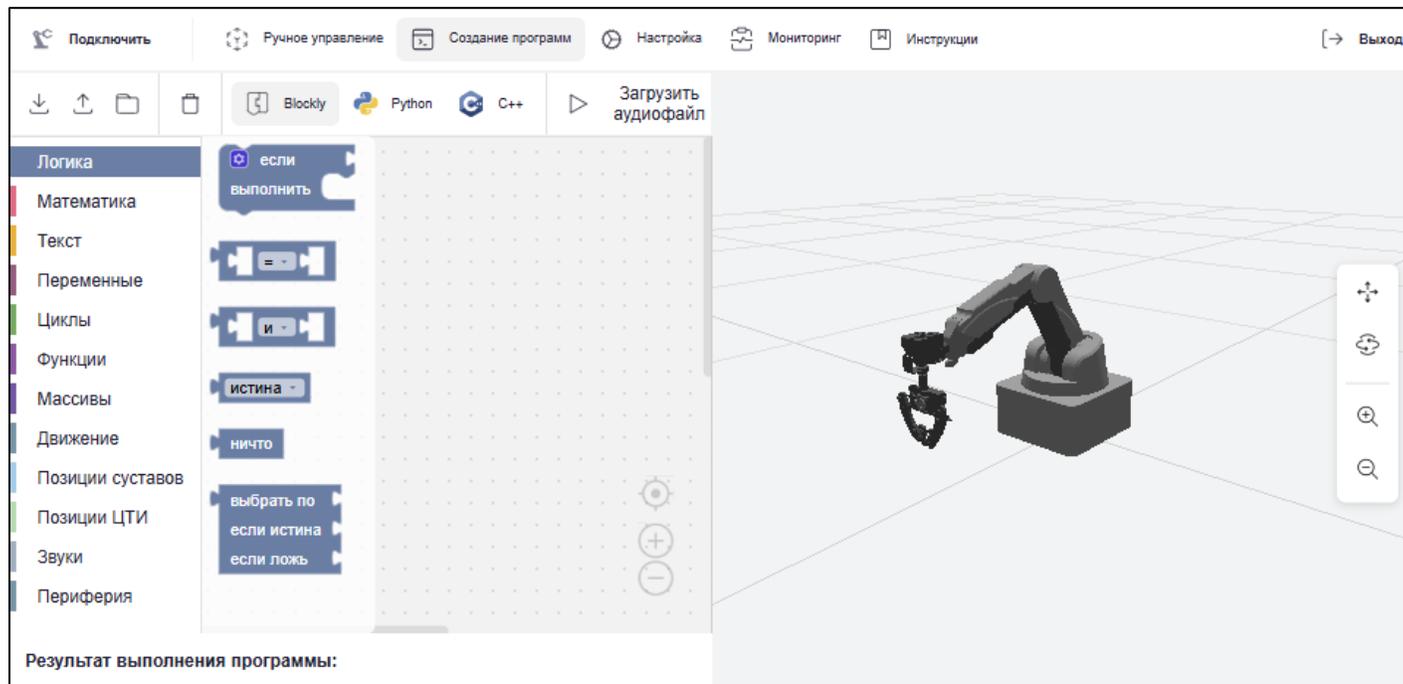


Рисунок 48 – Blockly в приложении Promobot M Control

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

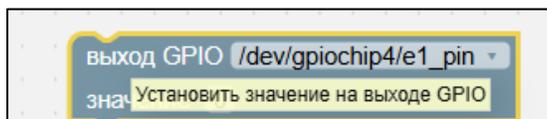


Рисунок 49 – Всплывающая подсказка

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

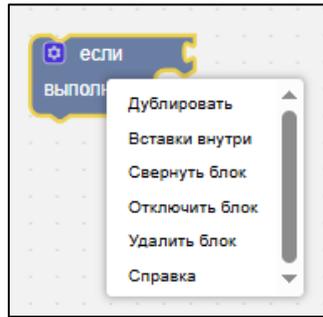


Рисунок 50 – Контекстное меню блока

7.2.2.1.1 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).

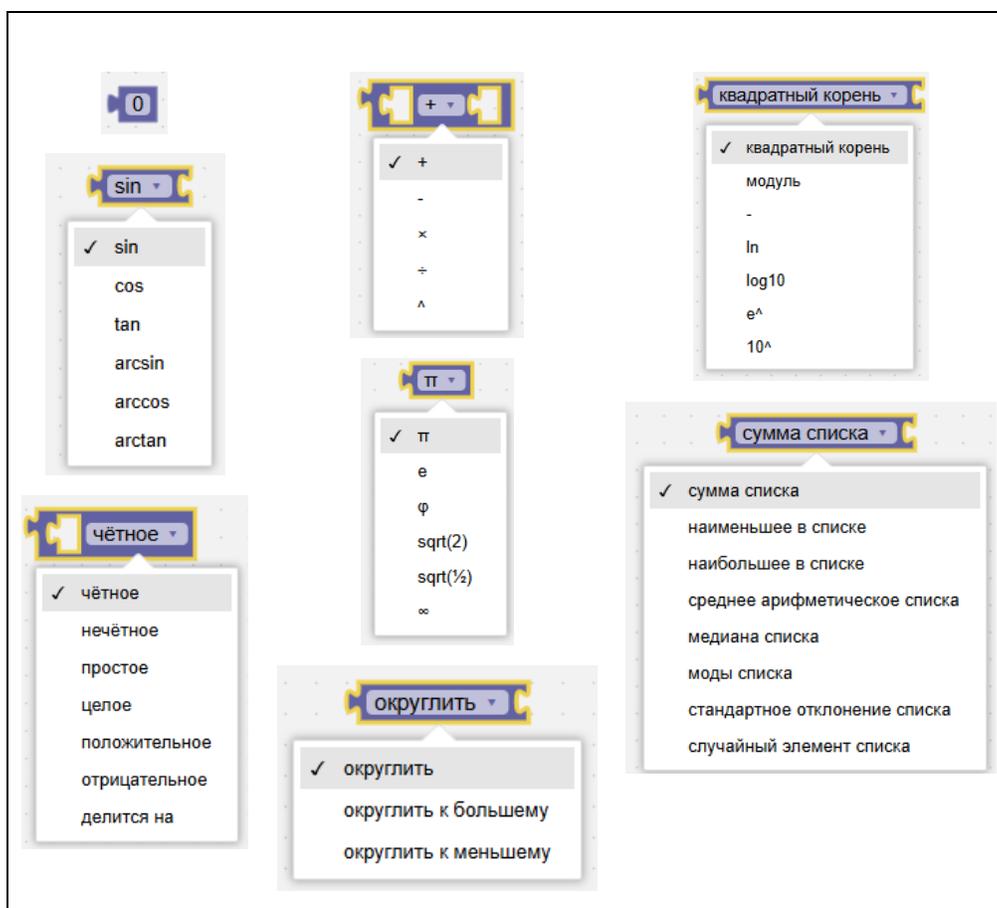


Рисунок 52 – Блоки «Математика»

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

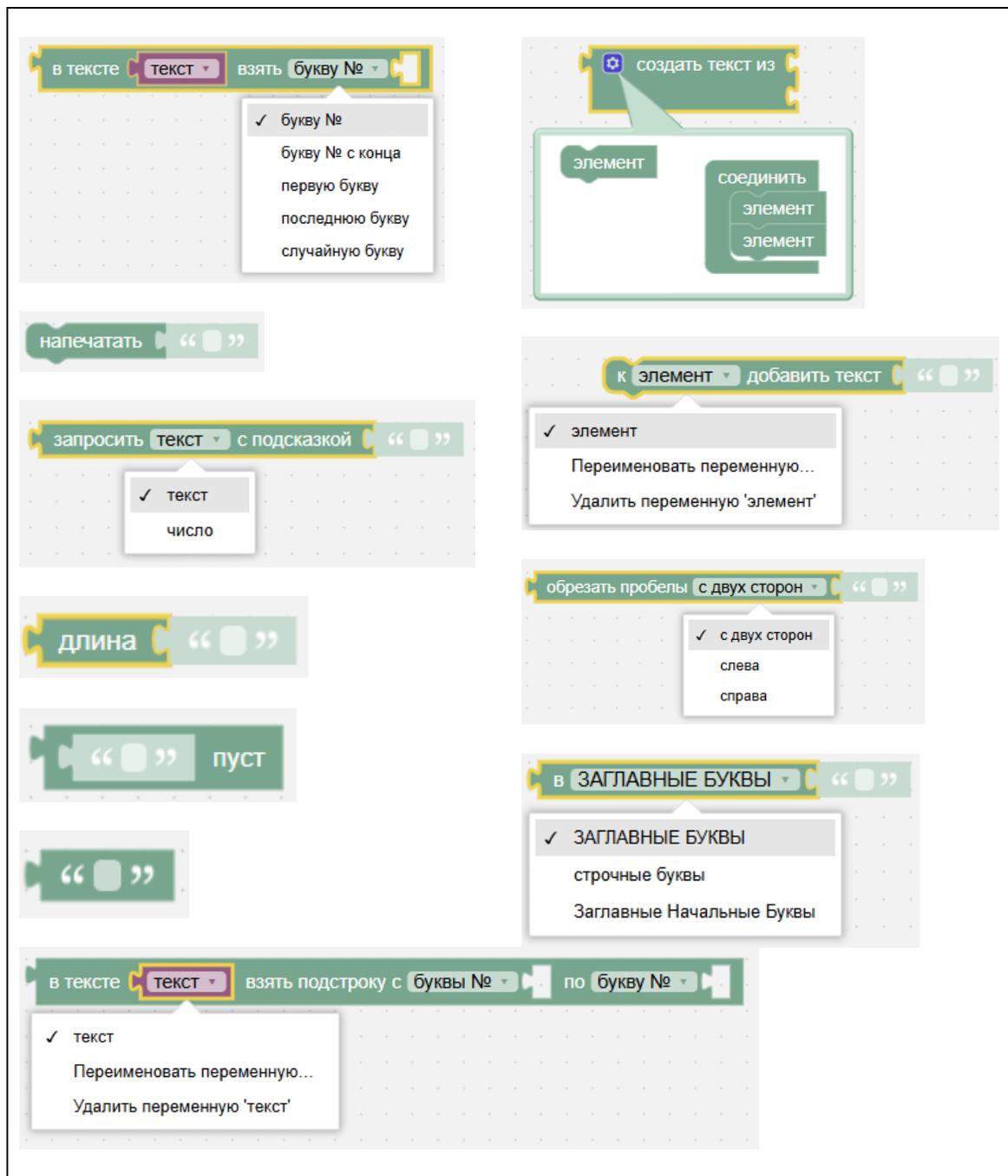


Рисунок 53 – Блоки «Текст»

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

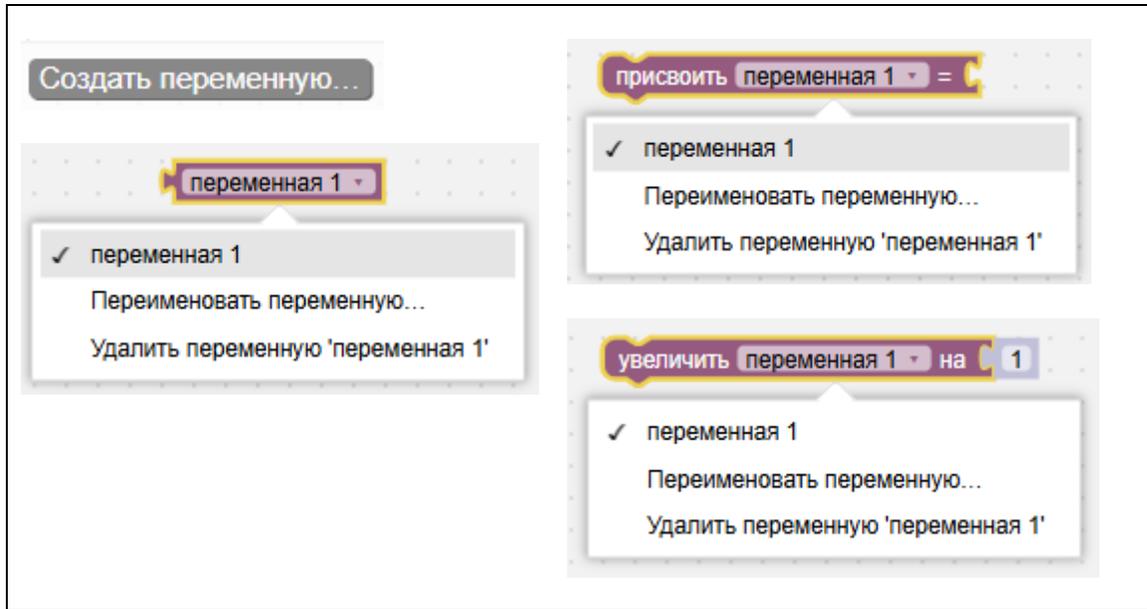


Рисунок 54 – Блоки «Переменные»

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

5. Рисунок 55).

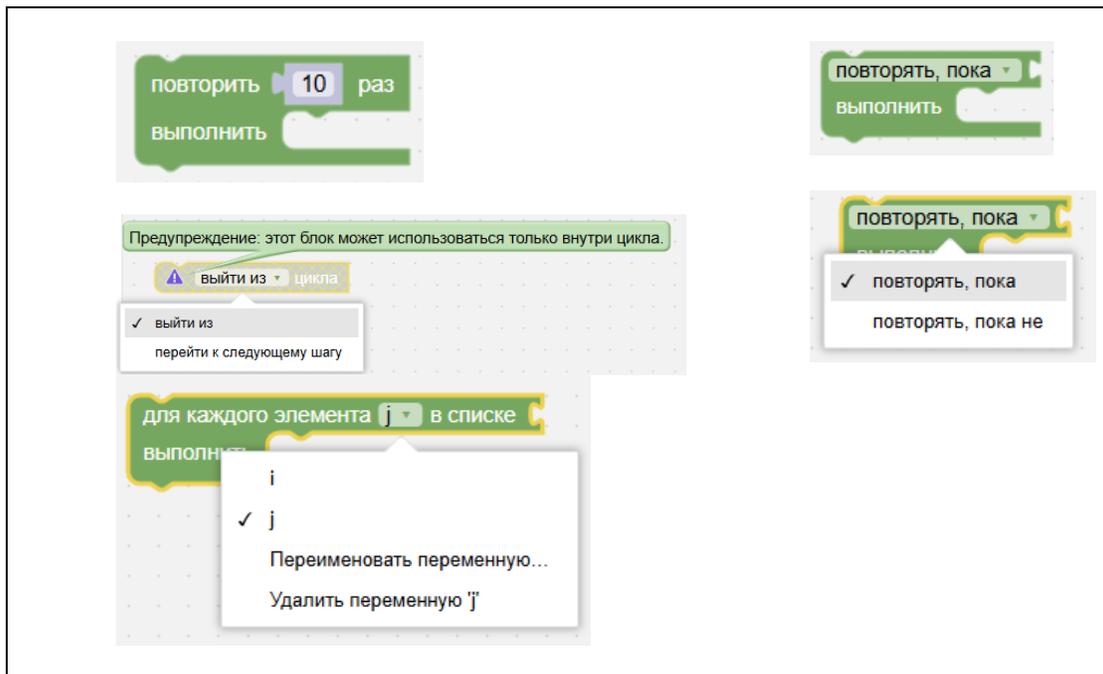


Рисунок 55 – Блоки «Циклы»

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



Рисунок 56 – Блоки «Функции»

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

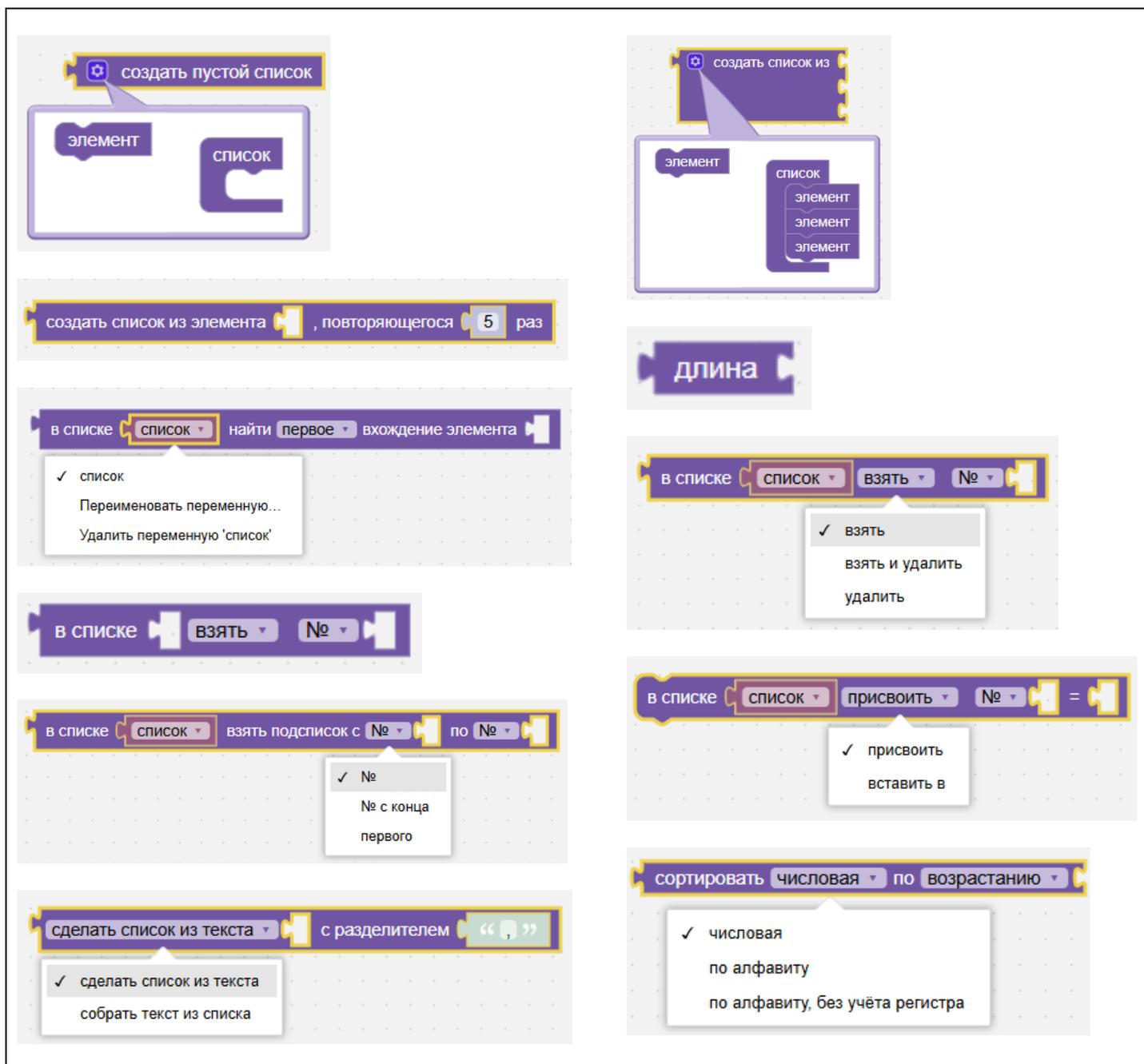


Рисунок 57 – Блоки «Массивы»

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



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.

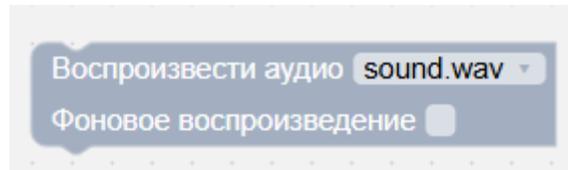


Рисунок 61 – Блок «Звуки»

12. Периферия – работа с входами с датчиков, выходами на датчики и внешними устройствами (см. Рисунок 62).

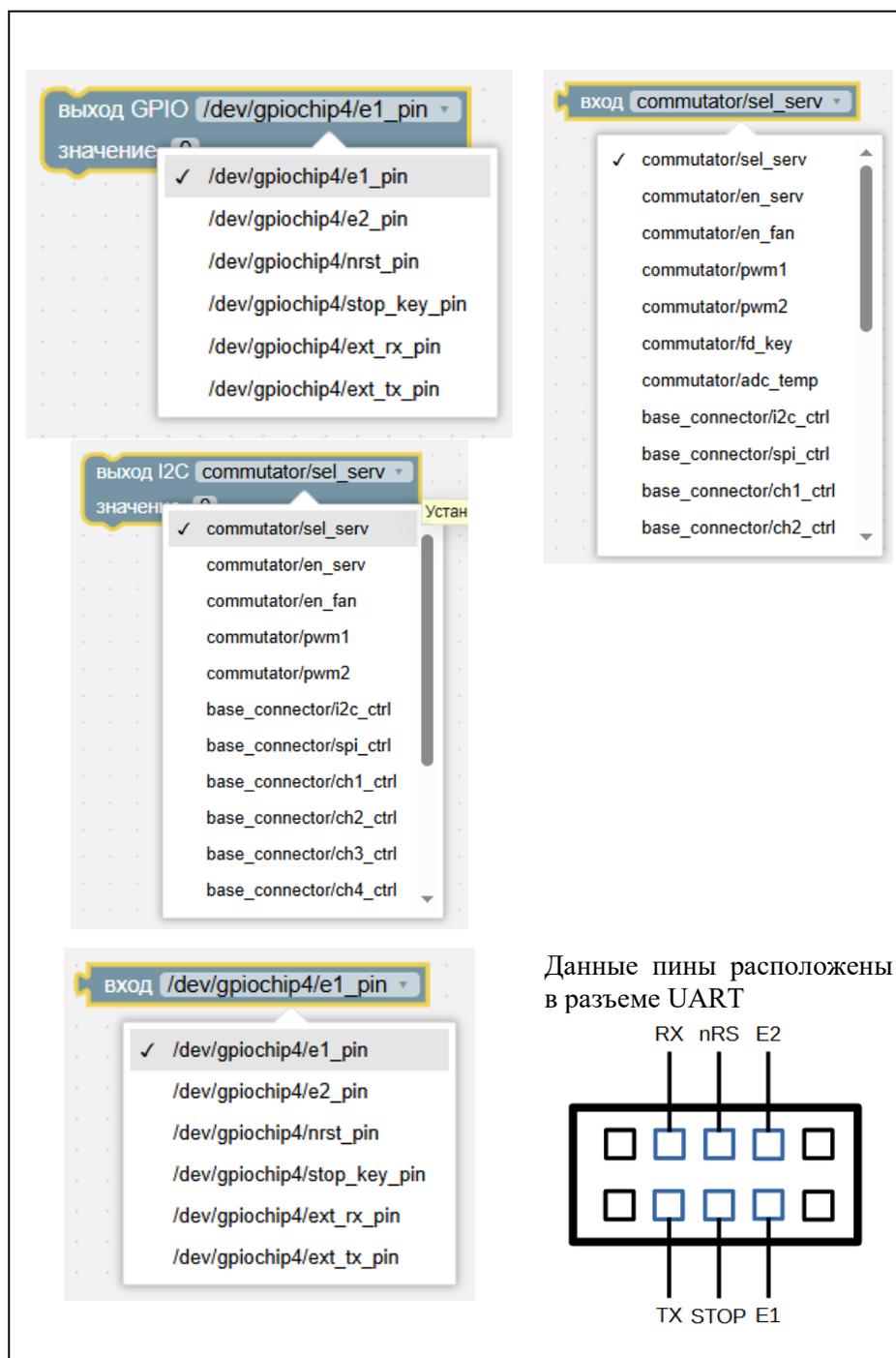


Рисунок 62 – Блоки «Периферия»

Блоки «Периферия» предназначены для подключения и управления датчиками или внешними устройствами, которые подключены к манипулятору через разъемы:

- GPIO – дискретные сигналы (чтение/установка логического уровня);
- I2C – передача управляющих значений в узлы коммутации/управления периферией и сервоприводами;

- UART – передачи данных между электронными устройствами.

Общие правила работы сигналов и управляющих значений:

1. Для GPIO принято:

- 1 – включено (активно);
- 0 – выключено (неактивно).

2. Для управляющих команд I2C, описанных в данном разделе, используются значения:

- 4095 – включить;
- 0 – выключить;
- для выбора режима управления sel_serv: 4095 – PWM, 0 – TTL.

3. Конфигурирование I2C применяется одновременно к обоим портам.

4. Сигнал en-serv подает питание сразу на оба порта.

5. При подключении к внешнему разъему UART нумерация контактов: верхний левый – 1, нижний левый – 2, далее сверху вниз по левому ряду, затем правый ряд (верхний правый – 9, нижний правый – 10).

Описание блоков «Периферия»:

1. Блок «вход» (см. Рисунок 63):

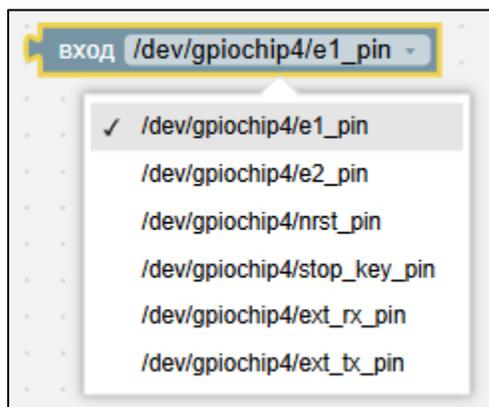


Рисунок 63 – Блок «вход»

- Назначение: считывание логического уровня с выбранного GPIO-пина.
- Поля блока: список пинов /dev/gpiochip4/<...>_pin.
- Возвращаемое значение: логический уровень 0 или 1.
- Доступные пины:
 - /dev/gpiochip4/e1_pin;
 - /dev/gpiochip4/e2_pin;

- /dev/gpiochip4/nrst_pin;
- /dev/gpiochip4/stop_key_pin;
- /dev/gpiochip4/ext_rx_pin;
- /dev/gpiochip4/ext_tx_pin.
- Характеристики линий (уровни/ ток):
 - для ext_rx_pin: входной сигнал 0...3,6 В, максимальный ток 20 мА.
 - для ext_tx_pin, nrst_pin, stop_key_pin, e1_pin, e2_pin: 0...3,3 В, максимальный ток 20 мА.

2. Блок «выход GPIO» (см. Рисунок 64):

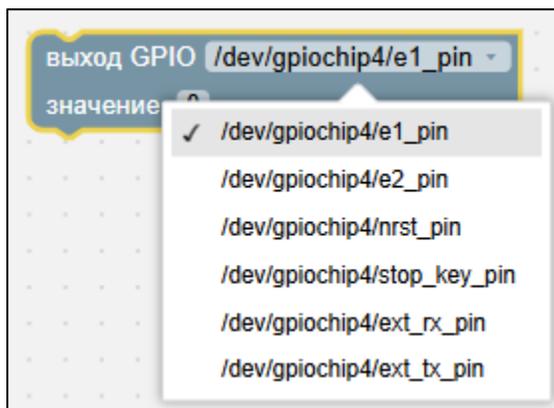


Рисунок 64 – Блок «выход GPIO»

- Назначение: установка логического уровня на выбранном GPIO-пине.
- Поля блока:
 - список пинов /dev/gpiochip4/<...>_pin;
 - поле «значение» — записываемый уровень.
- Правило уровня:
 - 1 – включено (активно);
 - 0 – выключено (неактивно).
- Доступные пины:
 - /dev/gpiochip4/e1_pin;
 - /dev/gpiochip4/e2_pin;
 - /dev/gpiochip4/nrst_pin;
 - /dev/gpiochip4/stop_key_pin;
 - /dev/gpiochip4/ext_rx_pin;
 - /dev/gpiochip4/ext_tx_pin.

3. Блок «выход I2C» (см. Рисунок 65)

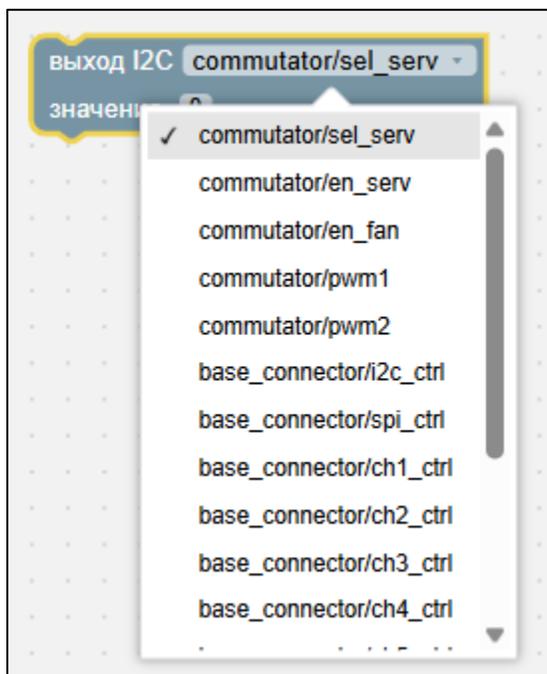


Рисунок 65 – Блок «выход I2C»

- Назначение: запись числового управляющего значения в выбранный I2C-параметр.
 - Поля блока:
 - список I2C-параметров (например, commutator/sel_serv);
 - поле «значение» – записываемое число.
- ### 4. Управляющие параметры I2C для периферии и сервоприводов
- Питание и режим управления:
 - commutator/en_serv – питание на разъемы стрелы:
 - 4095 – включить питание;
 - 0 – выключить питание.
 - commutator/sel_serv – режим управления:
 - 4095 – режим PWM;
 - 0 – режим TTL.
 - commutator/en_fan – включение/выключение разъема «второго сверху»:
 - 4095 – включить;
 - 0 – выключить.

- Управление сервоприводами:
 - commutator/pwm1 – управление сервоприводом 1 (запись рассчитанного значения);
 - commutator/pwm2 – управление сервоприводом 2 (запись рассчитанного значения).
- Диапазон перемещения: $-90^\circ \dots +90^\circ$.
- Пересчет: $V = 307 + \alpha \cdot (205/90)$, где α – угол в градусах.

7.2.2.2 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 66).

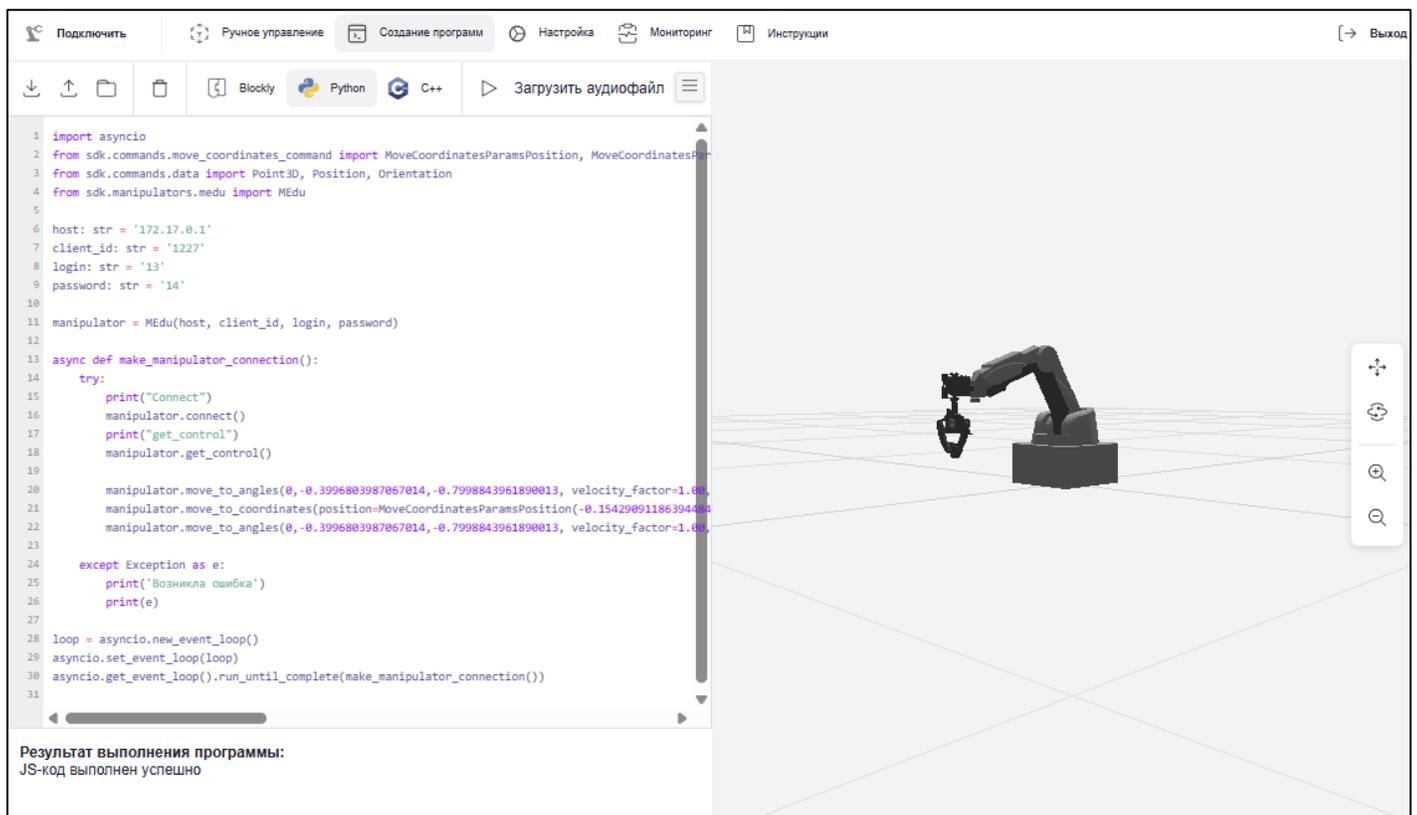


Рисунок 66 – Python в приложении Promobot M Control

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 (*.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\nrint(\"get_control\")\n    manipulator.get_control()\n    \n    # Ваш код\nздесь\n    print(\"Hello, World!\")\n    \n  except Exception as e:\n    print('Возникла\nошибка')\n    print(e)\n\nloop\n= asyncio.new_event_loop()\nasyncio.set_event_loop(loop)\nasyncio.get_event_loop().run_until_compl\nete(make_manipulator_connection())\n"
```

При запуске программы есть возможность подсвечивать выполняемую строку. Функцию можно включить/отключить с помощью слайдера (см. Рисунок 67).

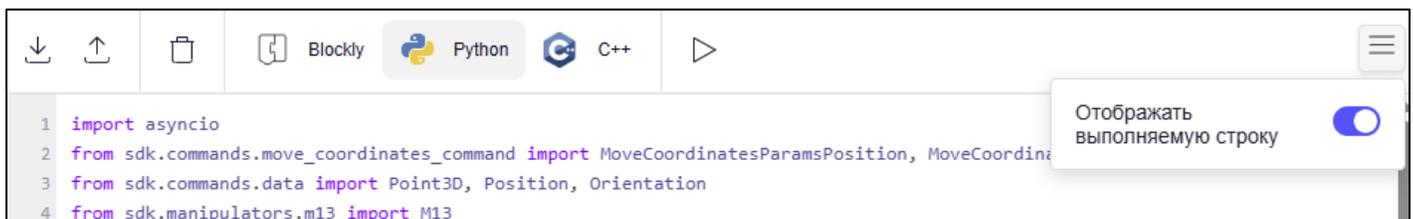


Рисунок 67 – Слайдер «Отображать выполняемую строку»

7.2.2.3 C++

C++ в приложении Promobot M Control представляет собой специализированный текстовый редактор, предназначенный для написания, редактирования и структурирования исходного кода на языке C++.

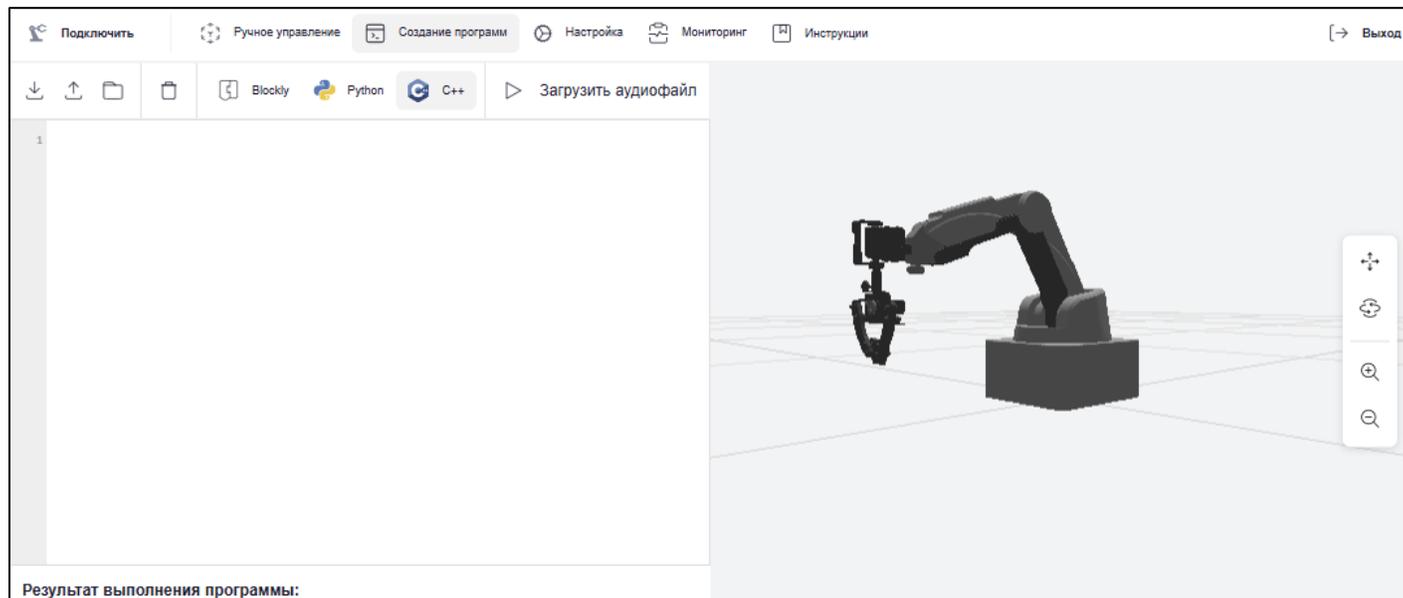


Рисунок 68 – C++ в приложении Promobot M Control

C++ – это компилируемый, статически типизированный язык программирования общего назначения. Используется для сложных сценариев и полного контроля над роботом.

Программа на C++ для манипулятора пишется самостоятельно. C++ подходит для опытных учеников и может быть использован для олимпиадных задач.

7.3 Настройка

Раздел предназначен для выбора режима насадки.

Выберите в поле режим (см. Рисунок 69) и нажмите кнопку «Применить».

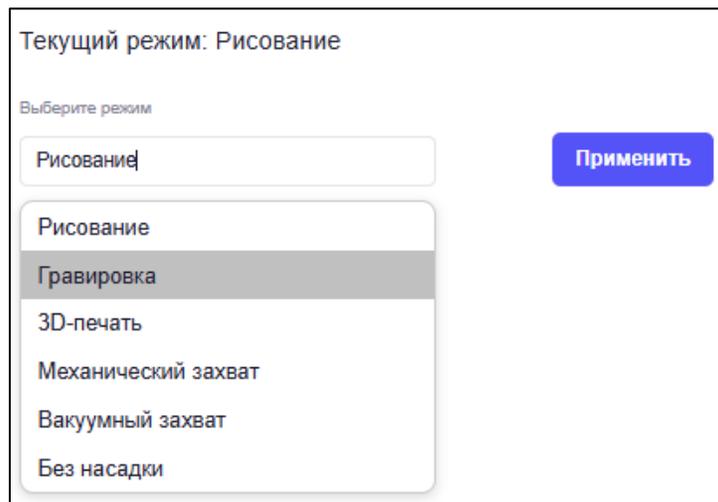


Рисунок 69 – Поле «Выберите режим»

Также в настройках есть кнопка «Сбросить кэш UI» (см. Рисунок 70), которая может быть использована для освобождения памяти и исправления ошибок, возникающих при работе с приложением.

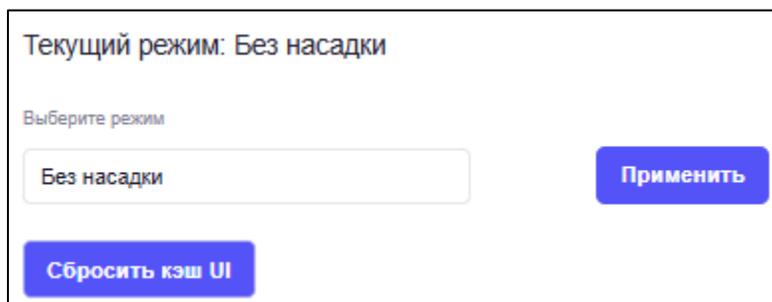


Рисунок 70 – Кнопка «Сбросить кэш UI»

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 приложения, в поле «Выберите режим» установите значение «Рисование» (см. Рисунок 70) и нажмите кнопку «Применить».

Нажмите кнопку «Рисование», автоматически откроется библиотека с доступными изображениями (см. Рисунок 71).



Рисунок 71 – Библиотека рисунков

Выберите изображение и нажмите кнопку «Выбрать» либо закройте форму. Изображение отобразится в области рисования (см. Рисунок 72).

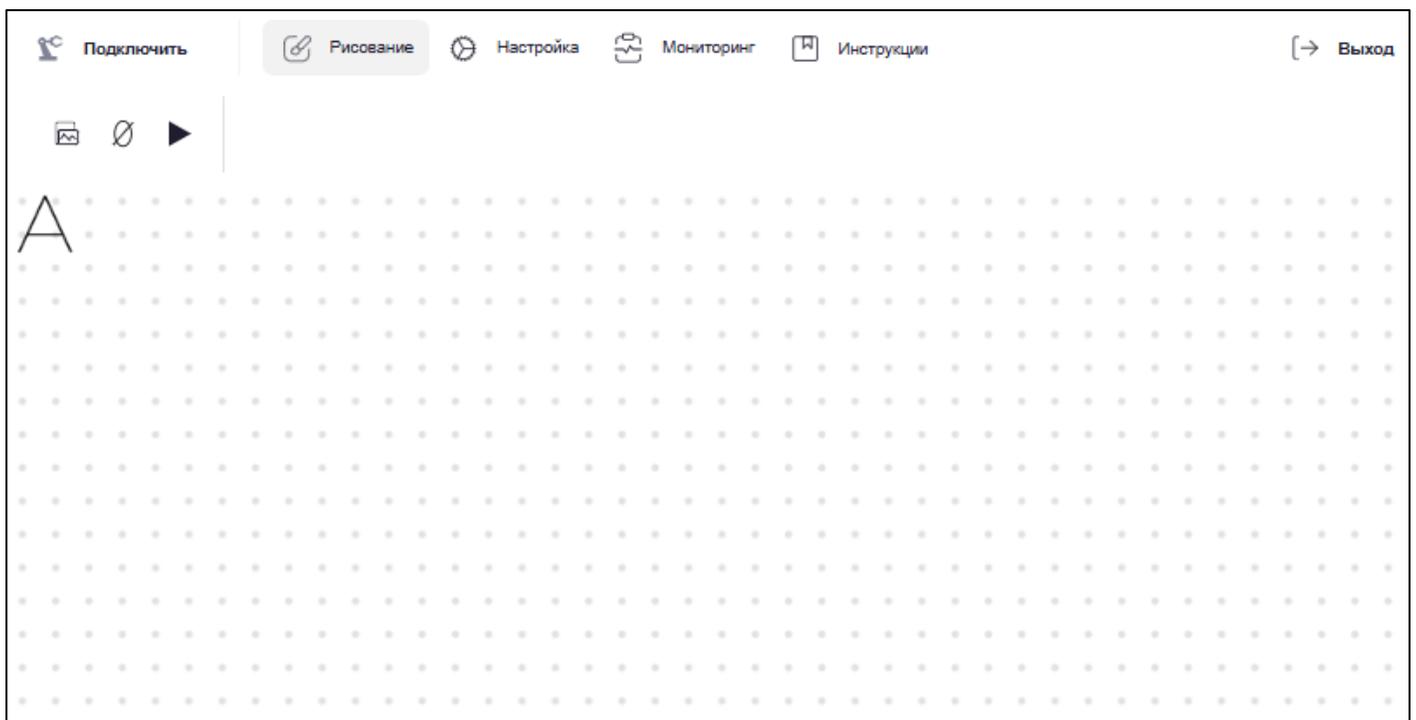


Рисунок 72 – Раздел «Рисования»

Перед запуском задайте стартовую позицию манипулятора:

1. Нажмите кнопку . Отобразится форма «Задание нуля» (Рисунок 73).

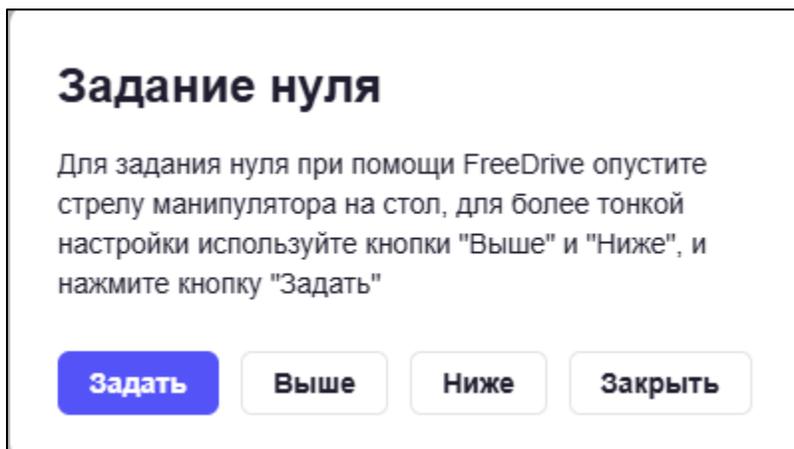


Рисунок 73 – Форма «Задание нуля»

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 приложения, в поле «Выберите режим» установите значение «Гравировка» (см. Рисунок 70) и нажмите кнопку «Применить».

Нажмите кнопку «Гравировка», автоматически откроется сообщение о технике безопасности при работе с лазером (см. Рисунок 74).

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 74 –Техника безопасности при работе с лазером

Пройдите по шагам ознакомления, отобразится раздел гравировки (см. Рисунок 75).

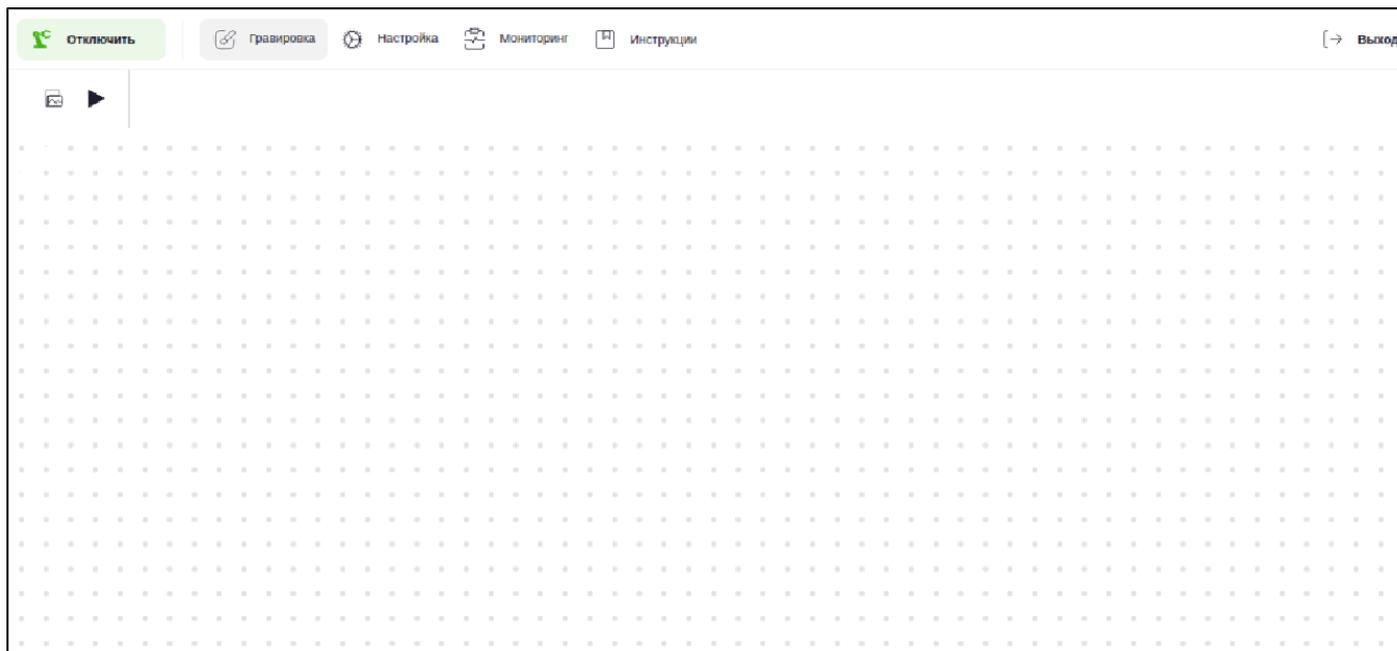


Рисунок 75 – Раздел «Гравировка»

Манипулятор выжигает изображения только из библиотеки. Чтобы выбрать изображение нажмите кнопку . Отобразится библиотека изображений (см. Рисунок 76).

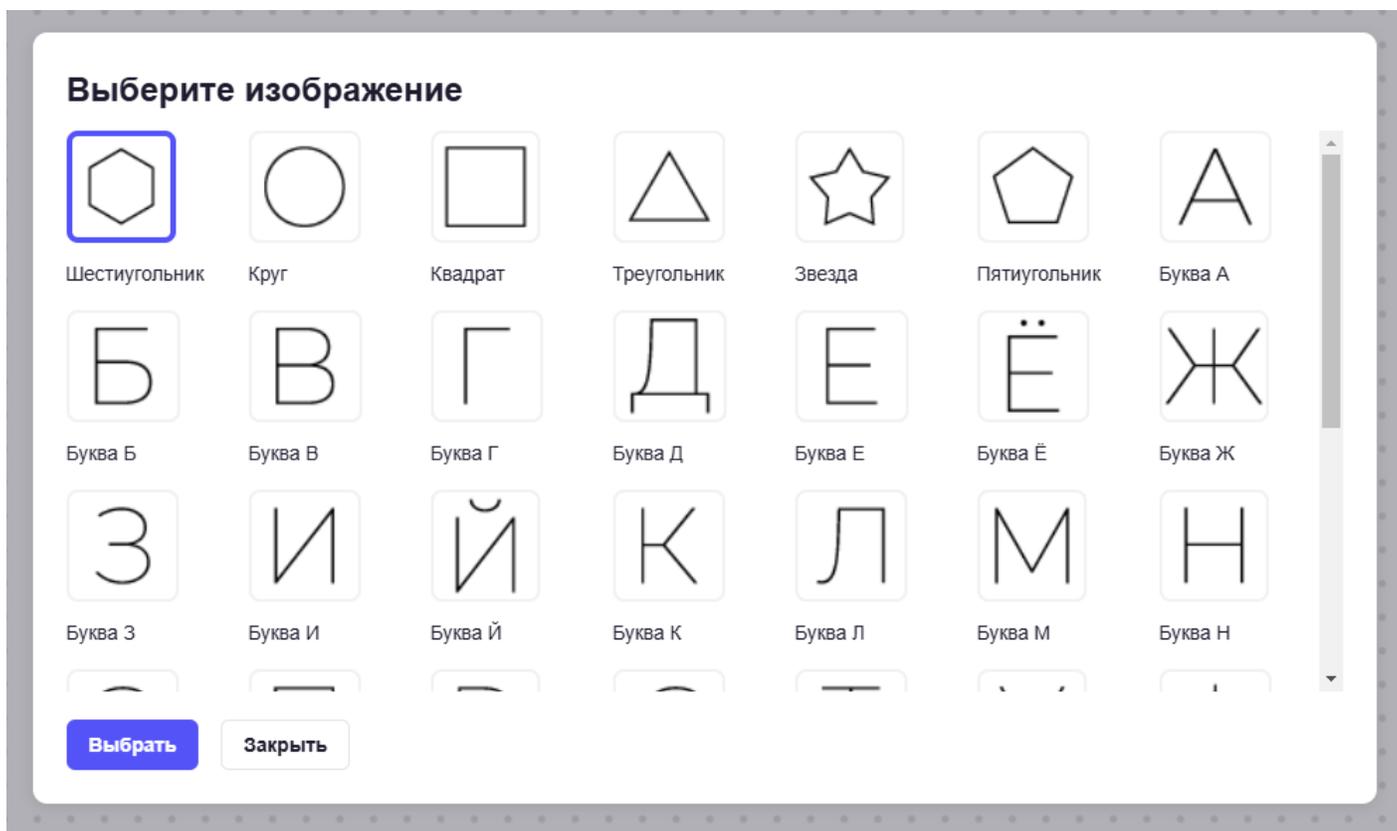


Рисунок 76 – Библиотека рисунков

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 приложения, в поле «Выберите режим» установите значение «3D-печати» (см. Рисунок 70) и нажмите кнопку «Применить».

Нажмите кнопку «Печать», автоматически откроется библиотека с доступными фигурами (см. Рисунок 77).

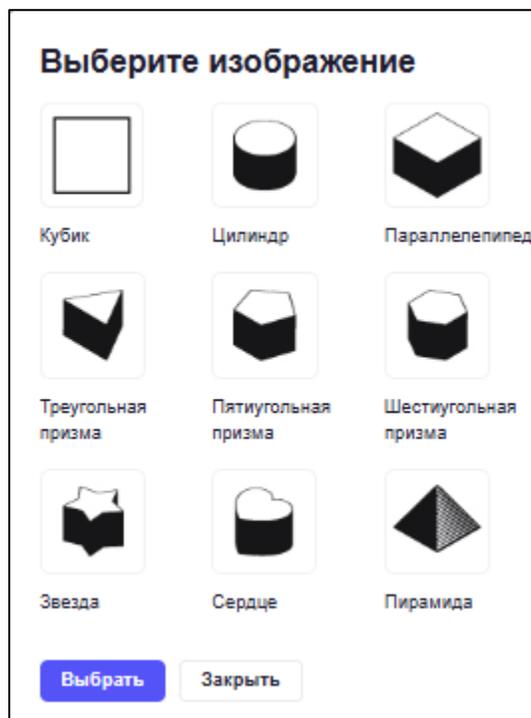


Рисунок 77 – Библиотека фигур

Выберите фигуру и нажмите кнопку «Выбрать». Фигура отобразится в области печати (см. Рисунок 78).

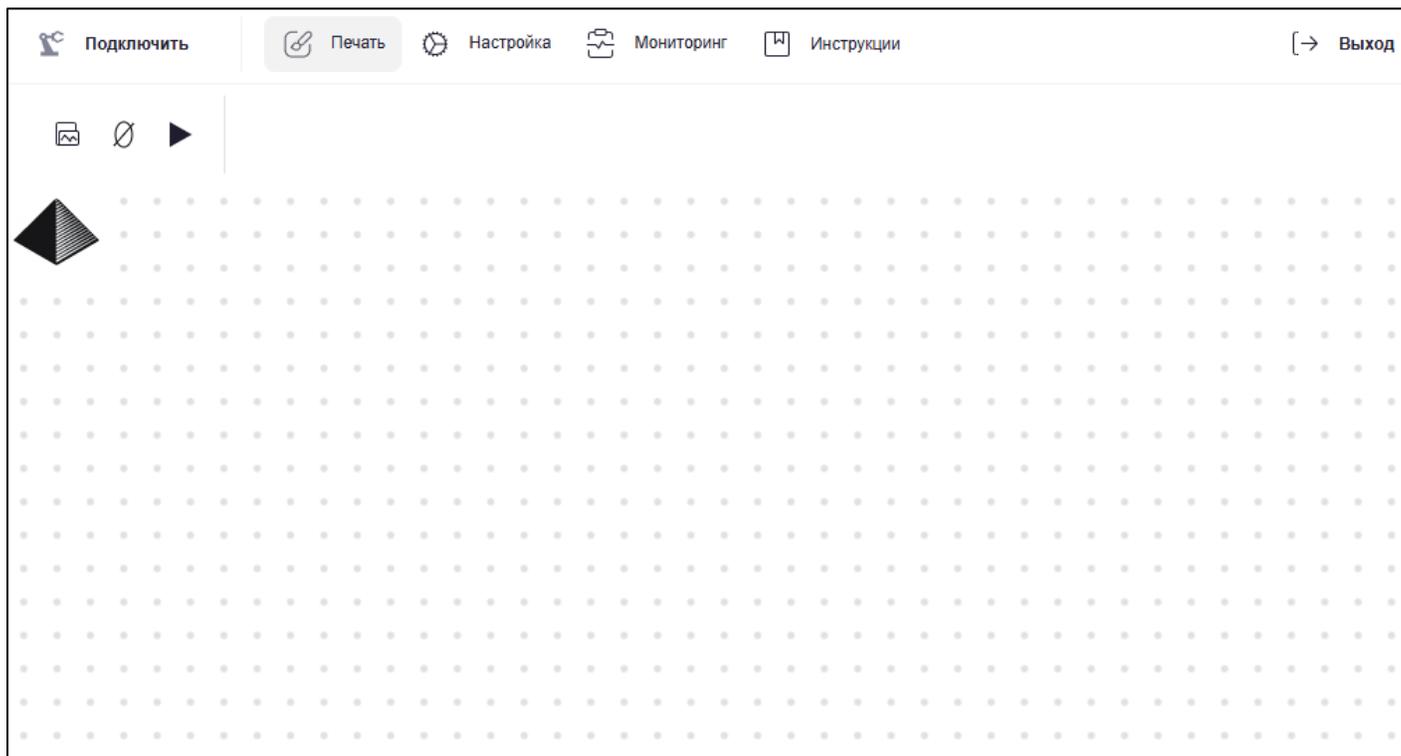


Рисунок 78 – Раздел «Печать»

Перед запуском задайте стартовую позицию стрелы манипулятора:

1. Нажмите кнопку . Отобразится форма управления «Задание нуля» (см. Рисунок 73).
2. Следуя инструкции определите начальную точку рисования и нажмите «Задать».

Запустите процесс 3D-печати нажав кнопку .

Отобразится уведомление «Программа выполняется» (см. Рисунок 79).

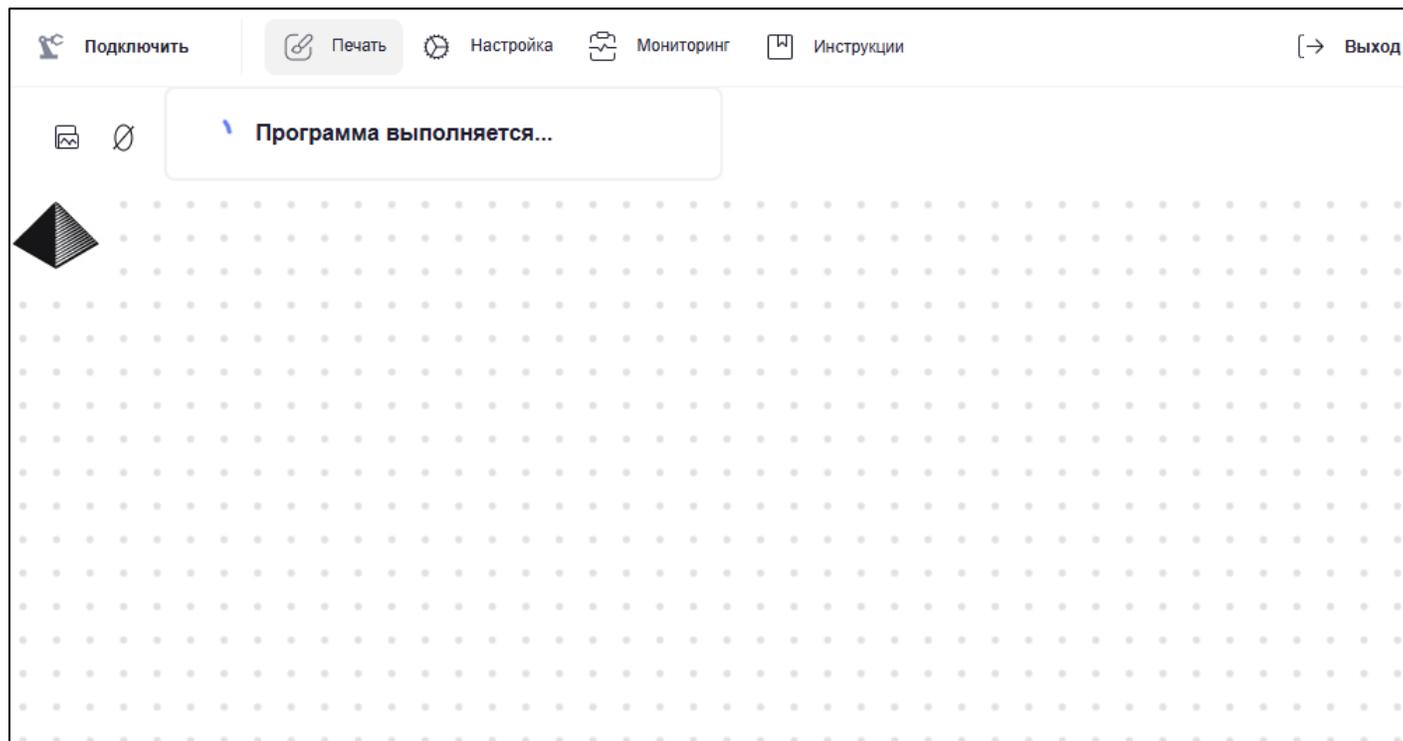


Рисунок 79 – Уведомление «Программа выполняется»

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 «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 «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 «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 приложения.

Отобразится информация о версии интерфейса, релиза и прошивки (Рисунок 80). Версии отображаются только при подключенном манипуляторе.



Рисунок 80 – 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 81).

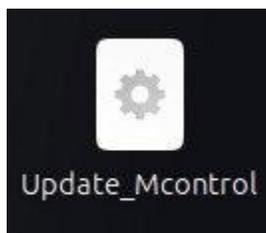


Рисунок 81 – Файл «Update_Mcontrol»

- 3) Откроется программный интерфейс «Terminal». Отобразится диалоговое окно для выбора типа обновления (см. Рисунок 82).

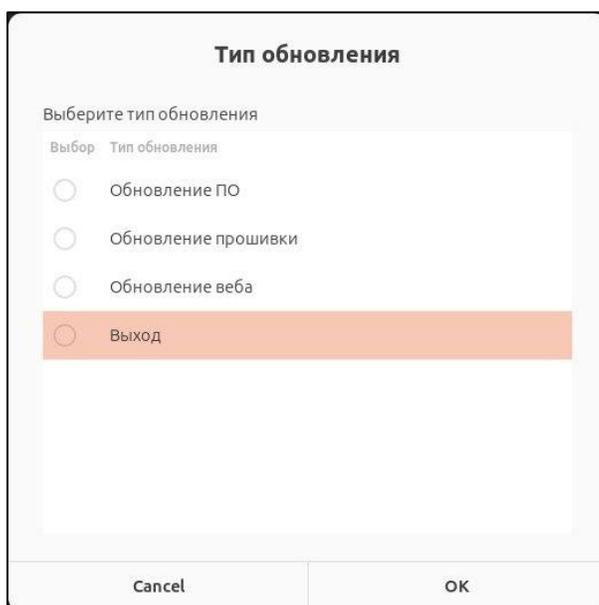


Рисунок 82 – Диалоговое окно для выбора типа обновления

- 4) Выберите «Обновление ПО» и нажмите «ОК». Отобразится уведомление о запуске обновления (см. Рисунок 83).

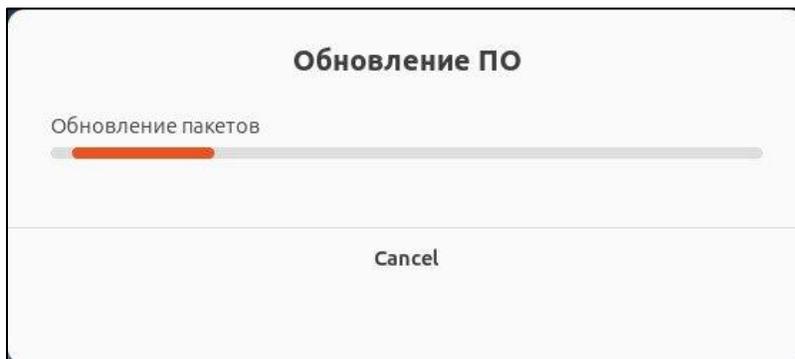


Рисунок 83 – Уведомление о запуске обновления ПО

- 5) По завершению обновления отобразится уведомление о завершении (см. Рисунок 84). Нажмите «ОК».

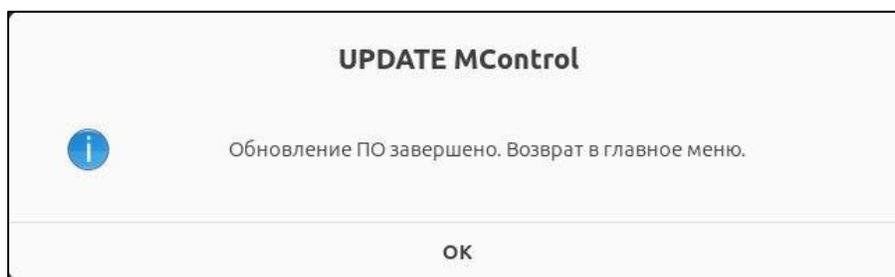


Рисунок 84 – Уведомление о завершении обновления ПО

Дождитесь появления диалогового окна для выбора типа обновления (см. Рисунок 82).

2. Обновите прошивку:

- 1) Выберите «Обновление прошивки» и нажмите «ОК». Отобразится уведомление «Найдена прошивка: ... Продолжить прошивку?» (см. Рисунок 85).



Рисунок 85 – Уведомление прошивки

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

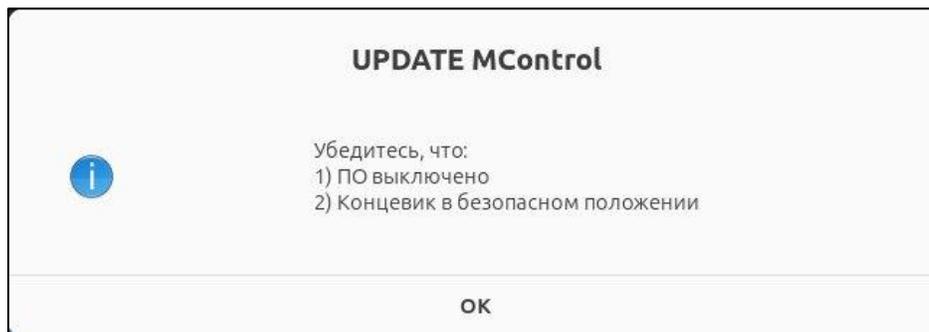


Рисунок 86 – Предупреждение

- 3) Убедитесь, что приложение закрыто, а стрела манипулятора лежит на столе. Нажмите «ОК».
- 4) По завершению обновления отобразится уведомление о завершении. Нажмите «ОК» (см. Рисунок 87).



Рисунок 87 – Уведомление о завершении прошивки

Дождитесь появления диалогового окна для выбора типа обновления (см. Рисунок 82).

3. Обновите веб:

- 1) Выберите «Обновление веба» и нажмите «ОК».
- 2) По завершению обновления отобразится уведомление о завершении (Рисунок 88). Нажмите «ОК».

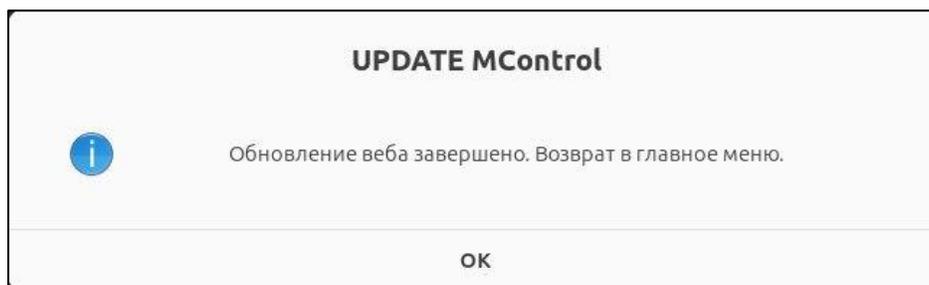


Рисунок 88 – Уведомление о завершении обновления веба

Дождитесь появления диалогового окна для выбора типа обновления (см. Рисунок 82).

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

На данный момент одновременное обновление версий ПО, прошивки и веба 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

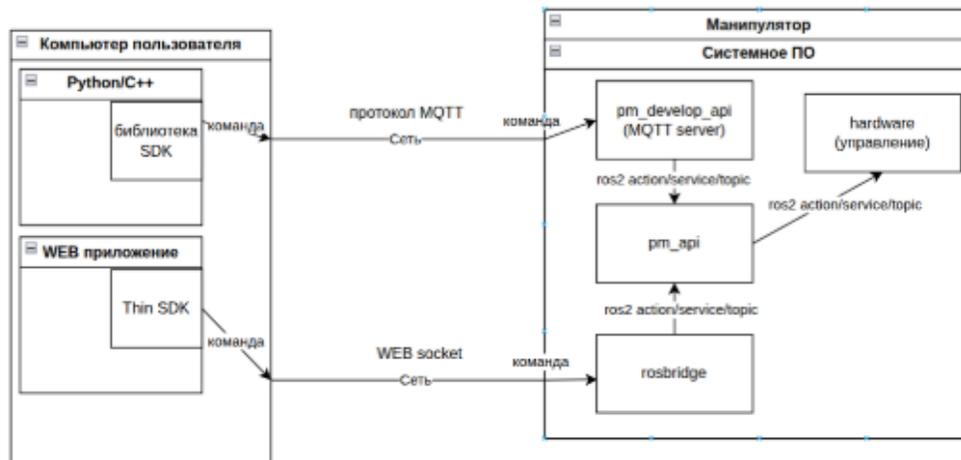


Рисунок 89 – Компоненты

Ключевые компоненты (см. Рисунок 89):

- 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 `ruenv`.

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 декартовые	await manipulator.move_to_coordinates_async(position, orientation, velocity_scaling_factor		

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
	координаты	r, 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, throw_error=True)		

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
move_to_angles	Перемещает манипулятор, устанавливая суставы в указанные углы	manipulator.move_to_angles(povorot_osnovaniya, privod_plecha, privod_strely, timeout_seconds=60.0, throw_error=True)	М Edu: povorot_osnovaniy – целевой угол поворота основания privod_plecha – целевой угол плеча privod_strely – целевой угол стрелы	
move_to_angles_async	Асинхронная версия перемещения по углам	await manipulator.move_to_angles_async(povorot_osnovaniya, privod_plecha, privod_strely, timeout_seconds=60.0, throw_error=True) await manipulator.move_to_angles_async(sp1, sp2, sp3, sp4, sp5, sp6, timeout_secondsб throw_error)		
manipulator.arc_motion	Движение по дуге – это перемещение манипулятора по	manipulator.arc_motion(target, center_arc, step, count_point_arc,	target – целевая точка (объект с position и	

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
	круговой траектории	max_velocity_scaling_factor, max_acceleration_scaling_factor, timeout_seconds, throw_error)	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 (по умолчанию 0.5);	

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
			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_osnovaniya - privod_plecha - privod_strely	
get_joint_state	Получает текущее состояние суставов	joints = manipulator.get_joint_state()		

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
	манипулятора	print(joints)	- extruder	
get_joint_state_asyncAwait	Асинхронная версия получения состояния суставов	joints = await manipulator.get_joint_state_asyncAwait()	- privod_z - device - flange_bi - povorot_instrum enta - 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 – nozzle_power)	gripper = GripperAttachment(manipulator)	rotation – угол поворота насадки gripper – угол сжатия гриппера timeout_seconds – тайм-аут операции	
asyncio.to_thread	Асинхронно через thread	await asyncio.to_thread(gripper.activate,	в секундах (по умолчанию 60	

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
		rotation=20, gripper=40)	секунд) throw_error – флаг выбрасывания исключения при ошибке	
activate	Управление гриппером	gripper.activate(rotatio n=20, gripper=10, timeout_seconds=30.0)		
deactivate	Перевод гриппера в начальное положение	gripper.deactivate(time out_seconds=30.0) начальное положение можно задать при создании объекта гриппера. gripper = GripperAttachment(ma nipulator, rotation_open=10, gripper_open=50)		
get_status	Получение статуса	print(f"Статус гриппера: {gripper.get_status()}")		
manage_gripper	Управляет гриппером	manipulator.manage_g ripper(rotation, gripper, timeout_seconds=60.0, throw_error=True)		
manipulator.man age_gripper_asu	Асинхронная версия управления	await manipulator.manage_g		

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
nc	гриппером	ripper_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 вакуумным насосом	await manipulator.manage_vacuum_async(rotation, vacuum, timeout_seconds=60.0, throw_error=True)		
get_status	Получение статуса	print(f"Статус		

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
		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_asyncAwait	Асинхронная установка значения GPIO	await manipulator.write_gpio_asyncAwait(name, value)	соответствует двоичному представлению числа, которое будет записано (от	
write_gpio_nowait	Установка значения без ожидания	manipulator.write_gpio_nowait(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 регистры	manipulator.write_i2c(name, value, timeout_seconds=30.0)	name – название регистра value – значение	Пример: name – "commutator/pw

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
write_i2c_async_await	Асинхронная запись в регистры i2c	await manipulator.write_i2c_async_await(name, value)	(int)	m1" 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 = {"joint1": 0.0, "joint2": 0.0,

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
				<p>"joint3": 0.0} – с какой скоростью ехать</p> <p>manipulator.stream_joint_positions(joint_positions, joint_velocities) – вызов метода</p>
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 rx, ry, rz).</p> <p>header – информация о штампе времени и системе координат (по умолчанию now и base_link)</p>	<p>Пример:</p> <p>manipulator.set_servo_twist_mode()</p> <p>linear_vel = {"x": 0.02, "y": 0, "z": 0}</p> <p>angular_vel = {"rx": 0, "ry": 0, "rz": 0.01}</p> <p>manipulator.stream_cartesian_velocities(linear_vel, angular_vel)</p>
stream_coordinates	Стриминг позы	manipulator.stream_coordinates(position, orientation)	<p>position: позиция (объект с x, y, z).</p> <p>orientation: ориентация (объект с x, y, z,</p>	<p>Пример:</p> <p>manipulator.set_servo_pose_mode()</p>

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
			w). header: информация о штампе времени и системе координат (по умолчанию now и base_link)	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 команда без ожидания	manipulator.run_program_no_wait(name)	throw_error – флаг выбрасывания исключения при ошибке	

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
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 команда	await manipulator.run_python_program_async(code)	timeout_seconds – Тайм-аут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд)	
manipulator.run_python_program_no_wait	Запуск Python-кода на роботе	manipulator.run_python_program_no_wait(c		

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
	команда без ожидания	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, Z.	manipulator.get_cartesian_coordinates()		
subscribe_coordinates	Подписка на координаты.	manipulator.subscribe_coordinates()		

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
	<p>Возвращаемые поля:</p>	<p>"DistanceSensor", "ColorSensor", "Prox"</p>	<p>на дисплее конвейера (utf-8).</p> <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> <p>ColorSensor – объект с полями R, G, B, Prox (например {"R":97,"G":114,"B</p>	

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
			":108,"Prox":50}) Prox – значение приближения к ColorSensor	
Диагностика (если возникли проблемы – используйте диагностические инструменты SDK и обращайтесь в техническую поддержку ПРОМОБОТ с подробными логами)				

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