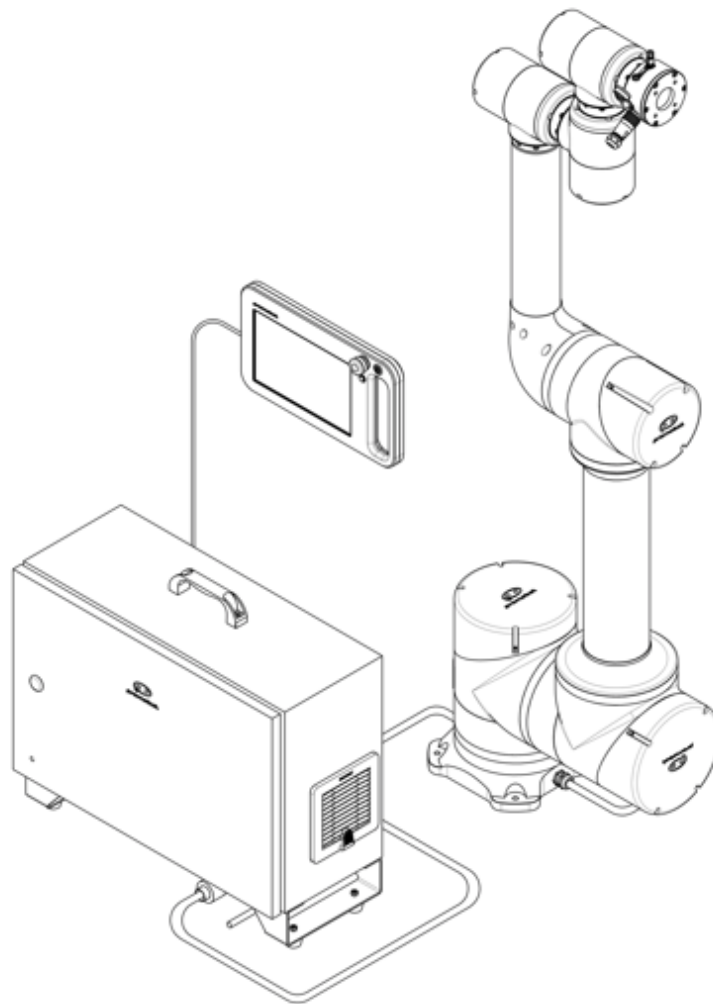


ПРОГРАММНО – АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ПРОМОБОТ M13

Руководство по эксплуатации



Информация для пользователя

Внешний вид комплекса и пользовательского интерфейса может отличаться от изображений, представленных в данном документе. Предприятие-изготовитель постоянно улучшает продукт, и данное руководство систематически актуализируется. Предприятие-изготовитель оставляет за собой право вносить изменения без снижения качества и технических характеристик.

Содержание

I.	ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ	
	PROMOBOT M13	I-8
1	ОПИСАНИЕ И РАБОТА	I-8
1.1	Описание и работа Promobot M13	I-8
1.2	Описание и работа составных частей Promobot M13	I-17
2	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ	I-23
2.1	Эксплуатационные ограничения Promobot M13	I-23
2.2	Подготовка Promobot M13 к использованию	I-25
2.3	Использование Promobot M13	I-58
2.4	Демонтаж Promobot M13	I-66
3	ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	I-68
3.1	Регламентное техническое обслуживание Promobot M13.....	I-68
3.2	Диагностика неисправностей Promobot M13.....	I-70
3.3	Рекомендации по ремонту Promobot M13.....	I-71
3.4	Хранение запасных частей Promobot M13.....	I-72
3.5	Регистрация обслуживания и ремонта Promobot M13	I-72
4	МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ	I-72
4.1	Общие требования безопасности	I-72
4.2	Требования к оператору.....	I-74
4.3	Рабочее окружение манипулятора.....	I-75
4.4	Действия в аварийных ситуациях	I-75
5	БЕЗОПАСНОСТЬ	I-77
5.1	Индикация Promobot M13.....	I-77
6	ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА.....	I-79
7	ХРАНЕНИЕ.....	I-80
7.1	Условия хранения Promobot M13	I-81
7.2	Подготовка к хранению Promobot M13	I-81
7.3	Периодическое обслуживание во время хранения Promobot M13	I-81
7.4	Подготовка к использованию после хранения Promobot M13.....	I-82

7.5	Хранение запасных частей и аксессуаров Promobot M13	I-82
8	ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ	I-82
9	УТИЛИЗАЦИЯ	I-83
II.	ПРИЛОЖЕНИЕ PROMОВОТ M CONTROL	II-1
1	ВВЕДЕНИЕ	II-1
2	АВТОРИЗАЦИЯ, ПОДКЛЮЧЕНИЕ И ВЫКЛЮЧЕНИЕ МАНИПУЛЯТОРА В ПРИЛОЖЕНИИ	II-2
3	РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ	II-4
4	СОЗДАНИЕ ПРОГРАММ	II-6
4.1	Blockly	II-8
4.2	Python	II-26
5	НАСТРОЙКА	II-28
5.1	Общие и системные настройки	II-29
5.2	Инструмент	II-30
5.3	Положение и пределы	II-32
5.4	Рабочая зона	II-36
6	МОНИТОРИНГ	II-36
7	ОБНОВЛЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ	II-40
III.	PROMОВОТ M CONTROL SDK	III-1
1	Назначение и область применения	III-1
2	Архитектура и принципы работы SDK	III-2
2.1	Компоненты	III-2
2.2	Модель работы	III-3
3	SDK Python	III-3
3.1	Требования и подготовка среды Python	III-3
3.2	Примеры программ для манипулятора M13 в SDK Python	III-29
4	SDK C++	III-36
4.1	Требования и использование C++	III-36
4.2	Типы команд	III-38
4.3	Программные блоки (структура программы)	III-40
4.4	Заключение	III-63

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для ознакомления пользователей с устройством, принципами работы, правилами эксплуатации, технического обслуживания и ремонта программно-аппаратного комплекса Promobot M13.

Руководство содержит основные сведения о комплексе, инструкции по монтажу, демонтажу, использованию, обслуживанию, описание режимов работы, рекомендации по устранению неисправностей и правила безопасности.

Руководство по эксплуатации предназначено для следующих категорий пользователей:

- операторов, работающих непосредственно с Promobot M13;
- инженеров, отвечающих за настройку, программирование и диагностику Promobot M13;
- технического персонала, выполняющего техническое обслуживание, ремонт и проверку работоспособности Promobot M13.

Документ также может быть использован иными категориями пользователей для обучения персонала и в качестве справочного материала при работе с Promobot M13.

Функциональные возможности манипулятора нацелены на использование в следующих сферах промышленности: пищевой, химической, деревообрабатывающей, автомобилестроении, металлургии и металлообработке, других сферах.

Promobot M13 представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из манипулятора, шкафа управления и пульта управления. В состав комплекса также входят соединительные элементы и управляющее программное обеспечение.

Promobot M13 изготовлен по ТУ 28.99.39-006-40897141-2024. По электробезопасности Promobot M13 удовлетворяет требованиям аппаратуры 1 класса по ГОСТ ИЕС 60204-1.

Качество и безопасность Promobot M13 подтверждается сертификатами ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования», ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования», ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств».

Сведения о производителе

Производитель: ООО «ПРОМОБОТ»

Юридический адрес: 614066, Россия, г. Пермь, Шоссе Космонавтов, стр.111А,
пом. 6

Фактический адрес: 614066, Россия, г. Пермь, Шоссе Космонавтов, стр.111А,
пом. 6

Телефон: +7 (342) 257-80-85

E-mail: info@promo-bot.ru

Сайт: <https://promo-bot.ru/>

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

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

Promobot M13 / Комплекс	– робот промышленный адаптивный с контурным управлением электромеханический Promobot M13.
ПО	– программное обеспечение.
Приложение Promobot M Control/ Приложение	– веб-интерфейс для управления, программирования и мониторинга работы манипулятора Promobot M13.
ПУ	– пульт управления.
СП	– сервопривод.
ЦТИ	– центральная точка инструмента.
ЧПУ	– числовое программное управление.

I. ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ PROMOBOT M13

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА

1.1 Описание и работа Promobot M13

1.1.1 Назначение

Робот промышленный адаптивный с контурным управлением электромеханический Promobot M13 предназначен для выполнения задач автоматизации в промышленных и лабораторных условиях. Манипулятор с шестью степенями свободы обеспечивает высокоточное перемещение, позиционирование и обработку объектов в пространстве.

Promobot M13 интегрируется в условия рабочей среды с применением дополнительного оборудования и оснастки.

Области применения:

- сварка (перемещение сварочного инструмента по заданной траектории);
- перемещение готовой продукции, полуфабрикатов и товарно-материальных ценностей;
- перемещение заготовок и деталей (автоматизированная загрузка или выгрузка деталей в станки с ЧПУ, литьевые машины, прессы; работа с тяжелыми заготовками);
- механическая обработка деталей: зачистка, полировка, шлифовка (использование абразивных инструментов для финишной обработки поверхностей и минимизация дефектов благодаря точному повторению профиля изделия), фрезеровка (выполнение черновой и чистовой обработки металлических или пластиковых заготовок);
- сканирование объектов (3D-сканирование для контроля геометрии деталей, выявления дефектов; интеграция с системами компьютерного зрения для автоматической коррекции производственных процессов; применение в реверс-инжиниринге и цифровом моделировании);

- нанесение жидкостей и материалов: клей, краска, герметик и прочее;
- использование в качестве образовательного оборудования для обучения студентов основам робототехники, программирования и автоматизации, для отработки реальных производственных сценариев в лабораториях;
- использование в качестве демонстрационного оборудования на выставках, конференциях, в шоурумах.

1.1.2 Технические характеристики

Основные технические характеристики Promobot M13 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики Promobot M13

Параметр	Значение
Основные характеристики	
Количество степеней свободы манипулятора	6
Грузоподъемность манипулятора, кг	13
Линейная скорость перемещения центральной точки инструмента (ЦТИ), м/с	1
Средняя повторяемость, не хуже, мм	0,05
Рабочий радиус от оси основания (рабочая зона), мм	от 150 до 1300
Рабочий диапазон суставов*, градус	±358
Степень защиты корпуса манипулятора	IP56
Габаритные размеры манипулятора, не более	
Длина, мм	1696
Ширина, мм	546
Высота, мм	262
Габаритные размеры манипулятора (транспортное положение), не более	
Длина, мм	540
Ширина, мм	1008
Высота, мм	403

Параметр	Значение
Габаритные размеры манипулятора в упаковке, не более	
Длина, мм	1139
Ширина, мм	660
Высота, мм	605
Масса манипулятора, не более, кг	66
Масса манипулятора с пультом управления в упаковке, не более, кг	75
Степень защиты корпуса шкафа управления	IP44
Габаритные размеры шкафа управления, не более	
Длина, мм	693
Ширина, мм	279
Высота, мм	592
Габаритные размеры шкафа управления в упаковке, не более	
Длина, мм	747
Ширина, мм	362
Высота, мм	649
Масса шкафа управления, не более, кг	25
Масса шкафа управления в упаковке, не более, кг	27
Степень защиты корпуса пульта управления	IP54
Габаритные размеры пульта управления, не более	
Длина, мм	392
Ширина, мм	227
Высота, мм	52
Масса пульта управления, не более, кг	3
Температура эксплуатации, °С	от +5 до +50
Относительная влажность максимальная (без конденсации), %	80
Номинальная потребляемая мощность, Вт	2500
Максимальная потребляемая мощность манипулятора в сборе 230 В АС, не более, Вт	3600

Параметр	Значение
Максимальная потребляемая мощность манипулятора 48 В DC, Вт	3200
Максимальная потребляемая мощность пульта управления 12 В DC, Вт	10
Ресурс, не менее, часов	10000
Относительная влажность при 25 °С (без конденсации), не более, %	80
Разъем для подключения инструмента	SF812B/S8
Интерфейс механический	фланец круглый в соответствии с ГОСТ Р 60.3.4.1-2017/ИСО 9409-1:2004, исполнение 63-4-M6
Шкаф управления	
Состав аппаратных компонентов	<ul style="list-style-type: none"> - вычислительный блок; - плата безопасности; - плата компенсации; - блоки питания
Характеристики вычислительного блока	
Процессор	4-ядерный с тактовой частотой 3,3/4,3 ГГц
Оперативная память, не менее, Гб	16
Стандарты Wi-Fi	IEEE 802.11ac, IEEE 802.11n, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b, IEEE 802.11a, Wi-Fi Direct
Частота беспроводной связи, ГГц	2,4; 5
Объем памяти для хранения данных, не менее, Гб	120

Параметр	Значение
Сервисная панель	<ul style="list-style-type: none"> - 1 разъем входного питания 230 В 50 Гц; - 1 разъем для подключения пульта управления; - 1 разъем для подключения манипулятора
Пользовательская панель	<ul style="list-style-type: none"> - 11 разъемных клеммников 15EDGVC-3.5-08P-14; - 1 разъемный клеммник 15EDGVC-3.5-04P-14; - 1 разъем USB тип А для подключения периферийных устройств; - 1 разъем Ethernet для подключения к внешней сети; - 1 разъем HDMI для подключения внешнего монитора
Пульт управления	
Разрешение сенсорного экрана, точек	1280×800
Диагональ экрана, дюйм	10,1
* В значении параметра указан полный механический диапазон движения сервопривода. Доступный диапазон может быть меньше из-за ограничений, предотвращающих самоколлизии манипулятора	

Габаритные размеры составных частей Promobot M13 (см. Рисунок I-1).

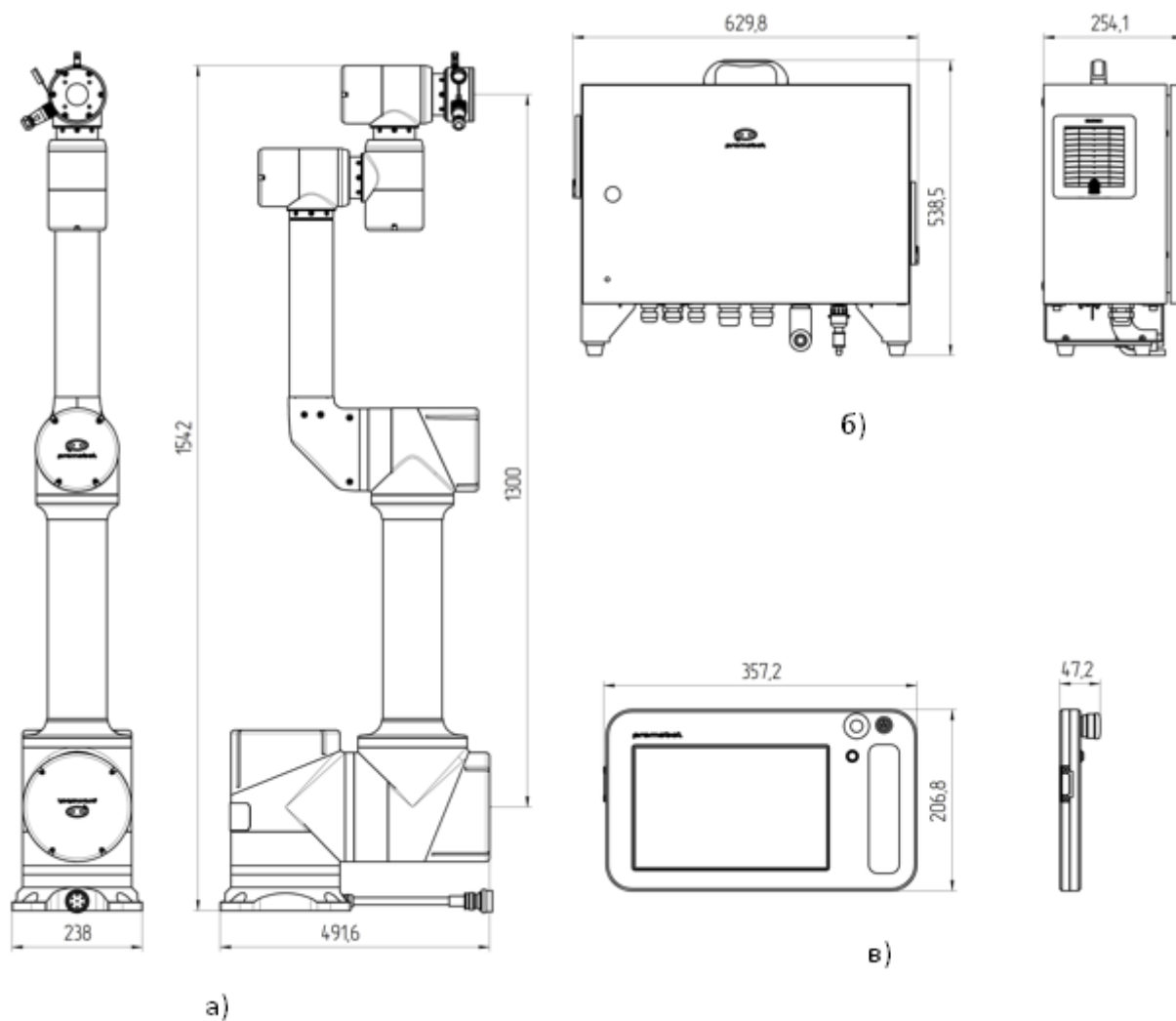


Рисунок I-1 – Габаритные размеры составных частей Promobot M13, где:

а) манипулятор, б) шкаф управления, в) пульт управления

1.1.3 Состав

Общий вид Promobot M13 (см. Рисунок I-2).

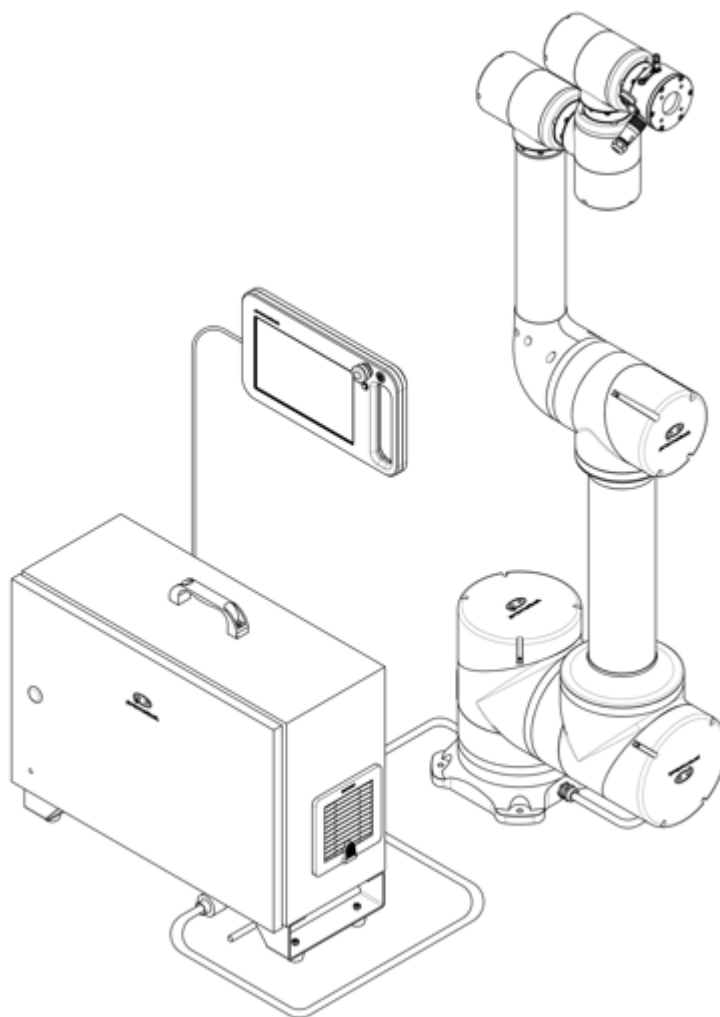


Рисунок I-2 – Общий вид Promobot M13

В комплект Promobot M13 входит:

- манипулятор Promobot M13;
- пульт управления Promobot M13;
- шкаф управления Promobot M13;
- встроенное программное обеспечение Promobot M Control;
- комплект кабелей;
- паспорт;
- руководство по эксплуатации;
- лист описи поставки.

1.1.4 Маркировка

Маркировка выполнена в виде этикеток, расположенных на упаковке Promobot M13, а также на манипуляторе, шкафе управления и пульте управления.

Транспортные этикетки (см. Рисунок I-3) располагаются на боковых поверхностях соответствующих упаковок.

promobot

Программно-аппаратный комплекс Promobot M13

№: _____ XX.XXXX _____

Дата пр-ва _____ 2025 г.

Изготовитель:
ООО «Промобот», Россия,
г. Пермь, ул. Шоссе Космонавтов,
стр. 11а, помещ. 6

+ 7 (342) 257-80-85
info@promo-bot.ru
Promobot_Support_bot

Сделано в России

а)

Манипулятор Promobot M13
Пульт управления Promobot M13

promobot

№: _____ Произведено: _____ 2025 г.

Основные технические данные	Наименование изделия	Манипулятор	Пульт-управления
	Габаритные размеры	≤600x300x1550 мм	≤400 x300x100 мм
Электрические характеристики	Масса изделия	≤75 кг	≤2 кг
	Номинальное напряжение питания	48±3 В	12±0,5 В
	Макс. потребляемая мощность изделия	3200 Вт	10 Вт

Изготовитель:
ООО «Промобот»,
Россия, г. Пермь,
ул. Шоссе Космонавтов,
стр. 11а, помещ. 6

Произведен в соответствии с ТУ 28.99.39-001-40897141-2025

Содержит: манипулятор и пульт-управления
Срок службы: 5 лет
Гарантийный срок: 12 месяцев

Сделано в России

+ 7 (342) 257-80-85 info@promo-bot.ru Promobot_Support_bot

б)

Шкаф управления Promobot M13

promobot

№: _____ Произведено: _____ 2025 г.

Основные технические данные	Наименование изделия	Шкаф управления
	Габаритные размеры	≤650x300x540 мм
Электрические характеристики	Масса изделия	≤35 кг
	Номинальное напряжение питания	230±20 В, 55±8 Гц
	Макс. потребляемая мощность изделия	3600 Вт

Изготовитель:
ООО «Промобот»,
Россия, г. Пермь,
ул. Шоссе Космонавтов,
стр. 11а, помещ. 6

Произведен в соответствии с ТУ 28.99.39-001-40897141-2025

Содержит: шкаф управления Promobot M13
Срок службы: 5 лет
Гарантийный срок: 12 месяцев

Сделано в России

+ 7 (342) 257-80-85 info@promo-bot.ru Promobot_Support_bot

в)

Рисунок I-3 – Транспортные этикетки, где: а) этикетка на общей упаковке Promobot M13, б) этикетка на упаковке манипулятора с пультом управления, в) этикетка на упаковке шкафа управления

Этикетки комплекса (см. Рисунок I-4) имеют общий формат и располагаются: у манипулятора – на основании, у шкафа управления – на боковой панели, у пульта управления – на задней стенке.

Манипулятор Promobot M13

Габаритные размеры	≤600x300x1550 мм
Масса	≤75 кг
Номинальные входные параметры	48±3 В
Макс. потребляемая мощность	3200 Вт
Степень защиты	IP54
Рабочая температура окружающей среды	от 5°С до 40°С

Произведен в соответствии с ТУ 28.99.39-001-40897141-2025
Серийный номер:

Изготовитель: ООО «Промобот», Россия, г. Пермь, ул. Шоссе Космонавтов, стр. 31а, помещ. 6

Сделано в России

+7 (342) 257-80-85 | info@promo-bot.ru | Promobot_Support_bot

а)

Пульт управления Promobot M13

Габаритные размеры	≤400x300x100 мм
Масса	≤2 кг
Номинальные входные параметры	12±0,5 В
Макс. потребляемая мощность	10 Вт
Степень защиты	IP54
Рабочая температура окружающей среды	от 5°С до 40°С

Произведен в соответствии с ТУ 28.99.39-001-40897141-2025
Серийный номер:

Изготовитель: ООО «Промобот», Россия, г. Пермь, ул. Шоссе Космонавтов, стр. 31а, помещ. 6

Сделано в России

+7 (342) 257-80-85 | info@promo-bot.ru | Promobot_Support_bot

б)

Шкаф управления Promobot M13

№: _____ Произведено: _____ 2025 г.

Основные технические данные	Наименование изделия	Шкаф управления
Габаритные размеры	Габаритные размеры	≤650x300x540 мм
Масса изделия	Масса изделия	≤35 кг
Электрические характеристики	Номинальное напряжение питания	230±20 В, 50±8 Гц
	Макс. потребляемая мощность изделия	3600 Вт

Изготовитель: ООО «Промобот», Россия, г. Пермь, ул. Шоссе Космонавтов, стр. 31а, помещ. 6

Произведен в соответствии с ТУ 28.99.39-001-40897141-2025
Содержит: шкаф управления Promobot M13
Срок службы: 5 лет
Гарантийный срок: 12 месяцев

Сделано в России

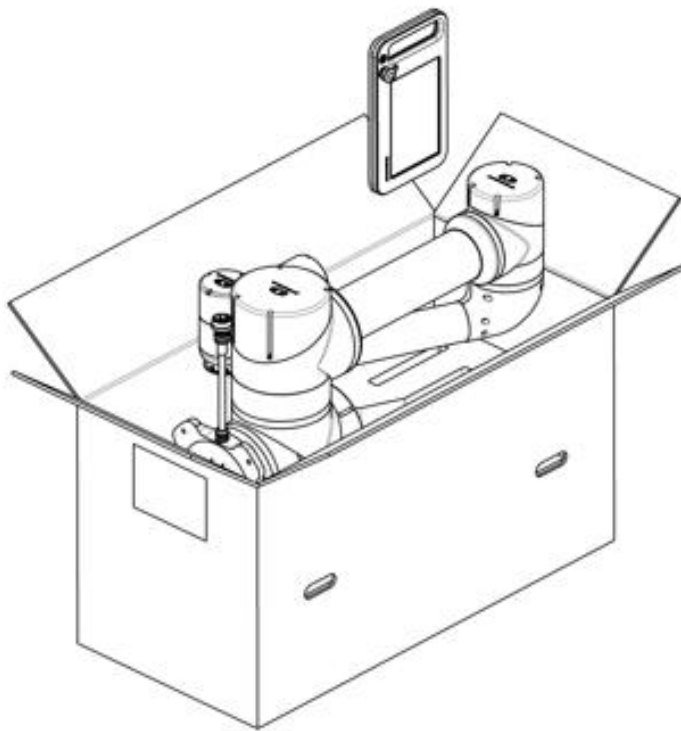
+7 (342) 257-80-85 | info@promo-bot.ru | Promobot_Support_bot

в)

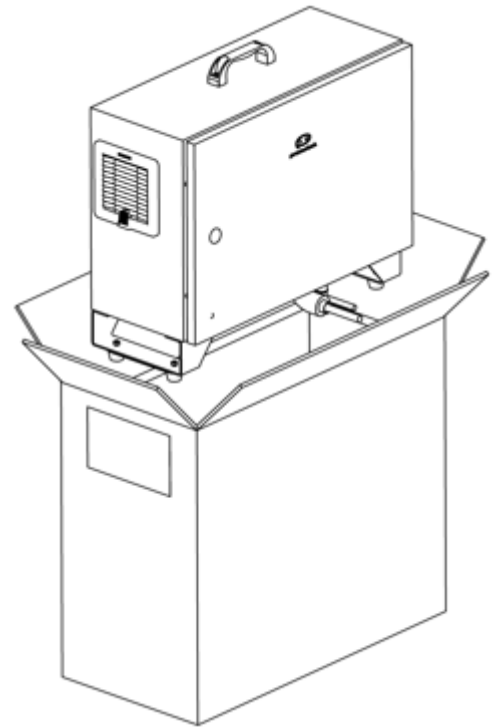
Рисунок I-4 – Маркировка составных частей комплекса, где: а) манипулятор, б) шкаф управления, в) пульт управления

1.1.5 Упаковка

Упаковка манипулятора и пульта управления с комплектом кабелей (см. Рисунок I-5) выполнена из гофрокартона с ложементами. Шкаф управления содержится в отдельной упаковке из гофрокартона с ложементами.



а)



б)

Рисунок I-5 – Упаковка, где: а) упаковка с манипулятором и пультом управления, б) упаковка со шкафом управления

1.2 Описание и работа составных частей Promobot M13

1.2.1 Манипулятор

Манипулятор Promobot M13 (см. Рисунок I-6) представляет собой электромеханическое устройство, состоящее из следующих частей:

- основание, обеспечивающее устойчивость манипулятора; внутри основания расположены элементы коммутации;
- СП1 – поворотное основание, обеспечивающее вращение манипулятора вокруг вертикальной оси;
- СП2 – плечо, обеспечивающее движение в вертикальной плоскости;
- СП3 – предплечье, соединенное с плечом и обеспечивающее дополнительное движение в вертикальной плоскости;
- СП4, СП5 и СП6 – запястья, обеспечивающие ориентацию инструмента или захватного устройства в пространстве;

- фланец инструмента, предназначенный для установки захватного устройства или инструмента.

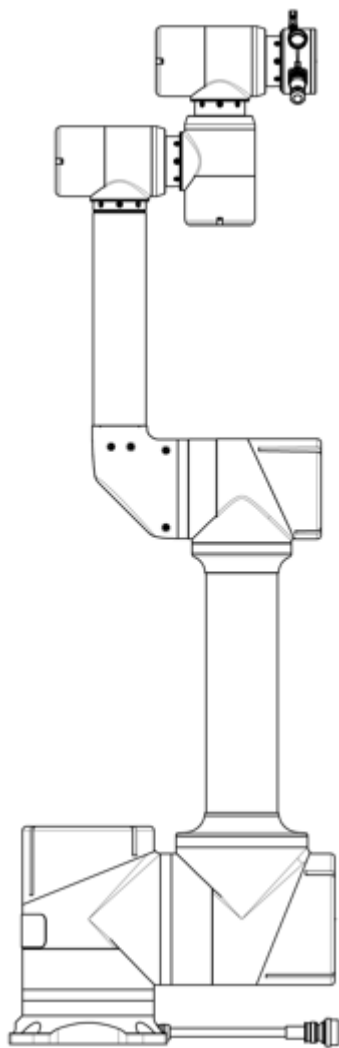


Рисунок I-6 – Манипулятор Promobot M13

Составные части манипулятора (см. Рисунок I-7).

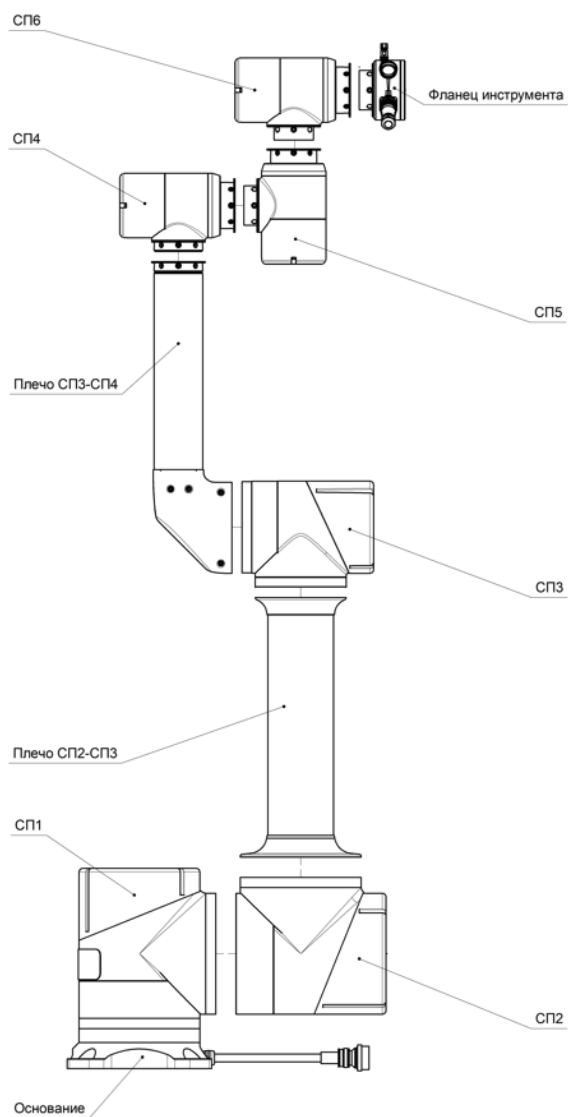


Рисунок I-7 – Составные части манипулятора

Каждый СП представляет собой узел в корпусе, содержащий:

- электромотор;
- редуктор;
- универсальную систему пассивного торможения;
- управляющий вычислительный модуль;
- систему определения положения СП;

Механическая часть манипулятора работает на основе взаимодействия сервоприводов. Каждая ось управляется отдельным бесколлекторным электромотором, который передает движение через редуктор на соответствующий элемент конструкции.

Высокая точность движений обеспечивается за счет использования волновых редукторов и системы обратной связи, состоящей из энкодеров и датчиков тока.

Рабочая окружность манипулятора (см. Рисунок I-8), достигает 1300 мм от оси СП2 до оси фланца инструмента.

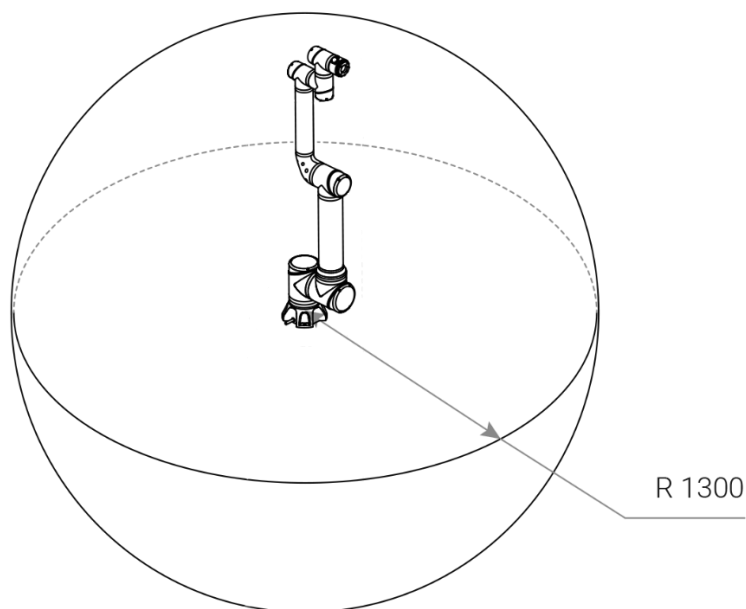


Рисунок I-8 – Рабочая зона манипулятора

1.2.2 Шкаф управления

Шкаф управления Promobot M13 (см. Рисунок I-9) выполняет функции питания, управления, обеспечивает безопасность работы и позволяет манипулятору интегрироваться с внешними системами автоматизации. Для обеспечения данного функционала шкаф управления содержит группы электрических интерфейсов – входы и выходы шкафа управления. Все внешние подключения должны осуществляться исключительно через гермовводы разных диаметров, обеспечивающие защиту корпуса шкафа от проникновения пыли и жидкостей (см. Рисунок I-15).

Примечание – Положение разъемов и гермовводов может отличаться от представленного на рисунке (см. Рисунок I-15).

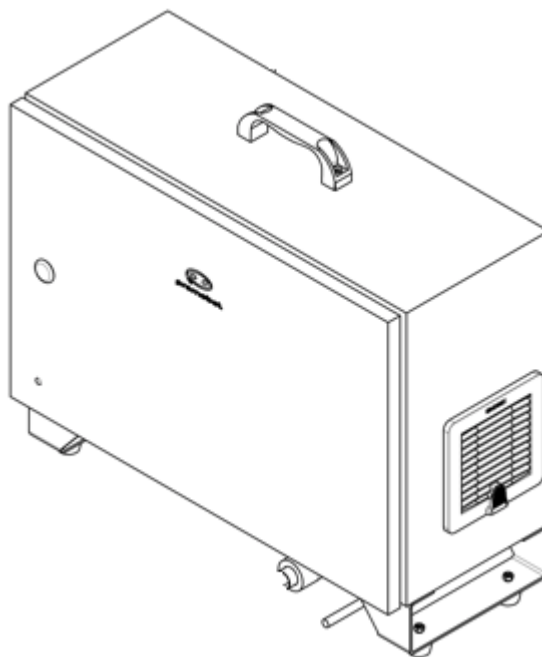


Рисунок I-9 – Шкаф управления Promobot M13

1.2.3 Пульт управления

ПУ Promobot M13 (см. Рисунок I-10) предназначен для взаимодействия оператора с манипулятором. ПУ обеспечивает управление движением манипулятора, настройку параметров работы, ввод программ, диагностику и мониторинг состояния системы.

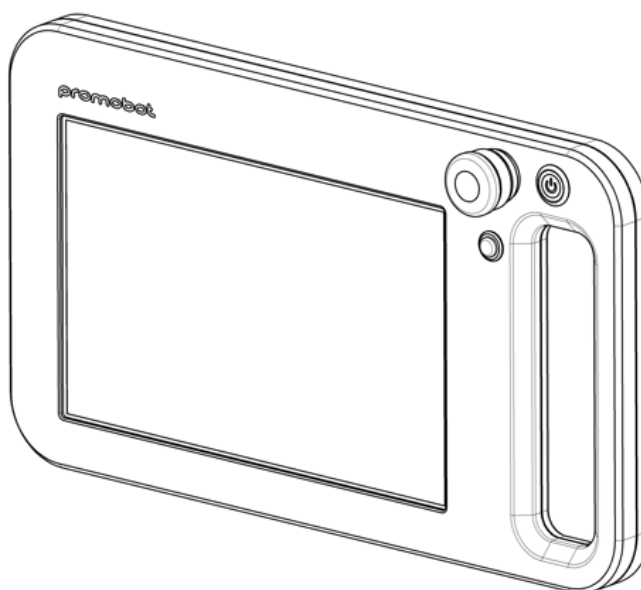


Рисунок I-10 – Пульт управления Promobot M13

ПУ состоит из следующих компонентов (см. Рисунок I-11):

- корпус, изготовленный из алюминия, который обеспечивает защиту от механических повреждений: имеет класс защиты IP54 (защита от пыли и влаги);
- сенсорный дисплей для отображения информации о состоянии манипулятора, параметрах работы и меню управления;
- функциональные кнопки: кнопка включения/выключения комплекса, кнопка аварийного останова манипулятора, кнопка FreeDrive;
- микроконтроллерный модуль для обработки сигналов сенсорного дисплея.

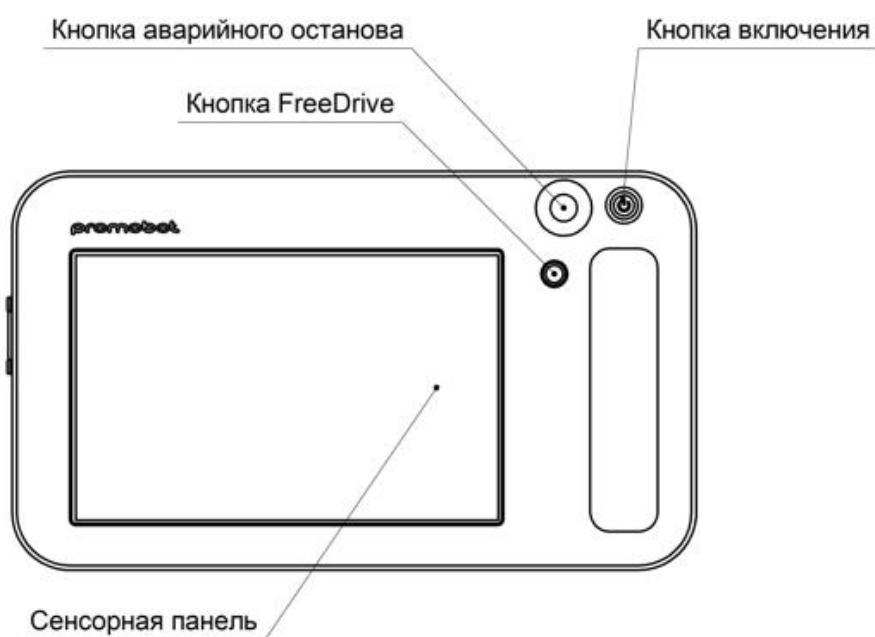


Рисунок I-11 – Составные части ПУ

1.2.4 Встроенное ПО Promobot M Control

Программное обеспечение Promobot M Control предназначено для обеспечения взаимодействия оператора с манипулятором.

Основные функции ПО:

- управление движением манипулятора в ручном режиме;
- создание, редактирование и сохранение программ движения;
- визуализация рабочей зоны и траекторий движения;
- мониторинг состояния и диагностика неисправностей;

- интеграция с внешними системами управления.

Подробное описание программного обеспечения представлено в томе II. ПРИЛОЖЕНИЕ PROMOBOT M CONTROL.

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

2.1 Эксплуатационные ограничения Promobot M13

Эксплуатация устройства должна осуществляться в строгом соответствии с техническими характеристиками и рекомендациями, указанными в данном руководстве. Несоблюдение эксплуатационных ограничений может привести к повреждению Promobot M13, травмам персонала и другим негативным последствиям.

Для обеспечения безопасной и эффективной работы Promobot M13, необходимо строго соблюдать эксплуатационные ограничения, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Эксплуатационные ограничения

Параметр	Значение	Примечание
Максимальная грузоподъемность манипулятора, не более, кг	13	Превышение нагрузки может привести к механическим повреждениям, снижению точности или созданию аварийных ситуаций
Допустимый диапазон температур, °С	от +5 до +50	Работа за пределами указанного диапазона может привести к перегреву, снижению производительности или выходу комплекса из строя
Относительная влажность воздуха, %	80	Не допускается эксплуатация манипулятора в условиях повышенной влажности или в помещениях с образованием конденсата. Это может вызвать коррозию, короткое замыкание или повреждение электронных компонентов

Параметр	Значение	Примечание
Линейная скорость перемещения центральной точки инструмента (ЦТИ), не более, м/с	1	Превышение этих параметров может привести к потере точности, повреждению Promobot M13 или травмам персонала

Манипулятор должен подключаться только к источнику электропитания, соответствующему техническим характеристикам (напряжение, частота, мощность).

Строго запрещается эксплуатировать манипулятор в условиях, характеризующихся повышенной запыленностью, а также в средах, содержащих агрессивные химические вещества, такие как кислоты, щелочи, растворители и так далее. Кроме того, недопустимо подвергать манипулятор ударным нагрузкам, воздействию вибраций или иным механическим воздействиям.

Запрещается использовать манипулятор для работы со взрывоопасными, легковоспламеняющимися или токсичными материалами без дополнительных мер защиты, предусмотренных предприятием-изготовителем.

Регулярно обновляйте программное обеспечение Promobot M Control, чтобы обеспечить стабильную работу и безопасность комплекса.

Запрещается проводить самостоятельный ремонт без согласования с предприятием-изготовителем или авторизованным сервисным центром. Это может привести к потере гарантии и создать опасные ситуации.

Также не допускается самостоятельная модификация механических узлов, электроники или программного обеспечения манипулятора.

Манипулятор должен использоваться только для задач, предусмотренных его назначением. Запрещается применять комплекс для выполнения работ, не указанных в технической документации.

Соблюдение указанных ограничений обеспечивает безопасность специалистов, продлевает срок службы манипулятора и гарантирует его корректную работу. В случае возникновения нестандартных ситуаций или сомнений в правильности эксплуатации

прекратите использование устройства и обратитесь в сервисную службу предприятия-изготовителя.

2.2 Подготовка Promobot M13 к использованию

Перед началом эксплуатации Promobot M13 необходимо выполнить ряд подготовительных мероприятий, чтобы обеспечить безопасную и корректную работу устройства.

Действия перед установкой:

- убедитесь, что условия эксплуатации соответствуют требованиям, описанным в разделе 2.1 «Эксплуатационные ограничения»;
- убедитесь в отсутствии на упаковке повреждений, полученных при транспортировке. При обнаружении дефектов на упаковке требуется обратиться к предприятию-изготовителю и не приступать к распаковке комплекса.

В н и м а н и е!

- 1 Не допускается подключение и включение манипулятора до его монтажа.
- 2 Установка комплекса должна проходить в условиях, отвечающих требованиям класса защиты.

2.2.1 Монтаж

При установке манипулятора, ввиду большого веса, необходимо использовать стропы:

1. Используйте круглопрядные текстильные стропы длиной 2 метра.
2. При обхвате стропами используйте захват мертвой петлей за плечо СП2–СП3 (см. Рисунок I-12).
3. Нельзя подвергать усилиям запрещенные места обхвата (СП4, СП5, СП6) и пластиковые защитные крышки (см. Рисунок I-12).

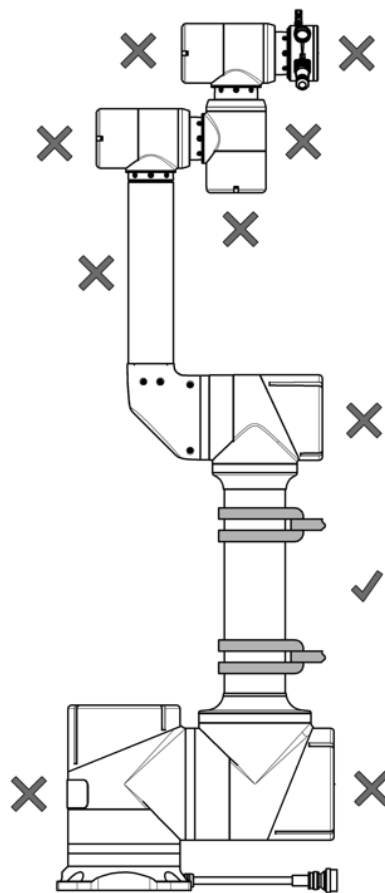


Рисунок I-12 – Разрешенные и запрещенные места обхвата при монтаже/демонтаже манипулятора

Для установки Promobot M13 выполните следующие действия:

1. Извлеките манипулятор, шкаф управления, пульт управления и комплектующие из упаковки. Будьте аккуратны при распаковке, чтобы не повредить упаковочный материал – он может понадобиться для хранения и дальнейшей транспортировки Promobot M13.
2. Проверьте комплектность согласно паспорту комплекта.
3. Убедитесь в отсутствии повреждений составных частей Promobot M13 при транспортировке.
4. Определите способ установки: напольный, настенный, подвесной, на движущейся платформе или на линейной оси. При установке необходимо учитывать рабочий диапазон манипулятора и обеспечить достаточное пространство для движения согласно пункту 4.3 «Рабочее окружение».

манипулятора». Место установки ровное, устойчивое и свободное от внешних вибраций, способное выдержать нагрузку с воздействием силы в 2 кН.

- Требование к напольному покрытию: бетон не хуже марки Б20 и толщиной не менее 200 мм.
- Требования к режиму скорости линейной оси или движущейся платформе: время ускорения и время замедления минимальное 0,6 с., скорость линейная максимальная 1 м/с.

В н и м а н и е! Несоблюдение режима скорости может привести к срабатыванию аварийного останова и повреждению манипулятора.

5. Крепление основания манипулятора производится на химический анкер с шпилькой не менее М8х100 или на винты М8 (не входят в комплект поставки, приобретаются отдельно), рекомендуемый стандарт DIN 912, класс прочности не ниже 8.8.
6. Просверлите 4 монтажных отверстия по окружности диаметром $\varnothing 254$ мм под крепления основания манипулятора согласно схеме разметки (см. Рисунок I-13).

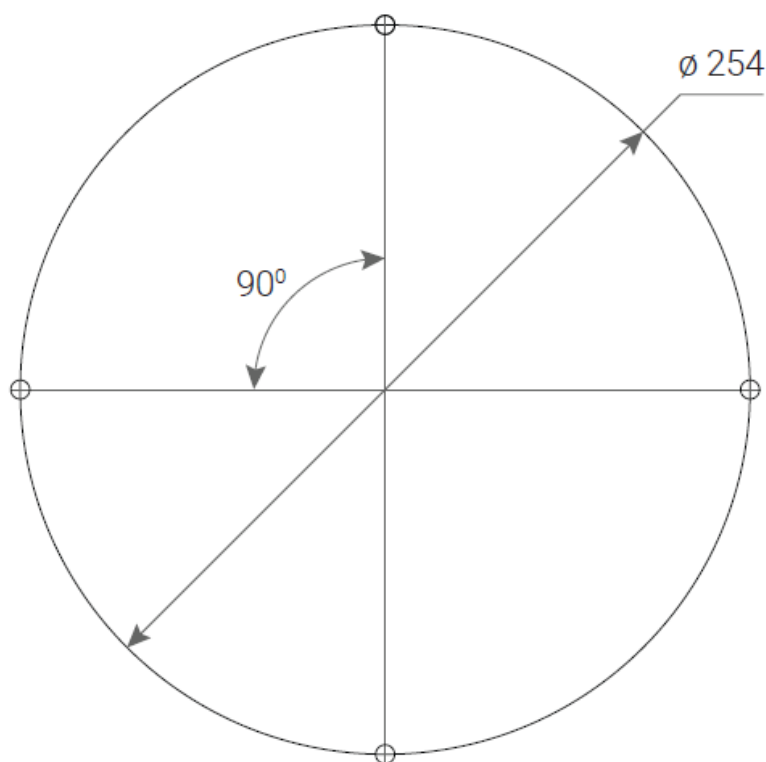


Рисунок I-13 – Схема разметки отверстий для монтажа манипулятора

7. Установите манипулятор на подготовленную поверхность и закрепите крепежными элементами.

Внимание! После монтажа осмотрите манипулятор и убедитесь, что он надежно закреплен и устойчив. Неустойчивая установка может привести к некорректной работе, повреждениям манипулятора и травмам персонала.

8. Разместите на полу шкаф управления. Допускается монтаж шкафа управления на стену с использованием четырех монтажных отверстий $\varnothing 6$ мм на корпусе шкафа (отверстия закрыты заглушками). Для обеспечения циркуляции воздуха с каждой стороны шкафа управления необходимо оставить свободное пространство шириной 100 мм. Условия расположения шкафа управления должны соответствовать его классу защиты.

9. Убедитесь, что при эксплуатации кабель пульта управления не создает опасности споткнуться. Для удобства хранения пульта можно использовать специальные кронштейны (не входят в комплект поставки, приобретаются отдельно).

10. Закрепите рабочий инструмент на фланец (см. Рисунок I-14). Фланец инструмента выполнен в соответствии с ГОСТ Р 60.3.4.1–2017/ИСО 9409-1:2004 исполнение 63-4-M6. При необходимости подключения инструмента возможно использование разъема SF812B/S8 (см. раздел «2.2.2.2 Подключение инструмента»).

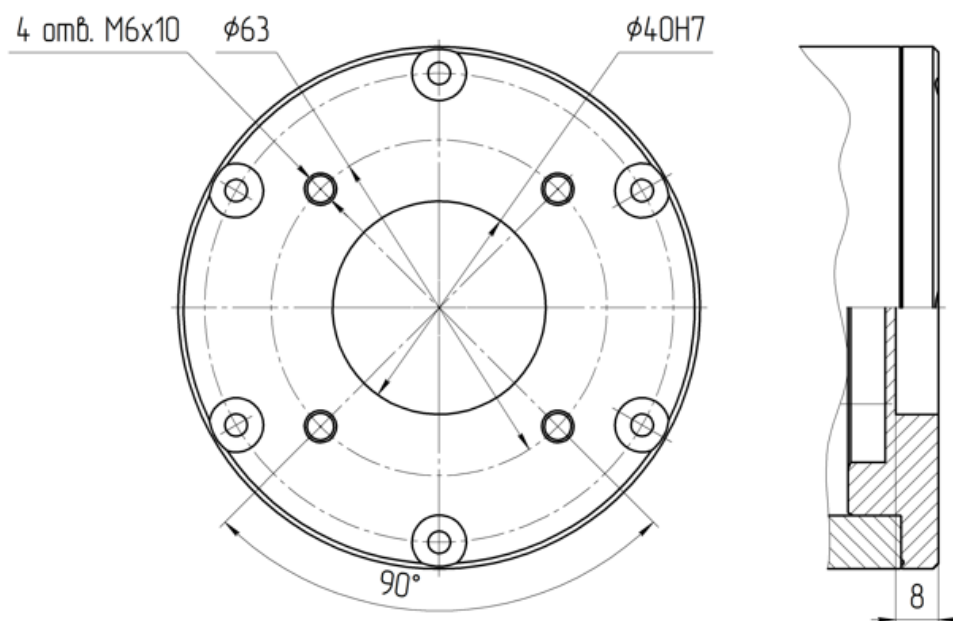


Рисунок I-14 – Фланец инструмента

11. Убедитесь, что рабочая зона свободна от посторонних предметов.
12. Установите ограждения или маркеры для обозначения зоны работы манипулятора (не входят в комплект поставки, приобретаются отдельно).

2.2.2 Подключение

2.2.2.1 Подключение электрических соединений

Подключите шкаф управления и пульт управления кабелями из комплекта поставки Promobot M13 следующим образом:

1. Подключите кабель питания к входному разъему шкафа управления.
2. Подключите кабель манипулятора к шкафу управления и к манипулятору (см. Рисунок I-15).

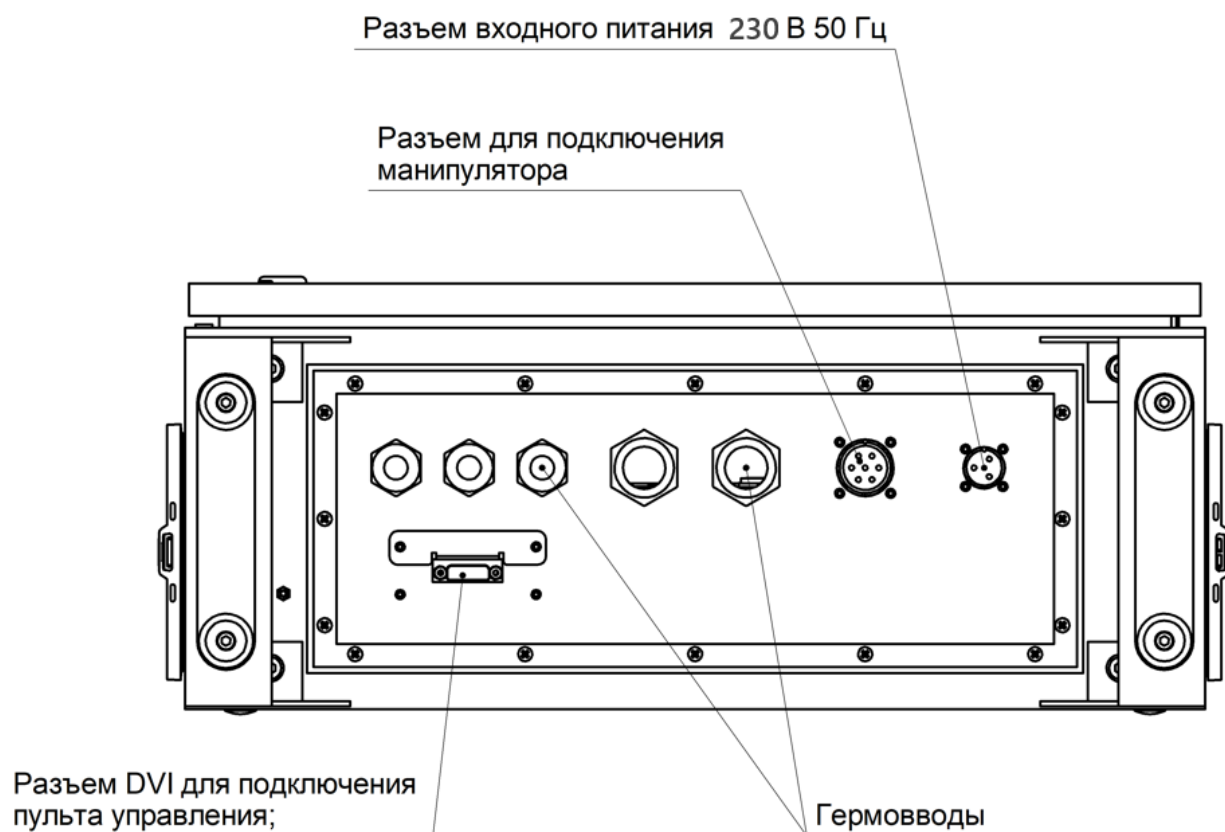


Рисунок I-15 – Расположение разъема подключения манипулятора и гермоввода для прохода кабеля пульта управления

3. Откройте шкаф управления. Убедитесь, что автоматический выключатель находится в положении «ВЫКЛ».
4. Подключите пульт управления в разъем DVI.
5. Подключите необходимые периферийные устройства и модули (при наличии) (см. раздел 2.2.2.3 «Подключение внешних устройств»).
6. Убедитесь, что дополнительные кнопки аварийного останова установлены и переведены в положение «ВКЛ» либо в соответствующие разъемы установлены переключки (см. раздел 4.4.1 «Категории останова»).
7. Подключите кабель питания к питающей сети.

Примечание – Если комплекс был перемещен из зоны с отрицательной температурой в теплое помещение, обязательно выдержите его в новых температурных условиях не менее 12 часов, прежде чем подключить к электросети.

8. Переведите автоматический выключатель шкафа управления в положение «ВКЛ».

9. Нажмите кнопку включения на пульте управления: после подачи питания шкаф управления издаст один длинный звуковой сигнал, на пульте управления будет отображаться процесс загрузки управляющего ПО.

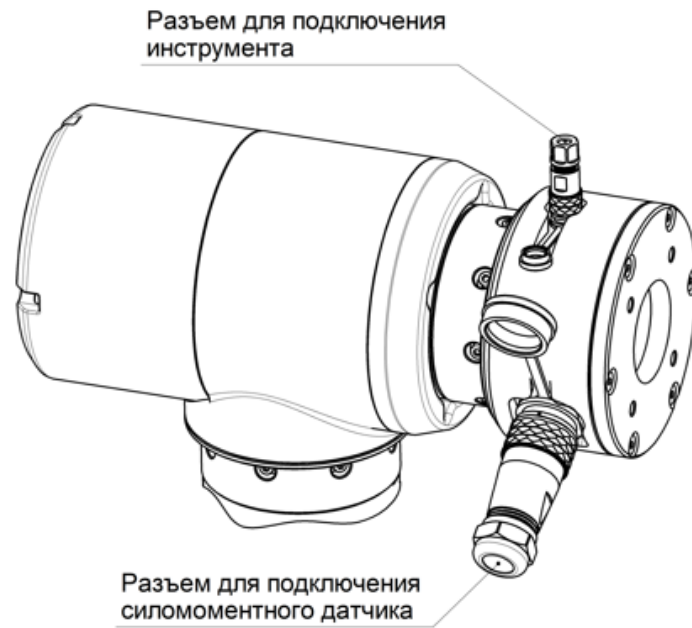
10. Закройте шкаф управления.

Внимание! Убедитесь, что шкаф управления и кабели не контактируют с водой.

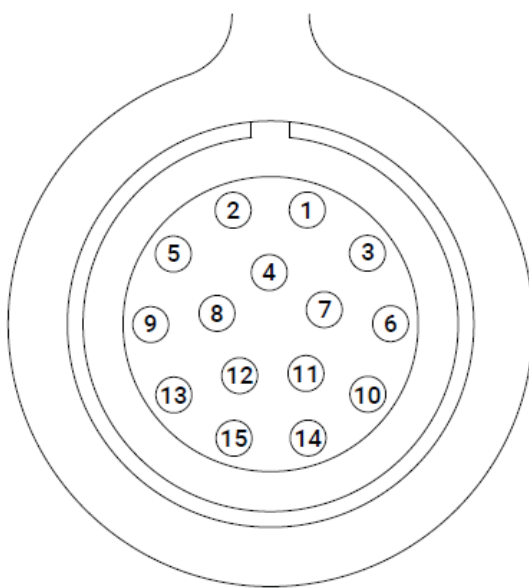
Последствия контакта могут привести к смертельной травме.

2.2.2.2 Подключение инструмента

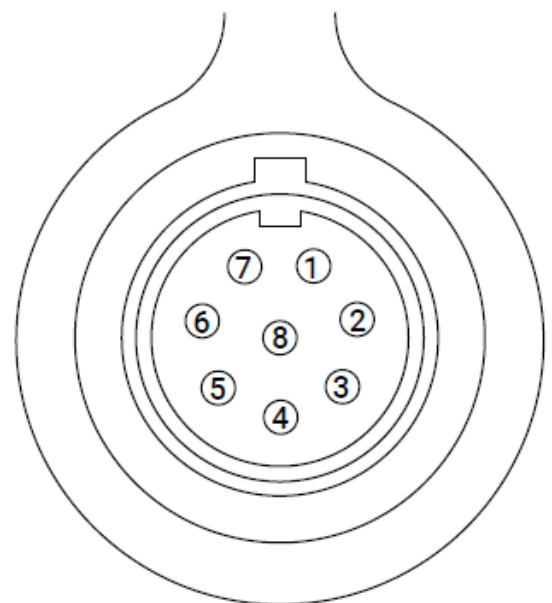
На фланце находятся группы электрических интерфейсов, необходимые для подключения инструмента (см. Рисунок I-16).



а)



б)



в)

Рисунок I-16 – Группы электрических интерфейсов на фланце, где: а) входы и выходы на фланце инструмента, б) разъем SF2012/S151 для подключения силомоментного датчика, в) разъем SF812B/S8 для подключения инструмента

Порядок расположения контактов разъема инструмента (см. Рисунок I-17).

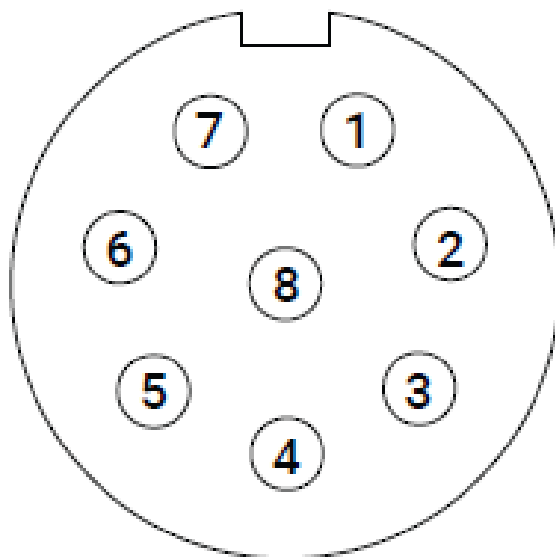


Рисунок I-17 – Порядок расположения контактов разъема инструмента

Описание и характеристики отличаются в зависимости от установленной версии платы Gadget.V2 или Gadget.V3. Версию платы, установленную на вашем манипуляторе, вы можете уточнить, обратившись в сервисный центр предприятия-изготовителя.

Описание и характеристики контактов разъема инструмента при установленной версии платы Gadget.V2 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Описание и характеристики контактов разъема инструмента Gadget.V2

№	Краткое наименование	Описание	Характеристики
1	GADGET_1	Аналоговый вход 2 (AIN2) / RS-485_B	Режим измерения напряжения: - Максимальное измеряемое напряжение – 24 В; - Входное сопротивление – 11,5 кОм. Режим токовой петли: - Максимальное входное напряжение – 5 В; - Максимальный входной ток – 25 мА;
2	GADGET_2	Аналоговый вход 1 (AIN1) / RS-485_A	

№	Краткое наименование	Описание	Характеристики
			- Входное сопротивление – 182 Ом
3	GADGET_3	Цифровой вход 2 (DIN2)	- Внутренняя подтяжка: к земле 50 кОм;
4	GADGET_4	Цифровой вход 1 (DIN1)	- Логический «0»: <2 В; - Логическая «1»: >5 В; - Максимальный рабочий диапазон 0–24 В; - Макс допустимое напряжение 26 В
5	GADGET_5	Цифровой выход 2 (DOU2) / Земля (GND)	24 В, максимум 1 А Возможные режимы: - Sinking (Low/open); - Sourcing (High/open); - Push/Pull (High/Low)
6	GADGET_6	Цифровой выход 1 (DOU1) или режим открытого коллектора (требуется внешняя подтяжка к питанию) (0 В) / 12 В	12 В, максимум 1 А Возможные режимы: - Sinking (Low/open); - Sourcing (High/open); - Push/Pull (High/Low)
7	GADGET_7	Питание (0 В) / 24 В	24 В, максимум 1 А
8	GADGET_8	Земля (GND)	Максимум 1 А, объединена с корпусом устройства

Описание и характеристики контактов разъема инструмента при установленной версии платы Gadget.V3 представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Описание и характеристики контактов разъема инструмента Gadget.V3

№	Краткое наименование	Описание	Характеристики
1	GADGET_1	Аналоговый вход 2 (AIN2) / RS-485 (B)	<p>Режим измерения напряжения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Максимальное измеряемое напряжение – 24 В; - Входное сопротивление – 11,5 кОм. <p>Режим токовой петли:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Максимальное входное напряжение – 5 В; - Максимальный входной ток – 25 мА; - Входное сопротивление – 182 Ом
2	GADGET_2	Аналоговый вход 1 (AIN1) / RS-485 (A)	
3	GADGET_3	Цифровой вход 2 (DIN2)	<ul style="list-style-type: none"> - Входное сопротивление – 50 кОм - Логический «0»: <2 В - Логическая «1»: >5 В - Рабочий диапазон – 0–24 В; - Максимально допустимое напряжение – 26 В
4	GADGET_4	Цифровой вход 1 (DIN1)	
5	GADGET_5	Цифровой выход 2 (DOUT2)	<p>Доступные напряжения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 24 В, максимально 1 А - 0 В (GND), максимально 1 А

			<p>Возможные режимы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sinking (Low/open); - Sourcing (High/open); - Push/Pull (High/Low)
6	GADGET_6	Цифровой выход 1 (DOUT1)	<p>Доступные напряжения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 12 В, максимально 1 А; - 24 В, максимально 1 А; - 0 В (GND), максимально 1 А. <p>Возможные режимы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sinking (Low/open); - Sourcing (High/open); - Push/Pull (High/Low)
7	GADGET_7	Питание (VOUTPUT)	<p>Доступные напряжения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 24 В, максимально 1 А; - 12 В, максимально 1 А; - 0 В (GND), максимально 1 А
8	GADGET_8	Земля (GND)	Максимально 2 А, объединен с корпусом устройства
<ul style="list-style-type: none"> - Для индуктивных нагрузок рекомендуется использовать защитный диод. - Цифровые входы с высокоомными подтягивающими резисторами – означает, что плавающий вход всегда имеет низкий уровень. - Аналоговые входы недифференциальные и могут быть настроены на напряжение (0–24 В) или ток (4–20 мА). - Короткое замыкание цифровых выходов или порта питания может привести к повреждению M13 			

2.2.2.3 Подключение внешних устройств

Для обеспечения интеграции с внешними устройствами шкаф управления Promobot M13 содержит группы электрических интерфейсов, расположенных на пользовательской панели – входы и выходы шкафа управления (см. Рисунок I-18).

Группы электрических интерфейсов имеют световую индикацию, сигнализирующую об их активном состоянии.

Все внешние подключения осуществлять исключительно через гермовводы, обеспечивающие защиту корпуса шкафа от проникновения пыли и жидкостей.

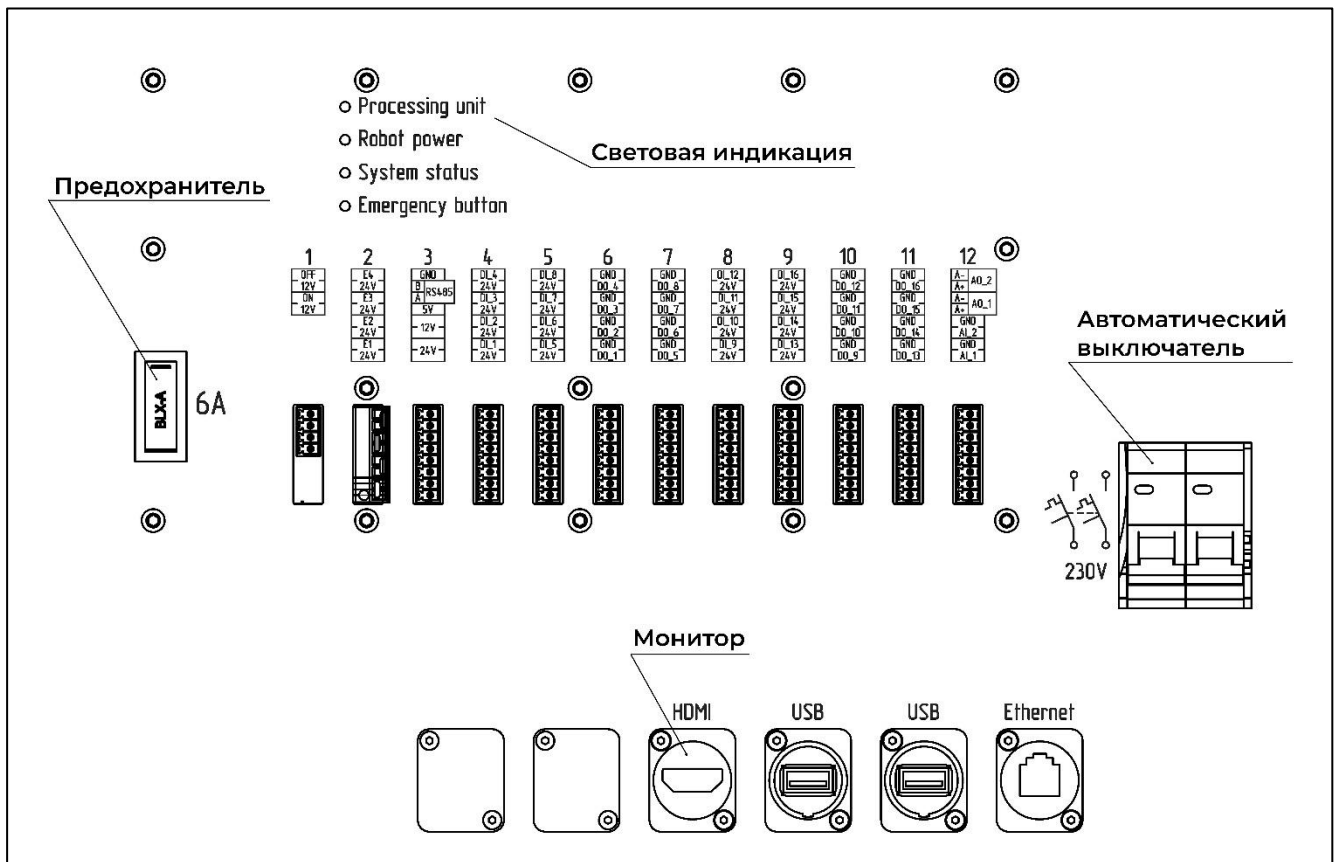


Рисунок I-18 – Общий вид пользовательской панели шкафа управления

Описание и характеристики отличаются в зависимости от установленной версии платы Safety.V2 или Safety.V3. Версию платы, установленную на вашем манипуляторе, вы можете уточнить, обратившись в сервисный центр предприятия-изготовителя.

Описание и характеристики интерфейсов, при установленной версии платы Safety.V2, представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Описание и характеристики интерфейсов Safety.V2

№ разъема	Наименование разъема	Описание	Характеристики
1	Входы включения манипулятора	Разъемы для удаленного включения манипулятора	<p>Разъем: 15EDGVC-3.5-04P-14;</p> <p>Нумерация контактов снизу вверх:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1, 3 – 12 В, суммарно макс. 0,3 А; - 2 – контакт вкл.; - 4 – контакт выкл. <p>Напряжение:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пределы напряжения для области «ВКЛ.»: мин. 3 В, ном. 12 В, макс. 14 В; - пределы напряжения для области «ВЫКЛ.»: мин. -3 В, ном. 0 В, макс. 3 В. <p>Ток: мин. 3 мА, ном. 12 мА, макс. 14 мА</p>
2	Входы Emergency	Группы дискретных входов для подключения кнопок и датчиков	<p>Нумерация контактов снизу вверх:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1, 3, 5, 7: - напряжение: 24 В; - макс. суммарный ток 0,7 А; - 2, 4 – аппаратные входы (для нормальной работы должны быть замкнуты на 24 В); - 6, 8 – цифровые входы. <p>Параметры цифровых входов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Напряжение: <ul style="list-style-type: none"> - пределы напряжения для области «ВКЛ.»: мин. 11 В, ном. 24 В, макс. 30 В; - пределы напряжения для области «ВЫКЛ.»: мин. -3 В, ном. 0 В, макс. 11 В.

№ разъема	Наименование разъема	Описание	Характеристики
			- Ток: мин. 2 мА, ном. 5 мА, макс. 15 мА
3	Выходы 24 В, 12 В, 5 В и интерфейс RS-485	Источники постоянного напряжения для внешних устройств. Примечание: В процессе эксплуатации интерфейса RS-485 при необходимости установите внешний терминатор	Нумерация контактов снизу вверх: - 1,2 – 24 В ($\pm 5\%$), 0,7 А; - 3,4 – 12 В ($\pm 5\%$), 0,7 А; - 5 – 5 В ($\pm 5\%$), 0,7 А; - 6 – RS-485 (А); - 7 – RS-485 (В); - 8 – GND
4, 5, 8, 9	Цифровые входы DI_1–DI_4, DI_5–DI_8, DI_9–DI_12, DI_13–DI_16	Группы дискретных входов для подключения датчиков	Нумерация контактов снизу вверх. Напряжение: - пределы напряжения для области «ВКЛ.»: мин. 11 В, ном. 24 В, макс. 30 В; - пределы напряжения для области «ВЫКЛ.»: мин. -3 В, ном. 0 В, макс. 11 В. Ток: мин. 2 мА, ном. 5 мА, макс. 15 мА
6, 7, 10, 11	Цифровые выходы DO_1–DO_4, DO_5–DO_8, DO_9–DO_12, DO_13–DO_16	Группы дискретных выходов для управления внешними устройствами	Нумерация контактов снизу вверх: - 1, 3, 5, 7 – выходы: - напряжение: 24 В; - ток макс. 0,3 А; - 2, 4, 6, 8 – GND

№ разъема	Наименование разъема	Описание	Характеристики
12	Аналоговые входы (AIN) 1, 2 и аналоговые выходы (AOUT) 1, 2	Входы и выходы для аналоговых сигналов	<p>Нумерация контактов снизу вверх:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1, 3 – аналоговые входы: <ul style="list-style-type: none"> - в режиме измерения напряжения 0...10 В, 10 кОм или - в режиме токовой петли 4...20 мА; 15 кОм; - 5, 7 – аналоговые выходы: <ul style="list-style-type: none"> - в режиме напряжения 0...10 В, 0...20 мА или - в режиме токовой петли 4...20 мА, макс. 12 В; - 2, 4, 6, 8 – GND
–	Предохранитель	Предназначен для защиты портов GND от суммарного превышения тока 6 А	Сменный предохранитель 6 А, корпус 5×20
–	Световая индикация	Светодиоды для передачи информации о состоянии или процессе работы манипулятора	<p>Назначение снизу вверх:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 – индикатор состояния вычислительного блока (постоянное свечение зеленым – нормальное функционирование вычислительного блока манипулятора; отсутствует свечение – вычислительный блок отключен); - 2 – в процессе: <ul style="list-style-type: none"> - запуска системы: индикатор успешной инициализации

№ разъема	Наименование разъема	Описание	Характеристики
			<p>(постоянное свечение зеленым – вычислительный блок запущен, инициализация периферии прошла успешно);</p> <ul style="list-style-type: none"> - работы комплекса: индикатор наличия напряжения на манипуляторе (прерывистое свечение раз в секунду – напряжение подано на манипулятор); - 3 – индикатор состояния платы безопасности (постоянное свечение зеленым – загрузчик запущен на плате; прерывистое свечение – наличие ошибок на плате безопасности; отсутствует свечение – отсутствие ошибок на плате безопасности или запущен процесс обновления ПО на плате безопасности); - 4 – индикатор состояния аварийной кнопки на пульте управления (постоянное свечение зеленым – кнопка деактивирована (состояние нормально замкнутое); отсутствует свечение – кнопка активирована (состояние разомкнутое))
–	HDMI Монитор	Разъем для подключения внешнего дисплея	Тип: А; Стандарт: 1.4a
–	USB	Порт для подключения внешних	Стандарт: USB 2.0; Тип: Type-A; Ток: 500 мА

№ разъема	Наименование разъема	Описание	Характеристики
		периферийных устройств	
–	Ethernet	Сетевой интерфейс для подключения к внешней локальной сети	Стандарт: 100BASE-TX; Скорость: 100 Мбит/с; Разъем: 8P8C

Описание и характеристики интерфейсов, при установленной версии платы Safety.V3, представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Описание и характеристики интерфейсов Safety.V3

№ разъема	Наименование разъема	Описание	Характеристики
1	Входы включения манипулятора	Разъемы для удаленного включения манипулятора	Разъем: 15EDGVC-3.5-04P-14; Нумерация контактов снизу вверх: - 1, 3 – 12 В, суммарно макс. 0,3 А; - 2 – контакт вкл.; - 4 – контакт выкл. Напряжение: - пределы напряжения для области «ВКЛ.»: мин. 3 В, ном. 12 В, макс. 14 В; - пределы напряжения для области «ВЫКЛ.»: мин. -3 В, ном. 0 В, макс. 3 В. Ток: мин. 3 мА, ном. 12 мА, макс. 14 мА
2	Входы Emergency	Группы дискретных входов для подключения	Нумерация контактов снизу вверх: - 1, 3, 5, 7: - напряжение: 24 В; - макс. суммарный ток 0,7 А;

№ разъема	Наименование разъема	Описание	Характеристики
		кнопок и датчиков	<ul style="list-style-type: none"> - 2, 4 – аппаратные входы (для нормальной работы должны быть замкнуты на 24 В); - 6, 8 – цифровые входы. Параметры цифровых входов: <ul style="list-style-type: none"> - Напряжение: <ul style="list-style-type: none"> - пределы напряжения для области «ВКЛ.»: мин. 11 В, ном. 24 В, макс. 30 В; - пределы напряжения для области «ВЫКЛ.»: мин. -3 В, ном. 0 В, макс. 11 В. - Ток: мин. 2 мА, ном. 5 мА, макс. 15 мА
3	Выходы 24 В, 12 В, 5 В и интерфейс RS-485	Источники постоянного напряжения для внешних устройств. Примечание: В процессе эксплуатации интерфейса RS-485 при необходимости установите внешний терминатор	Нумерация контактов снизу вверх: <ul style="list-style-type: none"> - 1,2 – 24 В ($\pm 5\%$), 1,5 А; - 3,4 – 12 В ($\pm 5\%$), 0,7 А; - 5 – 5 В ($\pm 5\%$), 0,7 А; - 6 – RS-485 (А); - 7 – RS-485 (В); - 8 – GND
4, 5, 8, 9	Цифровые входы DI_1–DI_4, DI_5–DI_8,	Группы дискретных входов для	Нумерация контактов снизу вверх. Напряжение: <ul style="list-style-type: none"> - пределы напряжения для области «ВКЛ.»: мин. 11 В, ном. 24 В, макс. 30 В;

№ разъема	Наименование разъема	Описание	Характеристики
	DI_9–DI_12, DI_13–DI_16	подключения датчиков	- пределы напряжения для области «ВЫКЛ.»: мин. -3 В, ном. 0 В, макс. 11 В. Ток: мин. 2 мА, ном. 5 мА, макс. 15 мА
6, 7, 10, 11	Цифровые выходы DO_1–DO_4, DO_5–DO_8, DO_9–DO_12, DO_13–DO_16	Группы дискретных выходов для управления внешними устройствами	Нумерация контактов снизу вверх: - 1, 3, 5, 7 – выходы: - напряжение: 24 В; - ток макс. 1,9 А; суммарный макс. ток всех 16 портов вместе с выходами – 24 В «1», «2» – 4 А; - 2, 4, 6, 8 – GND
12	Аналоговые входы (AIN) 1, 2 и аналоговые выходы (AOUT) 1, 2	Входы и выходы для аналоговых сигналов	Нумерация контактов снизу вверх: - 1, 3 – аналоговые входы: - в режиме измерения напряжения 0...24 В, 10 кОм или - в режиме токовой петли 4...20 мА; 15 кОм; - 5, 7 – аналоговые выходы: - в режиме напряжения 0...10 В, 0...20 мА или - в режиме токовой петли 4...20 мА, макс. 12 В; - 2, 4, 6, 8 – GND
–	Предохранитель	Предназначен для защиты портов GND от суммарного превышения тока 6 А	Сменный предохранитель 6 А, корпус 5×20

№ разъема	Наименование разъема	Описание	Характеристики
–	Световая индикация	Светодиоды для передачи информации о состоянии или процессе работы манипулятора	<p>Назначение снизу вверх:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 – индикатор состояния вычислительного блока (постоянное свечение зеленым – нормальное функционирование вычислительного блока манипулятора; отсутствует свечение – вычислительный блок отключен); - 2 – в процессе: <ul style="list-style-type: none"> - запуска системы: индикатор успешной инициализации (постоянное свечение зеленым – вычислительный блок запущен, инициализация периферии прошла успешно); - работы комплекса: индикатор наличия напряжения на манипуляторе (прерывистое свечение раз в секунду – напряжение подано на манипулятор); - 3 – индикатор состояния платы безопасности (постоянное свечение зеленым – загрузчик запущен на плате; прерывистое свечение – наличие ошибок на плате безопасности; отсутствует свечение – отсутствие ошибок на плате безопасности или запущен процесс обновления ПО на плате безопасности); - 4 – индикатор состояния аварийной кнопки на пульте управления (постоянное свечение зеленым – кнопка деактивирована (состояние нормально замкнутое); отсутствует свечение –

№ разъема	Наименование разъема	Описание	Характеристики
			кнопка активирована (состояние разомкнутое))
–	HDMI Монитор	Разъем для подключения внешнего дисплея	Тип: А; Стандарт: 1.4a
–	USB	Порт для подключения внешних периферийных устройств	Стандарт: USB 2.0; Тип: Type-A; Ток: 500 мА
–	Ethernet	Сетевой интерфейс для подключения к внешней локальной сети	Стандарт: 100BASE-TX; Скорость: 100 Мбит/с; Разъем: 8P8C

2.2.2.4 Подключение датчиков и исполнительных механизмов к портам

Для подключения готовых датчиков или исполнительных механизмов используются:

- порты (входы и выходы) на пользовательской панели шкафа управления (см. Рисунок I-19);

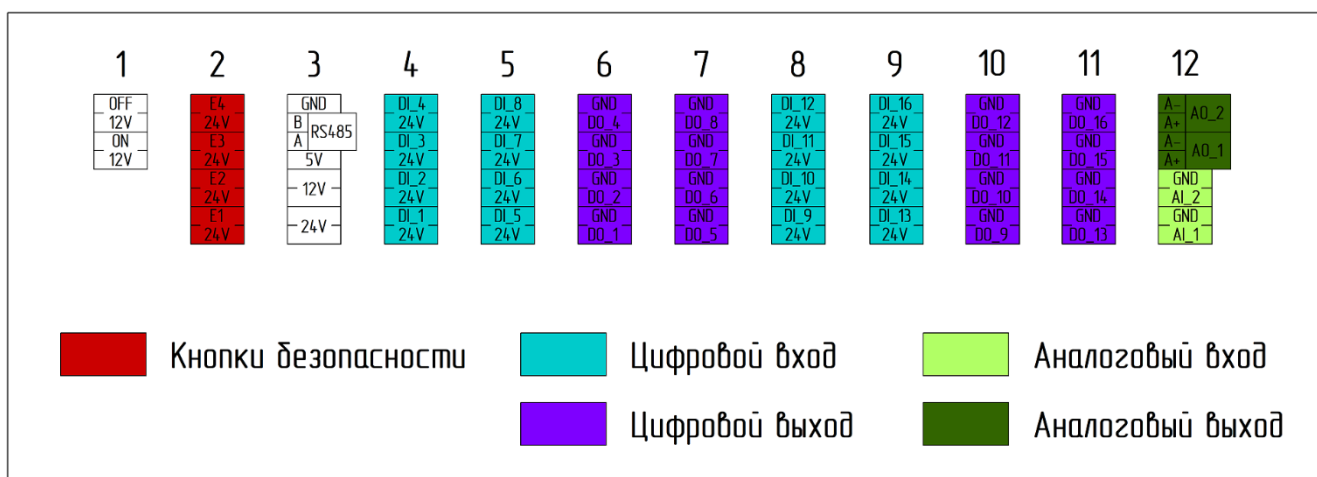


Рисунок I-19 – Порты на пользовательской панели шкафа управления

- порты (входы и выходы) на фланце инструмента (см. Рисунок I-20);

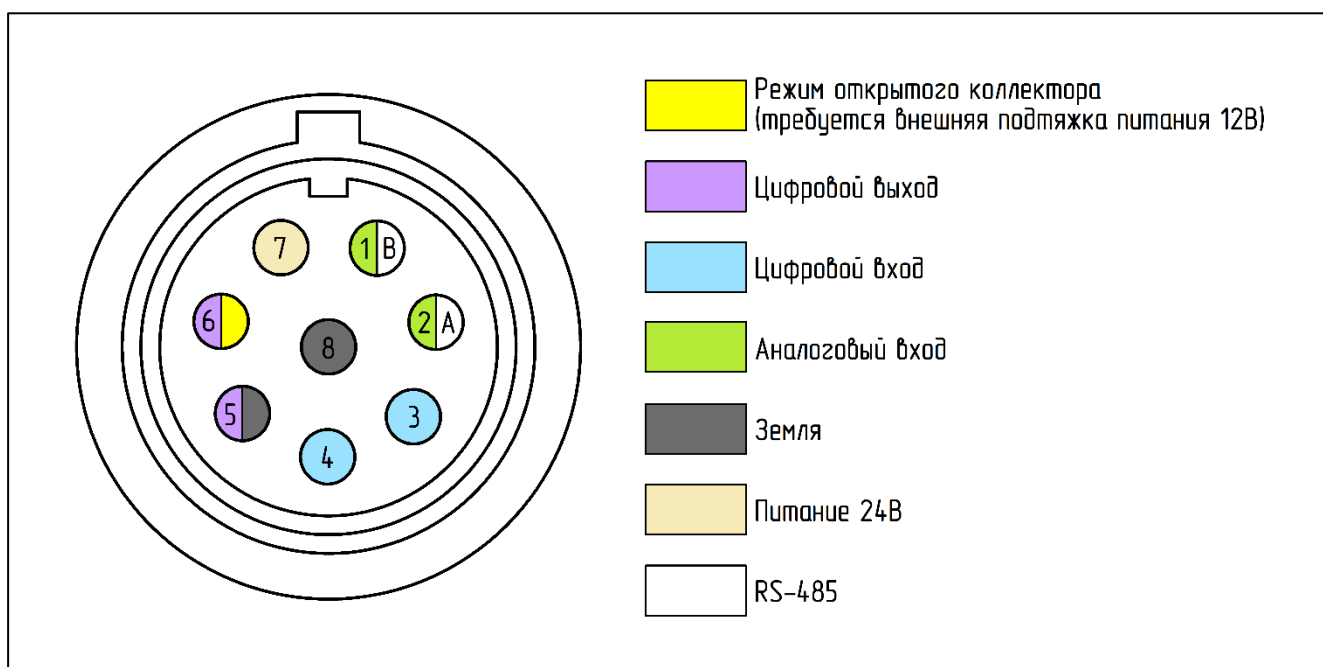


Рисунок I-20 – Порты на фланце инструмента

Параметры портов:

1. Цифровые входы

Электрические параметры портов DI_1–DI_4, DI_5–DI_8, DI_9–DI_12, DI_13–DI_16 пользовательской панели представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Электрические параметры портов DI_1–DI_4, DI_5–DI_8, DI_9–DI_12, DI_13–DI_16

Параметр	Единица измерения	Минимальное значение	Номинальное значение	Максимальное значение
Напряжение между контактами	В	–	24	30
Ток	мА	2	5	15
Напряжение для области логической единицы	В	11	24	30
Напряжение для области логического нуля	В	-3	0	11

Электрические параметры портов GADGET_3 – GADGET_4 разъема инструмента представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Электрические параметры портов GADGET_3 – GADGET_4

Параметр	Единица измерения	Минимальное значение	Номинальное значение	Максимальное значение
Внутреннее сопротивление	кОм	–	50	–
Напряжение для области логической единицы	В	5	24	26
Напряжение для области логического нуля	В	0	2	5

Типовая схема подключения:

- Подключение датчика типа «Сухой контакт» (см. Рисунок I-21):

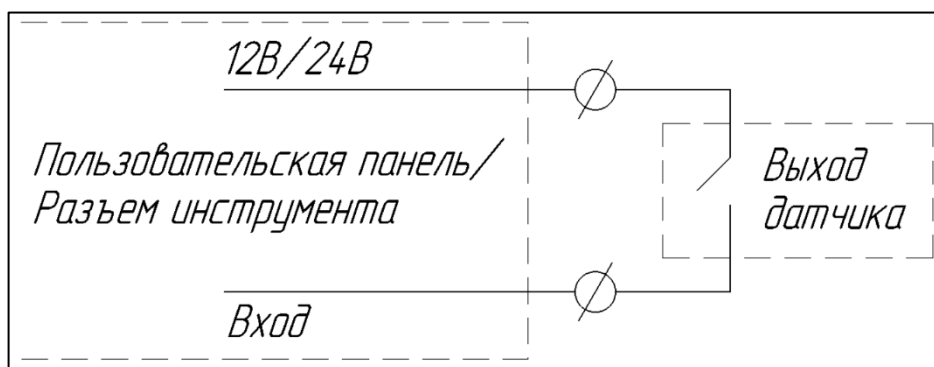


Рисунок I-21 – Подключение датчика типа «Сухой контакт»

2. Аналоговые входы

Электрические параметры портов AI_1, AI_2 пользовательской панели представлены в таблице 9:

Таблица 9 – Электрические параметры портов AI_1, AI_2

Параметр	Единица измерения	Минимальное значение	Номинальное значение	Максимальное значение
Измеряемое напряжение в режиме работы порта «Напряжение»	В	0	–	24
Внутреннее сопротивление каскада в режиме работы порта «Напряжение»	кОм	–	10,5	–
Напряжение запитки каскада в режиме работы порта «Резистивный»	В	–	24	–

Параметр	Единица измерения	Минимальное значение	Номинальное значение	Максимальное значение
Внутреннее сопротивление каскада в режиме работы порта «Резистивный»	кОм	–	10,5	–
Измеряемый ток в режиме работы порта «Токовая петля»	мА	0	–	25
Внутреннее сопротивление каскада в режиме работы порта «Токовая петля»	кОм	–	0,15	–

Электрические параметры портов GADGET_1, GADGET_2 представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Электрические параметры портов GADGET_1, GADGET_2

Параметр	Единица измерения	Минимальное значение	Номинальное значение	Максимальное значение
Измеряемое напряжение в режиме работы порта «Напряжение»	В	0	–	24
Внутреннее сопротивление каскада в режиме работы порта «Напряжение»	кОм	–	10,5	–
Напряжение запитки каскада в режиме работы порта «Резистивный»	В	–	24	–

Параметр	Единица измерения	Минимальное значение	Номинальное значение	Максимальное значение
Внутреннее сопротивление каскада в режиме работы порта «Резистивный»	кОм	–	10,5	–
Измеряемый ток в режиме работы порта «Токовая петля»	мА	0	–	24
Внутреннее сопротивление каскада в режиме работы порта «Токовая петля»	кОм	–	0,182	–

Типовые схемы подключения:

- Подключение датчика с выходом по напряжению (см. Рисунок I-22).

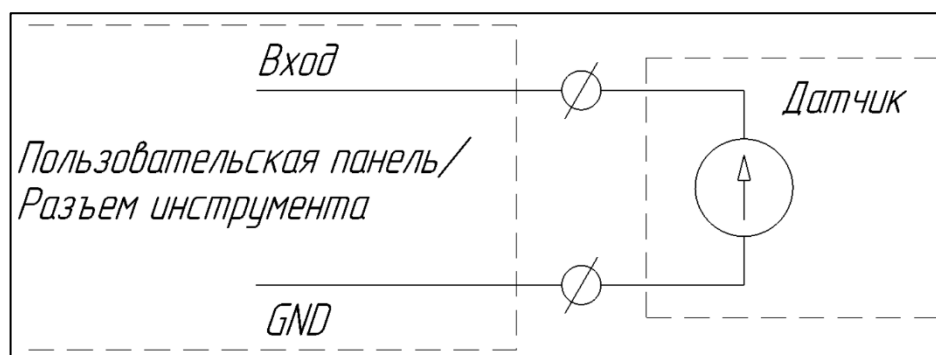


Рисунок I-22 – Схема подключения датчика с выходом по напряжению

- Подключение датчика с резистивным выходом (см. Рисунок I-23).

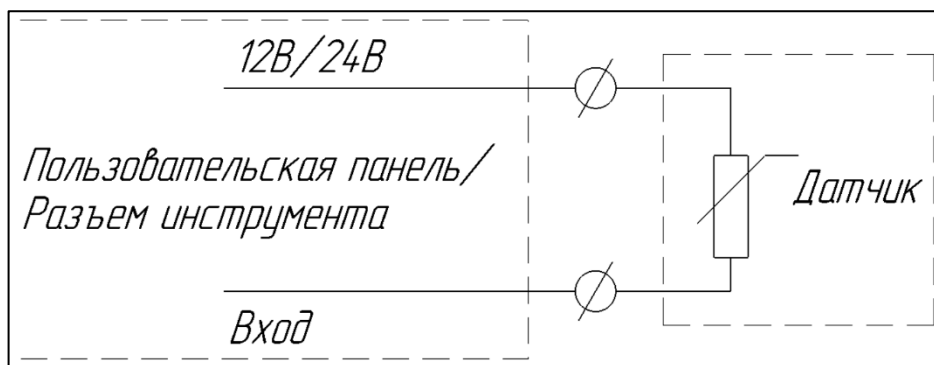


Рисунок I-23 – Схема подключения датчика с резистивным выходом

- Подключение датчика с выходом типа «токовая петля» (см. Рисунок I-24).

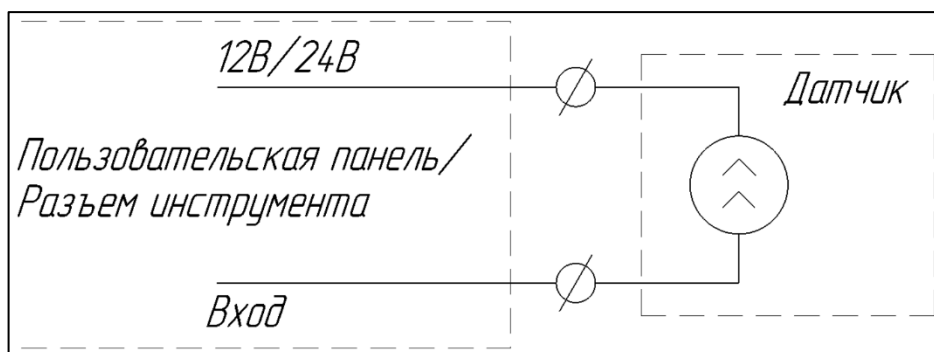


Рисунок I-24 – Схема подключения датчика с выходом типа «токовая петля»

3. Цифровые выходы

Электрические параметры портов DO_9–DO_12, DO_13–DO_16, DO_1–DO_4, DO_5–DO_8 пользовательской панели представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Электрические параметры портов DO_9–DO_12, DO_13–DO_16, DO_1–DO_4, DO_5–DO_8

Параметр	Единицы измерения	Минимальное значение	Номинальное значение	Максимальное значение
Выходное напряжение	В	–	24	–
Выходной ток	А	–	–	0,3
Режим работы	–	–	Sourcing (High/open)	–

Электрические параметры цифровых выходов GADGET_5, GADGET_6 разъема инструмента представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Электрические параметры цифровых выходов GADGET_5, GADGET_6

Параметр	Единицы измерения	Минимальное значение	Номинальное значение	Максимальное значение
Выходное напряжение	В	–	12 (24)*	–
Выходной ток	А	–	–	1
Режимы работы	–	–	Sinking (Low/open) Sourcing (High/open) Push/Pull (High/Low)	–

* – Для порта GADGET_5 – 24 В для всех версий; для порта GADGET_6 для версии платы Gadget 002 – 12 В, для версии платы Gadget 003 и выше – настраиваемое напряжение 12 или 24 В

Типовые схемы подключения:

- Подключение исполнительного механизма с цифровым дискретным интерфейсом (см. Рисунок I-25).

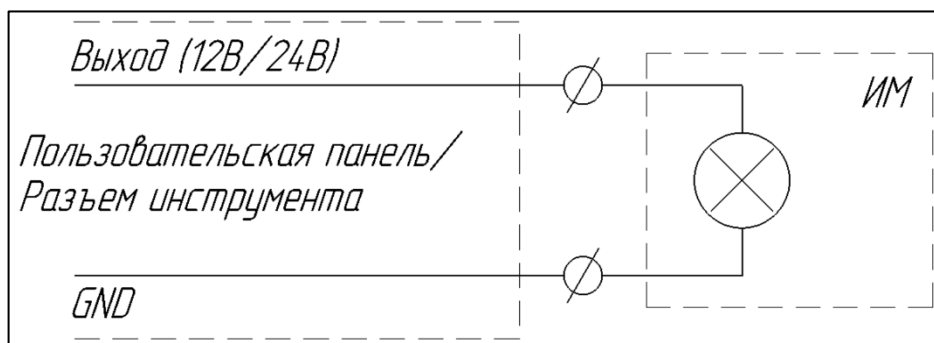


Рисунок I-25 – Схема подключения исполнительного механизма с цифровым дискретным интерфейсом

- Подключение исполнительного механизма с пневмоинтерфейсом (см. Рисунок I-26)

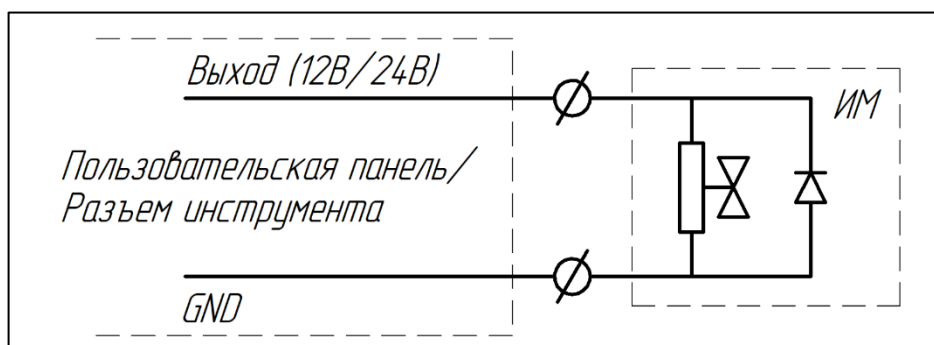


Рисунок I-26 – Схема подключения исполнительного механизма с пневмоинтерфейсом

Примечание – Рекомендуется использовать защитный диод при подключении механизмов с пневмоинтерфейсом (индуктивная нагрузка).

4. Аналоговые выходы

Электрические параметры портов АО_1, АО_2 пользовательской панели представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Электрические параметры портов АО_1, АО_2

Параметр	Единицы измерения	Минимальное значение	Номинальное значение	Максимальное значение
Выходное напряжение в режиме «Напряжение»	В	0	–	10
Выходной ток в режиме «Напряжение»	мА	–	–	20
Выходной ток в режиме «Токовая петля»	мА	0	–	24

Типовые схемы подключения:

- Подключение исполнительного механизма со входом типа «токовая петля» (см. Рисунок I-27).

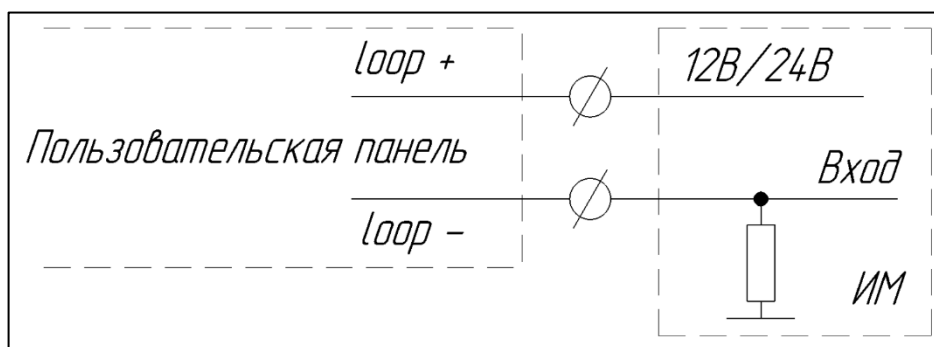


Рисунок I-27 – Схема подключения исполнительного механизма со входом типа «токовая петля»

- Подключение исполнительного механизма со входом по напряжению (см. Рисунок I-28)

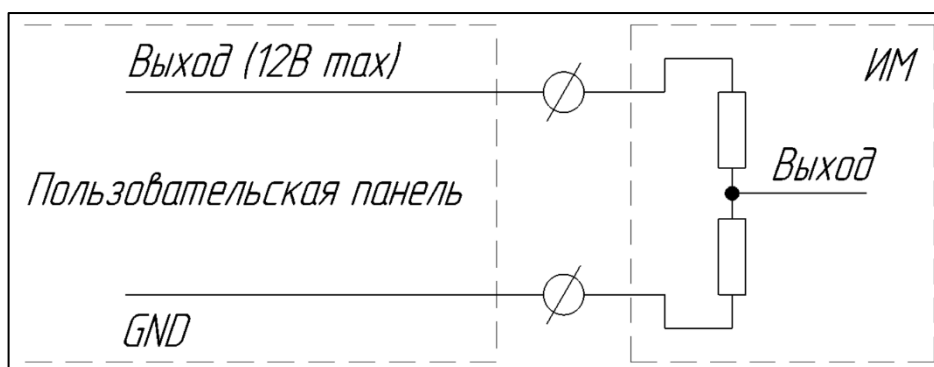


Рисунок I-28 – Схема подключения исполнительного механизма со входом по напряжению

5. Порты питания

Электрические параметры портов 24 В, 12 В, 5 В и А, В интерфейса RS-485 разъема 03 пользовательской панели представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Электрические параметры портов 24 В, 12 В, 5 В и А, В интерфейса RS-485 разъема 03

Параметр	Единицы измерения	Минимальное значение	Номинальное значение	Максимальное значение
Выходное напряжение портов 24 В	В	–	24	–
Выходной ток портов 24 В (на контакт)	А	–	–	0,7
Выходное напряжение портов 12 В	В	–	12	–
Выходной ток портов 12 В (на контакт)	А	–	–	0,7
Выходное напряжение порта 5 В	В	–	5	–
Выходной ток порта 5 В	А	–	–	0,7

Электрические параметры портов GADGET_6 (в режимах «Усиление основного питания», «Дополнительное питание»), GADGET_7 разъема инструмента представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Электрические параметры портов GADGET_6 (в режимах «Усиление основного питания», «Дополнительное питание»), GADGET_7 разъема инструмента

Параметр	Единицы измерения	Минимальное значение	Номинальное значение	Максимальное значение
Выходное напряжение	В	–	12 (24)**	–
Выходной ток (на контакт)	А	–	–	1
** для порта GADGET_6 для версии платы Gadget 002 – 12 В, для версии платы Gadget 003 и выше – настраиваемое напряжение 12 или 24 В; для порта GADGET_7 для версии платы Gadget 002 – 24 В, для версии платы Gadget 003 и выше – настраиваемое напряжение 12 или 24 В.				

6. Порты RS-485

Параметры интерфейса RS-485 разъема 03 пользовательской панели, интерфейса RS-485 (порты GADGET_1, GADGET_2) разъема инструмента представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Параметры интерфейса RS-485 разъема 03 пользовательской панели, интерфейса RS-485 (порты GADGET_1, GADGET_2)

Параметр	Единицы измерения	Минимальное значение	Номинальное значение	Максимальное значение
Скорость передачи данных	бит/с	4800***	–	1000000
Длина линии	м	–	–	1200****
*** скорость по умолчанию 57600 бит/с. **** на скорости 100 бит/с.				

Типовая схема подключения (см. Рисунок I-29):

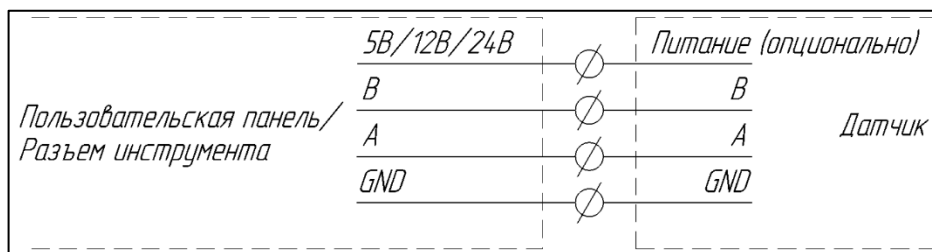


Рисунок I-29 – Схема подключения интерфейса RS-485

2.3 Использование Promobot M13

2.3.1 Включение

Перед включением Promobot M13:

1. Убедитесь, что в рабочем окружении манипулятора отсутствуют посторонние предметы, которые могут помешать манипулятору выйти из транспортного положения и/или калибровке манипулятора.
2. Проверьте, что в рабочем окружении манипулятора находится только оператор, отсутствуют посторонние.
3. Убедитесь, что кнопка аварийного останова на пульте управления и кнопки аварийного останова, подключенные к шкафу управления, находятся в положении «ВКЛ» (см. раздел 4.4.2 «Кнопки аварийного останова»).
4. Убедитесь, что к шкафу управления подключены кабель питания и кабель манипулятора.

Штатное включение Promobot M13:

1. Подключите кабель питания к сети.
2. Откройте шкаф управления и переведите автоматический выключатель в положение «ВКЛ».
3. Приведите кнопку аварийного останова на пульте управления в рабочее положение.
4. Нажмите кнопку включения на пульте управления. Шкаф управления издаст звуковой сигнал, на пульте управления отобразится процесс загрузки управляющего ПО. После загрузки управляющего ПО на пульте управления отобразится кнопка «Войти» (см. Рисунок I-30).

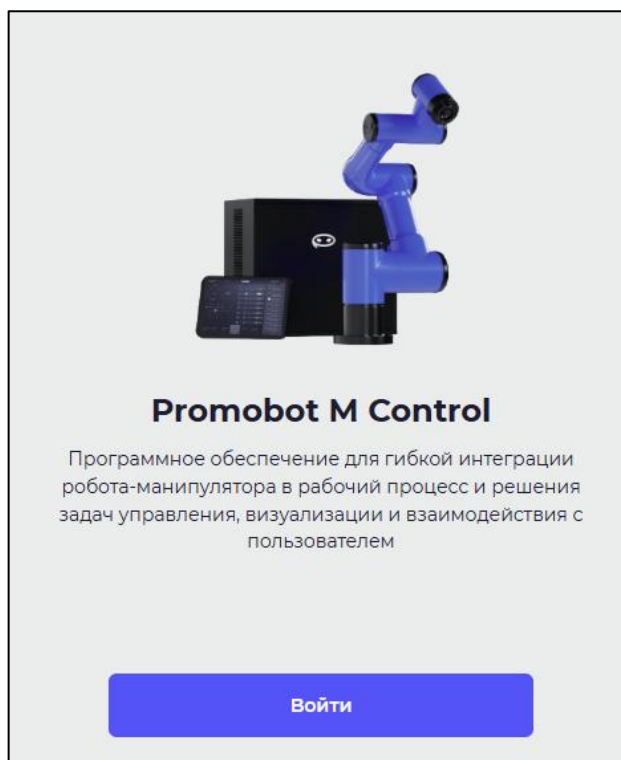


Рисунок I-30 – Кнопка «Войти»

5. Авторизуйтесь в приложении и подключите манипулятор (см. раздел П.2 «АВТОРИЗАЦИЯ, ПОДКЛЮЧЕНИЕ И ВЫКЛЮЧЕНИЕ МАНИПУЛЯТОРА В ПРИЛОЖЕНИИ»).

2.3.2 Режимы работы

Promobot M13 предусматривает следующие режимы работы:

- ручное перемещение с пульта управления;
- автоматическое перемещение по заданному алгоритму.

Манипулятор предназначен для осуществления движения и операций инструмента по заданному алгоритму (траектория движения, события). В качестве источника событий могут выступать цифровые, аналоговые входы шкафа управления и фланца инструмента манипулятора (см. раздел 2.2.2.3 «Подключение внешних устройств»).

Перед началом работы по заданному алгоритму пользователь должен настроить рабочее окружение манипулятора для исключения столкновений с рабочим окружением.

В н и м а н и е! Информация об изменении рабочего окружения манипулятора автоматически не обновляется.

Манипулятор предназначен для безопасной работы в одном рабочем пространстве с человеком, однако не имеет возможности для перестроения, заданной алгоритмом траектории. При столкновении с посторонним предметом или человеком манипулятор совершает аварийную остановку.

Для оптимизации производительности (максимизации скорости работы) рекомендуется использование контура (клетки) безопасности.

2.3.3 Сингулярности

2.3.3.1 Общие сведения

Сингулярность – особая конфигурация кинематики манипулятора, при которой движение центральной точки инструмента (ЦТИ) и/или ориентации инструмента ограничивается (см. Рисунок I-31), а для выполнения требуемого перемещения могут потребоваться непропорционально большие скорости отдельных суставов.

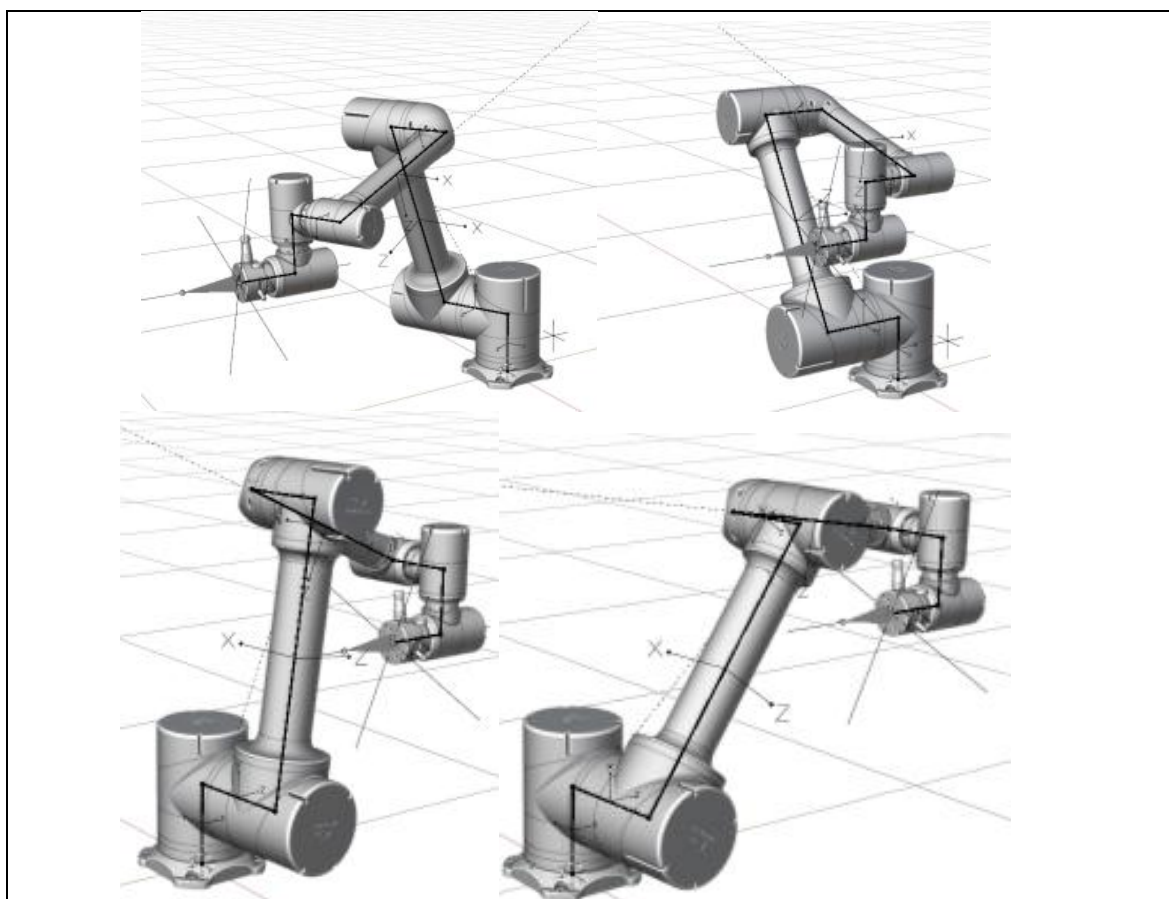


Рисунок I-31 – Пример конфигурации кинематики манипулятора, при приближении к сингулярности

При приближении к сингулярности или при выходе из нее возможны:

- резкое увеличение угловых скоростей отдельных суставов;
- затруднение или невозможность достижения требуемой позы и ориентации инструмента;
- прерывание перемещения по заданной траектории;
- непредсказуемое с точки зрения оператора изменение характера движения манипулятора.

Сингулярность не является неисправностью манипулятора, однако относится к потенциально опасным режимам движения и должна учитываться при ручном управлении, наладке и создании программ.

2.3.3.2 Типовые сингулярные положения

Для Promobot M13 наиболее характерны следующие случаи приближения к сингулярности:

- сингулярность внешней границы рабочей зоны (см. Рисунок I-32) – возникает при работе вблизи предельного вылета манипулятора;

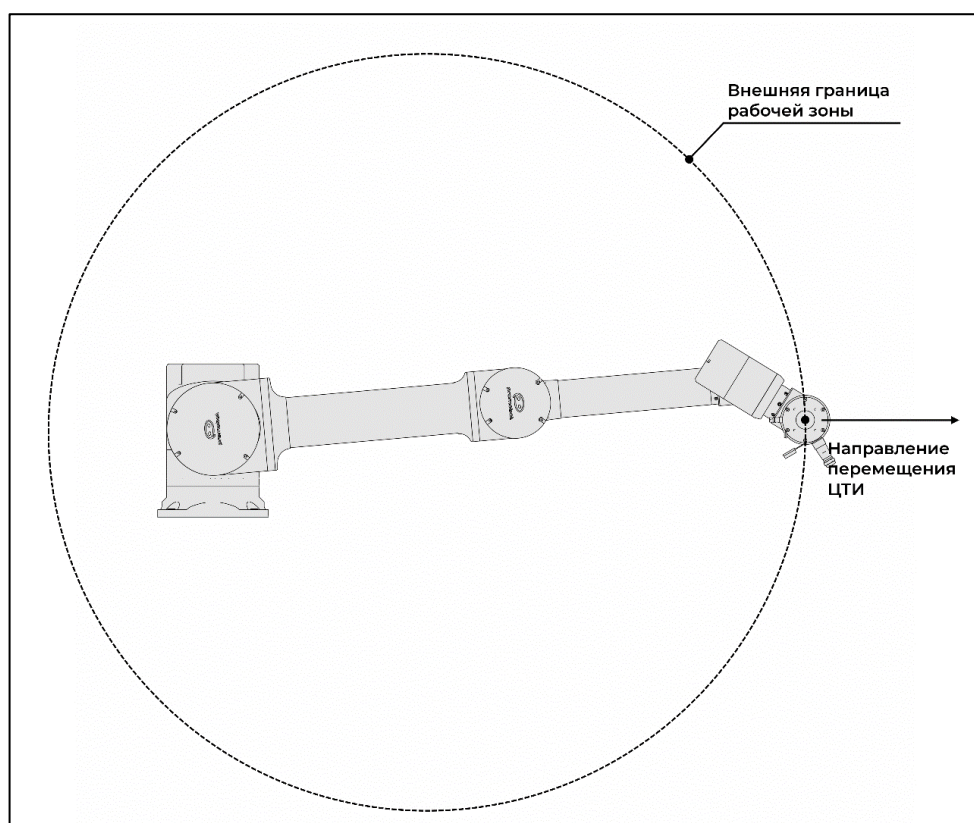


Рисунок I-32 – Сингулярность внешней границы рабочей зоны

- сингулярность внутренней зоны у основания (см. Рисунок I-33) – возникает при работе вблизи оси основания манипулятора, в том числе при перемещениях непосредственно над или под основанием, когда часть поз и ориентаций становится недостижимой или требует резкого перераспределения движений по суставам;

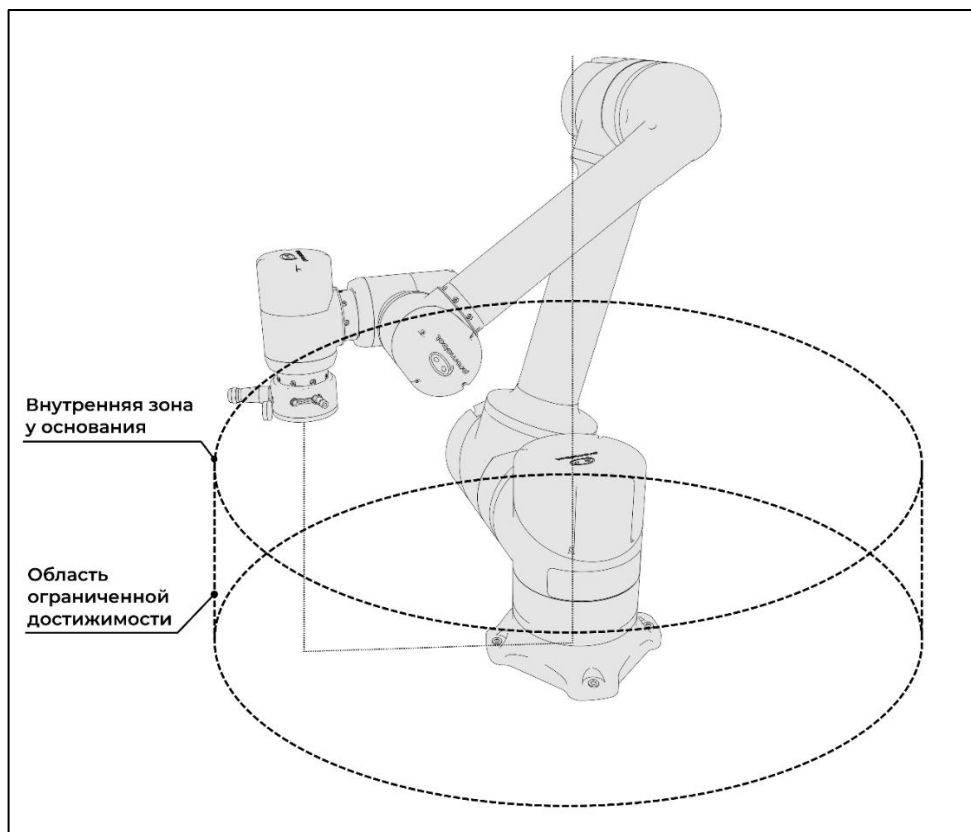


Рисунок I-33 – Сингулярность внутренней зоны у основания

- сингулярность запястья (см. Рисунок I-34) – возникает при таком взаимном положении запястий, при котором ориентация инструмента требует выравнивания осей СП и приводит к резкому росту скоростей СП4–СП6.

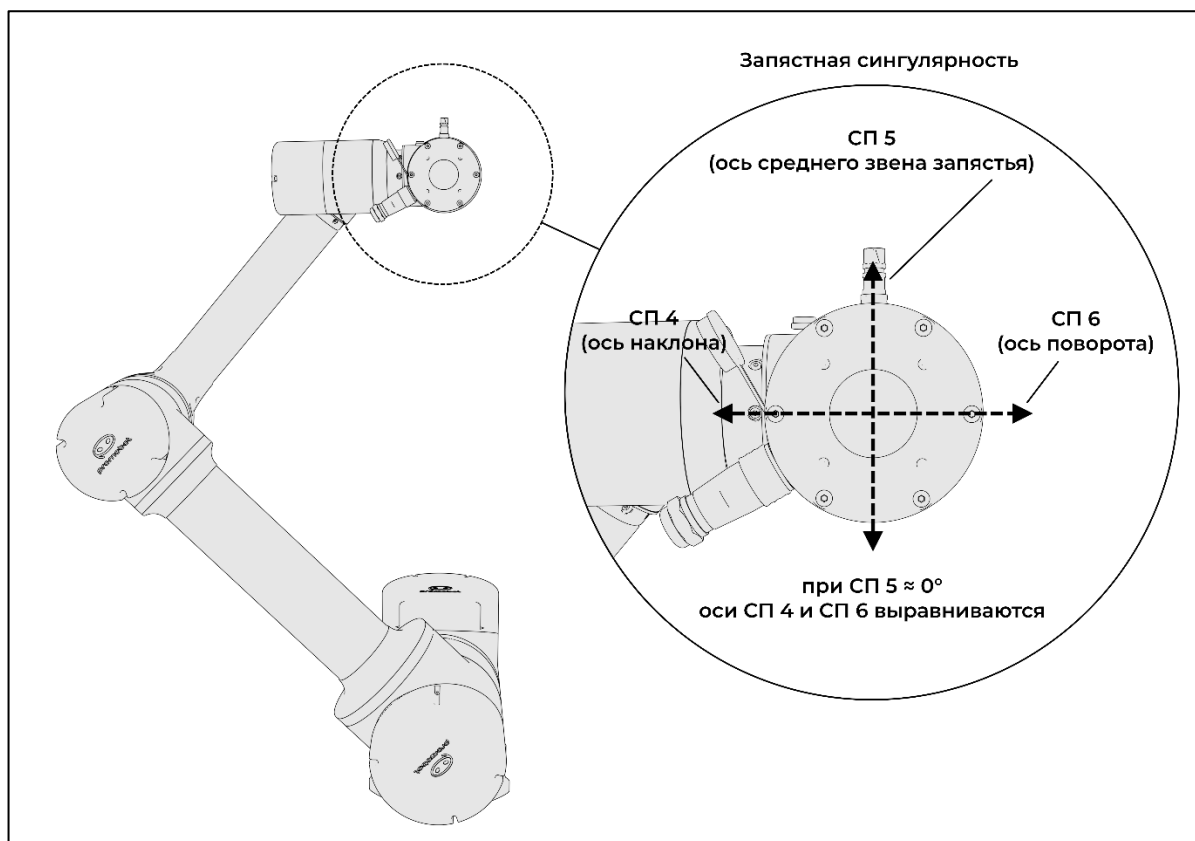


Рисунок I-34 – Сингулярность запястья

2.3.3.3 Признаки приближения к сингулярности

Признаками приближения к сингулярности являются:

- необходимость значительного перемещения одного или нескольких суставов при малом смещении ЦТИ;
- затруднение достижения манипулятором требуемой ориентации инструмента;
- появление предупреждений в приложении Promobot M Control.

При ручном управлении в приложении Promobot M Control отображаются следующие сообщения:

- «Манипулятор находится в сингулярности»;
- «Манипулятор приближается к сингулярности»;
- «Манипулятор отдаляется от сингулярности».

2.3.3.4 Требования безопасности при ручном управлении

При ручном управлении манипулятором соблюдайте следующие требования безопасности:

- перед началом движения убедитесь, что рабочая зона свободна от людей, инструмента, заготовок и иных посторонних предметов;
- выполняйте перемещения с минимально достаточной скоростью и минимальным шагом, особенно при изменении ориентации инструмента;
- при приближении к сингулярности предпочтительно использовать управление по суставам СП1–СП6, а не продолжать перемещение только по координатам ЦТИ;
- не допускайте нахождения частей тела в зоне возможного резкого поворота звеньев манипулятора, инструмента и заготовки;
- не прикладывайте усилие к манипулятору вне предусмотренных режимов ручного перемещения.

2.3.3.5 Требования безопасности при создании программ

При создании и отладке программ соблюдайте следующие требования безопасности:

- по возможности исключайте траектории, проходящие вблизи предельного вылета манипулятора, вблизи оси основания и в положениях выравнивания запястья;
- если линейное перемещение не является обязательным, используйте переход через безопасную промежуточную позу по суставам;
- при необходимости изменяйте ориентацию инструмента или добавляйте промежуточные точки, чтобы исключить прохождение через сингулярную область;
- после изменения траектории обязательно повторно проверяйте движение манипулятора в безопасном режиме;
- первый запуск новой или измененной программы выполняйте на пониженной скорости и при свободной рабочей зоне.

2.3.3.6 Действия оператора при предупреждении о сингулярности

При появлении предупреждения «Манипулятор приближается к сингулярности» оператору необходимо выполнить следующие действия:

- снизить скорость перемещения или остановить текущее движение;
- оценить положение манипулятора и убедиться в отсутствии людей и препятствий в рабочей зоне;
- изменить траекторию движения, ориентацию инструмента или выполнить отвод манипулятора в безопасное положение;
- при ручном управлении перейти к управлению по суставам и вывести манипулятор из опасной конфигурации малыми перемещениями.

При появлении сообщения «Манипулятор находится в сингулярности» оператору необходимо выполнить следующие действия:

- немедленно остановить текущее перемещение;
- вывести манипулятор из сингулярного положения с помощью последовательных малых перемещений по суставам;
- не возобновлять выполнение автоматического цикла до устранения причины возникновения сингулярности и проверки измененной траектории.

2.3.3.7 Запрещается

При предупреждении о сингулярности запрещается:

- игнорировать предупреждения и сообщения о сингулярности;
- многократно повторять одно и то же перемещение без изменения траектории или ориентации инструмента после возникновения предупреждения или ошибки;
- находиться в рабочей зоне манипулятора при выводе его из сингулярного положения.

2.3.3.8 Остаточный риск

Даже при соблюдении требований настоящего руководства вблизи сингулярных положений возможно быстрое изменение скоростей отдельных суставов и изменение

характера движения манипулятора. Оператор обязан учитывать данный остаточный риск при ручном управлении, наладке и программировании.

2.3.4 Выключение

Штатное выключение Promobot M13:

1. Выключите манипулятор в приложении (см. Рисунок II-7).
2. Нажмите кнопку аварийного останова на пульте управления.
3. Откройте шкаф управления и переведите автоматический выключатель в положение «ВЫКЛ».
4. При необходимости полного обесточивания манипулятора – отсоедините кабель питания от питающей сети.

2.4 Демонтаж Promobot M13

Перед демонтажем комплекса выполните следующие действия:

1. Демонтируйте инструмент и оснастку, закрепленную на манипуляторе.
2. Переведите манипулятор в транспортное положение одним из способов:
 - 1) запустите файл «Transport» на рабочем столе.
 - 2) подключите клавиатуру через USB разъем на панели шкафа управления; откройте терминал (Ctrl+Alt+T) и введите команду:

```
ros2 action send_goal /run_bt core_msgs/action/RunTree "{script_name: test, behavior_tree: /home/pm13/transport.xml}"
```
3. Перед снятием манипулятора зафиксируйте его, чтобы предотвратить падение и повреждение оборудования.

Для демонтажа Promobot M13 выполните следующие действия:

1. Выключите Promobot M13, предварительно приведя его в транспортное положение (см. 2.3.4 «Выключение»).
2. Демонтируйте манипулятор с места установки:

Примечание – Для страховки используйте круглопрядные текстильные стропы длиной 2 метра.

- 1) Обхватите стропами плечо СП2–СП3 мертвой петлей как указано на рисунке (см. Рисунок I-12). Нельзя подвергать усилиям запрещенные места

обхвата (СП4, СП5, СП6) и пластиковые защитные крышки (см. Рисунок I-12).

- 2) Открутите крепление основания манипулятора и снимите манипулятор с места установки.
- 3) Поставьте манипулятор основанием на ровный пол.
- 4) Тщательно очистите манипулятор от пыли, грязи, используйте мягкие ткани и чистящие средства (см. раздел 3.1 «Регламентное техническое обслуживание Promobot M13»).
- 5) Для перемещения манипулятора на место упаковки используйте подкатную тележку.
- 6) При отправке Promobot M13 на хранение соблюдайте инструкцию, приведенную в разделе 7.2 «Подготовка к хранению».

3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Техническое обслуживание и ремонт Promobot M13 предназначены для обеспечения заявленных технических характеристик комплекса на протяжении всего срока эксплуатации.

3.1 Регламентное техническое обслуживание Promobot M13

Регулярное техническое обслуживание манипулятора представлено в таблице 17.

Таблица 17 – Техническое обслуживание манипулятора

Периодичность	Параметр проверки	Способ проверки
Ежедневно	Визуальный осмотр манипулятора	Обойдите манипулятор со всех сторон, проведите визуальный осмотр на наличие трещин, повреждений, дефектов и загрязнений
Ежедневно	Проверка кнопки аварийной остановки	Нажмите кнопку аварийной остановки на пульте управления во время паузы, должно отобразиться уведомление на экране
Ежедневно	Тест безопасного запуска в режиме низкой скорости	Выполните любой скрипт на медленной скорости (коэффициент 0,1)
Ежемесячно	Проверка креплений и основания манипулятора	При обесточенном манипуляторе попробуйте вручную сдвинуть манипулятор за основание. При наличии люфтов протяните крепления опоры
Ежемесячно	Осмотр кабелей и разъемов на износ	Визуально проведите контроль кабелей и проводки. Не допускается наличие трещин, порезов, пропусков изоляции
Ежемесячно	Очистка и проверка захвата/инструмента	Отсоедините фланец инструмента и проведите его осмотр и очистку от механических загрязнений

Периодичность	Параметр проверки	Способ проверки
Ежемесячно	Проверка калибровки энкодеров и датчиков положения	Выполните полный запуск манипулятора, должны отсутствовать ошибки
Раз в 3–6 месяцев	Диагностика редукторов на люфт и шум	При обесточенном манипуляторе поочередно попробуйте вручную сдвинуть манипулятор за плечо каждого СП и проверьте на наличие люфтов. При наличии люфтов работа на манипуляторе запрещается
		Запустите любой скрипт на манипуляторе. При наличии нехарактерных шумов, локализируйте место возникновения шума, обесточьте манипулятор и обратитесь в сервисную службу. Работа на манипуляторе с данным дефектом запрещается
Раз в 3–6 месяцев	Проверка состояния приводов (температура, вибрации, шумы)	При обнаружении нехарактерных вибраций, шумов и прерывистости движений, остановите работу манипулятора. Замерьте пирометром температуру узлов манипулятора, зафиксируйте данные и передайте в сервисную службу. Работа на манипуляторе с вышеперечисленными дефектами запрещается
Ежегодно	Замена изношенных деталей захвата и уплотнителей	Детали, имеющие характерный износ, отрицательно влияющие на работоспособность необходимо заменить у предприятия-изготовителя или сертифицированного сервиса
Ежегодно	Обновление прошивки контроллера и ПО	См. раздел II.7 «ОБНОВЛЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ»

Периодичность	Параметр проверки	Способ проверки
Ежегодно	Калибровка всех датчиков и проверка точности позиционирования	Обратитесь в сервисную службу предприятия-изготовителя

3.2 Диагностика неисправностей Promobot M13

Возможные неисправности, их причины и методы решения представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Диагностика неисправностей

Неисправность	Возможная причина	Методы устранения
Электромеханические неисправности		
Не включается экран пульта управления	Отключен автоматический выключатель	Включить автоматический выключатель в шкафу управления
	Не подсоединен кабель пульта к шкафу управления	Проверить подключения
	Неисправность кабеля пульта	Заменить кабель
	Не запускается шкаф управления манипулятором	Обратиться в сервисную службу
	Не поступает напряжение сети 230 В	Заменить неисправный кабель питания
При работе манипулятора слышно посторонние звуки при работе сервоприводов	Неисправность редуктора, драйвера мотора	Обратиться в сервисную службу

Визуальное замедление интерфейса на пульте управления, зависание виртуальных переключателей, открытых диалоговых окон интерфейса управления. Самопроизвольное выключение манипулятора. Зависание исполнительной программы	Перегрев шкафа управления	Проверить работоспособность электрического вентилятора
	Воздушный фильтр шкафа управления забит пылью	Продуть вкладыш либо заменить на новый
	Шкаф установлен неправильно, вентиляционные отверстия закрыты	Освободить место вокруг шкафа
	Температура окружающей среды превышает рабочую температуру	Снизить температуру окружающей среды до допустимых значений
	Неисправен вентилятор материнской платы	Заменить вентилятор
Щелкающие звуки на одном из сервоприводов во время работы	Аварийный останов категории 0. Неисправность тормоза	Обратиться в сервисную службу
Уведомление об ошибке в ПО Promobot M Control	–	Обратиться в сервисную службу

3.3 Рекомендации по ремонту Promobot M13

В случае сложных неисправностей или отсутствия необходимых навыков обратитесь в службу технической поддержки предприятия-производителя.

Не пытайтесь ремонтировать электронные компоненты или программное обеспечение самостоятельно.

Если манипулятор находится на гарантии, ремонт должен выполняться только уполномоченными специалистами предприятия-производителя.

Сохраните паспорт Promobot M13 и документы, подтверждающие дату покупки.

3.4 Хранение запасных частей Promobot M13

Для оперативного устранения неисправностей рекомендуется иметь набор запасных частей: вкладыши для фильтров (12 шт.), резиновые уплотнительные кольца.

Храните запасные части в сухом и чистом месте, защищенном от влаги и пыли.

3.5 Регистрация обслуживания и ремонта Promobot M13

Все проведенные работы по техническому обслуживанию и ремонту должны регистрироваться в журнале учета. Журнал должен содержать следующие графы:

- дата проведения работ;
- фактическая наработка изделия с начала эксплуатации на день проведения технического обслуживания или ремонта, ч;
- вид технического обслуживания или ремонта и краткое описание выполненных работ;
- использованные материалы и запасные части;
- подпись и ФИО лица, производившего работы по обслуживанию;
- подпись и ФИО лица, разрешающего пуск отремонтированного/обслуженного оборудования, дата пуска.

В случае возникновения вопросов или сложностей обратитесь в службу технической поддержки предприятия-производителя.

4 МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

4.1 Общие требования безопасности

Работа с Promobot M13 требует строгого соблюдения мер безопасности. Несоблюдение мер может привести к травмам персонала, повреждению комплекса и другим негативным последствиям. Следуйте приведенным ниже требованиям безопасности, чтобы минимизировать риски:

- убедитесь, что манипулятор и инструмент смонтированы согласно инструкции;

- убедитесь, что рабочее окружение манипулятора соответствует алгоритму движения;
- убедитесь, что проводные подключения манипулятора, шкафа и пульта управления выполнены согласно инструкции;
- убедитесь, что к шкафу управления подключены все датчики и исполнительные механизмы, от которых зависит алгоритм движения манипулятора;
- убедитесь, что кнопки аварийного останова расположены в доступных для персонала местах;
- убедитесь, что персонал осведомлен о расположении кнопок аварийного останова и методах их активации в случае возникновения нештатных ситуаций;
- убедитесь, что крышка шкафа управления и крышки сервоприводов манипулятора закрыты;
- убедитесь, что соблюдены все меры и техника безопасности при перемещении манипулятора, если управление происходит с помощью пульта управления;
- при возникновении в процессе эксплуатации сообщений об ошибках следуйте инструкциям управляющего программного обеспечения;
- избегайте столкновений с манипулятором;
- запрещается носить свободную одежду или ювелирные изделия при работе с манипулятором;
- запрещается использовать комплекс при наличии механических повреждений корпусов манипулятора, шкафа управления, пульта управления, соединительных кабелей, крепежей;
- запрещается вносить изменения в Promobot M13. Любые изменения могут привести к появлению опасностей, не предусмотренных предприятием-изготовителем.

4.2 Требования к оператору

Оператор, работающий с Promobot M13, должен:

- пройти обучение по эксплуатации комплекса и ознакомиться с руководством по эксплуатации;
- иметь навыки работы с промышленным оборудованием и системами управления;
- соблюдать требования безопасности, указанные в разделе 4 «МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ» настоящего руководства.

При эксплуатации Promobot M13 оператор обязан:

- выполнять требования эксплуатационной документации, правил электро- и пожарной безопасности;
- не допускать расположения кабелей питания и интерфейсных кабелей в местах, где им могут быть нанесены механические повреждения;
- при появлении посторонних шумов прекратить работу и обесточить комплекс;
- при возникновении в процессе эксплуатации сообщений об ошибках следовать инструкциям управляющего программного обеспечения;
- своевременно проводить техническое обслуживание комплекса согласно инструкции.

Запрещается:

- производить действия, противоречащие эксплуатационной документации на комплекс;
- работать во взрывоопасной среде, рядом с легковоспламеняющимися предметами;
- производить монтаж и демонтаж электрооборудования без выключения комплекса;
- открывать и разбирать корпус манипулятора;
- модифицировать манипулятор (изменять или удалять элементы конструкции);
- производить ремонт комплекса самостоятельно;
- использовать комплекс не по назначению.

4.3 Рабочее окружение манипулятора

Рабочее окружение манипулятора должно соответствовать алгоритму движения манипулятора.

Перед началом работы убедитесь, что в рабочем окружении манипулятора отсутствуют изменения, которые могут привести к столкновениям и сбоям в алгоритме движения.

При наладке устройства используйте режим с ограниченной скоростью: это позволит избежать резких движений и снизит риск травмирования.

При программировании манипулятора убедитесь, что вы можете быстро остановить устройство в случае необходимости: пути отступления не должны быть заблокированы.

Перед запуском программы на полной скорости проведите тестирование на пониженной скорости. Убедитесь, что манипулятор движется по заданной траектории без отклонений.

Запрещается подлезать под движущиеся оси манипулятора, поправлять заготовки руками во время работы программы и находиться в рабочей зоне без необходимости.

4.4 Действия в аварийных ситуациях

4.4.1 Категории останова

В соответствии с ГОСТ МЭК 60204-1 категории останова, регламентирующие алгоритмы действий персонала при возникновении нештатных ситуаций в соответствии с классом риска:

- Категория 0: аварийный останов. Применяется при возникновении опасных и/или аварийных ситуаций. Сопровождается снятием питания с манипулятора и блокировкой узлов сервоприводов механическим тормозом.

В н и м а н и е! Выход из аварийного останова возможен только с последующей recalibration манипулятора

- Категория 1: контролируемый останов. Применяется при возникновении некоторых категорий ошибок, а также при пусконаладочных работах. Сопровождается блокировкой узлов сервоприводов механическим тормозом.

В н и м а н и е! Выход из контролируемого останова возможен только с последующей рекалибровкой манипулятора

- Категория 2: пауза. Применяется в качестве планового или внепланового останова при нормальной работе манипулятора. Не сопровождается блокировкой узлов сервоприводов механическим тормозом.

4.4.2 Кнопки аварийного останова

Кнопки аварийного останова являются важным элементом системы безопасности и предназначены для экстренной остановки оборудования в аварийных ситуациях.

1. Аппаратные кнопки аварийного останова.

Основная кнопка аварийного останова расположена на пульте управления. Кнопка является нормально замкнутой: в отжатом состоянии цепь скоммутирована. При нажатии на кнопку цепь размыкается.

К шкафу управления можно подключить до двух нормально замкнутых дополнительных кнопок аварийного останова.

Используйте для данного типа кнопок аварийного останова контакты 1–2, 3–4.

Все аппаратные кнопки аварийного останова подключены последовательно. В случае срабатывания (размыкания) хотя бы одной кнопки, с манипулятора снимается питание и узлы сервопривода манипулятора блокируются механическими тормозами.

2. Цифровые кнопки аварийного останова.

К шкафу управления можно подключить до двух цифровых кнопок аварийного останова.

Используйте для данного типа кнопок аварийного останова контакты 5–6, 7–8.

В н и м а н и е! Если кнопки аварийного останова, подключаемые к шкафу управления, не используются – требуется установить четыре перемычки в разъемы подключения кнопок между контактами 1–2, 3–4, 5–6 и 7–8 (см. Рисунок I-35).

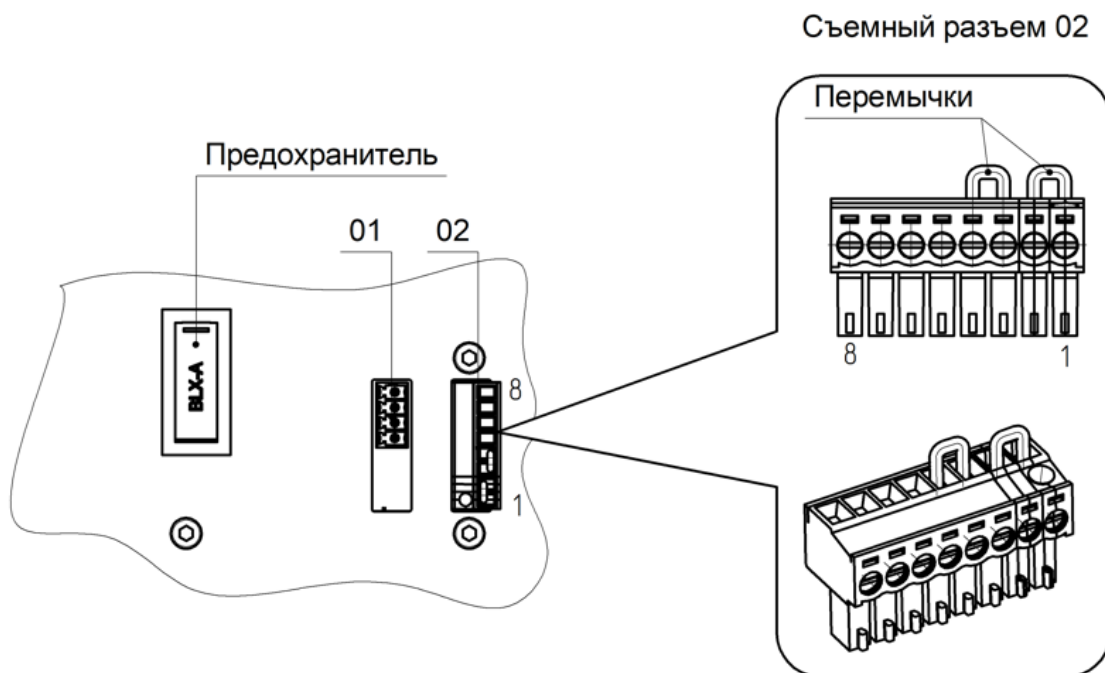


Рисунок I-35 – Установка перемычек между контактами 1–2, 3–4, 5–6, 7–8

4.4.3 Аварийный останов

Аварийный останов сопровождается отключением питания и блокировкой манипулятора. В случае возникновения аварийного останова следуйте инструкциям управляющего ПО на экране пульта управления.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ

5.1 Индикация Promobot M13

Шкаф управления оснащен встроенным звуковым излучателем для индикации состояний Promobot M13.

Элементы индикации также могут быть подключены к цифровым выходам шкафа управления. Использование данных элементов индикации будет определяться пользовательским алгоритмом.

В н и м а н и е! Встроенная звуковая индикация является элементом безопасной эксплуатации Promobot M13 и не может быть отключена.

Описание встроенной звуковой индикации состояний приведено в таблице 19.

Таблица 19 – Встроенная звуковая индикация состояний

Ситуация	Цель сигнала	Звуковой сигнал	Повторяемость
Включение шкафа управления	Оповещение: нормальная работа	Один длинный	Однократно
Выключение шкафа управления	Оповещение: нормальная работа	Один длинный	Однократно
Включение питания манипулятора	Предупреждение	Три длинных, три коротких	Однократно
Выключение питания манипулятора	Предупреждение	Три коротких, три длинных	Однократно
Останов категории 2	Предупреждение	Один короткий	Однократно
Останов категории 1	Предупреждение	Один длинный	До сброса уведомления об остановке пользователем на пульте управления
Останов категории 0	Авария	Один короткий	До сброса уведомления об остановке пользователем на пульте управления
Ошибка инициализации шкафа управления	Авария	Два коротких	До сброса питания или уведомления об ошибке на пульте управления
Ошибка инициализации манипулятора	Авария	Три коротких	До сброса уведомления об ошибке пользователем на пульте управления

6 ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

Гарантийный срок предприятия-производителя составляет 12 (двенадцать) месяцев. Гарантийный срок исчисляется по общему правилу с даты приобретения Promobot M13 у предприятия-изготовителя. Гарантийный срок на Promobot M13, приобретенный розничным потребителем (гражданином, приобретающим Promobot M13 исключительно для личных или иных нужд, не связанных с осуществлением предпринимательской деятельности) исчисляется с даты приобретения Promobot M13 розничным потребителем.

При обнаружении в Promobot M13 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-производителя дистанционный доступ к Promobot M13 для дистанционной диагностики.

В период гарантийного срока предприятие-изготовитель обязуется при получении претензии обеспечить безвозмездное устранение недостатков Promobot M13 в срок не более 60 рабочих дней с момента получения предприятием-изготовителем претензии и, в случае необходимости, предоставления дистанционного доступа к Promobot M13. Предприятие-изготовителем вправе по своему выбору осуществить замену Promobot M13 ненадлежащего качества.

В случае существенного нарушения требований к качеству Promobot M13 (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 Promobot M13 ненадлежащего качества.

Гарантийный срок продлевается на время, в течение которого Promobot M13 не мог использоваться из-за обнаруженных в нем недостатков, а именно на период времени, равный периоду с момента получения уполномоченным лицом претензии о недостатках Promobot M13 до момента устранения недостатков.

Гарантийное обслуживание осуществляется на выбор предприятия-изготовителя по месту его нахождения или по месту нахождения Promobot M13.

Гарантийному ремонту (замене) не подлежит Promobot M13:

- эксплуатировавшийся способом, не соответствующим требованиям Руководства по эксплуатации;
- имеющий по вине пользователей механические повреждения, явившиеся причиной обращения за гарантийным ремонтом;
- эксплуатировавшийся или хранившийся в условиях (среде), не соответствующей требованиям, установленным документацией на Promobot M13;
- прошедший модификацию (изменения) или ремонт без участия компании-производителя.

Гарантийные обязательства распространяются на Promobot M13 в той комплектации, в которой он находился на момент поставки предприятием-изготовителем, и не распространяются на недостатки, возникшие в результате неверной работы ПО Promobot M Control, разработанного (доработанного) пользователем самостоятельно без согласования с предприятием-изготовителем.

Порядок осуществления гарантийного обслуживания (ремонта) Promobot M13 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 Promobot M13, доработка ПО, функционала, мониторинг состояния Promobot M13, не связанный с исправлением недостатков. Дополнительные услуги оказываются на основании отдельно заключенного возмездного соглашения, в частности Соглашения об уровне сервиса (SLA).

7 ХРАНЕНИЕ

Правильное хранение Promobot M13 обеспечивает сохранность его работоспособности и предотвращает повреждения в период, когда устройство не используется. В данном разделе описаны основные требования и рекомендации по хранению манипулятора.

7.1 Условия хранения Promobot M13

Для обеспечения сохранности манипулятора во время хранения необходимо соблюдать следующие условия:

- температура окружающей среды: от -10°C до +40°C;
- относительная влажность: не более 80%;
- Promobot M13 должен храниться в чистом помещении, защищенном от пыли, грязи и агрессивных химических веществ;
- место хранения Promobot M13 должно быть безопасным, без риска падения предметов или повреждения манипулятора;
- помещение должно быть защищено от прямых солнечных лучей, которые могут вызвать выцветание или повреждение материалов.

7.2 Подготовка к хранению Promobot M13

Подготовка к хранению включает в себя следующие действия:

1. Произведите демонтаж комплекса согласно инструкции (см. раздел 2.4 «Демонтаж»).
2. Если манипулятор будет храниться длительное время, то рекомендуется демонтировать съемные компоненты и хранить их отдельно в упаковке.
3. Поместите манипулятор в оригинальную упаковку для предотвращения повреждений.
4. Убедитесь, что упаковка надежно защищает устройство от влаги и пыли.

7.3 Периодическое обслуживание во время хранения Promobot M13

Периодическое обслуживание во время хранения включает в себя следующие действия:

1. Проведение осмотра манипулятора не реже одного раза в месяц для проверки его состояния.
2. Проверка упаковки на целостность – упаковка не должна быть повреждена и должна обеспечивать надежную защиту.

7.4 Подготовка к использованию после хранения Promobot M13

Перед возвращением манипулятора в эксплуатацию выполните действия, описанные в разделе 2 «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ».

7.5 Хранение запасных частей и аксессуаров Promobot M13

Запасные части и аксессуары должны храниться в отдельных упаковках в сухом и чистом месте. Они должны быть защищены от влаги, пыли и механических повреждений.

8 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

Правильная транспортировка Promobot M13 является важным этапом, обеспечивающим сохранность устройства и предотвращающим повреждения.

Транспортировка должна осуществляться в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на территории страны, а также с учетом рекомендаций предприятия-производителя:

1. Условия транспортирования и хранения Promobot M13, сроки сохраняемости до ввода в эксплуатацию должны соответствовать данным, указанным в таблице 20.
2. Расстановка и крепление упакованных Promobot M13 в транспортных средствах должны обеспечивать их устойчивое положение, исключать возможность смещения и ударов о стенки транспортных средств.
3. Транспортирование Promobot M13 следует производить в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на каждом виде транспорта.
4. Транспортирование Promobot M13 должно производиться любым видом транспорта, при условии соблюдения требований, установленных манипуляционными знаками, нанесенными на транспортной таре.
5. В случае кратковременного транспортирования на открытых автомашинах упаковка Promobot M13 должна быть накрыта водонепроницаемым брезентом.

Обозначения условий транспортирования, хранения и сроков сохраняемости приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Условия транспортирования, хранения, сроки сохраняемости

Обозначение условий транспортирования в части воздействия		Обозначение условий хранения по ГОСТ 15150	Сроки сохраняемости в упаковке изготовителя, годы
механических факторов по ГОСТ 23216	климатических факторов по ГОСТ 15150		
С	УХЛ4	1Л	5

9 УТИЛИЗАЦИЯ

Утилизация Promobot M13 должна производиться в соответствии с Законами РФ №96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», №89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», №52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», а также другими российскими и региональными нормами, актами, правилами, распоряжениями и прочими нормативными документами, принятыми в использование в указанных законах и эксплуатирующей организации.

II. ПРИЛОЖЕНИЕ PROMOBOT M CONTROL

1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящий раздел руководства по эксплуатации описывает порядок работы с приложением Promobot M Control манипулятора Promobot M13. Приложение предназначено для управления, программирования и мониторинга работы манипулятора Promobot M13 через веб-интерфейс. Оно обеспечивает ручное управление в реальном времени и создание автоматизированных программ различной сложности.

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

В верхней части располагается главная панель вкладок, которая содержит кнопки (см. Рисунок II-1):

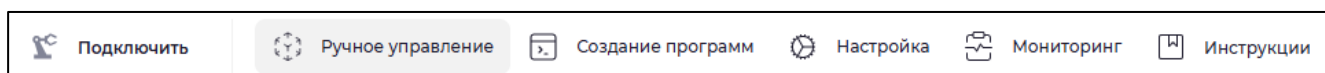


Рисунок II-1 – Главная панель вкладок

- Кнопки:
 - «Подключить» – кнопка подключения/отключения манипулятора.
 - «Инструкции» – кнопка для открытия руководства Promobot M13 на портале производителя.
 - «Выход» – кнопка для выключения M13.
- Вкладки:
 - «Ручное управление» – интерфейс для ручного управления манипулятором.
 - «Создание программ» – интерфейс для создания программ с помощью языков программирования Blockly, Python.
 - «Настройка» – интерфейс для настроек работы системы и инструмента.
 - «Мониторинг» – интерфейс для мониторинга работы Promobot M13.

В нижней части приложения располагается фиксированная нижняя панель, которая отображает наименование устройства и версию ПО (см. Рисунок II-2).



Рисунок II-2 – Фиксированная нижняя панель


Также по нажатию кнопки  открывается внутренняя клавиатура (см. Рисунок II-3).



Рисунок II-3 – Внутренняя клавиатура

2 АВТОРИЗАЦИЯ, ПОДКЛЮЧЕНИЕ И ВЫКЛЮЧЕНИЕ МАНИПУЛЯТОРА В ПРИЛОЖЕНИИ

Для авторизации в приложении нажмите кнопку «Войти» (см. Рисунок I-30). Отобразится окно авторизации в приложении Promobot M Control. В окне авторизации введите логин и пароль и нажмите кнопку «Войти» (см. Рисунок II-4).

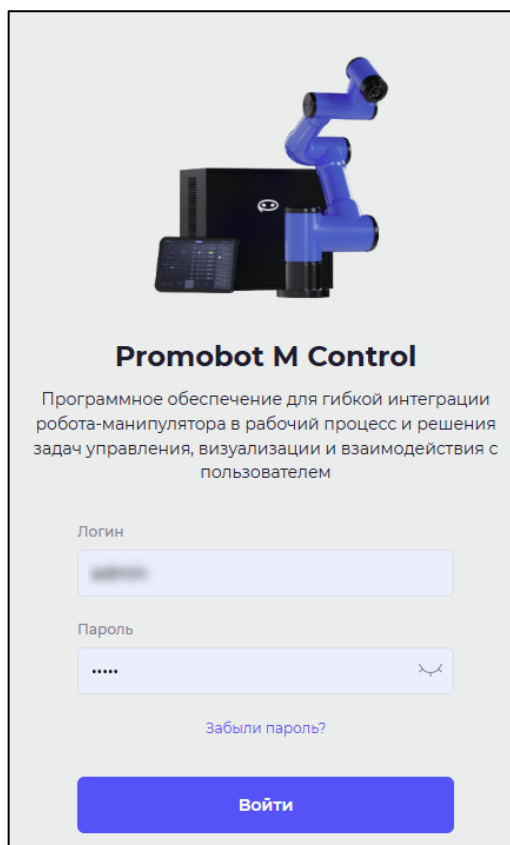


Рисунок II-4 – Окно авторизации

Для подключения манипулятора нажмите кнопку «Подключить» в верхнем левом углу (см. Рисунок II-5).

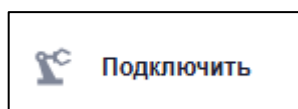


Рисунок II-5 – Кнопка «Подключить»

На манипуляторе запустится калибровка. В приложении отобразится уведомление «Поиск манипулятора». При успешном подключении кнопка изменит цвет на зеленый и отобразится как «Отключить» (см. Рисунок II-6).

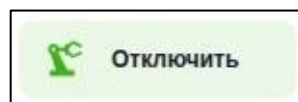


Рисунок II-6 – Кнопка «Отключить»

Отобразится раздел ручного управления манипулятором (см. Рисунок II-9).

Для выключения манипулятора и системы нажмите кнопку «Выход» и выберите «Выключить манипулятор» (см. Рисунок II-7). Либо воспользуйтесь кнопкой включения/выключения на пульте управления.

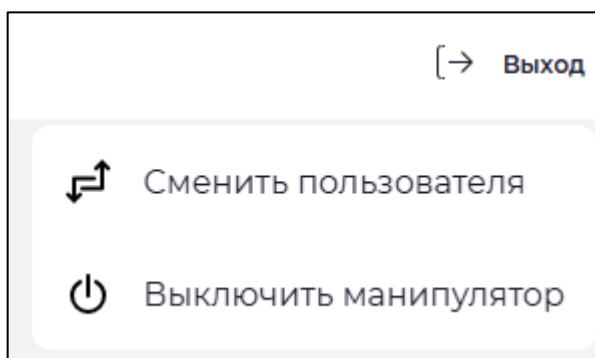


Рисунок II-7 – Диалоговое окно кнопки «Выход»

Если при подключении манипулятора на пульте управления кнопка аварийного останова в рабочем положении, то в приложении отобразится уведомление «Нажата кнопка аварийного останова. Отожмите красную кнопку и подключитесь заново» (см. Рисунок II-8).

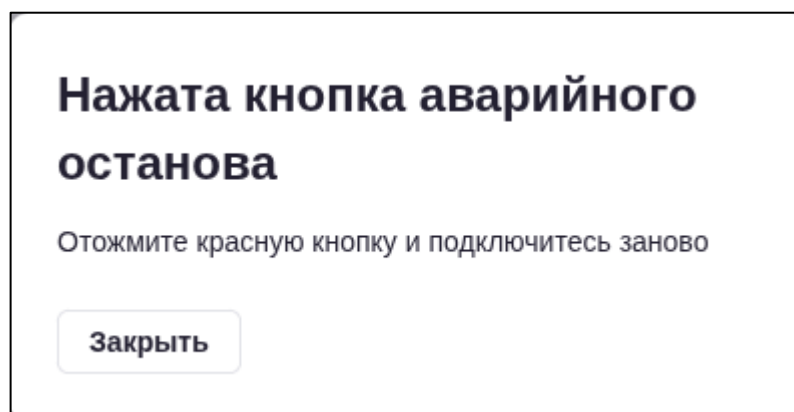


Рисунок II-8 – Уведомление

3 РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Ручное управление манипулятором применяется для:

- проверки работы инструмента;
- диагностики приводов и датчиков;
- вывода манипулятора в исходные позиции перед автоматическим циклом.

Важно помнить, что манипулятор может оказаться в сингулярности. В приложении предусмотрено 3 типа ошибки сингулярности, описанные в таблице 21.

Таблица 21 – Типы ошибок сингулярности

Текст ошибки для пользователя	Уровень критичности
Манипулятор находится в сингулярности	ERROR
Манипулятор приближается к сингулярности	WARNING
Манипулятор отдаляется от сингулярности	WARNING

Требования безопасности и порядок действий приведены в разделе I.2.3.3 «Сингулярности».

Интерфейс ручного управления манипулятором (вкладка «Ручное управление») состоит из следующих областей (см. Рисунок II-9):

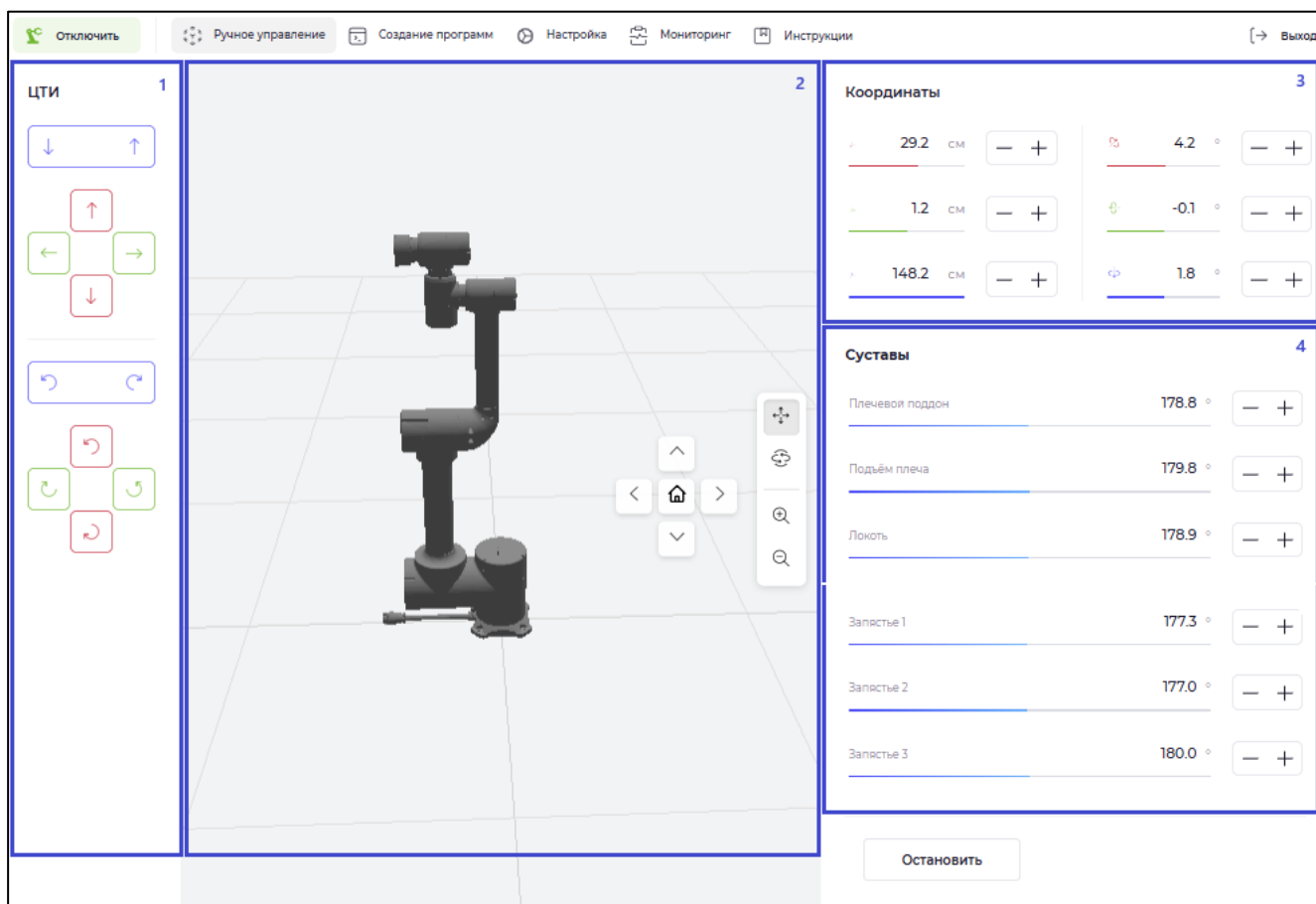


Рисунок II-9 – Интерфейс ручного управления манипулятором

1. «ЦТИ» – управление центральной точкой инструмента (фланца инструмента) 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.
3. «Координаты» – управление манипулятором в трехмерной системе координат и управление движением сферически вокруг ЦТИ, значения отображаются в сантиметрах.
4. «Суставы» – управление поворотными узлами манипулятора, значения отображаются в градусах:
 - «Плечевой поддон» – изменяет угол СП1;
 - «Подъем плеча» – изменяет угол СП2;
 - «Локоть» – изменяет угол СП3;
 - «Запястье 1» – изменяет угол СП4;
 - «Запястье 2» – изменяет угол СП5;
 - «Запястье 3» – изменяет угол СП6.

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

Значение координат или узлов СП можно ввести вручную в специальном поле, которое активируется при нажатии на значение (см. Рисунок II-10).



Рисунок II-10 – Поле для ручного введения значения

4 СОЗДАНИЕ ПРОГРАММ

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

Интерфейс создания программ имеет верхнее меню (см. Рисунок II-11):

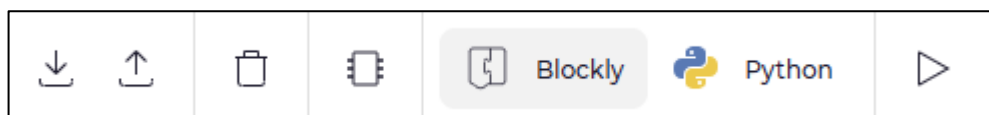


Рисунок II-11 —Верхнее меню создания программ



«Скачать» – кнопка для скачивания созданного скрипта в текстовом формате.



«Загрузить» – кнопка загрузки готового скрипта формата.



«Удалить все» – кнопка для очистки редактора.



«Распиновка» – кнопка для открытия схемы расположения электрических интерфейсов на фланце и пользовательской панели.



«Blockly» – переход в графический редактор Blockly.



«Python» – переход в редактор кода Python.



«Запуск на манипуляторе» – кнопка запуска скрипта на манипуляторе.

В интерфейсе предусмотрено поле «Результат выполнения программы» – отображает результат выполнения программы. Для увеличения поля щелкните по нему левой кнопкой мыши и поле увеличится за счет виртуального пространства (см. Рисунок II-12).



Рисунок II-12 – Поле «Результат выполнения программы»

Раздел для создания программ позволят создавать программы на трех языках программирования: Blockly, Python.

4.1 Blockly

Blockly в приложении Promobot M Control представляет собой набор графических блоков (библиотека) определенной формы и графический редактор (см. Рисунок II-13). Соединяя одни блоки с другими, можно создать программу движений для манипулятора.

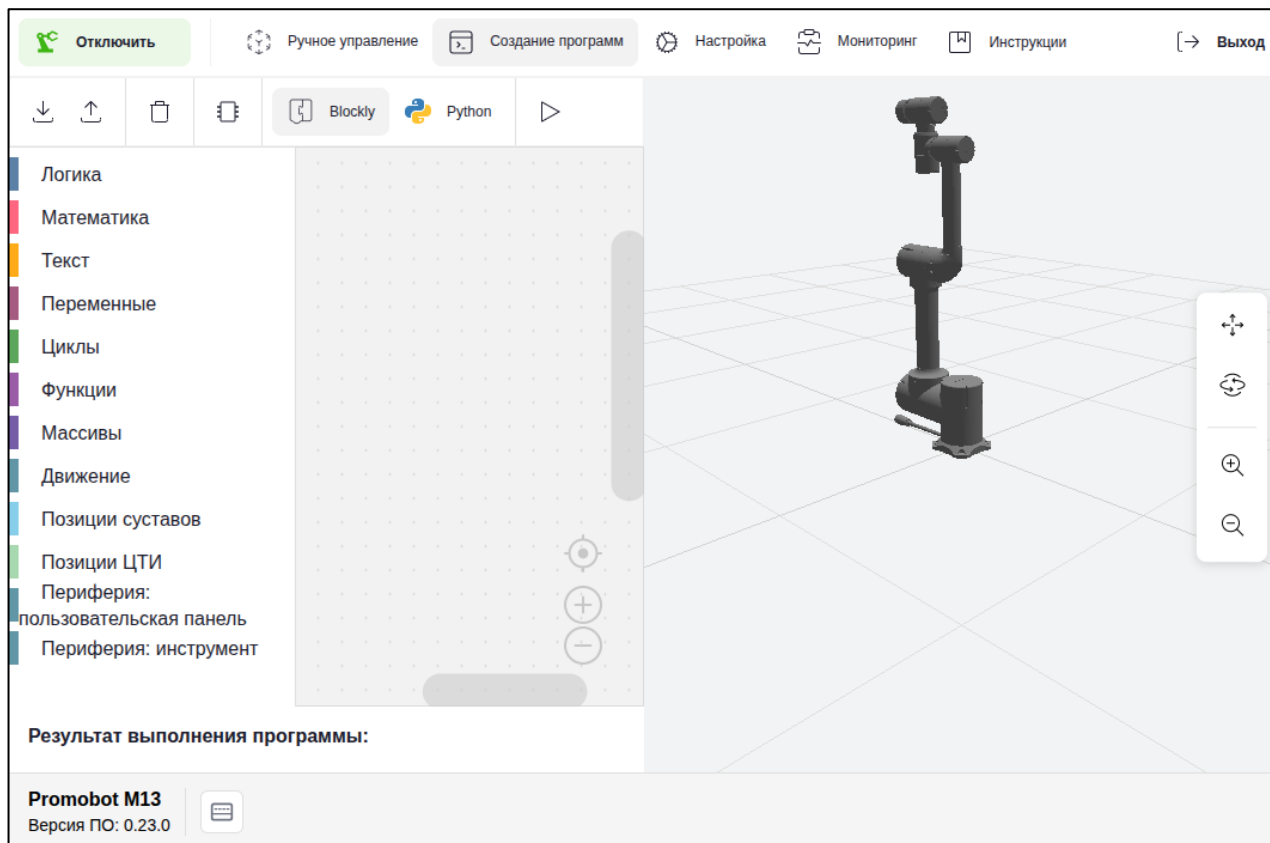


Рисунок II-13 – Blockly в приложении Promobot M Control

Для получения краткой справки о блоке наведите на него курсор мыши – отобразится всплывающая подсказка (см. Рисунок II-14).

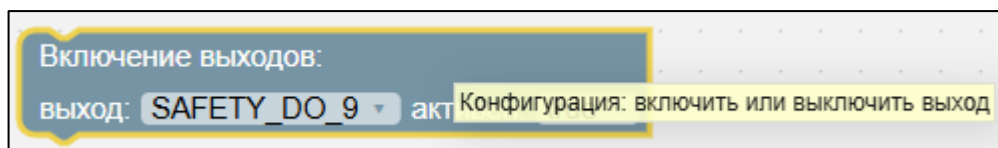


Рисунок II-14 – Всплывающая подсказка

По блокам общего функционала доступна справка в контекстном меню блока, для этого нажмите правой кнопкой мыши на блок (см. Рисунок II-15).

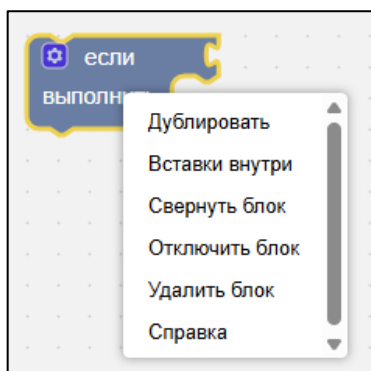


Рисунок II-15 – Контекстное меню блока

4.1.1 Описание графических блоков (библиотека Blockly)

Библиотека Blockly в приложении Promobot M Control имеет следующие разделы:

1. Блоки «Логика» – условия, сравнения (см. Рисунок II-16).

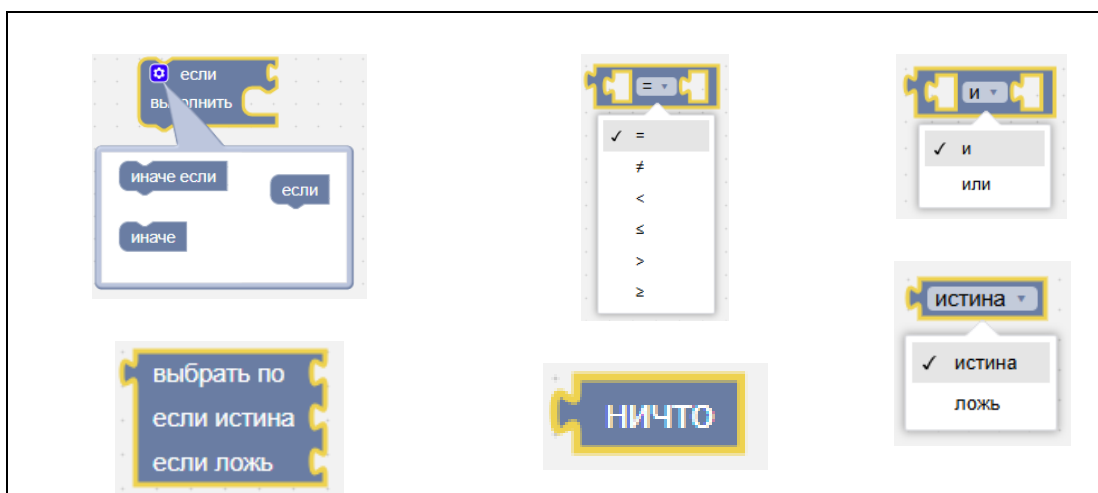


Рисунок II-16 – Блоки «Логика»

2. Блоки «Математика» – вычисления, формулы (см. Рисунок II-17).

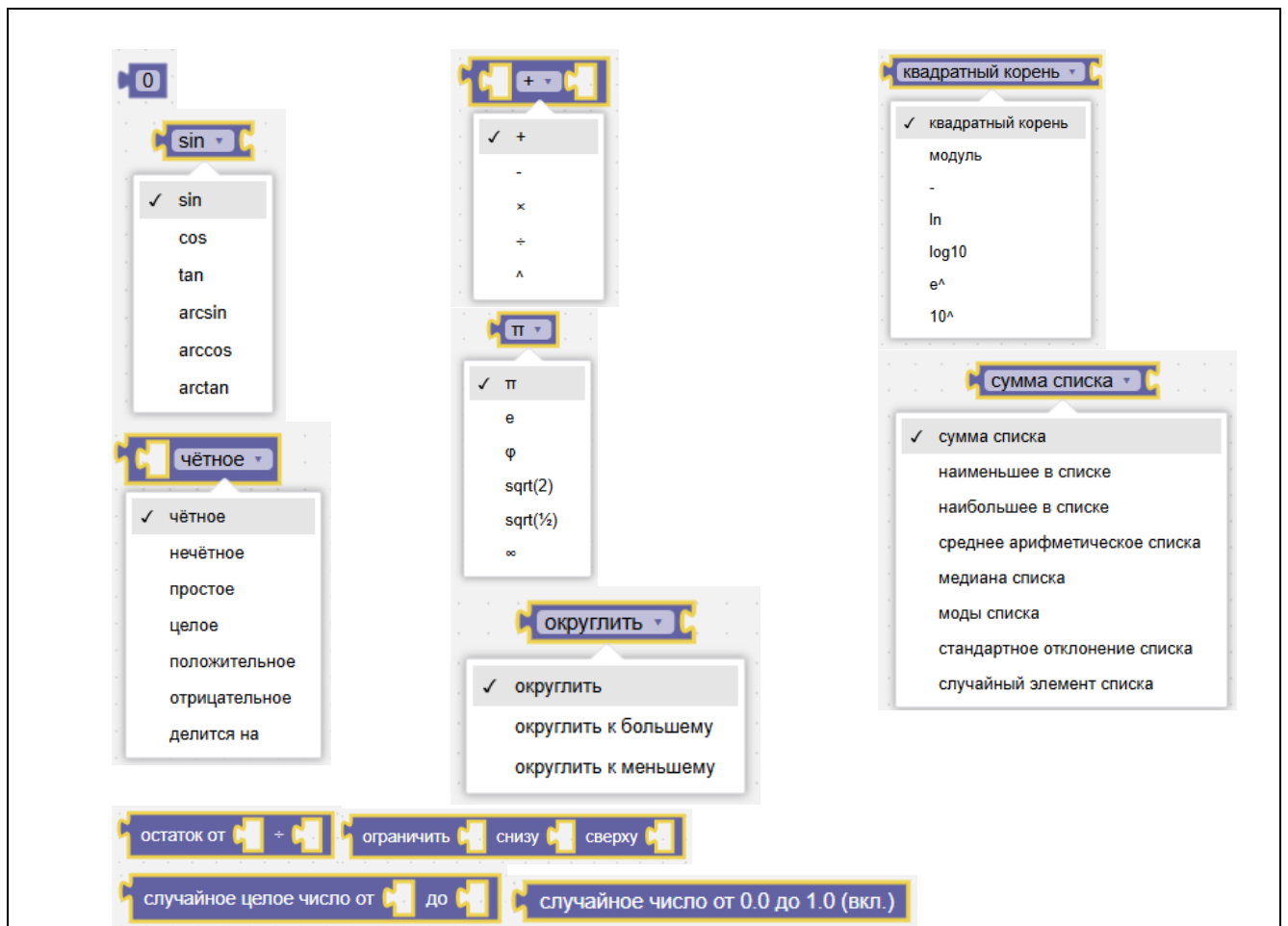


Рисунок II-17 – Блоки «Математика»

3. Блоки «Текст» – работа с текстом (см. Рисунок II-18).

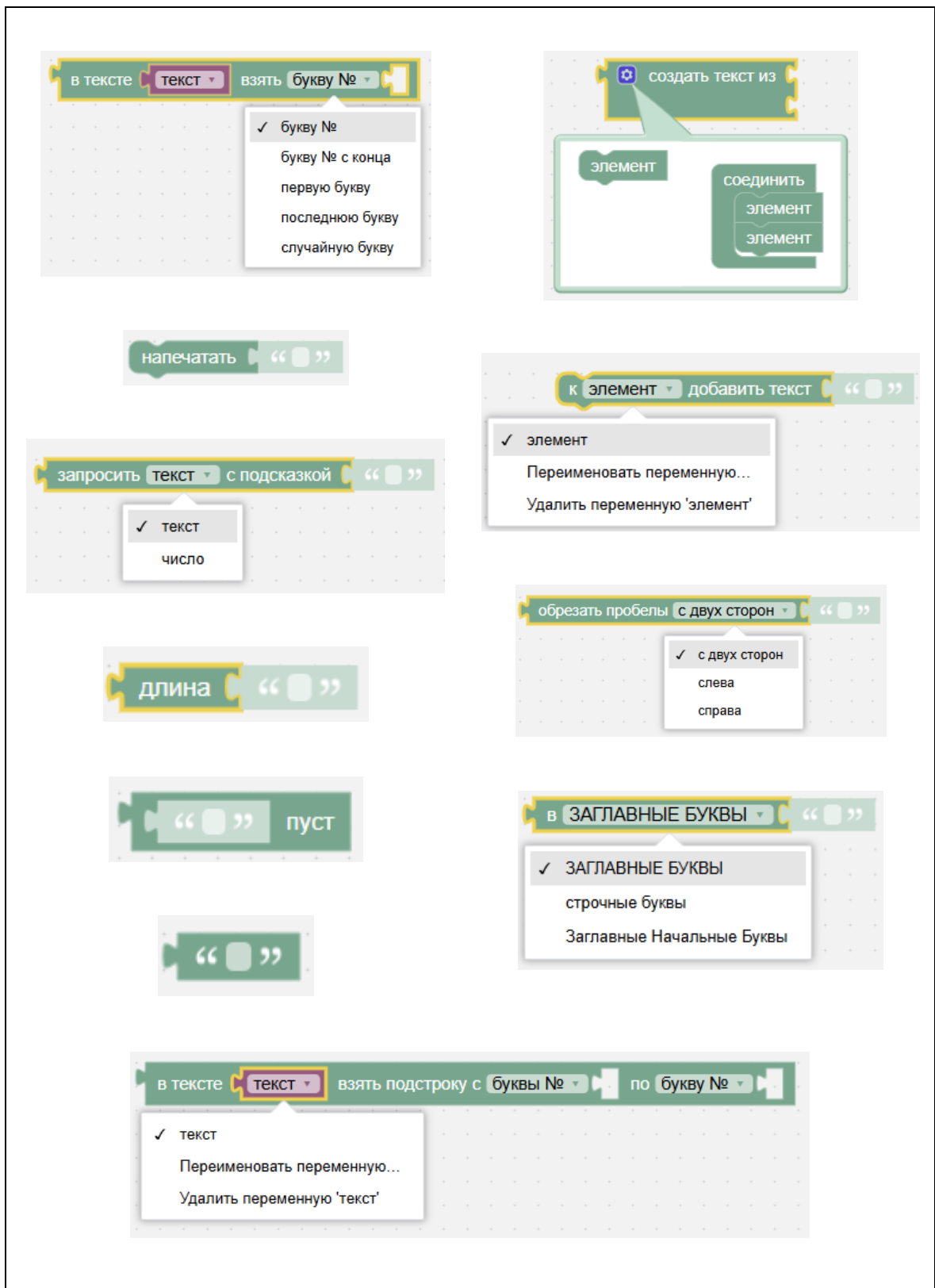


Рисунок II-18 – Блоки «Текст»

4. Блоки «Переменные» – создание и редактирование переменных (см. Рисунок II-19).

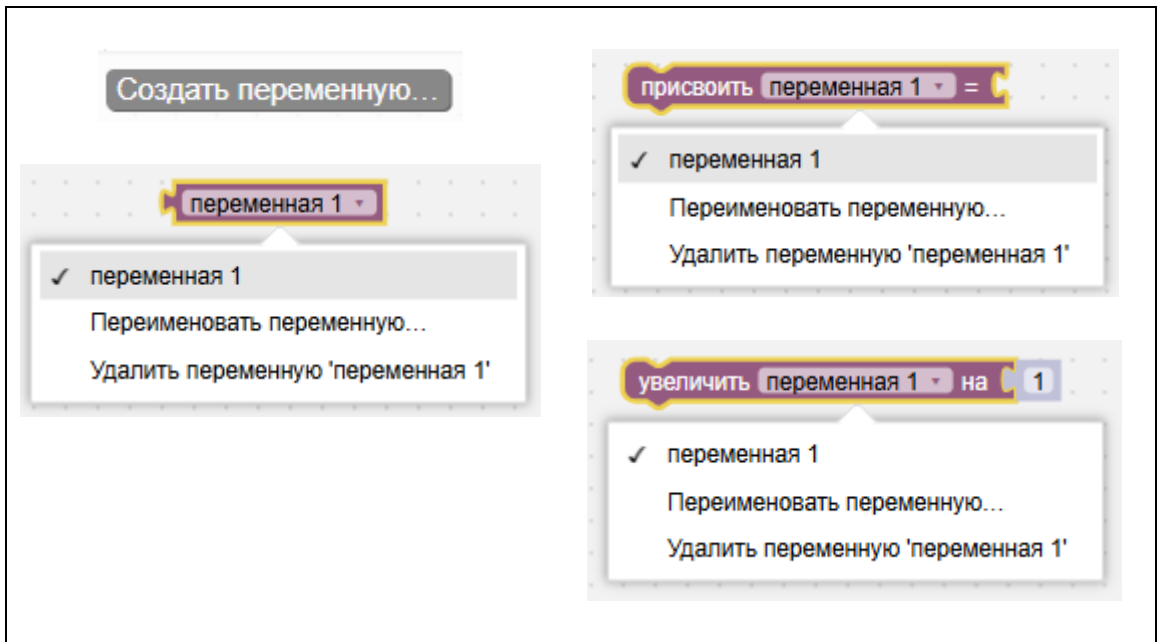


Рисунок II-19 – Блоки «Переменные»

5. Блоки «Циклы» – многократное повторение определенных действий (команд) (см. Рисунок II-20).

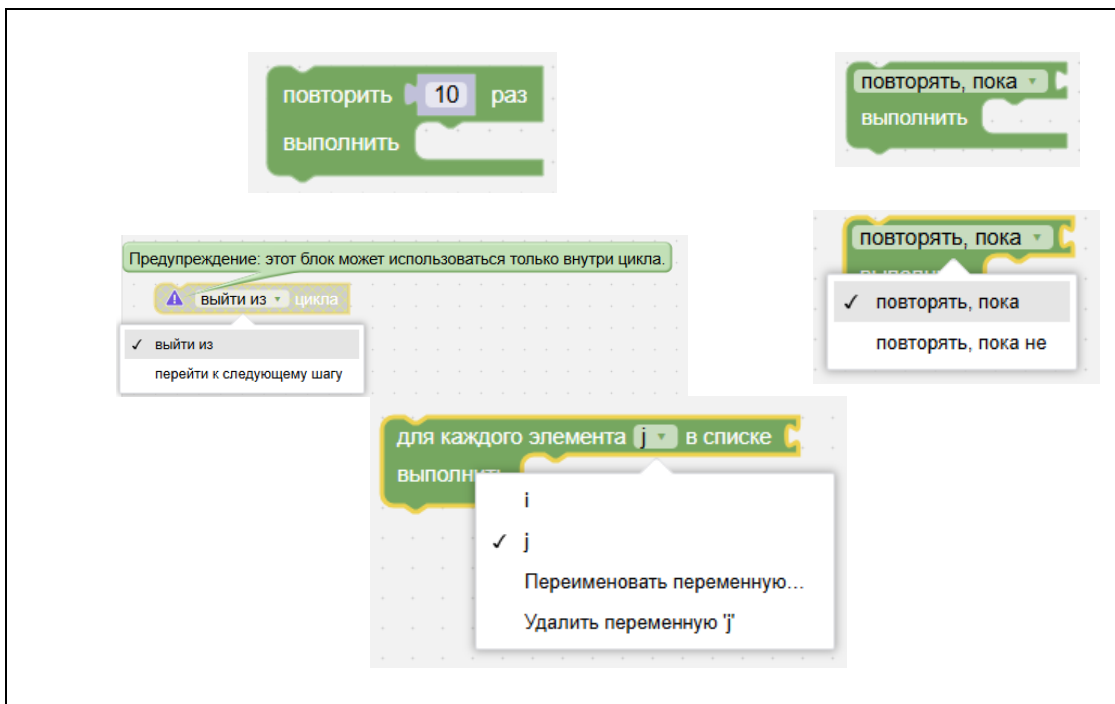


Рисунок II-20 – Блоки «Циклы»

6. Блоки «Функции» – создание собственных процедур и именованных подпрограмм (см. Рисунок II-21).



Рисунок II-21 – Блоки «Функции»

7. Блоки «Массивы» – работа с элементами списков (см. Рисунок II-22).

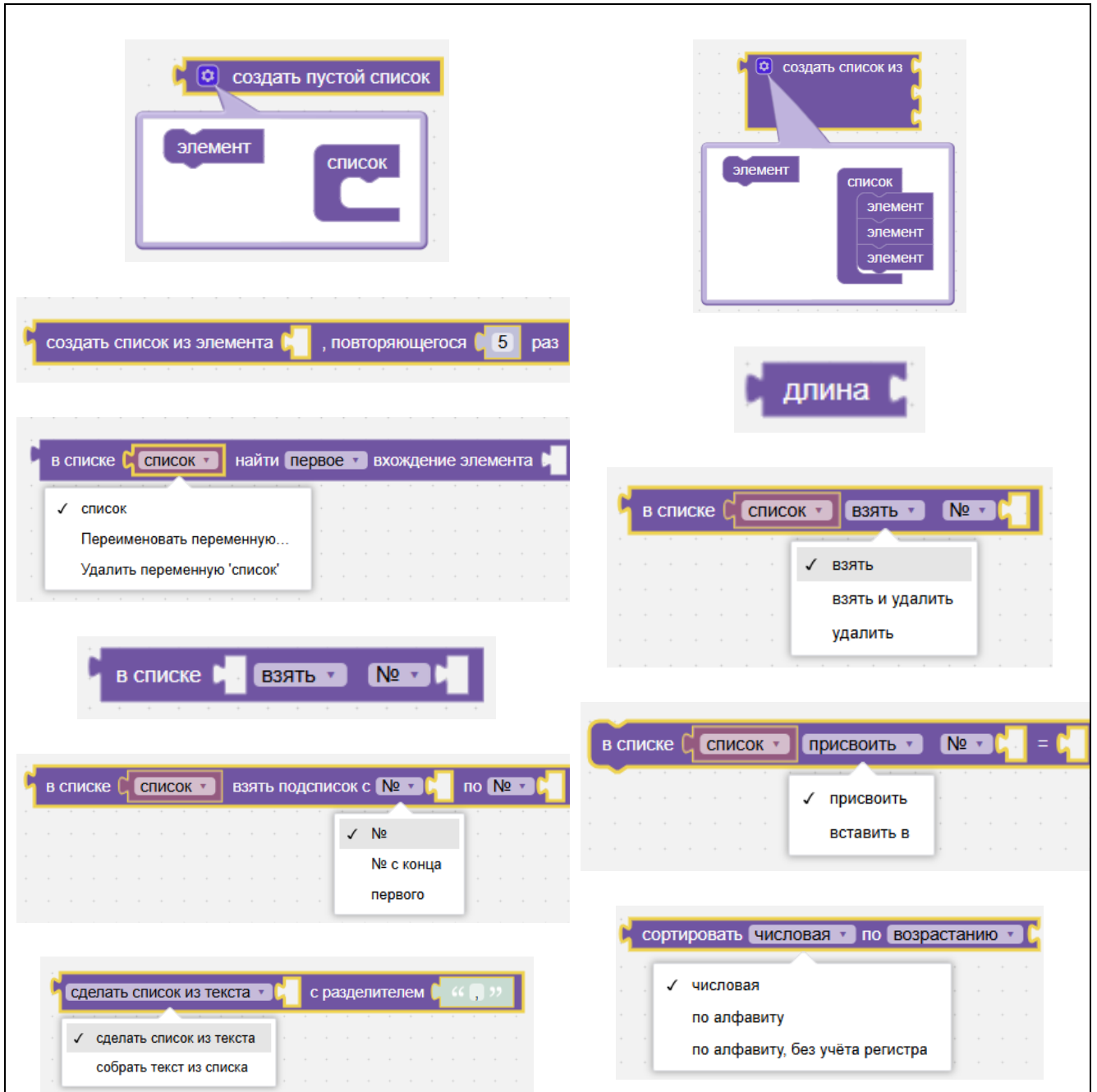


Рисунок II-22 – Блоки «Массивы»

8. Блоки «Движение» – команды перемещения (см. Рисунок II-23).

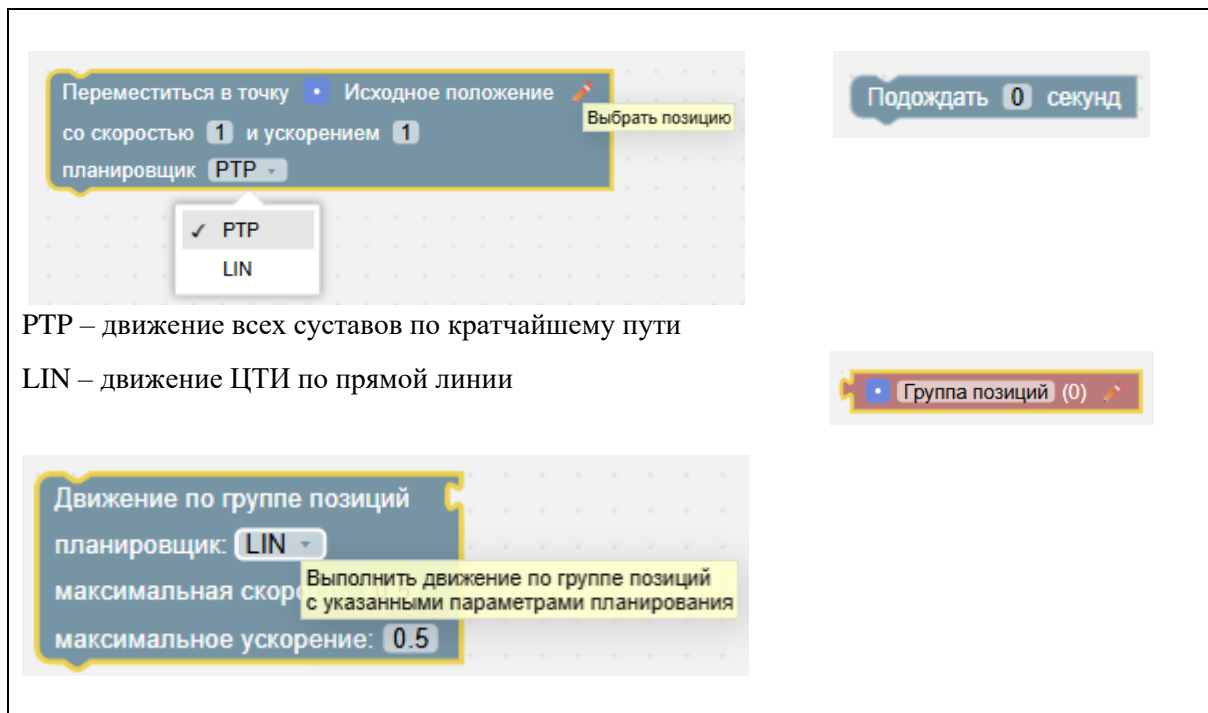


Рисунок II-23 – Блоки «Движение»

9. Форма «Позиции суставов» – сохранение и использование точек положения СП манипулятора относительно вертикальной плоскости (см. раздел I.1.2.1 «Манипулятор»). Для добавления и сохранения позиций нажмите «Добавить позицию суставов», отобразится форма для создания позиции по суставам (см. Рисунок II-24).

Добавить позицию суставов

Позиция по суставам ×

Наименование

Суставы

Плечевой поддон	178.8 °	<input type="button" value="−"/> <input type="button" value="+"/>
Подъём плеча	179.8 °	<input type="button" value="−"/> <input type="button" value="+"/>
Локоть	178.9 °	<input type="button" value="−"/> <input type="button" value="+"/>
Запястье 1	177.3 °	<input type="button" value="−"/> <input type="button" value="+"/>
Запястье 2	177.0 °	<input type="button" value="−"/> <input type="button" value="+"/>
Запястье 3	180.0 °	<input type="button" value="−"/> <input type="button" value="+"/>

Рисунок II-24 – Форма для создания позиции по суставам

10. Форма «Позиции ЦТИ» – сохранение и использование точек положения центральной точки инструмента (ЦТИ). Для добавления и сохранения позиций нажмите «Добавить позицию ЦТИ», отобразится форма для создания позиции ЦТИ (см. Рисунок II-25).

Добавить позицию ЦТИ

Позиция по ЦТИ ×

Наименование
Введите имя позиции

ЦТИ

↓ ↑

← →

↑ ↓

↶ ↷

↷ ↶

Координаты

X	0.0 см	− +	RX	0.0 °	− +
Y	0.0 см	− +	RY	0.0 °	− +
Z	0.0 см	− +	RZ	0.0 °	− +

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

Рисунок II-25 – Форма для создания позиции ЦТИ

4.1.1.1 Блоки «Периферия»

Программирование групп электрических интерфейсов на пользовательской панели и на фланце (см. Рисунок II-26).

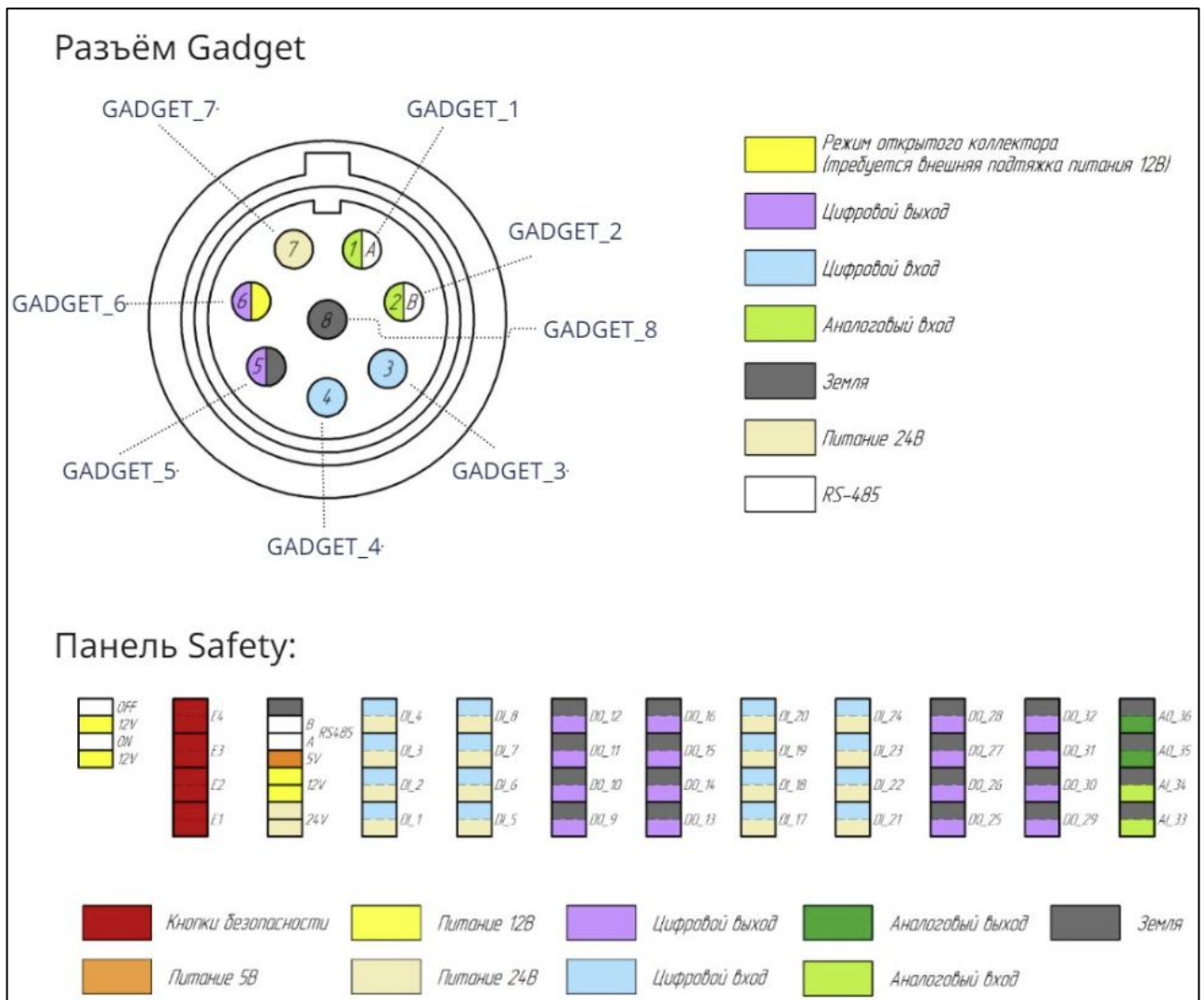


Рисунок II-26 – Схема расположения электрических интерфейсов

4.1.1.1. Блоки «Периферия: пользовательская панель»

Программирование групп электрических интерфейсов на пользовательской панели (см. Рисунок II-27).



Рисунок II-27 – Блоки «Периферия: пользовательская панель»

Раздел «Периферия: пользовательская панель» состоит из следующих блоков:

1. Блок «Конфигурирование входов» (см. Рисунок II-28).

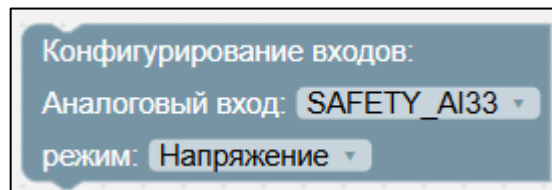


Рисунок II-28 – Блок «Конфигурирование входов»

Структура блока:

- Заголовок: «Конфигурирование входов»:
- Параметр: «Аналоговый вход»:
 - Поле: «SAFETY_AI33»;
 - Поле: «SAFETY_AI34».
- Параметр «режим»:
 - Поле: «Напряжение»;
 - Поле: «Ток».

2. Блок «Конфигурирование выходов» (см. Рисунок II-29).

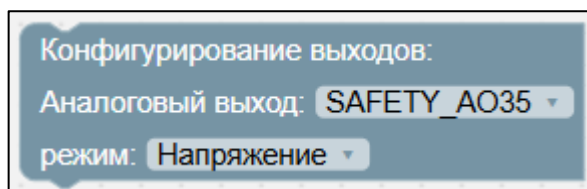


Рисунок II-29 – Блок «Конфигурирование выходов»

Структура блока:

- Заголовок: «Конфигурирование выходов»:
- Параметр: «Аналоговый выход»:
 - Поле: «SAFETY_AO35»;
 - Поле: «SAFETY_AO36».
- Параметр «режим»:
 - Поле: «Напряжение»;
 - Поле: «Ток».

3. Блок «Цифровой вход. Считать логический уровень» (см. Рисунок II-30).

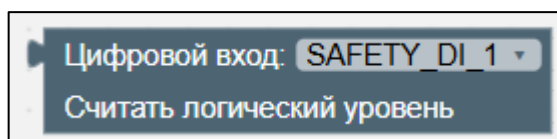


Рисунок II-30 – Блок «Цифровой вход. Считать логический уровень»

Структура блока:

- Параметр: «Включение входов»:
 - Поле: «SAFETY_DI_1»;
 - Поле: «SAFETY_DI_2»;
 - Поле: «SAFETY_DI_3»;
 - Поле: «SAFETY_DI_4»;
 - Поле: «SAFETY_DI_5»;
 - Поле: «SAFETY_DI_6»;
 - Поле: «SAFETY_DI_7»;
 - Поле: «SAFETY_DI_8»;
 - Поле: «SAFETY_DI_17»;
 - Поле: «SAFETY_DI_18»;
 - Поле: «SAFETY_DI_19»;

- Поле: «SAFETY_DI_20»;
 - Поле: «SAFETY_DI_21»;
 - Поле: «SAFETY_DI_22»;
 - Поле: «SAFETY_DI_23»;
 - Поле: «SAFETY_DI_24».
 - Параметр: «Считать логический уровень».
4. Блок «Аналоговый вход. Измерить напряжение» (см. Рисунок II-31).

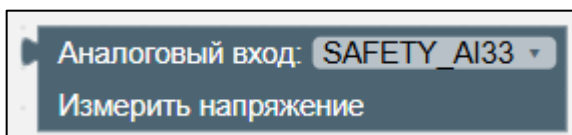


Рисунок II-31 – Блок «Аналоговый вход. Измерить напряжение»

Структура блока:

- Параметр: «Аналоговый вход»:
 - Поле: «SAFETY_AI33»;
 - Поле: «SAFETY_AI34».
 - Параметр «Измерить напряжение».
5. Блок «Аналоговый вход. Измерить ток» (см. Рисунок II-32).

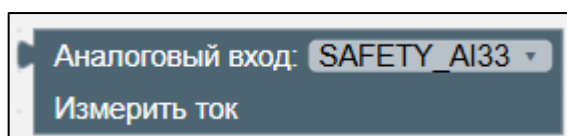


Рисунок II-32 – Блок «Аналоговый вход. Измерить ток»

Структура блока:

- Параметр: «Аналоговый вход»:
 - Поле: «SAFETY_AI33»;
 - Поле: «SAFETY_AI34».
 - Параметр «Измерить ток».
6. Блок «Цифровой выход. Установить значение» (см. Рисунок II-33).

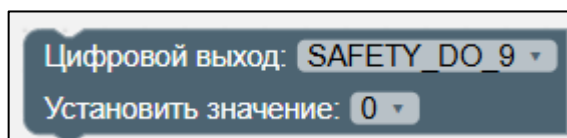


Рисунок II-33 – Блок «Цифровой выход. Установить значение»

Структура блока:

- Параметр: «Цифровой выход»:
 - Поле: «SAFETY_DO_9»;
 - Поле: «SAFETY_DO_10»;
 - Поле: «SAFETY_DO_11»;
 - Поле: «SAFETY_DO_12»;
 - Поле: «SAFETY_DO_13»;
 - Поле: «SAFETY_DO_14»;
 - Поле: «SAFETY_DO_15»;
 - Поле: «SAFETY_DO_16»;
 - Поле: «SAFETY_DO_25»;
 - Поле: «SAFETY_DO_26»;
 - Поле: «SAFETY_DO_27»;
 - Поле: «SAFETY_DO_28»;
 - Поле: «SAFETY_DO_29»;
 - Поле: «SAFETY_DO_30»;
 - Поле: «SAFETY_DO_31»;
 - Поле: «SAFETY_DO_32».
- Параметр «Установить значение»:
 - Поле: «0»;
 - Поле: «1».

7. Блок «Аналоговый выход. Установить напряжение» (см. Рисунок II-34).

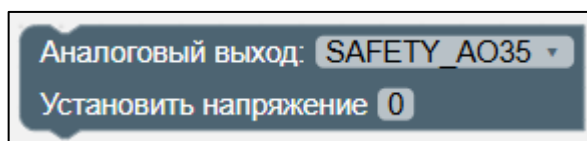


Рисунок II-34 – Блок «Аналоговый выход. Установить напряжение»

Структура блока:

- Параметр: «Аналоговый выход»:
 - Поле: «SAFETY_AO35»;
 - Поле: «SAFETY_AO36».
- Параметр «Установить напряжение»:

- Поле: от «0» до «10» В (ввод вручную).

8. Блок «Аналоговый выход. Установить ток» (см. Рисунок II-35).

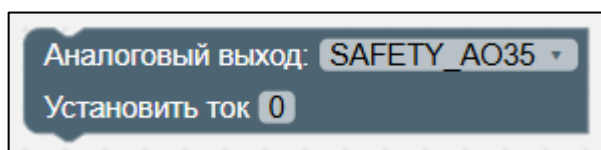


Рисунок II-35 – Блок «Аналоговый выход. Установить ток»

Структура блока:

- Параметр «Аналоговый выход»:
 - Поле: «SAFETY_AO35»;
 - Поле: «SAFETY_AO36».
- Параметр «Установить ток»:
 - Поле: от «0» до «12» мА (ввод вручную).

4.1.1.2. Блоки «Периферия: инструмент»

Программирование групп электрических интерфейсов на фланце (см. Рисунок II-36).

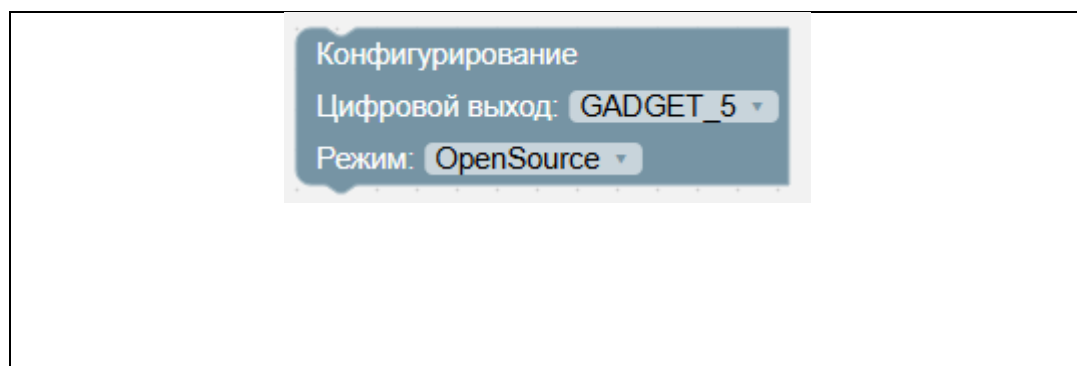



Рисунок II-36 – Блоки «Периферия: инструмент»

Для правильного определения расположения электрических интерфейсов при использовании блоков периферии, можно использовать кнопку  для открытия схемы их расположения (см. Рисунок II-26).

Раздел «Периферия: инструмент» состоит из следующих блоков:

1. Блок «Конфигурирование. Цифровой выход» (см. Рисунок II-37).

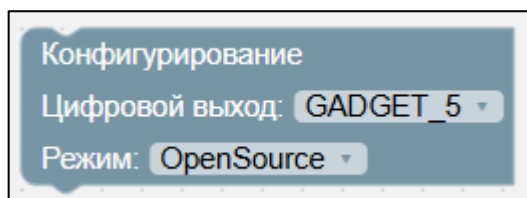


Рисунок II-37 – Блок «Конфигурирование. Цифровой выход»

Структура блока:

- Заголовок: «Конфигурирование»:
- Параметр: «Цифровой вход»:
 - Поле: «GADGET_5»;
 - Поле: «GADGET_6».
- Параметр: «Режим»:
 - Поле: «OpenDrine»;
 - Поле: «OpenSource»;
 - Поле: «Push/Pull».

2. Блок «Конфигурирование. Аналоговый вход» (см. Рисунок II-38).

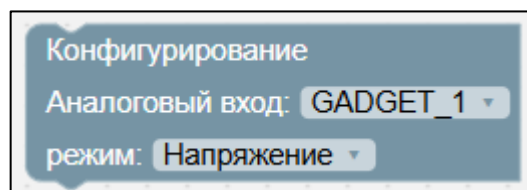


Рисунок II-38 – Блок «Конфигурирование. Аналоговый вход»

Структура блока:

- Заголовок: «Конфигурирование»:
- Параметр: «Аналоговый вход»:
 - Поле: «GADGET_1»;
 - Поле: «GADGET_2».
- Параметр: «режим»:
 - Поле: «Напряжение»;
 - Поле: «Ток».

3. Блок «Управление. Цифровой выход» (см. Рисунок II-39)

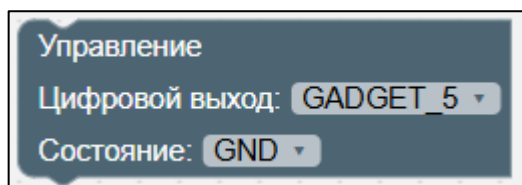


Рисунок II-39 – Блок «Управление. Цифровой выход»

Структура блока:

- Заголовок: «Управление»:
- Параметр: «Цифровой выход»:
 - Поле: «GADGET_5»;
 - Поле: «GADGET_6».
- Параметр: «Состояние» (зависит от версии платы и параметра «Режим» в блоке «Конфигурирование. Цифровой выход») (см. раздел I.2.2.2.2 «Подключение инструмента»):

Версия платы gadget v3:

- GADGET_5:
 - режим «OpenDrain»: состояния «HighZ», «GND»;
 - режим «OpenSource»: состояния «V24», «HighZ»;
 - режим «Push/Pull»: состояния «V24», «GND».
- GADGET_6:
 - режим «OpenDrain»: состояния «HighZ/GND»
 - режим «OpenSource»: состояния «V24», «V12», «HighZ»;
 - режим «Push/Pull»: состояния «V24», «V12», «GND».

Версия платы gadget v3:

- GADGET_5:
 - режим «OpenDrain»: состояния «HighZ», «GND»;
 - режим «OpenSource»: состояния «V24», «HighZ»;
 - режим «Push/Pull»: состояния «V24», «GND».
- GADGET_6:
 - режим «OpenDrain»: состояния «HighZ/GND»
 - режим «OpenSource»: состояния «V12», «HighZ»;
 - режим «Push/Pull»: состояния «V24», «V12», «GND».

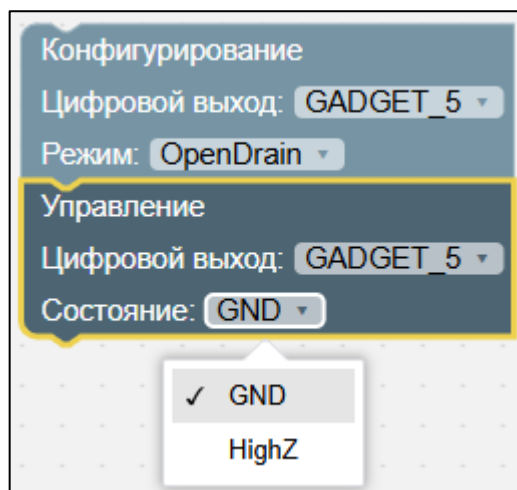


Рисунок II-40 – Пример управления цифровым выходом GADGET_5 в режиме «OpenDrine»

4. Блок «Управление. Режим GADGET_7» (см. Рисунок II-41).

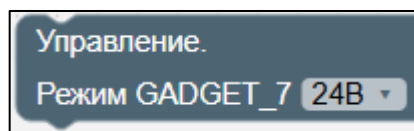


Рисунок II-41 – Блок «Управление. Режим GADGET_7»

Структура блока:

- Заголовок: «Управление».
- Параметр: «Режим GADGET_7»:
 - Поле: «24B»;
 - Поле: «GND».

5. Блок «Аналоговый вход. Измерить напряжение» (см. Рисунок II-42).

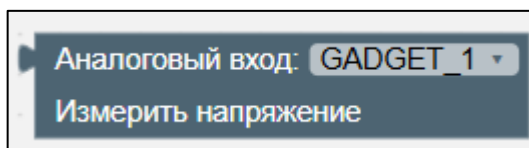


Рисунок II-42 – Блок «Аналоговый вход. Измерить напряжение»

Структура блока:

- Параметр: «Аналоговый вход»:
 - Поле: «GADGET_1»;
 - Поле: «GADGET_2».
- Параметр: «Измерить напряжение».

6. Блок «Аналоговый вход. Измерить ток» (см. Рисунок II-43).

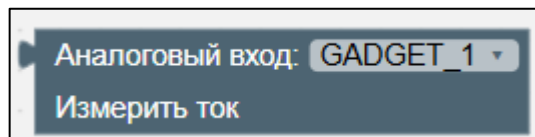


Рисунок II-43 – Блок «Аналоговый вход. Измерить ток»

Структура блока:

- Параметр: «Аналоговый вход»:
 - Поле: «GADGET_1»;
 - Поле: «GADGET_2».
- Параметр: «Измерить ток».

7. Блок «Цифровой вход. Считать логический уровень» (см. Рисунок II-44).

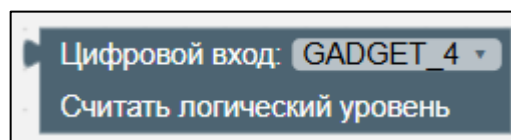


Рисунок II-44 – Блок «Цифровой вход. Считать логический уровень»

Структура блока:

- Параметр: «Цифровой вход»:
 - Поле: «GADGET_3»;
 - Поле: «GADGET_4».
- Параметр: «Считать логический уровень».

4.2 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 II-45).

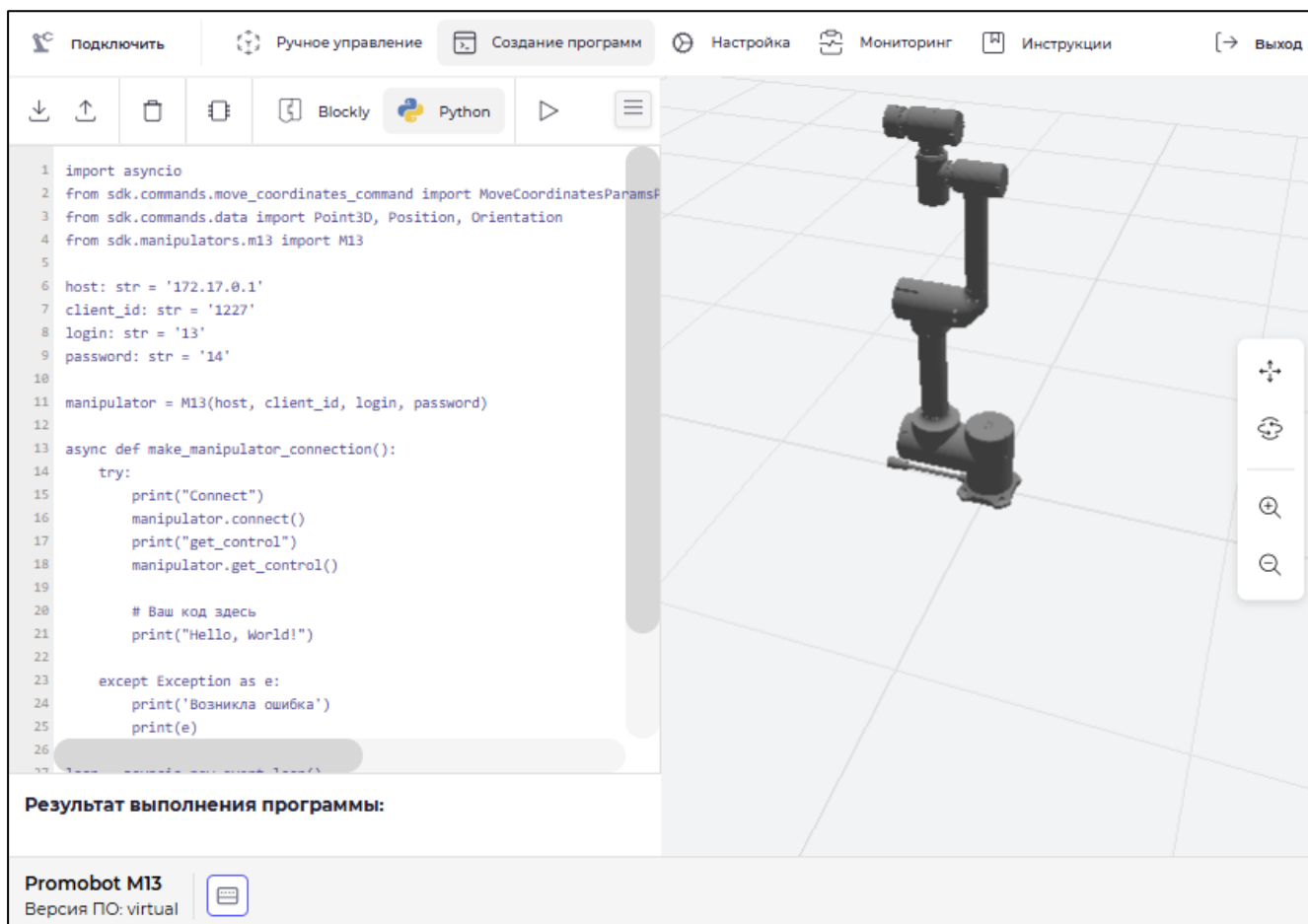


Рисунок II-45 – Python в приложении Promobot M Control

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, описанную в разделе III «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 расширение .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\nsdk.manipulators.m13 import M13\n\nhost: str = '172.17.0.1'\nclient_id: str = '1227'\nlogin: str =\n'13'\npassword: str = '14'\n\nmanipulator = M13(host, client_id, login, password)\n\nasync def\nmake_manipulator_connection():\n    try:\n        print(\"Connect\")\n        manipulator.connect()\n\n    print(\"get_control\")\n        manipulator.get_control()\n\n        \n        # Ваш код\nздесь\n        print(\"Hello, World!\")\n\n        \n    except Exception as e:\n        print('Возникла\nошибка')\n\n        \n        print(e)\n\nloop\n= asyncio.new_event_loop()\nasyncio.set_event_loop(loop)\nasyncio.get_event_loop().run_until_\ncomplete(make_manipulator_connection())\n"}
}
```

5 НАСТРОЙКА

Интерфейс для настройки (вкладка «Настройка») содержит разделы (см. Рисунок II-46):

- «Общие и системные настройки» – сброс кэша и перезапуск интерфейса;
- «Инструмент» – добавление, редактирование, активация центральной точки инструмента;
- «Положение и пределы» – ограничение скоростей и сочленений манипулятора;
- «Рабочая зона» – защита от столкновения с полом.

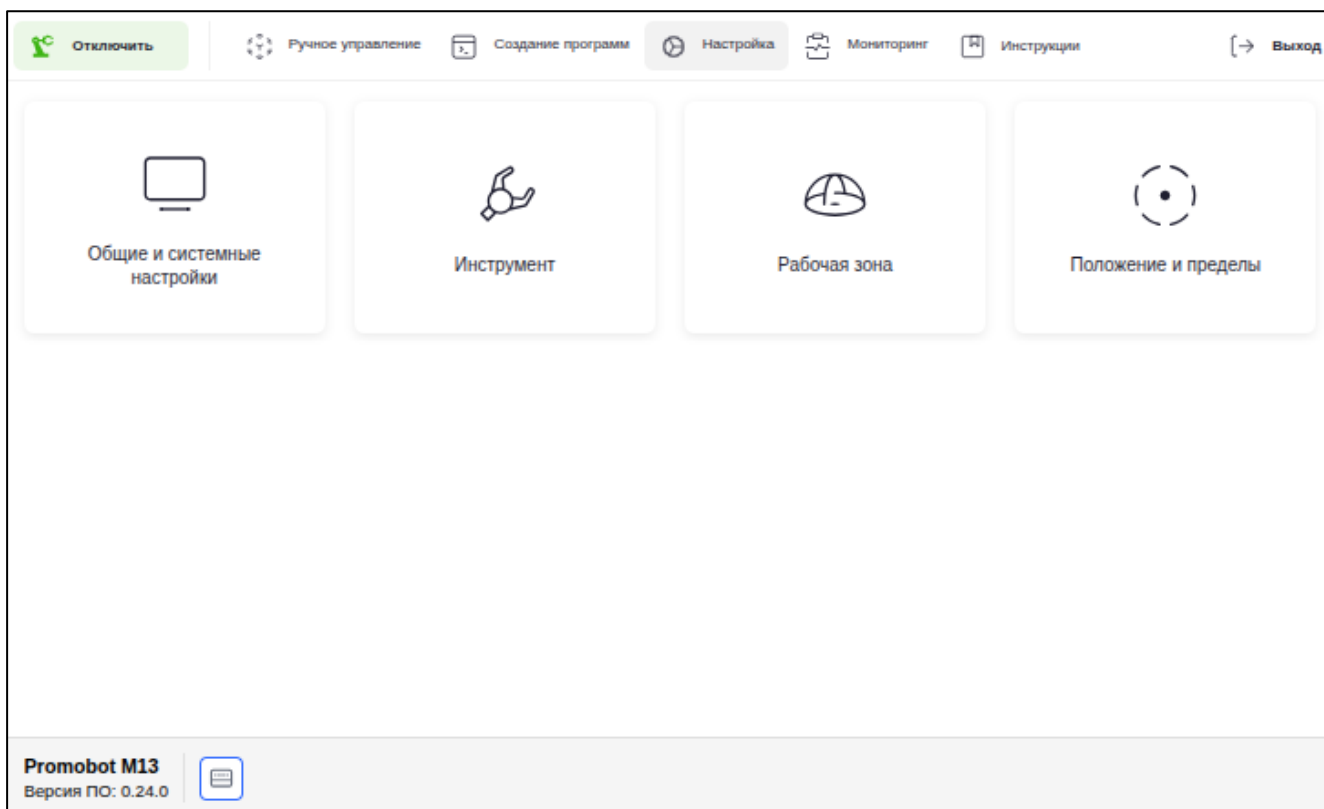


Рисунок II-46 – Интерфейс для настройки

5.1 Общие и системные настройки

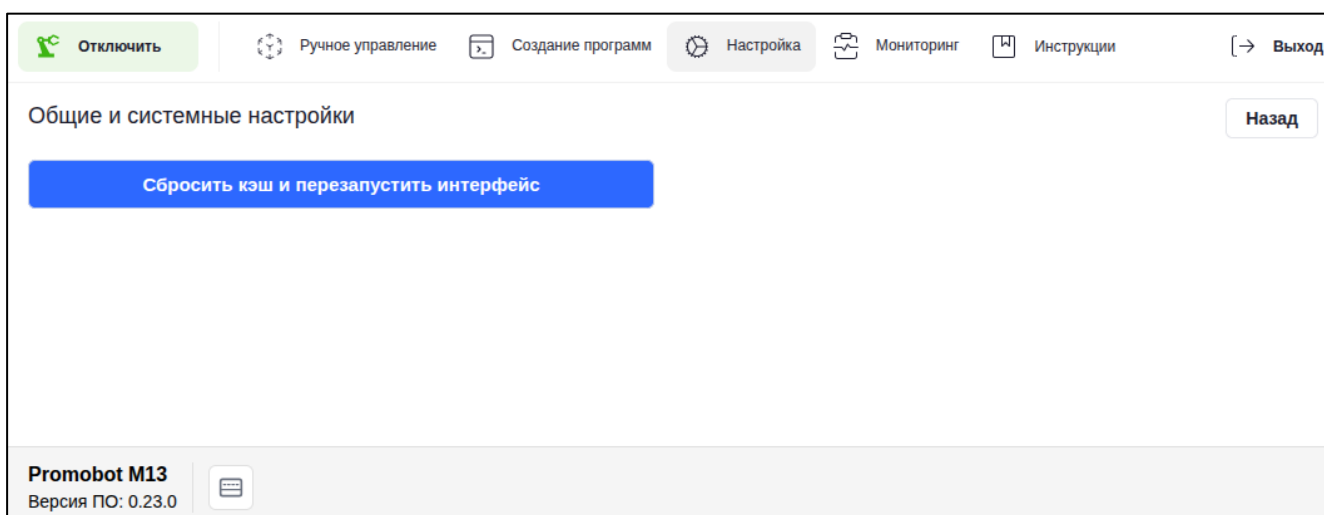


Рисунок II-47 – Раздел «Общие и системные настройки»

Раздел «Общие и системные настройки» (см. Рисунок II-47) содержит кнопку «Сбросить кэш и перезапустить интерфейс», которая может быть использована для освобождения памяти и исправления ошибок, возникающих при работе с приложением.

Для возврата к другим настройкам нажмите кнопку «Назад».

5.2 Инструмент

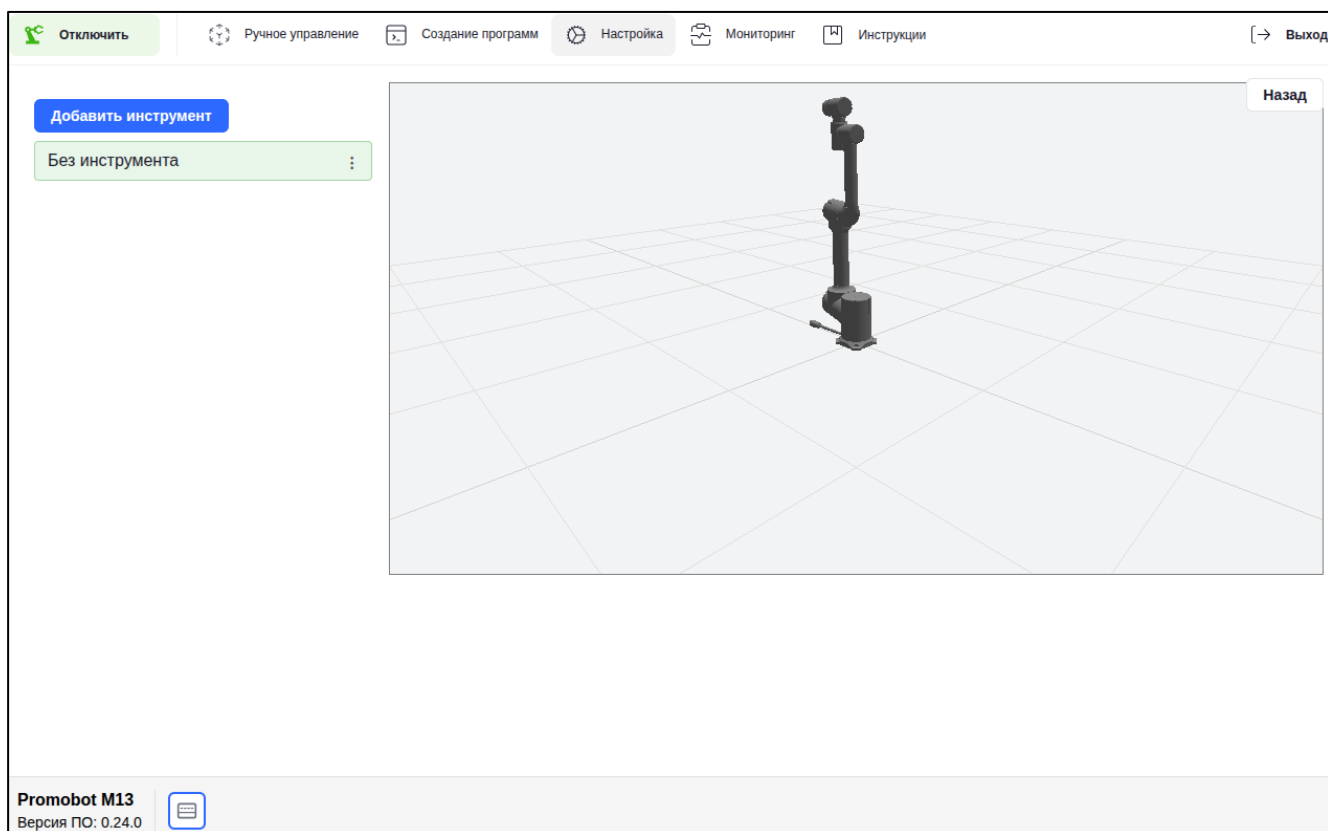


Рисунок II-48 – Раздел «Инструмент»

Раздел «Инструмент» (см. Рисунок II-48) позволяет добавлять центральную точку инструмента (ЦТИ), установленного на фланец инструмента.

Для добавления инструмента выполните следующие действия:

1. Нажмите кнопку «Добавить инструмент», отобразится форма для добавления новой точки (см. Рисунок II-49).

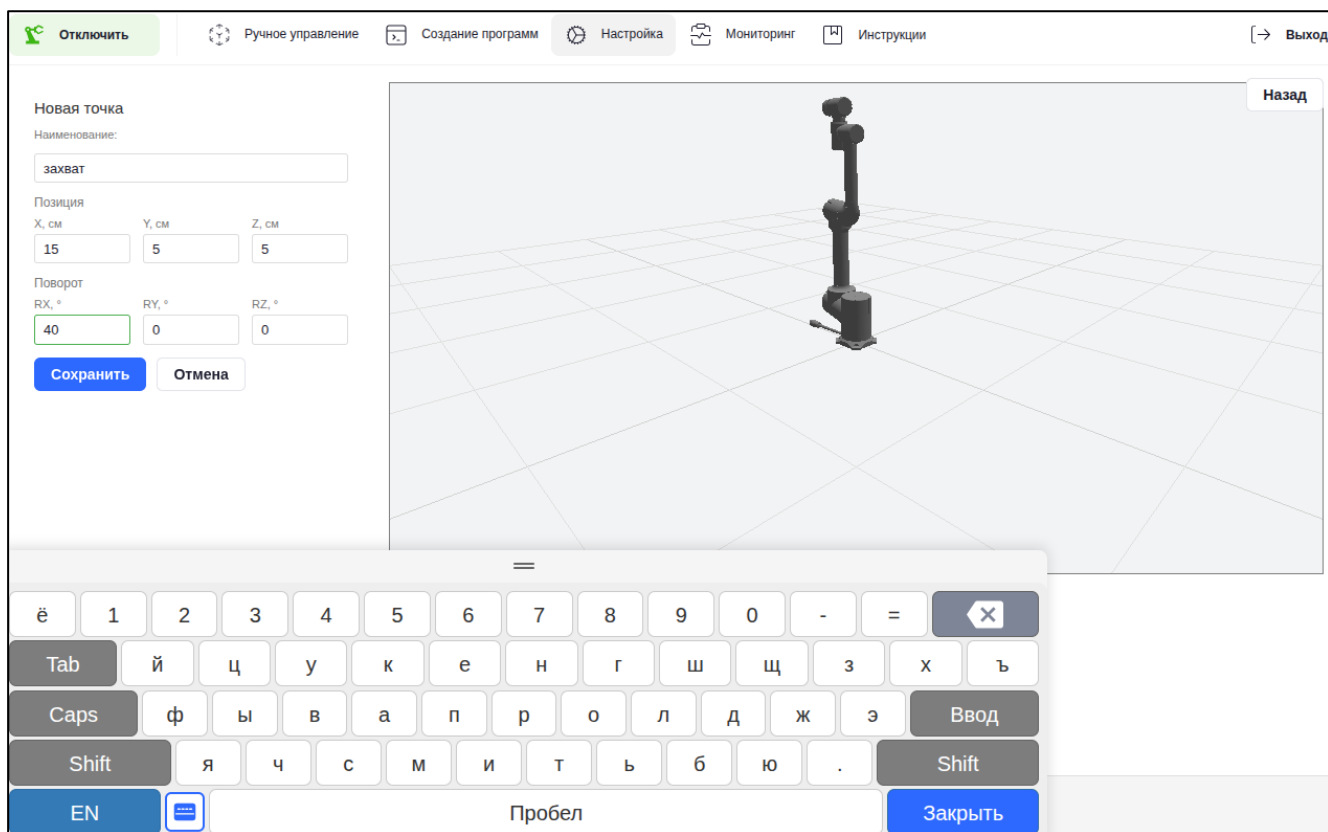


Рисунок II-49 – Форма для добавления новой точки

2. Введите значения позиции в трехмерной системе координат и значения расположения сферически вокруг ЦТИ (значения вводятся в сантиметрах).
3. Нажмите кнопку «Сохранить».

Для отмены добавления инструмента нажмите кнопку «Отмена».

Редактирование созданного инструмента доступно двойным нажатием левой кнопки мыши по наименованию инструмента.

Для созданного инструмента по контекстному меню (см. Рисунок II-50) доступны следующие действия:

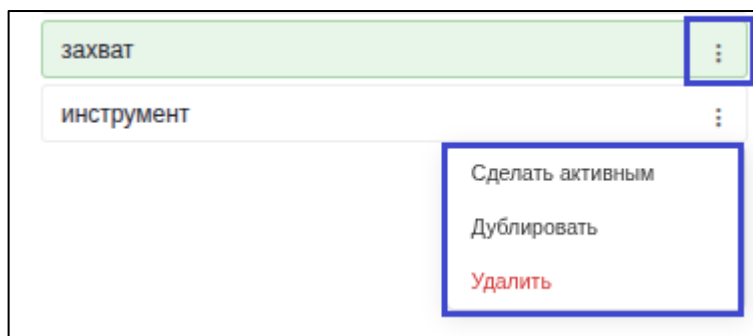


Рисунок II-50 – Контекстное меню

- «Сделать активным» – активировать инструмент;
- «Дублировать» – создать копию инструмента (не доступно при активированном инструменте);
- «Удалить» – удалить инструмент (не доступно при активированном инструменте).

Для деактивации инструмента активируйте инструмент «Без инструмента» либо другой созданный инструмент.

5.3 Положение и пределы

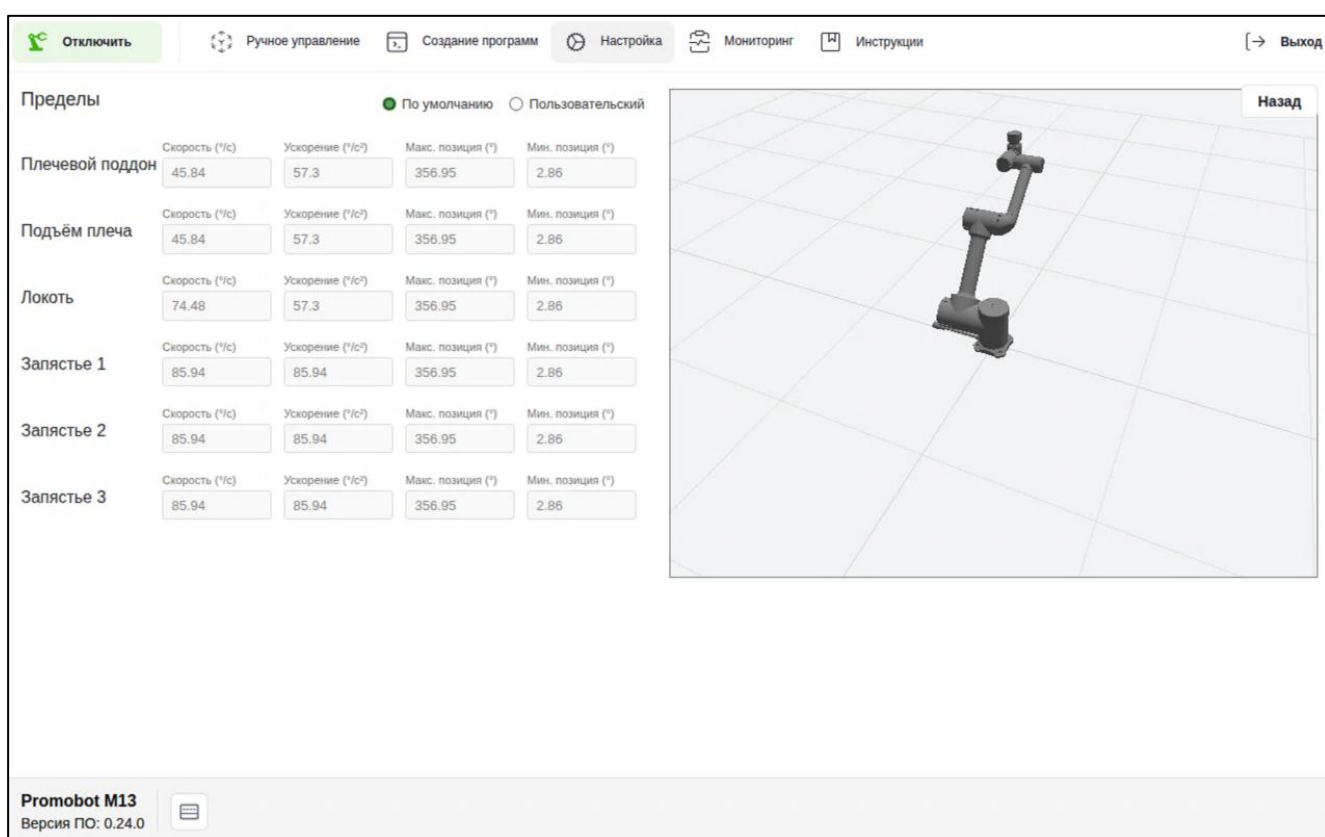


Рисунок II-51 – Раздел «Положение и пределы»

Раздел «Положение и пределы» (см. Рисунок II-51) позволяет задать пределы скоростей и сочленений, чтобы ограничивать рабочий диапазон манипулятора для повышения безопасности в стесненных условиях.

Настройки пределов «По умолчанию» – это максимально допустимые значения. Для настройки новых пределов установите флаг «Пользовательские» – настройки

пределов «По умолчанию» отобразятся в редактируемом формате. Введите значения новых пределов (см. Рисунок II-52).

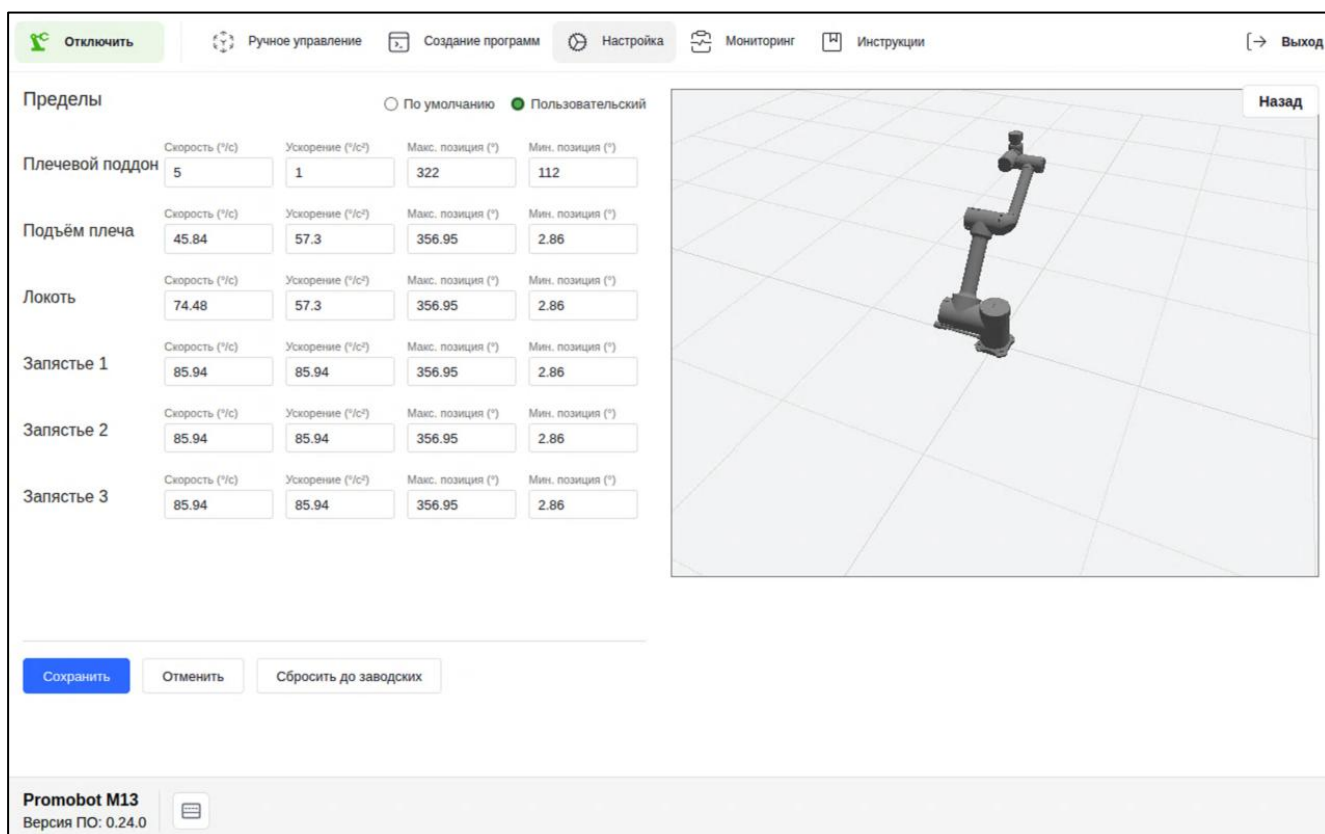


Рисунок II-52 – Настройка новых пределов

Нажмите кнопку «Сохранить». Отобразится уведомление применения настроек (см. Рисунок II-53).

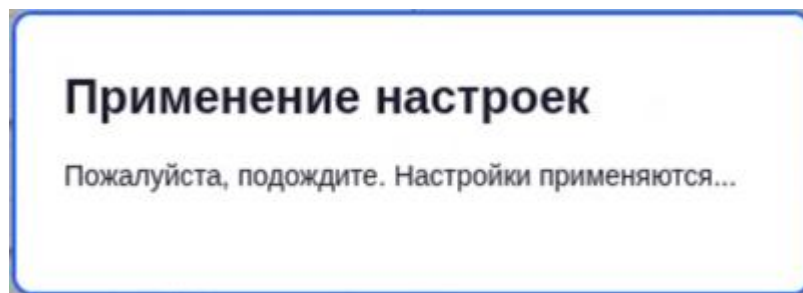


Рисунок II-53 – Уведомление «Применение настроек»

Дождитесь появления уведомления «Настройки применены успешно» (см. Рисунок II-54). Для отмены установки новых пределов нажмите «Отмена».

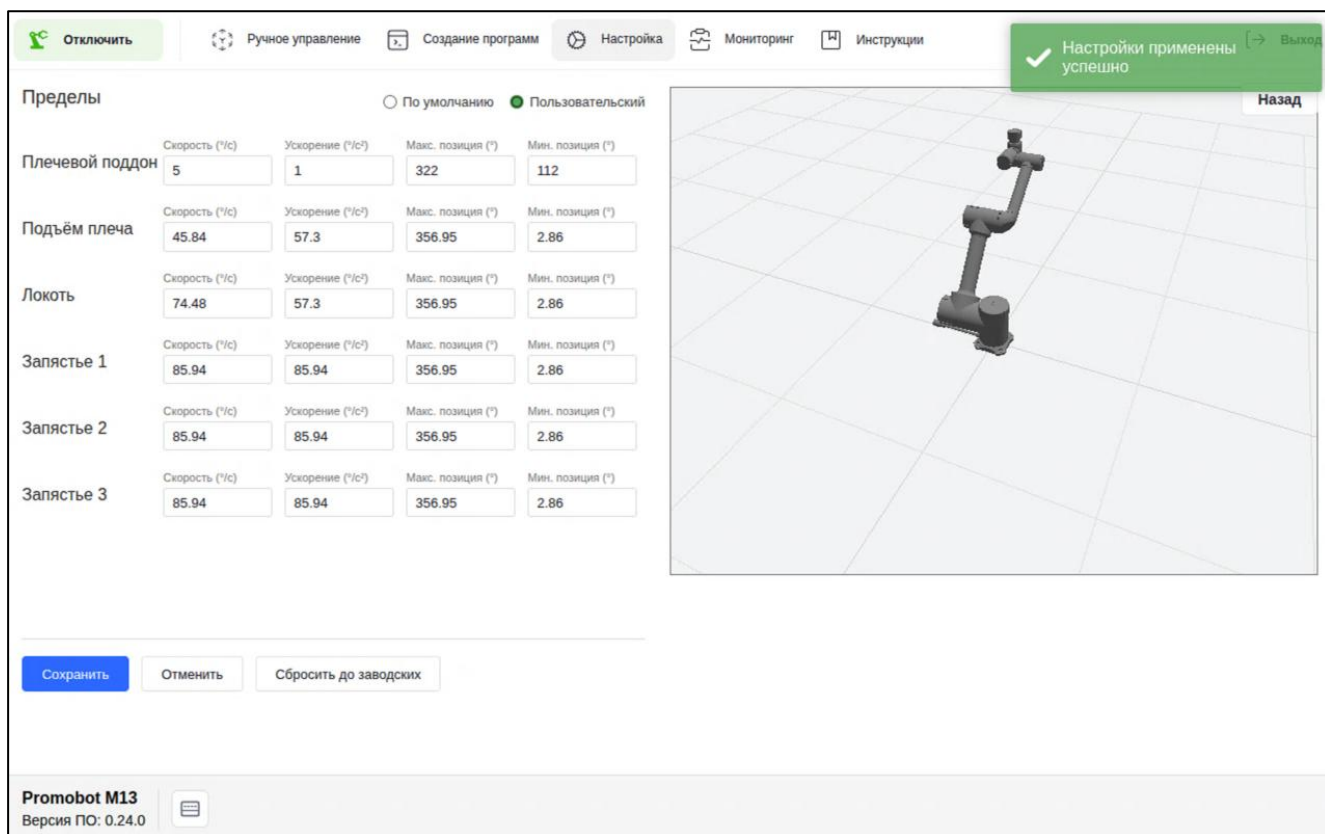


Рисунок II-54 – Уведомление «Настройки применены успешно»

При попытке увести манипулятор за установленные пользовательские пределы, при ручном управлении или при создании программы, отобразится предупреждение (см. Рисунок II-55).

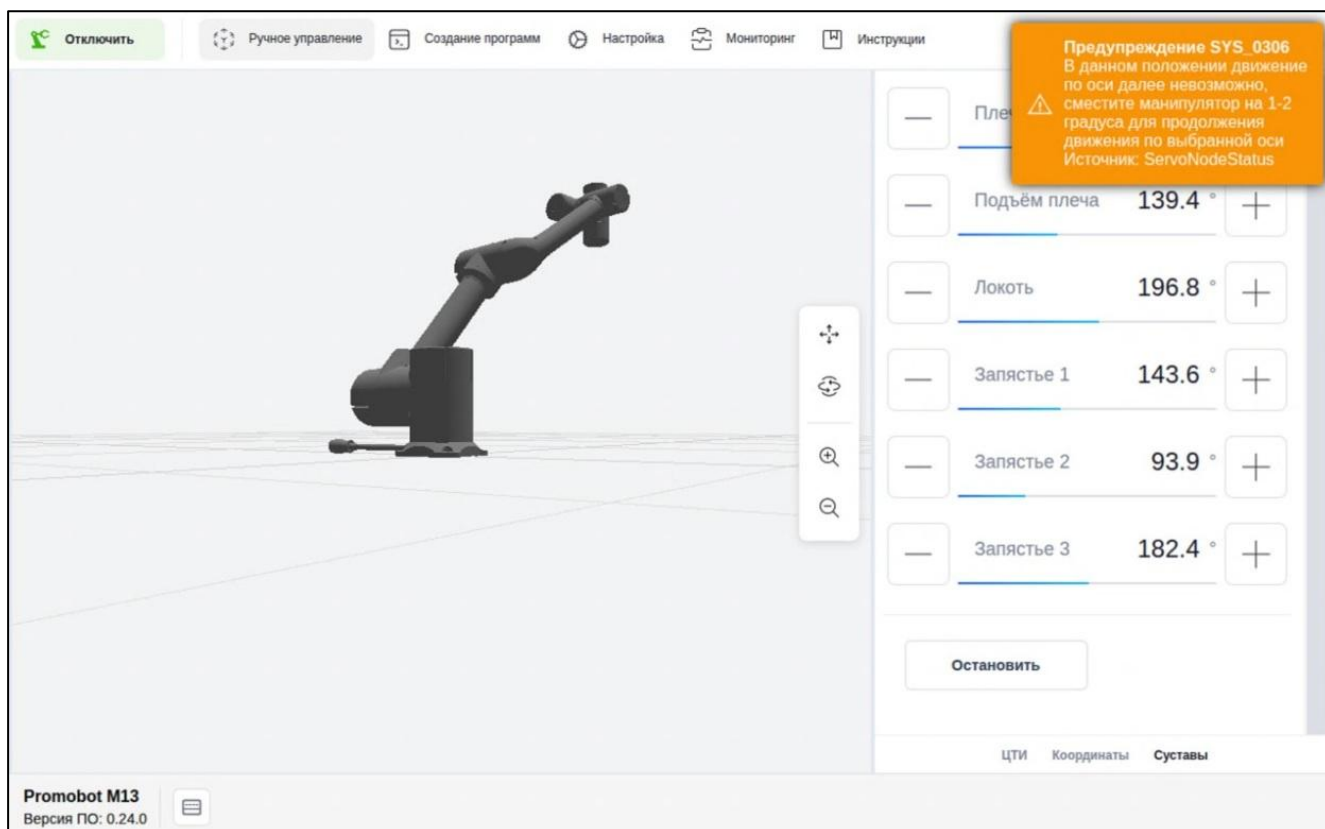


Рисунок II-55 – Предупреждение о невозможности дальнейшего движения манипулятора

Для возврата к настройкам пределов «По умолчанию» перейдите на вкладку «Настройки» – раздел «Положение и пределы», нажмите кнопку «Сбросить до заводских», а затем кнопку «Сохранить», либо установите флаг «По умолчанию» и нажмите кнопку «Сохранить».

5.4 Рабочая зона

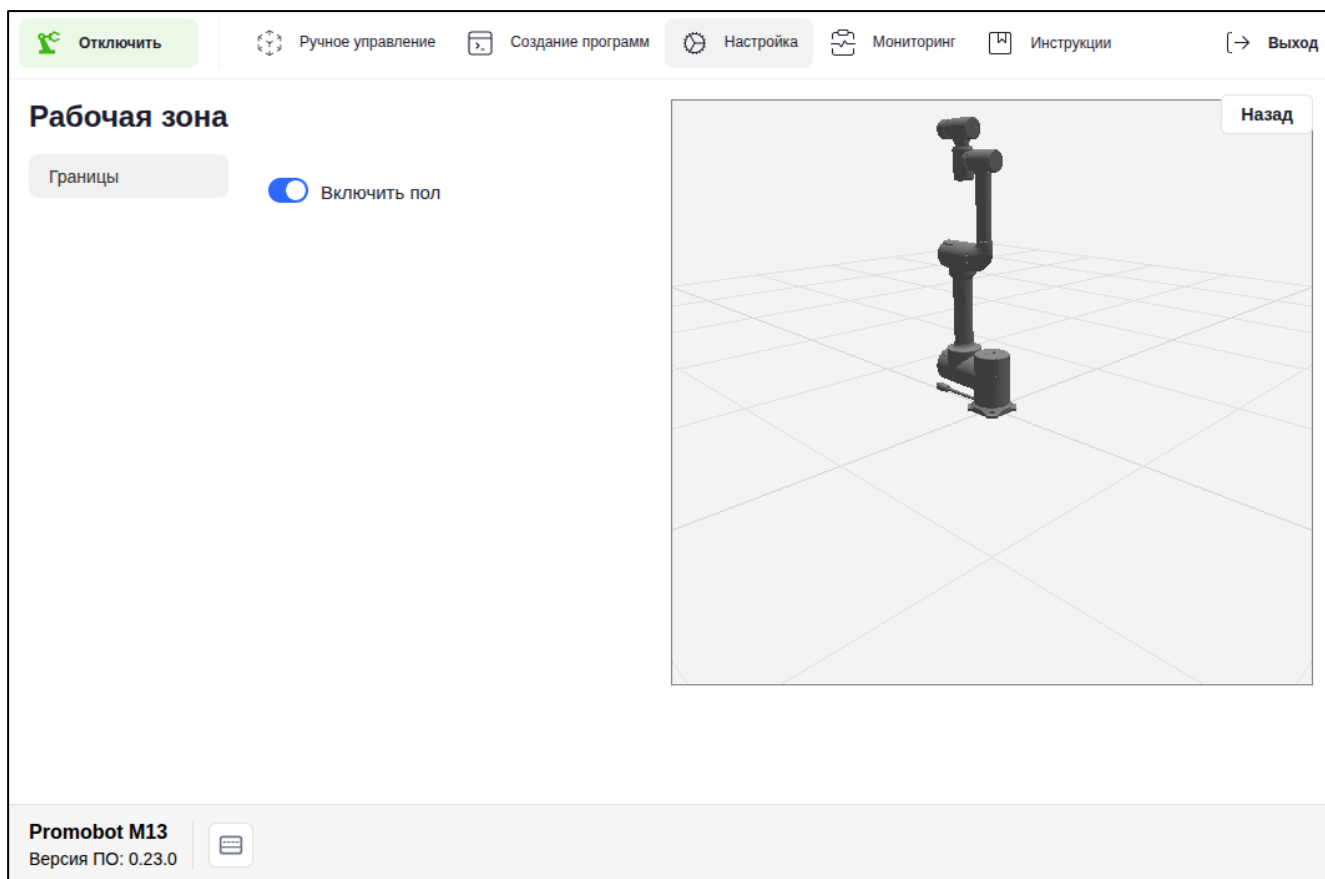


Рисунок II-56 – Раздел «Рабочая зона»

Раздел «Рабочая зона» (см. Рисунок II-56) содержит слайдер «Включить пол», который включает функцию защиты от столкновения манипулятора с полом.

Для возврата к другим настройкам нажмите кнопку «Назад».

6 МОНИТОРИНГ

Интерфейс мониторинга (вкладка «Мониторинг») предназначен для мониторинга работы манипулятора M13. Актуальные данные отображаются только при подключенном манипуляторе.

Интерфейс мониторинга включает в себя три раздела:

1. Раздел «Программное обеспечение» (см. Рисунок II-57).

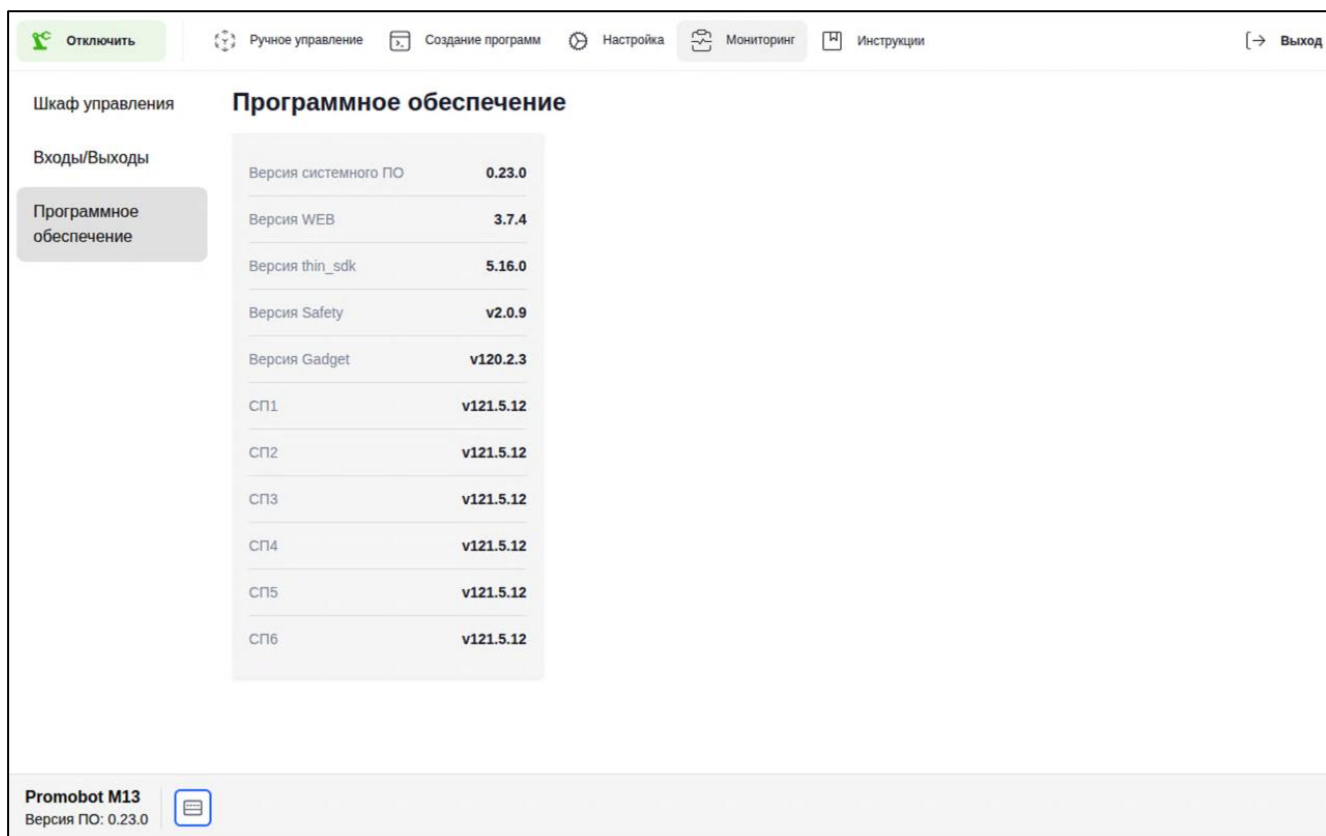


Рисунок II-57 – Раздел «Программное обеспечение»

В разделе отображаются версия системного ПО (релиз), версия веб-интерфейса, версия SDK, версия прошивки шкафа управления (Safety), версия прошивки инструмента (Gadget), версия прошивки СП.

2. Раздел «Входы/Выходы» – включает в себя таблицу сигналов пользовательской панели (кнопка «Пользовательская панель») (см. Рисунок II-58) и разъемов инструмента (кнопка «Фланец инструмента») (см. Рисунок II-59).

Отключить Ручное управление Создание программ Настройка Мониторинг Инструкции			
Шкаф управления Пользовательская панель Фланец инструмента			
Входы/Выходы			
Программное обеспечение	СИГНАЛ	ЗНАЧЕНИЕ	ТИП
	SAFETY_AI33	0.0	Аналоговый
	SAFETY_AI34	0.0	Аналоговый
	SAFETY_AO35	0.0	Аналоговый
	SAFETY_AO36	0.0	Аналоговый
	SAFETY_DI_1	●	Цифровой
	SAFETY_DI_17	●	Цифровой
	SAFETY_DI_18	●	Цифровой
	SAFETY_DI_19	●	Цифровой
	SAFETY_DI_2	●	Цифровой
	SAFETY_DI_20	●	Цифровой
	SAFETY_DI_21	●	Цифровой
	SAFETY_DI_22	●	Цифровой
	SAFETY_DI_23	●	Цифровой
	SAFETY_DI_24	●	Цифровой
	SAFETY_DI_3	●	Цифровой
	SAFETY_DI_4	●	Цифровой

Рисунок II-58 – Таблица сигналов пользовательской панели

Отключить Ручное управление Создание программ Настройка Мониторинг Инструкции			
Шкаф управления			
Пользовательская панель Фланец инструмента			
Входы/Выходы			
	СИГНАЛ	ЗНАЧЕНИЕ	ТИП
Программное обеспечение	DIGITAL_INPUTS_DIN1	●	Цифровой
	DIGITAL_INPUTS_DIN2	●	Цифровой
	DIGITAL_OUTPUTS_DOUT1	●	Цифровой
	DIGITAL_OUTPUTS_DOUT2	●	Цифровой
	PORTS_CONTROL_AIN_RS485_MODE	●	Цифровой
	PORTS_CONTROL_AIN1_MODE	●	Цифровой
	PORTS_CONTROL_AIN2_MODE	●	Цифровой
	PORTS_CONTROL_DOUT1_POWER_12V	●	Цифровой

Рисунок II-59 – Таблицу сигналов разъемов инструмента

В столбце «ЗНАЧЕНИЕ» отображаются следующие значения:

- Цветовая индикация на цифровых сигналах: зеленый – включен, синий – выключен, серый – неактивен.
 - Числовое значение для аналоговых сигналов – назначается пользователем вручную при создании программ.
3. Раздел «Шкаф управления» (см. Рисунок II-60) – отображает значения системного тока и напряжения в шкафу.

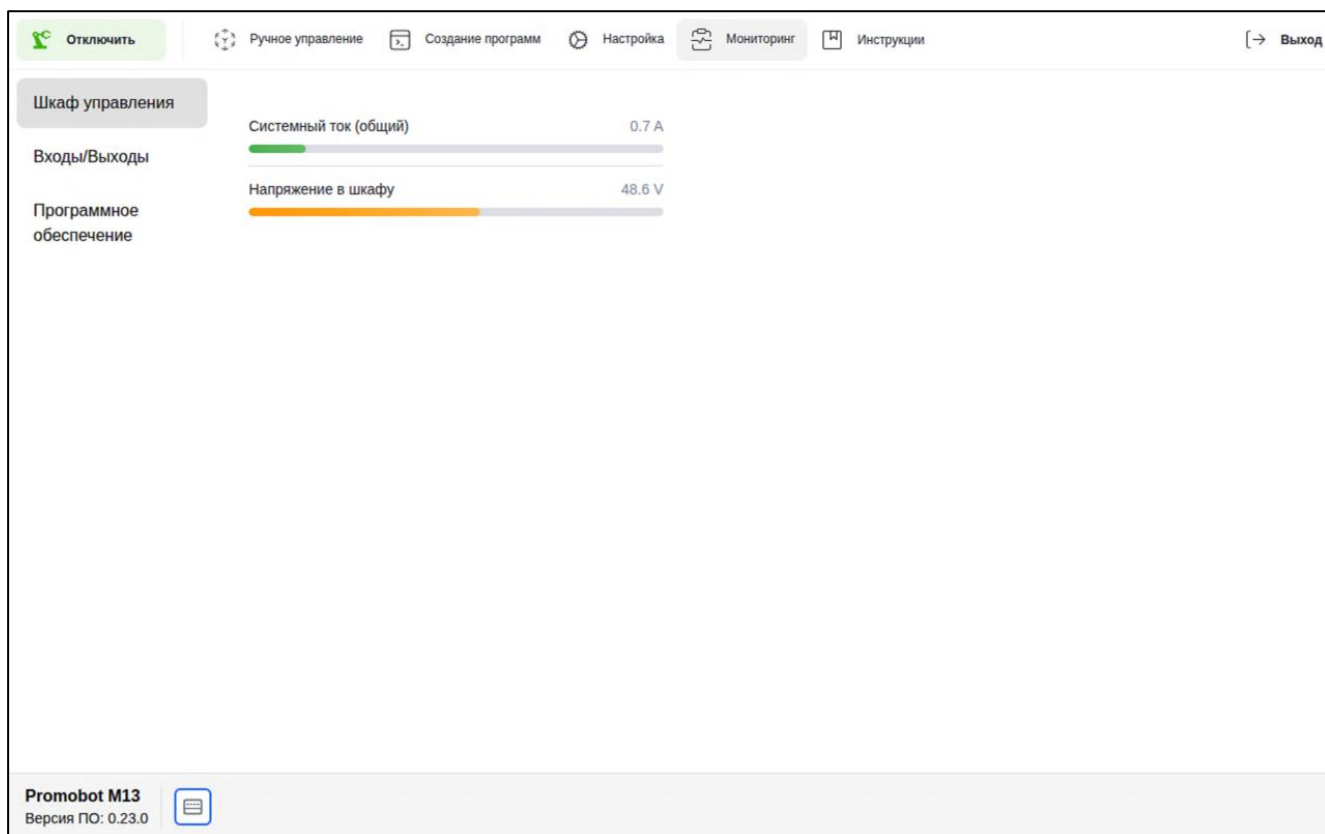


Рисунок II-60 – Раздел «Шкаф управления»

7 ОБНОВЛЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Перед обновлением сравните версии интерфейса, релиза и прошивки вашего Promobot M13 с версиями в последнем релизе. Информацию о последнем релизе вы можете узнать в инструкции (в приложении нажмите кнопку «Инструкции» и перейдите в раздел 8 «РЕЛИЗ»).

При несоответствии, приведите манипулятор в исходное положение, красная кнопка должна быть отжата, подключите Promobot M13 к интернету и выполните все обновления по очереди:

1. Обновите ПО:
 - 1) Закройте приложение.
 - 2) Запустите файл «Update_Mcontrol» на рабочем столе (см. Рисунок II-61).

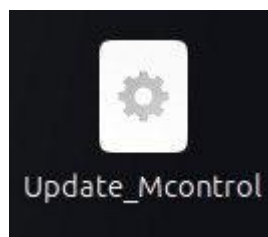


Рисунок II-61 – Файл «Update_Mcontrol»

- 3) Откроется программный интерфейс «Terminal». Отобразится диалоговое окно для выбора типа обновления (см. Рисунок II-62).

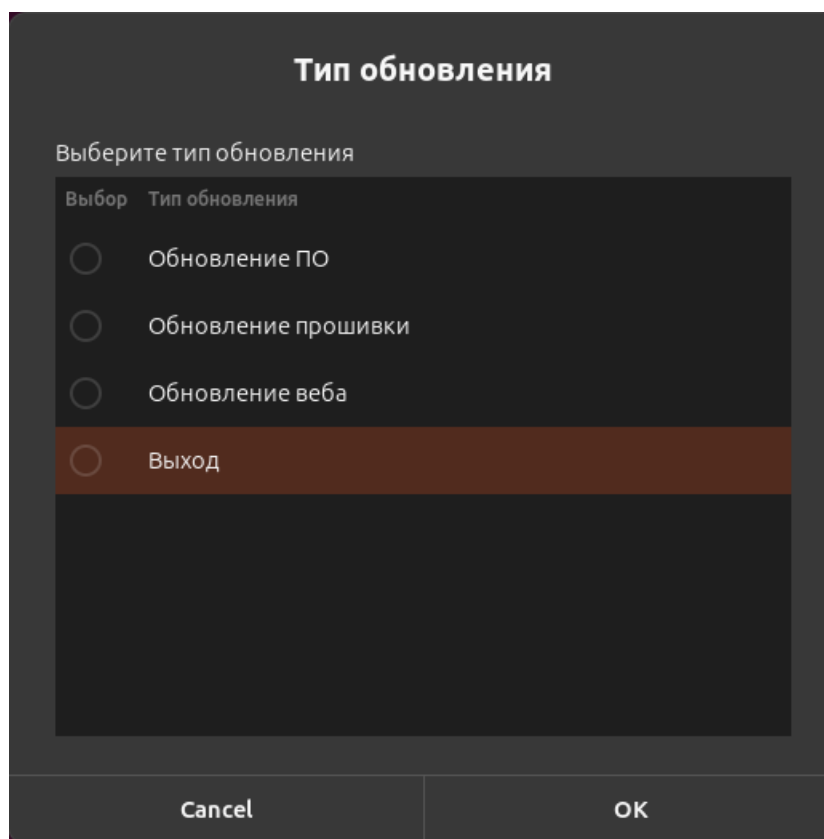


Рисунок II-62 – Диалоговое окно для выбора типа обновления

- 4) Выберите «Обновление ПО» и нажмите «OK». Отобразится уведомление о запуске обновления.
- 5) По завершению обновления отобразится уведомление о завершении. Нажмите «OK».

Дождитесь появления диалогового окна для выбора типа обновления (см. Рисунок II-62).

2. Обновите веб:

- 1) Выберите «Обновление веба» и нажмите «OK».

- 2) По завершению обновления отобразится уведомление о завершении.
Нажмите «ОК».

Дождитесь появления диалогового окна для выбора типа обновления (см. Рисунок II-62).

3. Обновите прошивку:

- 1) Выберите «Обновление прошивки» и нажмите «ОК». Отобразится диалоговое окно для выбора устройства для прошивки (см. Рисунок II-63).

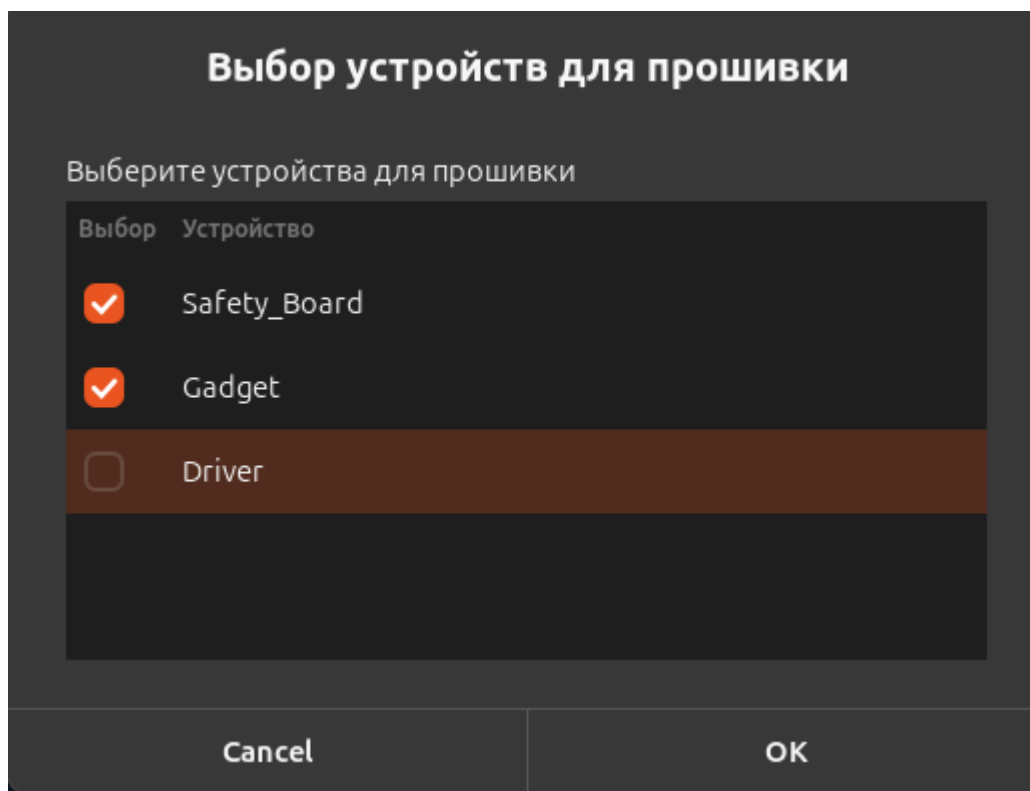


Рисунок II-63 – Диалоговое окно для выбора устройства для прошивки

- 2) Выберите одно или несколько устройств и нажмите «ОК». Отобразится уведомление «Найдена прошивка: ... Продолжить прошивку?» (см. Рисунок II-64).

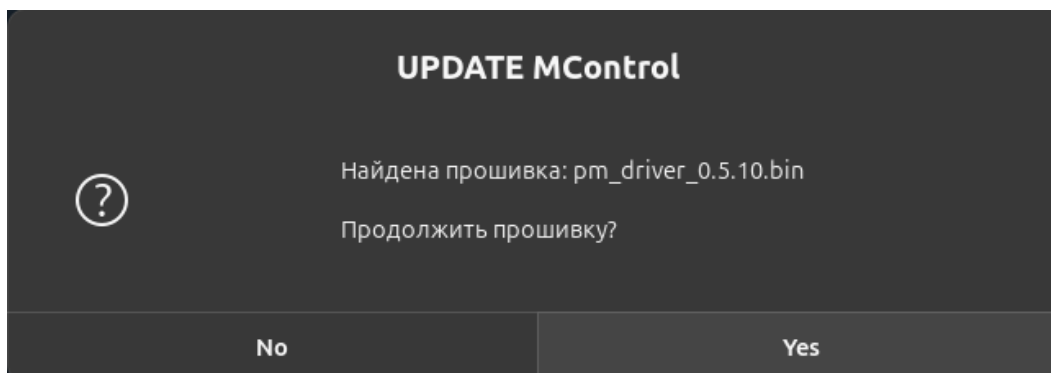


Рисунок II-64 – Уведомление прошивки

3) Нажмите «Yes». При обновлении:

- «Gadget», «Driver» – отобразится предупреждение «Перед началом процедуры обновления драйверов: 1) Манипулятор в исходном положении. 2) Кнопка аварийной остановки ОТЖАТА. Будет обновлено ... драйверов суставов. Продолжить?» (см. Рисунок II-65);

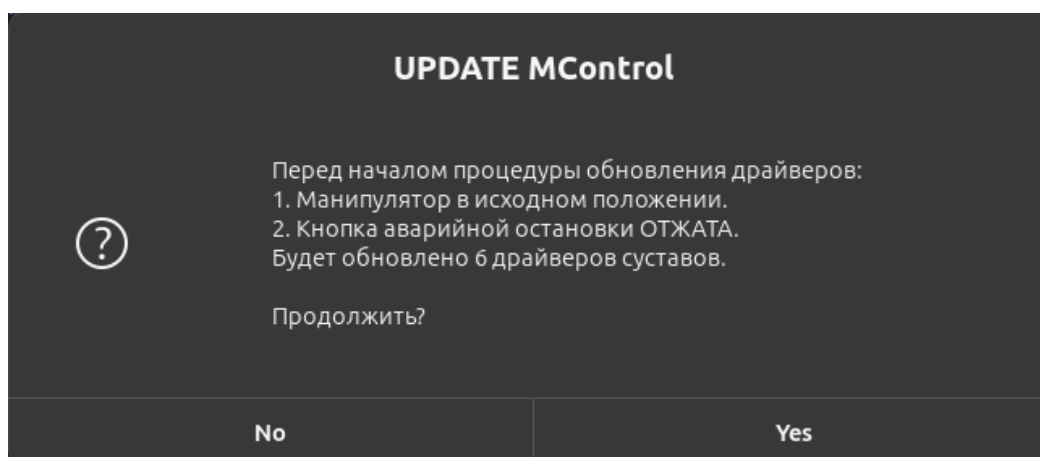


Рисунок II-65 – Предупреждение

- «Safety Board» – отобразится предупреждение «Перед началом процедуры обновления Safety Board: 1) Манипулятор в исходном положении. 2) Кнопка аварийной остановки НАЖАТА. Продолжить?» (см. Рисунок II-66);

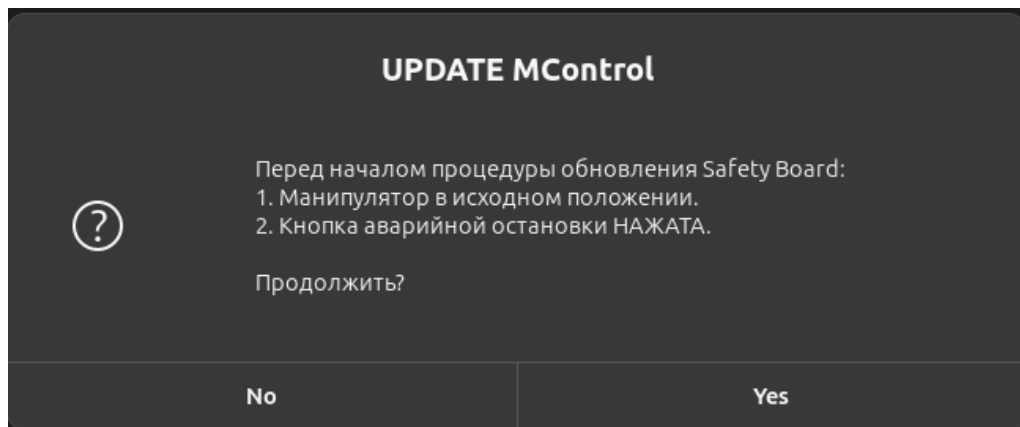


Рисунок II-66 – Предупреждение

- 4) Если все условия выполнены, то нажмите «Yes». Отобразится уведомление о начале обновления (см. Рисунок II-67).

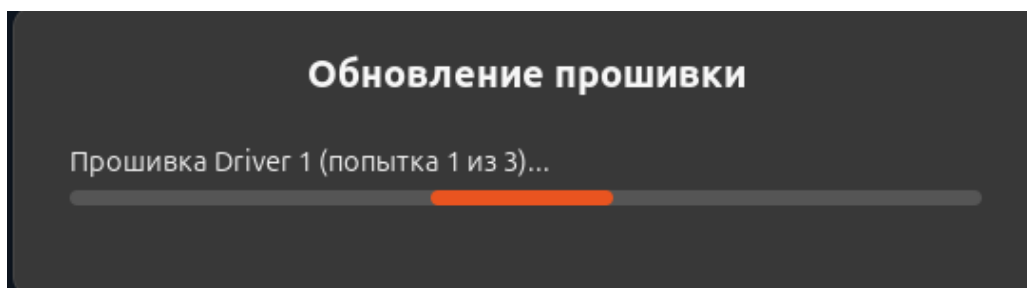


Рисунок II-67 – Уведомление об обновлении

- 5) При обновлении:
- успешном – отобразится уведомление о завершении, нажмите «ОК»; закройте диалоговое окно, нажав кнопку «Cancel»;
 - неуспешном – запустится восстановление устройства (см. Рисунок II-68).

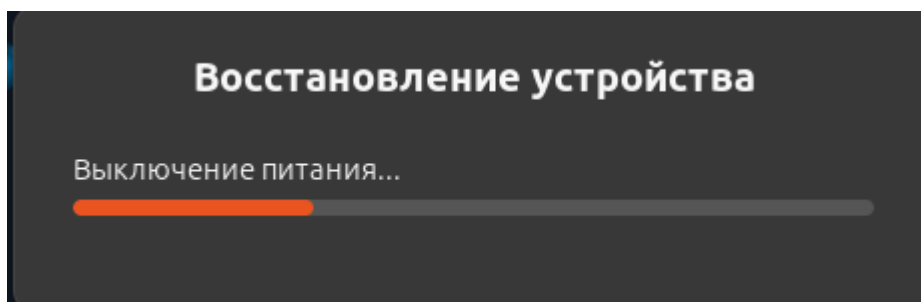


Рисунок II-68 – Уведомление о восстановлении устройства

- 6) После восстановления устройства обновление прошивки запустится автоматически (см. Рисунок II-69).

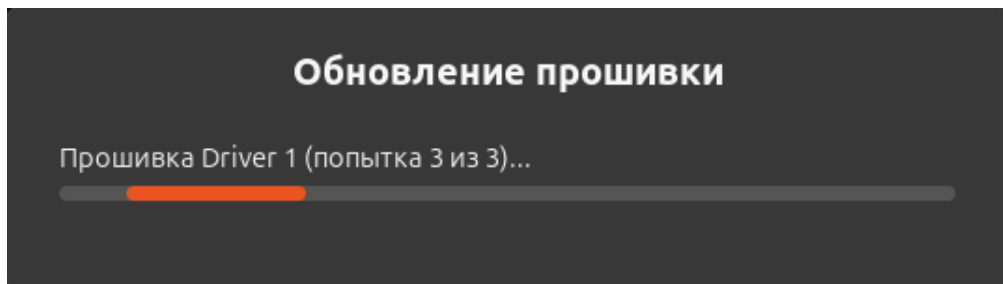


Рисунок II-69 – Уведомление об обновлении

- 7) Если повторное обновление прошивки пройдет неуспешно, то отобразится уведомление о критической ошибке (см. Рисунок II-70).

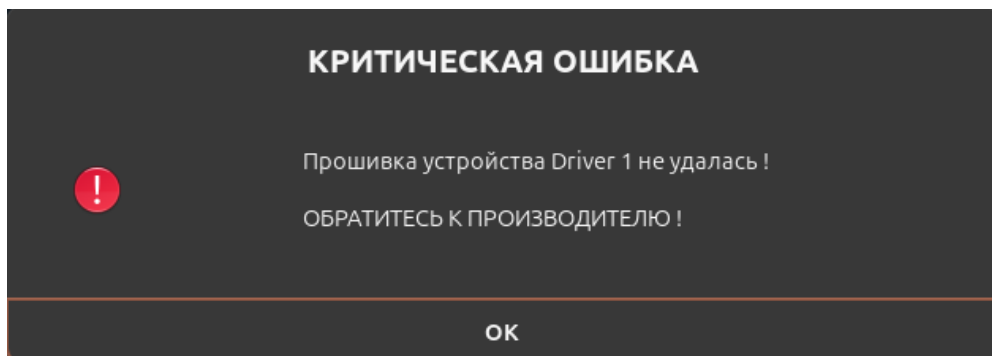


Рисунок II-70 – Уведомление о критической ошибке

- 8) Нажмите «ОК». Отобразится лог ошибки (см. Рисунок II-71).

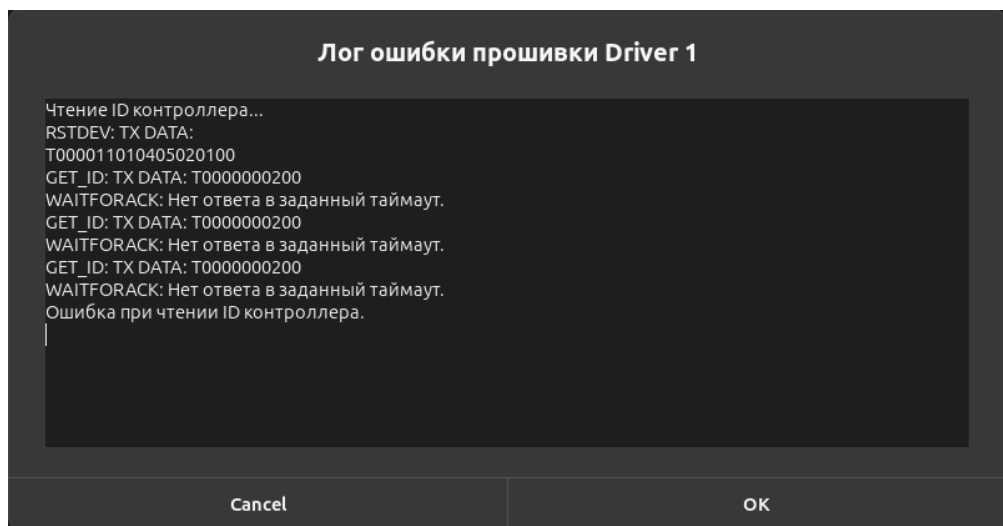


Рисунок II-71 – Лог ошибки прошивки

- 9) Сообщите информацию о логге ошибки при обращении в сервисный центр предприятия-изготовителя.

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

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

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

III. PROMOBOT M CONTROL SDK

1 Назначение и область применения

Promobot M Control SDK предоставляет программный интерфейс для управления промышленными и учебными роботами-манипуляторами под управлением программного обеспечения Promobot M Control, в частности промышленный робот-манипулятор Promobot M13, 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:

1. Подключение манипулятора.
2. 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.
3. 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.

4. Взаимодействие с внешними устройствами – управление внешними устройствами и датчиками через стандартные промышленные интерфейсы.
5. Автоматизация:
 - выполнения программ по указанному имени;
 - выполнение Python-скриптов;
 - выполнение программ с передачей JSON-данных;
 - тайм-ауты операций.
6. Диагностика – обработка сбоев и ошибок манипулятора.

2 Архитектура и принципы работы SDK

2.1 Компоненты

Ключевые компоненты (см. Рисунок III-1):

- 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.

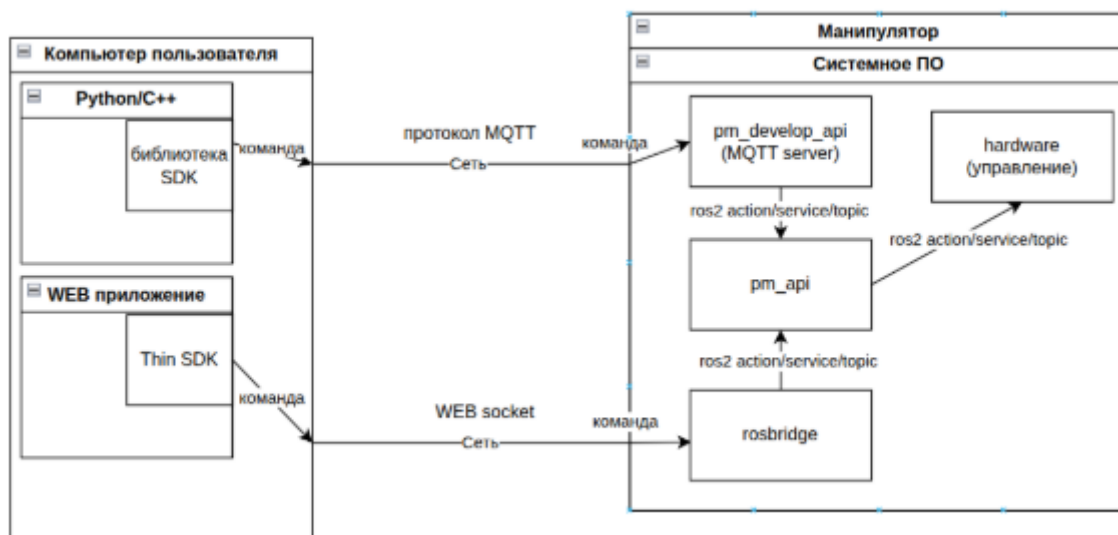


Рисунок III-1 – Компоненты

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.

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.

3 SDK Python

3.1 Требования и подготовка среды Python

3.1.1 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.

3.1.2 Требования к программному обеспечению

Требования к программному обеспечению, следующие:

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

3.1.3 Установка SDK Python

3.1.3.1 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 #или, если система использует "python"
```

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

3.1.3.2 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:

- используйте пакетный менеджер дистрибутива или сборку из исходников;
- 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 – `ruenv` (рекомендуется разработчикам):

```
# установка ruenv (пример)  
curl https://pyenv.run | bash  
  
# затем  
pyenv install 3.12.0  
pyenv global 3.12.0
```

3.1.3.3 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:

```
# создать venv
```

Для linux:

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

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
```

3.1.4 Общие концепции SDK Python

3.1.4.1 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. При использовании этой команды результат не ожидается.
- Стриминговые методы – периодическая передача команд управления (скорости, позы, суставы) при управлении малыми шагами.

Примеры вызовов:

```
# синхронный  
manipulator.get_control()  
# асинхронный (awaitable)  
await manipulator.get_control_async_await()  
#стриминговый
```

```
for i in range(5):
    manipulator.stream_cartesian_velocities(lin, ang)
    time.sleep(0.1)
# no_wait
manipulator.get_control_no_wait()
```

3.1.4.2 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.

3.1.4.3 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.

3.1.5 Написание программы SDK 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).

3.1.5.1 Подключение библиотек и зависимостей

Включается всегда

```
from sdk.manipulators.m13 import M13
```

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)
```

Переключения состояний работа

```
from sdk.utils.enums import ManipulatorState
```

Пример команды:

```
manipulator.change_state_async_await(ManipulatorState.MANUAL)
```

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

```

3.1.5.2 Подключение к манипулятору и захват управления

Подключение к манипулятору и захват управления описано в таблице 22.

Таблица 22 – 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.con nect_async()	–	
get_control	Получает доступ к управлению манипулятором. Необходимо вызывать перед	manipulator.get_ control(timeout_ seconds=60.0, throw_error= True)	timeout_second s – тайм-аут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд) throw_error – ф лаг	host = "192.168.88.182" #IP манипулятора client_id = "122" #ID клиента login = "13" #Логин

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
	отправкой команд		выбрасывания исключения при ошибке	password = "14" #Пароль manipulator = M13(host, client_id, login, password) manipulator.connect() manipulator.get_control()
get_control_async	Асинхронная версия получения доступа к управлению	await manipulator.get_control_async_await(timeout_seconds=60.0, throw_error=True)		

3.1.5.3 Основной блок выполнения (движения, чтение данных)

Основной блок выполнения (движения, чтение данных) описан в таблице 23.

Таблица 23 – Основной блок выполнения (движения, чтение данных)

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
Команды перемещения				
move_to_coordinates	Перемещает манипулятор в указанные	manipulator.move_to_coordinates(position, orientation,	- position – позиция в декартовых	position = MoveCoordinates

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
	декартовы координаты	velocity_scaling_factor, acceleration_scaling_factor, planner_type=PlannerType.PTP, timeout_seconds=60.0, throw_error=True)	координатах (x, y, z); - orientation – ориентация в кватернионах (x, y, z, w); - velocity_scaling_factor – масштабный коэффициент скорости (от 0 до 1);	ParamsPosition(0.32, -0.004, 0.25) orientation = MoveCoordinatesParamsOrientation(0, 0, 0, 1.0)
move_to_coordinates_async	Асинхронная версия перемещения в указанные декартовы координаты	await manipulator.move_to_coordinates_async(position, orientation, velocity_scaling_factor, acceleration_scaling_factor, planner_type=PlannerType.PTP, timeout_seconds=60.0, throw_error=True)	- acceleration_scaling_factor – масштабный коэффициент ускорения (от 0 до 1); - planner_type – тип планировщика движения (PTP или LIN)	
move_to_coordinates_async_await	Асинхронная версия с ожиданием пока	manipulator.move_to_coordinates_async_await	- timeout_seconds – тайм-аут	

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
	завершится (работает как синхронная) перемещения в указанные декартовы координаты	(position, orientation, velocity_scaling_factor, acceleration_scaling_factor, planner_type=PlannerType.PTP, timeout_seconds=60.0, throw_error=True)	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)		
move_to_angles	Перемещает манипулятор,	manipulator.move_to_angles_n		

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
	устанавливая суставы в указанные углы	o_wait(sp1, sp2, sp3, sp4, sp5, sp6, timeout_seconds, throw_error)	- sp1 – shoulder_ pan_joint; - sp2 – shoulder_lift _joint;	
move_to_angles _async	Асинхронная версия перемещения по углам	await manipulator.move_to_angles_async(povorot_основаниya, privod_plecha, privod_strely, timeout_seconds=60.0, throw_error=True) await manipulator.move_to_angles_async(sp1, sp2, sp3, sp4, sp5, sp6, timeout_seconds throw_error)	- sp3- elbow_joint; - sp4 – wrist_1_ joint; - sp5 – wrist_2_ joint; - sp6 – wrist_3_ joint; - timeout_seconds – тайм-аут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд); - throw_error – флаг выбрасывания исключения при ошибке	

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
set_joint_limits	Установка пределов суставов	manipulator.set_joint_limits(limits)	limits – количественные пределы суставов	JointLimit('shoulder_pan_joint', velocity=2.0, acceleration=3.0), JointLimit('shoulder_lift_joint', velocity=1.5, acceleration=2.5), JointLimit('elbow_joint', velocity=2.0, acceleration=3.0)
get_joint_limits	Получение текущих ограничений	current_limits = manipulator.get_joint_limits()		
Получение информации о позиции				
get_cartesian_coordinates	Получает текущие декартовы координаты манипулятора	coordinates= manipulator.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= manipulator.get_cartesian_coordinates_async_await()	throw_error – флаг выбрасывания исключения при ошибке	

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
		print (coordinates)	get_joint_state: M13 - 6:	
	Асинхронный метод, с ожиданием, пока завершится (работает как синхронный)	coordinates = await manipulator.get_cartesian_coordinates_async()	- shoulder_pan _joint - shoulder_lift _joint - elbow_joint - wrist_1_joint - wrist_2_joint - wrist_3_joint	
get_joint_state	Получает текущее состояние суставов манипулятора	joints = manipulator.get_joint_state() print(joints)		
get_joint_state_async_await	Асинхронная версия получения состояния суставов	joints = await manipulator.get_joint_state_async_await()		
Управление инструментами				
write_gpio	Управление GPIO – это установка значения для GPIO	manipulator.write_gpio(name, 10, timeout_seconds=30.0)	- name – название GPIO; - value – значение соответствующего двоичному	
write_gpio_async_await	Асинхронная установка значения GPIO	await manipulator.write_gpio_async_await()		

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
		nc_await(name, 65536)	<p>представлению числа, которое будет записано (от 0 до 65536).</p> <p>M13 name:</p> <ul style="list-style-type: none"> - safety/buttons_signals/buttons/value; - safety/digital_ports/digital_inputs/value; - safety/digital_ports/digital_outputs/value; - safety/digital_ports/digital_reserv/value; - safety/analog_ports/input_voltage_1/value; - safety/analog_ports/input_voltage_2/value; 	
write_gpio_no_wait	Установка значения без ожидания	manipulator.write_gpio_no_wait(name, 0)		
get_gpio_value	Чтение значения GPIO	value = manipulator.get_gpio_value(name)		
get_gpio_mask	Чтение маски GPIO	mask_data = manipulator.get_gpio_mask(name)		

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
			<ul style="list-style-type: none"> - safety/analog _ports/input_ current_1/ value; - safety/analog _ports/input_ current_2/ value; - safety/analog _ports/output _voltage_1/ value; - safety/analog _ports/output _voltage_2/ value; - safety/analog _ports/output _current_1/ value; - safety/analog _ports/output _current_2/ value; - safety/diagno stic_info/ ports/value; - safety/ diagnostic_ info/power_v oltage/value; 	

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
			<ul style="list-style-type: none"> - safety/diagnostic_info/output_voltage/value; - safety/diagnostic_info/output_current/value; - safety/analog_ports_control/ports_control/value; - flange/digital_ports/digital_inputs/value - flange/digital_ports/digital_outputs/value - flange/analog_ports/input_voltage_1/value - flange/analog_ports/input_voltage_2/value 	

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
			<ul style="list-style-type: none"> - flange/analog_ports/input_current_1/value - flange/analog_ports/input_current_2/value - flange/analog_ports_control/ports_control/value 	
set_gpio_on_mask	Управление GPIO по маске – это установка значения GPIO с использованием маски	manipulator.set_gpio_on_mask (name, value_mask, timeout_seconds)	<ul style="list-style-type: none"> - name – название GPIO - value_mask – значение в виде маски (до 16 символов, х – не изменять текущее значение) 	<ul style="list-style-type: none"> name – '/dev/gpiochip4/stop_key_pin' value_mask = "x11x111100x000x0": timeout_seconds – тайм-аут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд)
set_gpio_mask_async	Асинхронная установка значения GPIO с использованием маски	await manipulator.set_gpio_mask_async(name, value_mask)		
write_gpio_bit	Синхронная установка значения пина	write_gpio_bit(pin_name, value)	<ul style="list-style-type: none"> - pin_name: имя порта, соответствующее 	manipulator.write_gpio_bit('safety_dout_0', 0) - установка

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
	GPIO по его имени		<p>щее названию бита в системе.</p> <p>value – значение бита (0 или 1)</p>	на dout_0 значения 0
gpio_configure_pin	Синхронное включение/отключение использование пина GPIO в системе	manipulator.gpio_configure_pin(name, value)	<p>name – название порта, соответствующее названию бита в системе</p> <p>value – True/False (Включен/Выключен)</p>	manipulator.gpio_configure_pin('gadget_digital_inputs_din1', True) - включение порта din1 на gadget
get_gpio_bit	Считывание значения пина GPIO по его имени	manipulator.get_gpio_bit(name)	name – название порта, соответствующее названию бита в системе	manipulator.get_gpio_bit('gadget_digital_inputs_din1')
Стриминг				
set_servo_control_type	Режим TWIST (скорости)	manipulator.set_servo_control_type(ServoControlType.TWIST) или manipulator.set		

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
		<code>_servo_twist_mode()</code>		
	Режим POSE (целевая поза)	<code>manipulator.set_servo_control_type(ServoControlType.POSE)</code> или <code>manipulator.set_servo_pose_mode()</code>		
	Режим JOINT_JOG (положение суставов)	<code>manipulator.set_servo_control_type(ServoControlType.JOINT_JOG)</code> или <code>manipulator.set_servo_joint_jog_mode()</code>		<pre>joint_positions = {"joint1": 0.0, "joint2": 0.1, "joint3": -0.1} - позиции куда ехать joint_velocities = {"joint1": 0.0, "joint2": 0.0, "joint3": 0.0} - с какой скоростью ехать manipulator.stream_joint_positions(joint_positions, joint_velocities) – вызов метода</pre>

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
stream_cartesian_velocities	Стриминг скоростей	manipulator.stream_cartesian_velocities(position, velocities)	<ul style="list-style-type: none"> - position – позиция (объект с x, y, z); - velocities – скорость (объект с rx, ry, rz); - header – информация о штампе времени и системе координат (по умолчанию pow и base_link) 	<pre>manipulator.set_servo_twist_mode() linear_vel = {"x": 0.02, "y": 0, "z": 0} angular_vel = {"rx": 0, "ry": 0, "rz": 0.01} manipulator.stream_cartesian_velocities(linear_vel, angular_vel)</pre>
stream_coordinates	Стриминг позы	manipulator.stream_coordinates(position, orientation)	<ul style="list-style-type: none"> - position: позиция (объект с x, y, z); - orientation: ориентация (объект с x, y, z, w); - header: информация о штампе времени и 	<pre>manipulator.set_servo_pose_mode() position = MoveCoordinatesParamsPosition(0.27, 0.0, 0.15) orientation = MoveCoordinatesParamsOrientation(0, 0, 0, 1)</pre>

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
			системе координат (по умолчанию now и base_link)	manipulator.strea m_coordinates(po sition, orientation)
Программы (запуск готовых программы, JSON-сценариев и выполнение Python-код прямо на работе)				
run_program	Запуск готовой программы синхронная команда	manipulator.run _program (name, timeout_second s=30.0, throw_error= True)	- name – название программы (строка); - timeout_seco nds – тайм- аут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд); - throw_error – флаг выбрасыван ия исключения при ошибке	name = 'edum/default'
manipulator.run_ program_async	Запуск готовой программы асинхронная команда	await manipulator.run _program_asyn c(name)		
run_program_no _wait	Запуск готовой программы команда без ожидания	manipulator.run _program_no_ wait(name)		
run_program_ json	Запуск JSON- программы синхронная команда	manipulator.run _program_json(name, json , timeout_second	- name – расположен ие программы;	name = "alpha/default"; program_json = {

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
		s=30.0, throw_error=True)	- timeout_seconds – таймаут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд); - throw_error – флаг выбрасывания исключения при ошибке	'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)	- json – JSON-программа – объект с корневым ключом Root и массивом команд	
run_program_json_no_wait	Запуск JSON-программы без ожидания	manipulator.run_program_json_no_wait(name, json)		
run_python_program	Запуск Python-кода на работе синхронная команда	manipulator.run_python_program(code, timeout_seconds=30.0, throw_error=True)	- code – строка с Python-кодом для выполнения на работе;	code = "print('Hello!')"

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
manipulator.run_python_program_async	Запуск Python-кода на роботе асинхронная команда	await manipulator.run_python_program_async(code)	- timeout_seconds – таймаут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд);	
run_python_program_no_wait	Запуск Python-кода на роботе команда без ожидания	manipulator.run_python_program_no_wait(code)	- 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 – таймаут операции в секундах (по умолчанию 60 секунд);	manipulator.stop_movement(timeout_seconds=5.0)
stop_movement_async	Остановка движения асинхронная команда	await manipulator.stop_movement_async()	- throw_error – флаг выбрасывания исключения при ошибке	manipulator.stop_movement_async(timeout_seconds=5.0)
stop_movement_no_wait	Остановка движения команда без ожидания	manipulator.stop_movement_no_wait()		manipulator.stop_movement_no_wait(timeout_seconds=5.0)

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
manipulator.paletizing_movement	Специализированные движения для паллетизации с контролем ориентации и плавным перемещением	manipulator.paletizing_movement(target_point, hold_orientation, use_orientation, step, count_point, max_velocity_scaling_factor, max_acceleration_scaling_factor)	<ul style="list-style-type: none"> - target_point – целевая точка (объект Pose с position и orientation); - hold_orientation – ориентация для удержания; - use_orientation – использовать ориентацию (по умолчанию False); - step – шаг между точками траектории %; - count_point – количество точек для аппроксимации; 	

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
			<ul style="list-style-type: none"> - max_velocity_scaling_factor – максимальный масштаб скорости; - max_acceleration_scaling_factor – максимальный масштаб ускорения 	
<p>Диагностика (если возникли проблемы – используйте диагностические инструменты SDK. С подробными логами обращайтесь в сервисный центр предприятия-изготовителя)</p>				

3.1.5.4 Завершающий блок (отключение, освобождение ресурсов)

Завершающий блок (отключение, освобождение ресурсов) описан в таблице 24.

Таблица 24 – 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, ничего не происходит

3.2 Примеры программ для манипулятора M13 в SDK Python

В данном разделе приведены типовые примеры использования SDK для манипулятора M13: подключение, перемещения, стриминг, запуск программ, паллетизирующие движения и работа с GPIO. Все примеры ориентированы на синхронные вызовы методов.

3.2.1 Подключение к манипулятору и захват управления

```
from sdk.manipulators.m13 import M13

host = "192.168.88.182" # IP манипулятора
client_id = "client_id" # ID клиента
login = "login" # Логин
password = "password" # Пароль

manipulator = M13(host, client_id, login, password)
manipulator.connect()
manipulator.get_control()
```

3.2.2 Движение по углам (move_to_angles)

```
# Пример: move_to_angles
manipulator.move_to_angles(
    sp1=0.0, # shoulder_pan_joint
    sp2=-1.57, # shoulder_lift_joint
    sp3=1.57, # elbow_joint
    sp4=0.0, # wrist_1_joint
    sp5=1.57, # wrist_2_joint
    sp6=0.0, # wrist_3_joint
    velocity_factor=0.1,
    acceleration_factor=0.1
)
```

3.2.3 Движение по декартовым координатам (move_to_coordinates)

Пример перемещения M13 в заданную декартову позицию и ориентацию:

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

position = MoveCoordinatesParamsPosition(0.5, 0.0, 0.3)
orientation = MoveCoordinatesParamsOrientation(0, 0, 0, 1.0)

manipulator.move_to_coordinates(
    position,
    orientation,
    velocity_scaling_factor=0.1,
    acceleration_scaling_factor=0.1,
    planner_type=PlannerType.LIN,
    timeout_seconds=30.0,
    throw_error=True
)
```

3.2.4 Стриминг суставов (JOINT_JOG, stream_joint_angles)

```
# Включаем режим JOINT_JOG
manipulator.set_servo_joint_jog_mode()

manipulator.stream_joint_angles(
    sp1=0.5, # shoulder_pan_joint
    sp2=1.0, # shoulder_lift_joint
    sp3=0.8, # elbow_joint
    sp4=0.2, # wrist_1_joint
)
```

```
sp5=0.1, # wrist_2_joint
sp6=0.15, # wrist_3_joint
v1=0.2, # скорость shoulder_pan_joint
v2=0.1, # скорость shoulder_lift_joint
v3=0.15 # скорость elbow_joint
```

3.2.5 Стриминг скоростей (TWIST, stream_cartesian_velocities)

```
# Включаем режим TWIST
manipulator.set_servo_twist_mode()

linear_vel = {"x": 0.02, "y": 0, "z": 0}
angular_vel = {"rx": 0, "ry": 0, "rz": 0.01}

manipulator.stream_cartesian_velocities(linear_vel, angular_vel)
```

3.2.6 Стриминг целевой позы инструмента (POSE, stream_coordinates)

```
from sdk.commands.move_coordinates_command import (
    MoveCoordinatesParamsPosition,
    MoveCoordinatesParamsOrientation,
)

# Включаем режим POSE
manipulator.set_servo_pose_mode()

position = MoveCoordinatesParamsPosition(0.5, 0.0, 0.3)
orientation = MoveCoordinatesParamsOrientation(0, 0, 0, 1)

manipulator.stream_coordinates(position, orientation)
```

3.2.7 Запуск программ, JSON-сценариев и Python-кода

```
# Запуск готовой программы
manipulator.run_program('m13/default')

# Запуск JSON-программы
program_json = {
    'Root': [
        {
            'Move': {
                'content': [
                    {'Point': {'positions': [0.0, -1.57, 1.57, 0.0, 1.57, 0.0], 'time': 0.5}}
                ],
                'type': 'Simple'
            }
        }
    ]
}
manipulator.run_program_json('program_1', program_json)

# Запуск Python-кода на работе
manipulator.run_python_program("print('Hello from M13!')")
```

3.2.8 Специализированное движение для паллетизации (paletizing_movement)

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

# Создание целевой точки
target_point = Pose(
    position=Position(0.5, 0.2, 0.3),
    orientation=Orientation(0, 0, 0, 1)
```

```

)

# Удерживаем ориентацию инструмента при перемещении
hold_orientation = Orientation(0, 0, 0, 1)

manipulator.paletizing_movement(
target_point=target_point,
hold_orientation=hold_orientation,
use_orientation=True,
step=0.05,
count_point=50,
max_velocity_scaling_factor=0.3,
max_acceleration_scaling_factor=0.3
)

```

3.2.9 Состояния и подписки (пример подписки на суставы)

Пример подписки на обновления состояния суставов:

```

def joint_state_callback(data):
print(f"Состояние суставов: {data}")

# Подписка на обновления
manipulator.subscribe_to_joint_state(joint_state_callback)

# ... выполнение операций ...

# Отписка
manipulator.unsubscribe_from_joint_state()

```

3.2.10 Управление GPIO и периферией (цифровые и аналоговые сигналы)

Базовые операции с GPIO:

```
# Чтение значения GPIO
```

```
value = manipulator.get_gpio_value('safety/digital_ports/digital_inputs/value')
```

```
# Запись значения GPIO
```

```
manipulator.write_gpio('safety/digital_ports/digital_outputs/value', 1)
```

```
# Установка маски GPIO
```

```
manipulator.set_gpio_on_mask('safety/digital_ports/digital_outputs/value', '0000111100  
001111')
```

```
# Чтение маски GPIO
```

```
mask_data = manipulator.get_gpio_mask('safety/digital_ports/digital_inputs/value')
```

```
# Асинхронная запись GPIO
```

```
await manipulator.write_gpio_async_await('flange/digital_ports/digital_outputs/value',  
1)
```

Работа с аналоговыми входами/выходами:

```
# Запись аналогового выхода
```

```
manipulator.write_analog_output(1, 3.3) # Канал 1, значение 3.3 В
```

```
from typing import Optional
```

```
# Чтение напряжения с аналогового входа
```

```
voltage: Optional[float] =
```

```
manipulator.get_gpio_value('safety/analog_ports/input_voltage_1/value')
```

```
if voltage is not None:
```

```
print(f'Напряжение на входе 1: {voltage} В')
```

```
# Чтение тока
```

```
current: Optional[float] =
```

```
manipulator.get_gpio_value('safety/analog_ports/input_current_1/value')
```

```
if current is not None:
```

```
    print(f'Ток на входе 1: {current} А')
```

Управление цифровыми выходами (маски и write_gpio):

```
# Включение конкретных выходов через маску
```

```
# Маска: каждый бит соответствует одному выходу (1 - включить, 0 - выключить)
```

```
manipulator.set_gpio_on_mask('safety/digital_ports/digital_outputs/value', '0000000011110000')
```

```
# Проверка состояния
```

```
output_state = manipulator.get_gpio_mask('safety/digital_ports/digital_outputs/value')
```

```
print(f'Состояние выходов: {output_state.get("mask_value")}')"
```

```
# Альтернативный способ через write_gpio
```

```
manipulator.write_gpio('flange/digital_ports/digital_outputs/value', 1)
```

3.2.11 Комплексный пример автоматизации (pick-and-place с использованием GPIO)

```
# Пример автоматизации с использованием GPIO
```

```
def pick_and_place_object():
```

```
# Проверка наличия объекта
```

```
sensor_value = manipulator.get_gpio_value('flange/digital_ports/digital_inputs/value')
```

```
if sensor_value == 1:
```

```
    print("Объект обнаружен")
```

```
# Открыть захват
```

```

manipulator.write_gpio('flange/digital_ports/digital_outputs/value', 0)

# Переместиться к объекту
manipulator.move_to_coordinates(target_position, target_orientation)

# Закрывать захват
manipulator.write_gpio('flange/digital_ports/digital_outputs/value', 1)

# Проверить захват
grip_sensor = manipulator.get_gpio_value('safety/digital_ports/digital_inputs/value')
if grip_sensor == 1:
    print("Объект захвачен")
    # Переместить объект
    manipulator.move_to_coordinates(drop_position, drop_orientation)

# Открыть захват
manipulator.write_gpio('flange/digital_ports/digital_outputs/value', 0)
else:
    print("Ошибка захвата")
else:
    print("Объект не обнаружен")

```

4 SDK C++

4.1 Требования и использование C++

Манипулятор и компьютер должны быть доступны друг другу по сети (локально или через Интернет).

SDK требует компилятор и систему сборки CMake. Требование к компилятору: компилятор с поддержкой C++17 (GCC 9+, Clang 10+, MSVC 2019+). Библиотека распространяется в предварительно собранном виде.

4.1.1 Проверка компилятора

```
g++ --version
# ожидается версия 9 или выше
```

4.1.2 Структура установленного SDK

После получения SDK, в корневой папке находится каталог `install` со следующей структурой:

```
install/
├── include/
│   ├── pm_sdk/      # Заголовочные файлы SDK
│   │   ├── manipulator.hpp
│   │   ├── types.hpp
│   │   └── debug_logger.hpp
│   └── nlohmann/   # JSON библиотека
├── mqtt/          # Заголовочные файлы Paho MQTT
├── lib/
│   ├── libpm_sdk.a  # Статическая библиотека SDK
│   ├── libpaho-mqtttp3.so  # Paho MQTT C++ библиотека
│   └── libpaho-mqtt3*.so  # Paho MQTT C библиотеки
└── bin/
    └── MQTTVersion  # Утилита для проверки MQTT
```

4.1.3 Подключение SDK к проекту

Пример `CMakeLists.txt` для вашего проекта:

```
cmake_minimum_required(VERSION 3.10)
project(sdk_demo)

set(CMAKE_CXX_STANDARD 17)

include_directories(${CMAKE_SOURCE_DIR}/../install/include)
```

```
link_directories(${CMAKE_SOURCE_DIR}/../install/lib)
```

```
add_executable(${PROJECT_NAME} main.cpp)
```

```
target_link_libraries(${PROJECT_NAME}
```

```
  pm_sdk
```

```
  raho-mqtttp3
```

```
  raho-mqtt3as
```

```
)
```

4.2 Типы команд

SDK поддерживает несколько типов команд для гибкого управления:

- Синхронные – выполняются по очереди и блокируют выполнение до завершения. Принимают параметр `throwException` (по умолчанию `true`).
- Асинхронные – не блокируют выполнение; имеют суффикс `Async` и принимают `callback`-функцию.
- Стриминговые – для реального управления малыми шагами (скорости, позы, суставы).
- Подписки – для асинхронного получения данных состояния через `Subscribe/Unsubscribe`.

Важно! Не все методы имеют асинхронные версии. Например:

- `GetControl()` – только синхронный;
- `Connect()` – только синхронный;
- `CancelCommand()` – только синхронный;
- `GetCartesianCoordinates()` – только синхронный (но есть асинхронная подписка `SubscribeCartesianCoordinates`).

Большинство команд движения (`MoveToAngles`, `MoveToCoordinates` и др.) имеют как синхронные, так и асинхронные версии. Всегда проверяйте наличие суффикса `Async` в заголовочных файлах.

4.2.1 Примеры вызовов

```
// Синхронный вызов (блокирующий)
manipulator.GetControl();
manipulator.MoveToAngles(angles);

// Асинхронный вызов (с callback)
manipulator.MoveToAnglesAsync(angles, [](CommandResult result) {
    if (result.GetState()) {
        std::cout << "Движение завершено" << std::endl;
    }
});

// асинхронная подписка на состояния
manipulator.SubscribeCartesianCoordinates([](const nlohmann::json& data) {
    std::cout << "Координаты обновлены: " << data.dump() << std::endl;
});
```

4.2.2 Управление логированием

Для отладки SDK предусмотрена система логирования:

```
// Подключить заголовочный файл
#include "pm_sdk/debug_logger.hpp"

// Включить все логи
DebugLogger::SetEnable(LogEntity::ALL, true);

// Включить только логи SDK
DebugLogger::SetEnable(LogEntity::SDK, true);

// Включить только логи MQTT
DebugLogger::SetEnable(LogEntity::MQTT, true);
```

```
// Отключить все логи
```

```
DebugLogger::SetEnable(LogEntity::ALL, false);
```

Далее в примерах будут использоваться синхронные методы, если не указано иное.

4.3 Программные блоки (структура программы)

Структуру программы удобно разбить на логические блоки:

1. Подключение заголовочных файлов SDK.
2. Создание объекта манипулятора и подключение к нему.
3. Захват управления.
4. Основной блок выполнения (движения, чтение данных).
5. Обработка исключений.

Ниже – минимальный пример подключения и захвата управления.

```
#include "pm_sdk/manipulator.hpp"
```

```
#include <iostream>
```

```
int main() {
```

```
    using namespace pb_sdk;
```

```
    std::string host = "192.168.88.182"; // IP манипулятора
```

```
    std::string client_id = "122";      // ID клиента
```

```
    std::string login = "13";          // Логин
```

```
    std::string password = "14";       // Пароль
```

```
    try {
```

```
        M13 manipulator(host, client_id, login, password);
```

```
        manipulator.Connect();
```

```
        if (manipulator.GetControl()) {
```

```
            std::cout << "Управление получено!" << std::endl;
```

```

    }
} catch (const std::exception& e) {
    std::cerr << "Ошибка: " << e.what() << std::endl;
}

return 0;
}

```

4.3.1 Основной блок выполнения (движения, чтение данных)

Основной блок выполнения (движения, чтение данных) описан в таблице 25.

Таблица 25 – Основной блок выполнения (движения, чтение данных)

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
Команды перемещения				
MoveToAngles	Перемещает манипулятор по углам шести суставов: shoulder_pan_joint, shoulder_lift_joint, elbow_joint, wrist_1_joint, wrist_2_joint, wrist_3_joint	manipulator.MoveToAngles(angles);	<ul style="list-style-type: none"> - angles.m_position JointPositions для 6 суставов [рад]; - angles.m_velocities JointVelocities для 6 суставов [рад/с]; - angles.m_velocityFactor коэффициент скорости 0.0–1.0; - angles.m_accelerationFactor коэффициент 	<pre> #include "pm_sdk/types.hpp" MoveAnglesM13Params angles(JointPositions(0.0, - 1.57, 1.57, 0.0, 1.57, 0.0), // углы 6 суставов [рад] JointVelocities(0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0) // скорости [рад/с]); angles.m_velocityFactor = 0.1; // коэффициент скорости </pre>

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
			<ul style="list-style-type: none"> ускорения 0.0..1.0; - timeout_second – опциональный таймаут операции; - throw_error – опциональный флаг выбрасывания исключения 	<pre>angles.m_accelerationFactor = 0.1; // коэффициент ускорения manipulator.MoveToAngles(angles);</pre>
MoveToCoordinates	Движение по координатам	manipulator.MoveToCoordinates(coords);	<ul style="list-style-type: none"> - coords.position – объект Position(x, y, z); - coords.orientation – объект Orientation(x, y, z, w); - coords.velocity_scaling_factor – коэффициент скорости; - coords.acceleration_scaling_factor – коэффициент ускорения; - coords.planner_type – тип планировщика, по умолчанию 	<pre>#include "pm_sdk/types.hpp" MoveCoordinatesParams coords(Position(0.5, 0.0, 0.3), // x, y, z Orientation(0, 0, 0, 1.0), // x, y, z, w (кватернион) 0.1, // velocity_scaling_factor 0.1 // acceleration_scaling_factor); manipulator.MoveToCoordinates(coords);</pre>

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
			PlannerType:: LIN; - coords.timeout_ – таймаут ожидания; - coords.throw_ – error – выбрасывать исключение при ошибке	
MoveArc	Движение по дуге	manipulator.MoveArc(arc);	- arc.target – целевая точка дуги; - arc.center_arc – центр дуги; - arc.step – шаг между точками дуги; - arc.count_point – число точек аппроксимации; - arc.max_velocity_scaling_factor – максимальный масштаб скорости; - arc.max_acceleration_scaling_factor –	<pre>#include "pm_sdk/types.hpp" // Создаем целевую точку и центр дуги MoveArcParams::Target target(Position(0.25, -0.1, 0.25), // x, y, z целевой точки Orientation(0, 0, 0, 1) // ориентация); MoveArcParams::CenterArc center(Position(0.15, 0.0, 0.20), // x, y, z центра дуги Orientation(0, 0, 0, 1));</pre>

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
			максимальный масштаб ускорения	<pre>// Создаем параметры дуги MoveArcParams arc(target, // целевая точка center, // центр дуги 0.05, // step - шаг между точками 50, // count_point_arc - количество точек 0.5, // max_velocity_scaling_factor 0.5 // max_acceleration_scaling_factor); manipulator.MoveArc(arc);</pre>
Стриминг				
SetServoTwistMode / SetServoPoseMode / SetServoJointJogMode	Переключение режима стриминга: скорости (TWIST), поза (POSE), суставы (JOINT_JOG). Режим выбирается до	manipulator.SetServoTwistMode(); // Для скорости manipulator.SetServoPoseMode(); // Для позы	–	<pre>// Режимы manipulator.SetServoTwistMode(); // Для скорости manipulator.SetServoPoseMode(); // Для позы manipulator.SetServoJointJogMode(); // Для суставов</pre>

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
	отправки стриминговых команд	manipulator.SetServoJointJogMode(); // Для суставов		
StreamJoint Positions	Стриминг суставов (6 осей)	manipulator.StreamJointPositions(positions, velocities);	<ul style="list-style-type: none"> - positions: JointPositions для 6 суставов; - velocities: JointVelocities для 6 суставов 	<pre>// Включаем режим JOINT_JOG manipulator.SetServoJointJogMode(); JointPositionsM13 positions(0.5, 1.0, 0.8, 0.2, 0.1, 0.15); // углы 6 суставов JointVelocitiesM13 velocities(0.2, 0.1, 0.15, 0.05, 0.05, 0.05); // скорости manipulator.StreamJointPositions(positions, velocities);</pre>
StreamCartesian Velocities	Стриминг скоростей	manipulator.StreamCartesianVelocities(linear, angular);	<ul style="list-style-type: none"> - linear – объект LinearVelocity(x, y, z); - angular – объект AngularVelocity(rx, ry, rz) 	<pre>// Включаем режим TWIST manipulator.SetServoTwistMode(); LinearVelocity linear{0.02, 0, 0}; AngularVelocity angular{0, 0, 0.01}; manipulator.StreamCartesianVelocities(linear, angular);</pre>

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
Stream Coordinates	Стриминг позы	manipulator.StreamCoordinates(pos, orient);	<ul style="list-style-type: none"> - pos – объект Position(x, y, z); - orient – объект Orientation(x, y, z, w) 	<pre>// Включаем режим POSE manipulator.SetServoPose Mode(); Position pos(0.5, 0.0, 0.3); Orientation orient(0, 0, 0, 1); manipulator.StreamCoordinates(pos, orient);</pre>
Программы				
RunProgram	Запускает готовую программу на манипуляторе	manipulator.RunProgram("m13/default");	name – название программы;	manipulator.RunProgram("m13/default");
RunProgram JSON	Запускает программу, сформированную в виде JSON-сценария	manipulator.RunProgramJSON("program_1", program_json);	<ul style="list-style-type: none"> - name – название программы; - program – JSON-объект nlohmann::json с корневым ключом Root 	<pre>nlohmann::json program_json = { /* ... */ }; manipulator.RunProgramJSON("program_1", program_json);</pre>
RunPythonProgram	Запускает Python-код прямо на манипуляторе	<pre>PythonProgram py("print('Hello from M13!')"); auto result = manipulator.RunPythonProgram(py);</pre>	<ul style="list-style-type: none"> - py.code – строка с Python-кодом. - py.env_name – имя виртуального окружения, опционально; 	<pre>PythonProgram py("print('Hello from M13!')"); auto result = manipulator.RunPythonProgram(py);</pre>

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
			<ul style="list-style-type: none"> - py.python_ version – версия Python, опционально; - py.requirements – список зависимостей, опционально 	
Остановка движений				
StopMovement	Остановка всего движения	manipulator.StopMovement();	–	manipulator.StopMovement();
Состояния и данные – методы для получения состояния манипулятора и подписок. Все методы возвращают nlohmann::json				
GetJointStates / GetHomePosition / GetCartesianCoordinates / GetManipulatorInfo / GetCoordinateLimits / GetHardwareError	Синхронное получение данных	manipulator.GetJointStates(); manipulator.GetHomePosition(); manipulator.GetCartesianCoordinates(); manipulator.GetManipulatorInfo(); manipulator.GetCoordinateLimits(); manipulator.GetHardwareError();	–	<pre>// Текущие углы суставов (6 значений) auto joint_states = manipulator.GetJointStates(); std::cout << "Углы суставов: " << joint_states.dump(2) << std::endl; // Домашняя позиция auto home_pos = manipulator.GetHomePosition(); std::cout << "Домашняя позиция: " << home_pos.dump(2) << std::endl;</pre>

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
				<pre> // Текущие координаты X, Y, Z auto coords = manipulator.GetCartesian Coordinates(); std::cout << "Координаты: " << coords.dump(2) << std::endl; // Информация о манипуляторе auto manip_info = manipulator.GetManipulat orInfo(); std::cout << "Информация: " << manip_info.dump(2) << std::endl; // Ограничения координат auto limits = manipulator.GetCoordinat eLimits(); std::cout << "Ограничения: " << limits.dump(2) << std::endl; // Ошибки оборудования </pre>

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
				<pre> auto errors = manipulator.GetHardware Error(); std::cout << "Ошибки: " << errors.dump(2) << std::endl; </pre>
SubscribeCartesianCoordinates / SubscribeJointStates / SubscribeGPIOStates / SubscribeCoordinateLimits / SubscribeManipulatorInfo / SubscribeHardwareError	Подписка на обновления	manipulator.SubscribeCartesianCoordinates manipulator.SubscribeJointStates manipulator.SubscribeGPIOStates manipulator.SubscribeCoordinateLimits manipulator.SubscribeManipulatorInfo manipulator.SubscribeHardwareError	–	<pre> // Подписка на координаты manipulator.SubscribeCart esianCoordinates([](const nlohmann::json& data) { std::cout << "Координаты обновлены: " << data.dump() << std::endl; }); // Подписка на состояние суставов manipulator.SubscribeJoin tStates([](const nlohmann::json& data) { std::cout << "Углы суставов обновлены: " << data.dump() << std::endl; }); // Подписка на состояние GPIO manipulator.SubscribeGPI OStates([](const nlohmann::json& data) { </pre>

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
				<pre> std::cout << "GPIO обновлено: " << data.dump() << std::endl; }); // Подписка на ограничения координат manipulator.SubscribeCoo rdinateLimits([](const nlohmann::json& data) { std::cout << "Ограничения: " << data.dump() << std::endl; }); // Подписка на информацию о манипуляторе manipulator.SubscribeMa nipulatorInfo([](const nlohmann::json& data) { std::cout << "Информация о манипуляторе: " << data.dump() << std::endl; }); // Подписка на ошибки оборудования manipulator.SubscribeHar dwareError([](const nlohmann::json& data) { </pre>

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
				<pre>std::cout << "Ошибка: " << data.dump() << std::endl; });</pre>
UnsubscribeCartesianCoordinates / UnsubscribeJointStates / UnsubscribeGPIOStates / UnsubscribeCoordinateLimits / UnsubscribeManipulatorInfo / UnsubscribeHardwareError	Отписка от обновлений	manipulator.UnsubscribeCartesianCoordinates(); manipulator.UnsubscribeJointStates(); manipulator.UnsubscribeGPIOStates(); manipulator.UnsubscribeCoordinateLimits(); manipulator.UnsubscribeManipulatorInfo(); manipulator.UnsubscribeHardwareError();	–	manipulator.UnsubscribeCartesianCoordinates(); manipulator.UnsubscribeJointStates(); manipulator.UnsubscribeGPIOStates(); manipulator.UnsubscribeCoordinateLimits(); manipulator.UnsubscribeManipulatorInfo(); manipulator.UnsubscribeHardwareError();
<p>Важно! Для асинхронного получения данных программа должна продолжать работать (например, иметь цикл или ожидание), чтобы успевать обрабатывать входящие сообщения. Подписки работают в фоновом потоке и вызывают ваш callback при каждом обновлении данных на манипуляторе</p>				
SetJointLimits	Установка пределов суставов. Ошибки возвращаются в формате JSON:	manipulator.SetJointLimits(limits);	–	<pre>// Установка ограничений скорости и ускорения для суставов std::vector limits = { JointLimit("shoulder_pan_joint", 2.0, 3.0),</pre>

Наименование	Описание	Команда	Параметры	Пример
	<pre>{ "type": id, "message": "..."} </pre>			<pre>JointLimit("shoulder_lift_ joint", 1.5, 2.5), JointLimit("elbow_joint", 2.0, 3.0), JointLimit("wrist_1_joint" , 2.5, 3.5), JointLimit("wrist_2_joint" , 2.5, 3.5), JointLimit("wrist_3_joint" , 2.5, 3.5) }; manipulator.SetJointLimit s(limits); // Получение текущих ограничений auto current_limits = manipulator.GetJointLimit s(); </pre>

4.3.2 Управление GPIO

GPIO (General Purpose Input/Output) позволяет управлять цифровыми входами и выходами манипулятора. Это полезно для взаимодействия с внешними устройствами, датчиками, светодиодами и другими периферийными компонентами.

Управление GPIO описано в таблице 26.

Таблица 26 – Управление GPIO

Наименование	Описание	Команда	Пример
Основные методы			
GPIOPin	Конфигурация GPIO пина	<code>bool result = manipulator.ConfigureGPIOPin("gadget_digital_outputs_dout2", false);</code>	<code>bool result = manipulator.ConfigureGPIOPin("gadget_digital_outputs_dout2", false); // false = выход, true = вход</code>
GetGPIO	Чтение значения GPIO	<code>manipulator.GetGPIO("flange/digital_ports/digital_inputs");</code>	<code>nlohmann::json value = manipulator.GetGPIO("flange/digital_ports/digital_inputs");</code>
SetGPIO	Запись значения GPIO	<code>SetGPIO("flange/digital_ports/digital_outputs", 1);</code>	<code>manipulator.SetGPIO("flange/digital_ports/digital_outputs", 1);</code>
Работа с цифровыми портами			
WriteDigitalOutput	Запись цифрового выхода	<code>manipulator.WriteDigitalOutput(1, true);</code>	<code>manipulator.WriteDigitalOutput(1, true); // Канал 1, включить manipulator.WriteDigitalOutput(2, false); // Канал 2, выключить manipulator.WriteDigitalOutput(3, true); // Канал 3, включить</code>

4.3.2.1 Примеры использования GPIO

Примеры использования GPIO описаны в таблице 27.

Таблица 27 – Управление GPIO

Наименование	Пример
Конфигурация GPIO пина	<pre>bool result = manipulator.ConfigureGPIOPin("gadget_digital_outputs_dout2", false); if (result) { std::cout << "Пин gadget_digital_outputs_dout2 успешно сконфигурирован" << std::endl; } else { std::cout << "Ошибка конфигурации пина" << std::endl; }</pre>
Чтение и запись GPIO	<pre>nlohmann::json input_value = manipulator.GetGPIO("flange/digital_ports/digital_inputs"); std::cout << "Состояние входа: " << input_value << std::endl; // Запись в порт manipulator.SetGPIO("flange/digital_ports/digital_outputs", 1); // Проверка записи nlohmann::json check_value = manipulator.GetGPIO("flange/digital_ports/digital_outputs"); std::cout << "Состояние выхода: " << check_value << std::endl;</pre>
Комплексный пример с автоматизацией	<pre>#include #include void AutomatedProcess(M13& manipulator, Position target_pos, Orientation target_orient) { // Конфигурация пинов manipulator.ConfigureGPIOPin("gadget_digital_outputs_dout1", false);</pre>

```

manipulator.ConfigureGPIOPin("gadget_digital_outputs_dout2",
true);

std::this_thread::sleep_for(std::chrono::milliseconds(500));

// Проверка наличия объекта
nlohmann::json sensor_value =
manipulator.GetGPIO("flange/digital_ports/digital_inputs");
if (sensor_value == 1) {
std::cout << "Объект обнаружен" << std::endl;

// Перемещение к объекту
MoveCoordinatesParams coords(target_pos, target_orient,
0.1, 0.1);
manipulator.MoveToCoordinates(coords);

// Активация захвата через цифровой выход
manipulator.WriteDigitalOutput(1, true);

std::this_thread::sleep_for(std::chrono::seconds(1));

// Деактивация устройства
manipulator.WriteDigitalOutput(1, false);

std::cout << "Операция завершена" << std::endl;
} else {
std::cout << "Объект не обнаружен" << std::endl;
}
}

```

4.3.2.2 Особенности работы с GPIO на M13

Предварительная конфигурация: перед использованием GPIO пинов необходимо выполнить их конфигурацию с помощью `ConfigureGPIOPin`.

Цифровые выходы: управляются по номерам каналов с булевыми значениями.

Важно! При работе с GPIO портами соблюдайте требования по напряжению и току. Неправильное использование может повредить оборудование.

4.3.3 Примеры использования команд

В составе SDK предоставлен демонстрационный проект в каталоге demo. Он показывает использование основных команд управления манипулятором и дополнительными модулями.

Для сборки демо:

```
cd demo
mkdir build
cd build
cmake ..
make
./sdk_demo
```

4.3.4 Modbus и RS-485

Манипулятор M13 поддерживает взаимодействие с внешними устройствами по интерфейсу RS-485 с использованием протокола Modbus RTU. Это позволяет подключать датчики, контроллеры, приводы и другое промышленное оборудование.

4.3.4.1 Архитектура и терминология

Взаимодействие строится вокруг следующих концепций:

- Устройство (ModbusDevice): логическое представление внешнего Modbus-устройства, подключенного к RS-485. Каждое устройство идентифицируется своим slave_id.
- Сигнал (ModbusSignal): описывает запрос к устройству: функцию (чтение/запись), адрес регистра, количество элементов и интервал опроса (poll_ms).
- Параметры шины (ModbusParameters): глобальные настройки RS-485 интерфейса (скорость, биты данных, четность и т.д.).

- Кадры (ModbusFrame): необработанные байты, которыми обменивается манипулятор. SDK позволяет подписываться на отправленные (TX) и полученные (RX) кадры для отладки.

SDK предоставляет как высокоуровневый API для работы с устройствами и сигналами, так и низкоуровневый для отправки сырых данных.

4.3.4.2 Примеры использования Modbus и RS-485

Примеры использования Modbus и RS-485 описаны в таблице 28.

Таблица 28 – Управление Modbus и RS-485

Наименование	Описание	Пример
Управление параметрами шины RS-485	Перед началом работы необходимо настроить параметры последовательного интерфейса. Это делается один раз или при изменении конфигурации сети	<pre>// Подготовка параметров RS-485 nlohmann::json rs485_params = { {"modbus.baudrate", 9600}, // Скорость, бод {"modbus.data_bits", 8}, // Биты данных {"modbus.parity", "none"}, // Четность: "none", "even", "odd" {"modbus.stop_bits", 1.0}, // Стоп-биты {"modbus.response_timeout_ms", 500}, // Таймаут ответа, "мс" {"modbus.poll_period_ms", 100} // Период опроса "сигналов, мс" }; // Применение параметров manipulator.ModbusSetParameters(rs485_params);</pre>
Управление опросом	После настройки устройств и сигналов, опрос можно запустить или остановить. Это	<pre>// Включить циклический опрос сигналов manipulator.ModbusTogglePolling(true); // Отключить опрос manipulator.ModbusTogglePolling(false);</pre>

Наименование	Описание	Пример
	глобальная команда для всех добавленных устройств	
Конфигурация Modbus-устройств и сигналов	Устройство описывается структурой ModbusDevice, которая содержит slave_id, имя и список сигналов (ModbusSignal)	<pre> // Создание сигнала чтения 2-х удерживающих регистров с адреса 1000 ModbusSignal read_signal(ModbusFunction::READ_HOLDING_REGISTERS, // функция чтения 1000, // начальный адрес 2, // количество регистров 1000 // интервал опроса (мс)); // Создание сигнала записи в один регистр (аналоговый выход) ModbusSignal write_signal = ModbusSignal::CreateWriteSingleRegister(2000, // адрес регистра 1234, // значение для записи 0 // poll_ms = 0 (не опрашивать циклически)); // Сборка устройства с slave_id = 1 ModbusDevice device(1, "TemperatureSensor"); device.signals.push_back(read_signal); device.signals.push_back(write_signal); // Добавление устройства на манипулятор auto result = manipulator.ModbusAddDevice(device); std::cout << "Device added: " << result.dump() << std::endl; </pre>

Наименование	Описание	Пример
<p>Типы функций Modbus: SDK поддерживает основные функции: чтение (1,2,3,4), запись (5,6,15,16), маскированную запись (22) и чтение/запись (23). Используйте соответствующие значения из перечисления ModbusFunction</p>		
<p>Управление устройствами</p>	<p>SDK позволяет получать список всех настроенных устройств и удалять их</p>	<pre>// Получение списка всех устройств std::vector<ModbusDevice> devices = manipulator.ModbusListDevices(); for (const auto& dev : devices) { std::cout << "Device ID: " << (int)dev.slave_id << ", Name: " << dev.name << std::endl; std::cout << " Signals count: " << dev.signals.size() << std::endl; } // Удаление устройства по slave_id manipulator.ModbusRemoveDevice(1);</pre>
<p>Отправка произвольных данных по RS-485</p>	<p>Для максимальной гибкости или работы с нестандартными и протоколами можно отправлять сырой массив байт. Можно дождаться ответа от устройства или отправить асинхронно</p>	<pre>// Подготовка данных для запроса (например, Modbus RTU кадр) std::vector<uint8_t> raw_data = { 0x01, // slave ID 0x03, // function code (read holding registers) 0x03, 0xE8, // start address (1000) 0x00, 0x02, // quantity of registers (2) 0xC5, 0x7E // CRC }; // Отправка и ожидание ответа (таймаут 500 мс) RS485RawResponse response = manipulator.RS485SendRaw(raw_data, // данные 1, // device_id (логический идентификатор, не slave_id) true, // wait_response 500 // response_timeout_ms);</pre>

Наименование	Описание	Пример
		<pre> if (response.success) { std::cout << "Получен ответ: "; for (auto byte : response.data) { std::cout << std::hex << (int)byte << " "; } std::cout << std::endl; } else { std::cout << "Ошибка: " << response.error << std::endl; } </pre>
<p>Мониторинг Modbus-трафика</p>	<p>Для отладки можно подписаться на все исходящие (TX) и входящие (RX) кадры. SDK предоставляет для этого колбэки, которые получают структуру ModbusFrame с временной меткой, направлением и данными</p>	<pre> // Подписка на исходящие кадры manipulator.SubscribeModbusTx([](const ModbusFrame& frame) { std::cout << "[TX] " << frame.ToString() << std::endl; }); // Подписка на входящие кадры manipulator.SubscribeModbusRx([](const ModbusFrame& frame) { std::cout << "[RX] " << frame.ToString() << std::endl; }); // Подписка на ошибки Modbus (например, ошибка CRC, таймаут) manipulator.SubscribeModbusError([](const std::string& error) { std::cerr << "Modbus Error: " << error << std::endl; }); // Отписка от трафика manipulator.UnsubscribeModbusTx(); manipulator.UnsubscribeModbusRx(); </pre>

Структура ModbusFrame предоставляет удобные методы для вывода:

Наименование	Описание	Пример
		<ul style="list-style-type: none"> - frame.ToString() – возвращает строку с расшифровкой кадра (например, tx Slave 1: Read Holding Registers, Addr=1000, Count=2 [01 03 03 E8 00 02 C5 7E]); - frame.ToHex() – возвращает шестнадцатеричное представление данных. <p>Важно для промышленного использования:</p> <ul style="list-style-type: none"> - убедитесь, что физическое подключение RS-485 выполнено правильно (провода A/A+, B/B-, GND); - Скорость, биты данных и четность должны совпадать для манипулятора и всех подключенных устройств; - интервалы опроса (poll_ms) и таймауты должны быть настроены адекватно времени отклика устройств, чтобы не перегружать шину; - для длительных сеансов рекомендуется использовать синхронные вызовы с обработкой исключений для надежности.
<p>Полный пример: опрос датчика температуры</p>	<p>В этом примере демонстрируется настройка параметров шины, добавление устройства с сигналом чтения температуры и последующий ручной опрос</p>	<pre>#include "pm_sdk/manipulator.hpp" #include <iostream> #include <thread> int main() { using namespace pb_sdk; M13 robot("192.168.88.182", "sdk_client", "13", "14"); robot.Connect(); robot.GetControl(); // 1. Настройка RS-485 nlohmann::json params = { {"modbus.baudrate", 19200}, {"modbus.data_bits", 8}, {"modbus.parity", "none"}, {"modbus.stop_bits", 1}, {"modbus.response_timeout_ms", 300} }; robot.ModbusSetParameters(params); }</pre>

Наименование	Описание	Пример
		<pre> // 2. Создание сигнала (чтение 1 регистра с адреса 300) ModbusSignal temp_signal(ModbusFunction::READ_HOLDING_REGISTERS, 300, // адрес 1, // количество регистров 1000 // poll_ms (автоматический опрос каждую секунду)); // 3. Создание устройства и добавление сигнала ModbusDevice temp_device(10, "TemperatureSensor"); temp_device.signals.push_back(temp_signal); robot.ModbusAddDevice(temp_device); // 4. Включение циклического опроса robot.ModbusTogglePolling(true); // 5. Подписка на полученные значения (через сигналы) // Примечание: полученные данные приходят через топики /modbus/... // Для этого примера подпишемся на трафик RX для наблюдения robot.SubscribeModbusRx([](const ModbusFrame& frame) { // Парсим ответ, если это ответ от slave 10 с функцией 3 if (frame.data.size() >= 7 && frame.data[0] == 10 && frame.data[1] == 3) { // Объединяем два байта в значение регистра int temp_raw = (frame.data[3] << 8) frame.data[4]; float temperature = temp_raw / 10.0f; // Предположим, что датчик отдает десятые доли градуса std::cout << "Temperature: " << temperature << " °C" << std::endl; } } </pre>

Наименование	Описание	Пример
		<pre> }); // 6. Основной цикл std::this_thread::sleep_for(std::chrono::seconds(10)); // 7. Очистка robot.ModbusTogglePolling(false); robot.ModbusRemoveDevice(10); robot.UnsubscribeModbusRx(); return 0; } </pre>

4.4 Заключение

При возникновении проблем используйте отладочный вывод:

```

#include "pm_sdk/debug_logger.hpp"
// Включение всех логов
pb_sdk::DebugLogger::SetEnable(pb_sdk::LogEntity::ALL, true);

// Включение только SDK логов
pb_sdk::DebugLogger::SetEnable(pb_sdk::LogEntity::SDK, true);

// Включение только MQTT логов
pb_sdk::DebugLogger::SetEnable(pb_sdk::LogEntity::MQTT, true);

```

При возникновении подробных логов обратитесь в сервисный центр предприятия-изготовителя.

Рекомендация: для повышения надежности исполнения все вызовы команд следует оборачивать в конструкцию try/catch, чтобы корректно обрабатывать возможные ошибки.