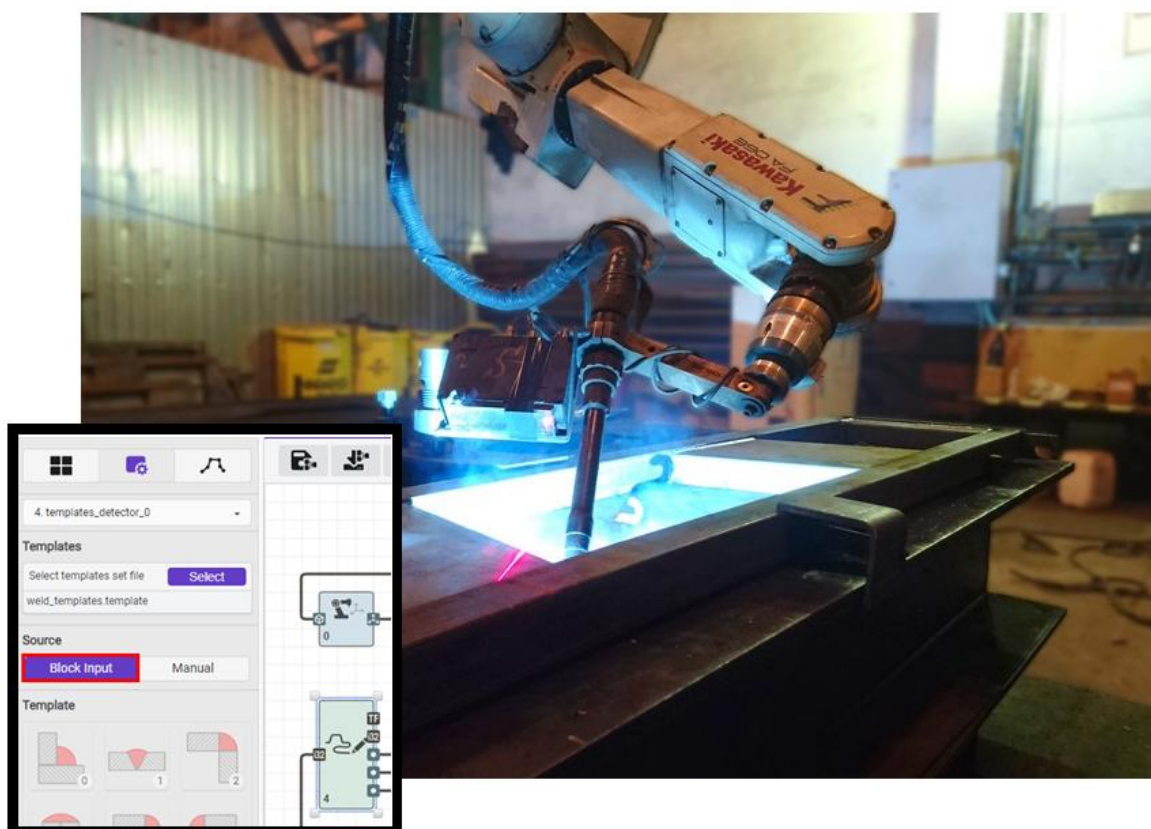




RIFTEK

Sensors & Instruments



ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ И КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИИ СВАРНЫХ ШВОВ

Серия РФ627Smart-Weld

Руководство по эксплуатации

www.riftek.com
info@riftek.com

Содержание

1. Назначение.....	4
2. Меры предосторожности.....	4
3. Европейское соответствие.....	4
4. Лазерная безопасность.....	4
5. Принцип работы.....	5
5.1. Слежение.....	5
5.2. Контроль геометрии сварных швов.....	6
6. Состав и структура комплекта.....	6
6.1. Лазерный сканер.....	7
6.1.1. Общие технические характеристики.....	8
6.1.2. Рабочие диапазоны и габариты.....	8
6.2. Защищенный промышленный планшет.....	11
6.2.1. Спецификация.....	11
6.3. Промышленный Ethernet-коммутатор.....	12
6.3.1. Спецификация.....	12
6.4. Блок защиты.....	13
6.5. Комплект кабелей.....	13
7. Пример обозначения при заказе.....	14
8. Общие требования к установке.....	14
9. Первое включение и настройка.....	15
9.1. Сборка комплекта и монтаж элементов.....	15
9.2. Включение.....	16
9.3. Настройка.....	18
10. Смарт-блоки.....	19
10.1. Смарт-блоки слежения за сварочной разделкой в реальном времени.....	20
10.1.1. Визуализация слежения.....	22
10.1.2. Обобщенный алгоритм управления блоками слежения.....	24
10.2. Смарт-блоки обмена данными с роботами и коботами.....	25
10.3. Смарт-блок контроля геометрии сварных швов.....	28
10.3.1. Порядок работы с блоком.....	29
10.3.2. Назначение и режимы работы входов и выходов блока.....	29
10.3.3. Описание главного окна.....	30
10.3.3.1. Область переключения вкладок.....	31
10.3.3.2. Область управления накоплением профилей.....	31
10.3.3.3. Область переключения в режим углубленной отладки детектирования шва.....	32
10.3.3.4. Область элементов для текущего выбранного режима.....	32
10.3.4. Режим Realtime.....	32
10.3.4.1. Область выбора типа сварного шва.....	33
10.3.4.2. Область результатов измерений.....	35
10.3.4.3. Область настройки внутренних параметров блока.....	37
10.3.4.4. Область отображения профиля шва и измерений.....	40
10.3.4.5. Область положения системы позиционирования.....	40
10.3.5. Режим Results.....	41
10.3.5.1. Область выбора профиля из накопленных.....	41
10.3.5.2. Область отображения профиля шва и измерений.....	42
10.3.6. Режим Report.....	44
10.3.6.1. Область конфигурирования отчёта и скачивания.....	45
10.3.6.2. Область предпросмотра.....	45
10.3.7. Режим Edit.....	49
10.3.8. Режим Outputs.....	50
10.3.9. Режим глубокой отладки Debug.....	52
10.3.10. Список измерений.....	55
10.3.10.1. Стыковой шов.....	55
10.3.10.2. Угловой шов.....	56
10.3.10.3. Произвольный шов.....	57

10.3.10.4. Сводная таблица типов швов и измерений.....	59
11. Файл базовых сварочных разделок.....	59
12. Примеры конфигурирования сварочного комплекта для роботов различных производителей.....	67
12.1. Сварочные роботы Kuka с опцией RSI.....	67
12.1.1. Подготовка графа вычислений.....	67
12.1.2. Подготовка робота к работе со сканером через интерфейс RSI.....	72
12.1.3. Калибровка сканера с роботом.....	77
12.1.4. Подготовка скрипта управления роботом.....	77
12.2. Коботы Jaka.....	80
12.2.1. Подготовка графа вычислений.....	80
12.2.2. Настройка параметров смарт-блоков.....	85
12.2.3. Калибровка сканера с коботом.....	86
12.2.4. Подготовка скрипта управления коботом.....	86
13. Обслуживание при эксплуатации.....	89
14. Гарантийное обслуживание и ремонт.....	89
15. Техническая поддержка.....	90
16. Изменения.....	90
17. Приложение 1. Протокол HND1.....	91
17.1. Интерфейс Ethernet - канальный уровень.....	91
17.2. Описание команд HND1.....	91
18. Приложение 2. Протокол обмена данными с роботами P3.....	98
19. Приложение 3. Протокол R691 USI.....	99

1. Назначение

Лазерная система слежения разработана для использования в составе промышленных роботизированных сварочных комплексов и предназначена для:

- автоматического управления положением сварочной головки в процессе сварки;
- обеспечения возможности визуального контроля процесса управления;
- измерения геометрических параметров сварочной разделки;
- измерения геометрических параметров сварных швов.

2. Меры предосторожности

- Используйте напряжение питания и интерфейсы, указанные в спецификации на оборудование.
- При подсоединении/отсоединении кабелей питания сканера и планшета должно быть отключено.
- Для получения стабильных результатов после включения питания необходимо выдержать порядка 20 минут для равномерного прогрева сканера.
- Все элементы оборудования должны быть надежно заземлены.

3. Европейское соответствие

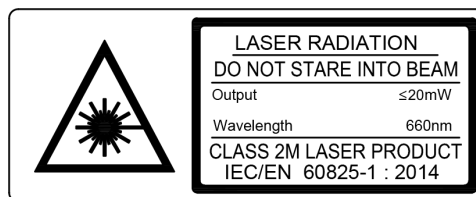
Система разработана для использования в промышленности и соответствует следующим Директивам:

- Directive 2014/30/EU (Электромагнитная совместимость).
- Directive 2011/65/EU, "RoHS" category 9 (Ограничение использования опасных и вредных веществ в электрооборудовании и электронном оборудовании).

4. Лазерная безопасность

Лазерные сканеры соответствуют классу лазерной безопасности 2M по IEC/EN 60825-1:2014.

В сканерах установлен полупроводниковый лазер 660 нм или 450 нм. Максимальная выходная мощность лазера 20 мВт. На корпусе датчиков размещена предупреждающая этикетка:



При работе со сканером необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

- не направляйте лазерный луч на людей;
- не разбирайте сканер;
- не смотрите в лазерный луч.

5. Принцип работы

5.1. Слежение

- Лазерный сканер крепится на фланце робота рядом со сварочной горелкой таким образом, чтобы в процессе сварки и движения вдоль сварочной разделки сканер опережал (был впереди) сварочного инструмента.
- Выполняется калибровка сканера, предназначенная для получения матрицы преобразования координат из пространства сканера в пространство базы робота. Процедура калибровки описана в руководстве на лазерный сканер РФ627Smart:

https://riftek.com/upload/iblock/8f1/ziy37oqmh12tq3udc4pit192fflyf1rc/2D_Laser_Scanners_rus.pdf

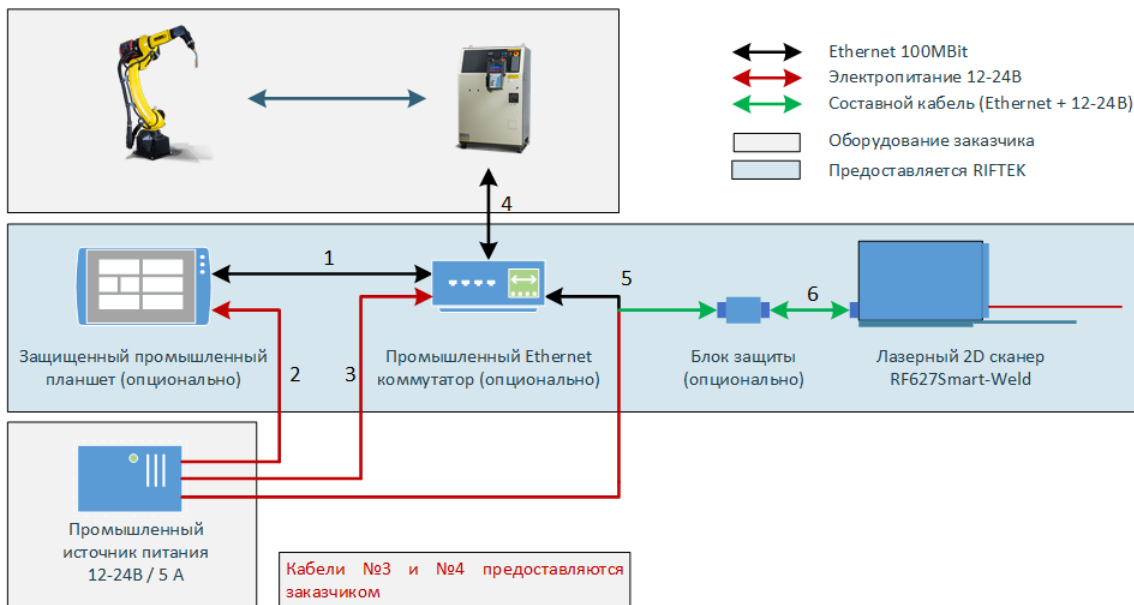
- С помощью интерфейса веб-страницы сканера из библиотеки готовых блоков готовится граф вычислений (примеры приведены в данном руководстве), учитывающий особенности оборудования, а именно, тип робота, протокол обмена данными с роботом, тип разделки, геометрические параметры шаблонов разделки, используемые для контроля положения, и накладываемые на них ограничения и т.п. Если в поставляемом файле отсутствует требуемый шаблон разделки, новый шаблон готовится самостоятельно или с поддержкой изготовителя с использованием предлагаемого редактора шаблонов (см РЭ на РФ627Smart).
- Производится настройка скрипта управления блоком слежения за разделкой и сварочным роботом (примеры скриптов приведены в данном руководстве). Скрипт управления обеспечивает циклическое выполнение основных этапов сварки: размещение сварочного инструмента в исходной позиции, движение инструмента в направлении начала разделки (поиск точки входа в разделку), вывод инструмента в начало разделки и формирование сигналов внешним системам (сварочному контроллеру) о необходимости поджига и других действиях, формирование паузы в движении робота, непосредственно передача очередных координат роботу для движения инструмента вдоль сварочной разделки, доведение инструмента до окончания разделки и формирование сигналов внешним системам (сварочному контроллеру) о необходимости снижения тока или гашения дуги (и других действиях), вывод инструмента в исходную позицию.
- В процессе работы каждый профиль, полученный сканером, обрабатывается в соответствии с алгоритмом, заданным графом, при этом выполняются следующие этапы: детектирование шаблона сварочной разделки для определения точных координат в пространстве сканера (2D), преобразование координат из пространства сканера в пространство базы робота (3D), формирование траектории движения инструмента в пространстве базы робота, передача координат роботу для движения в очередную позицию траектории.

5.2. Контроль геометрии сварных швов

- Лазерный сканер крепится на фланце робота, либо системы координатного перемещения.
- С помощью интерфейса веб-страницы сканера из библиотеки готовых блоков готовится граф процедуры контроля геометрии сварных швов. Если в поставляемом файле отсутствует требуемый шаблон сварного шва, новый шаблон готовится самостоятельно или с поддержкой изготовителя с использованием предлагаемого редактора шаблонов (см РЭ на РФ627Smart).
- В процессе перемещения сканера вдоль шва каждый профиль, полученный сканером, обрабатывается в соответствии с алгоритмом, заданным графом, определяются заданные геометрические параметры, контролируется выход за допуски, формируется протокол контроля.

6. Состав и структура комплекта

Структурная схема комплекта представлена на рисунке:



В состав комплекта входят обязательные и опциональные элементы:

- лазерный 2D сканер серии РФ627Smart-Weld. Документация на сканер базовой конфигурации РФ627Smart размещена здесь:

https://riftek.com/upload/iblock/8f1/ziv37oqmh12tq3udc4pit192flfyf1rc/2D_Laser_Scanners_rus.pdf

РФ627Smart-Weld отличается от базовой конфигурации следующими опциями:

- встроенные программные пакеты для обмена данными с роботами и внешними промышленными системами: РФ627Smart-Industrial, РФ627Smart-Robots;
- специальное конструктивное исполнение, обеспечивающее защиту от агрессивных воздействий во время сварки, а именно, специальный корпус, сменные защитные стекла, пневматическая шторка, защитный козырек; система обдува окон;
- специализированная оснастка (с учетом особенностей системы заказчика) для крепления сканера к сварочному роботу. Возможно оснащение пневматической системой отвода сканера из зоны сварки;

- predetermined set of working ranges, ensuring the solution of welding tasks;
- file of prepared templates for basic types of weld joints with the possibility of correcting existing templates and adding new ones;
- protected industrial panel (optionally) with pre-installed software ensuring the automatic search of the scanner in the network and opening of its WEB-interface;
- industrial Ethernet switch (optionally);
- electrical protection block of the scanner (optionally);
- cable kit.

6.1. Лазерный сканер

In the kit composition, the RIF627Smart-Weld laser scanner is used.

The scanner body is made of anodized aluminum. On the front panel of the body, there are two windows: one – output, the other – for reception of radiation, reflected from the controlled object.

On the scanner body, there is one connector, a **Reset** button and LED indicators. Pressing the **Reset** button within 5 seconds leads to the scanner restart. Upon a short press of the **Reset** button (about 1 second), a Hello broadcast packet is sent. Red LED – loading indication of the internal PC, green LED – Ethernet operation indication.

By default:

- scanner windows are protected with additional quick-change glass;
- on the body, there is a fitting for compressed air supply for window protection (system "air knife");
- on the body, there is a protective canopy;
- the body is equipped with hardware for quick scanner installation.

Scanners are available in the following laser wavelength variants:

- based on red laser 660 nm;
- based on blue lasers (version BLUE) with wavelength 450 nm.

The application of different lasers is determined by a wide range of surface scanning tasks. For example, using blue lasers instead of red ones is optimal for controlling shiny materials and high-temperature objects.

Two working modes of scanners are possible in the full working range: with working frequencies of 484 Hz (profiles/second) and 921 Hz (DS mode).

Scanners support the ROI function, which allows increasing the scanner response rate in a limited working range up to 4884 Hz and up to 6379 Hz in DS mode.

Technical characteristics of scanners, working ranges and dimensions are given in the following section.

6.1.1. Общие технические характеристики

Быстродействие, точность, разрешение	
Быстродействие (для полного рабочего диапазона)	520
Максимальное быстродействие (режим ROI)	4200 профилей/с
Линейность (погрешность), Z ось	$\pm 0,01\%$ от диапазона ¹
Разрешение, X ось	728 или 1456 точек (программируемое значение)
Лазер	
660 нм или 450 нм или 405 нм Class 2M по IEC/EN 60825-1:2014	
Интерфейс	
Основной	Ethernet / 1000 Мбс
Входы синхронизации	RS422, 3 канала
Напряжение питания	9...30 В или 12...36 В для сканеров с синим лазером
Потребляемая мощность, не более	6 Вт (без нагревателя)
Устойчивость к внешним воздействиям	
Класс защиты	IP67
Уровень вибраций	20 г / 10...1000 Гц, 6 часов для каждой из XYZ осей
Ударные нагрузки	30 г / 6 мс
Окружающая рабочая температура	-20...+40°C или -20...+80°C для сканеров со встроенной системой воздушного охлаждения -20...+150°C для сканеров со встроенной системой водяного охлаждения
Температура хранения	-20...+70°C
Относительная влажность	5-95% (без конденсации)
Материал корпуса / окон	алюминий / стекло
Сменные защитные окна	стекло

Примечание: ¹ - линейность указана для измерения высоты во всем поле зрения сканера.

6.1.2. Рабочие диапазоны и габариты

Диапазон	MR, мм	SMR, мм	Xsmr, мм	Xemr, мм	Размеры, рисунок	Вес, кг	Опция: воздушное или водяное охлаждение, рисунок	Опция: заслонка, рисунок
65/25-20/22	25	65	20	22	1	0,7	2	3
70/50-30/41	50	70	30	41	1	0,7	2	3
76/100-48/82	100	76	48	82	1	0,7	2	3
70/130-40/86	130	70	40	86	4	0,7	4	4
250/130-52/76	130	250	52	76	5	0,9	5	5
82/200-60/150	200	82	60	150	1	0,7	2	3
90/250-65/180	250	90	65	180	1	0,7	2	3

Для получения подробной CAD-документации (2D и 3D) необходимо отправить запрос на info@riftek.com

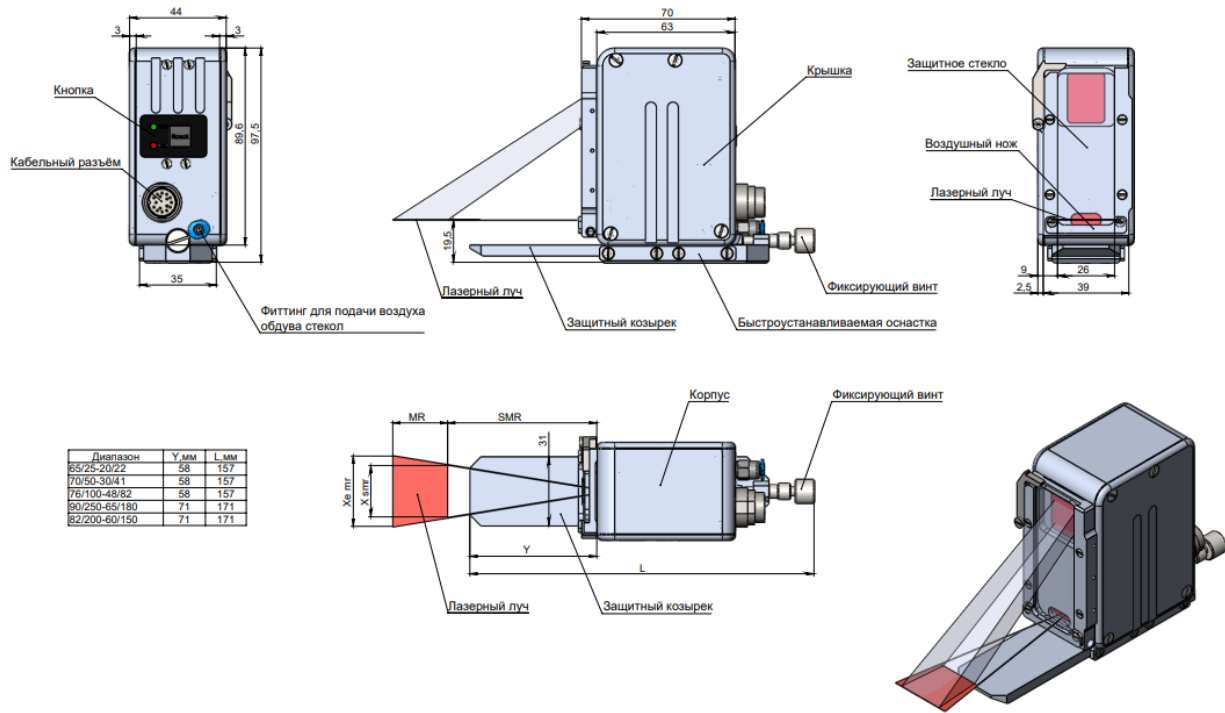


Рисунок 1

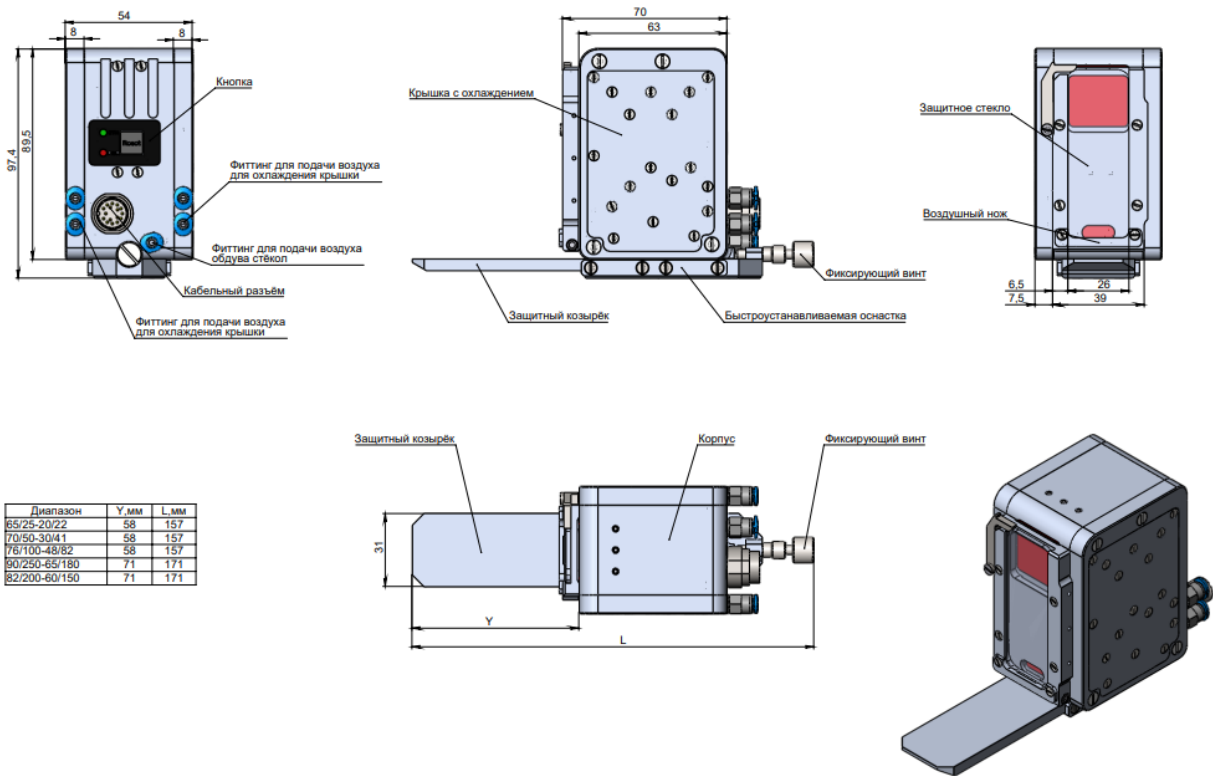


Рисунок 2

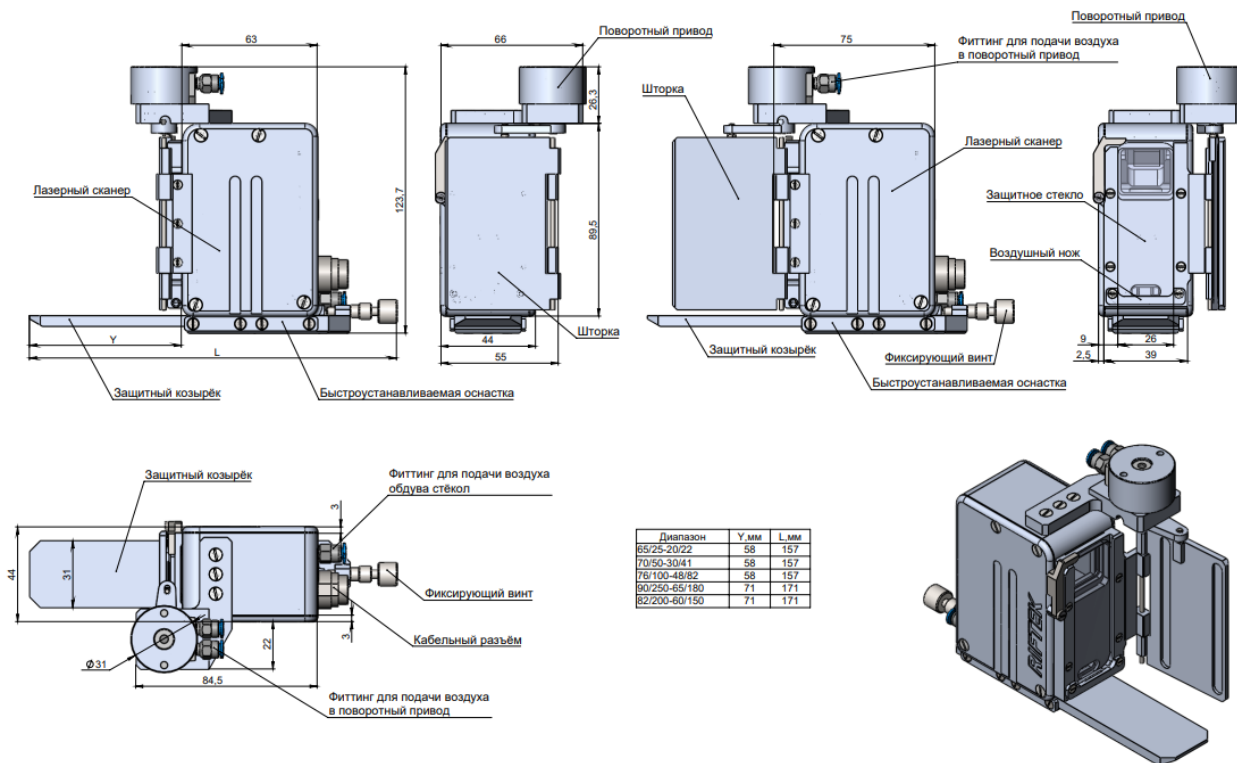


Рисунок 3

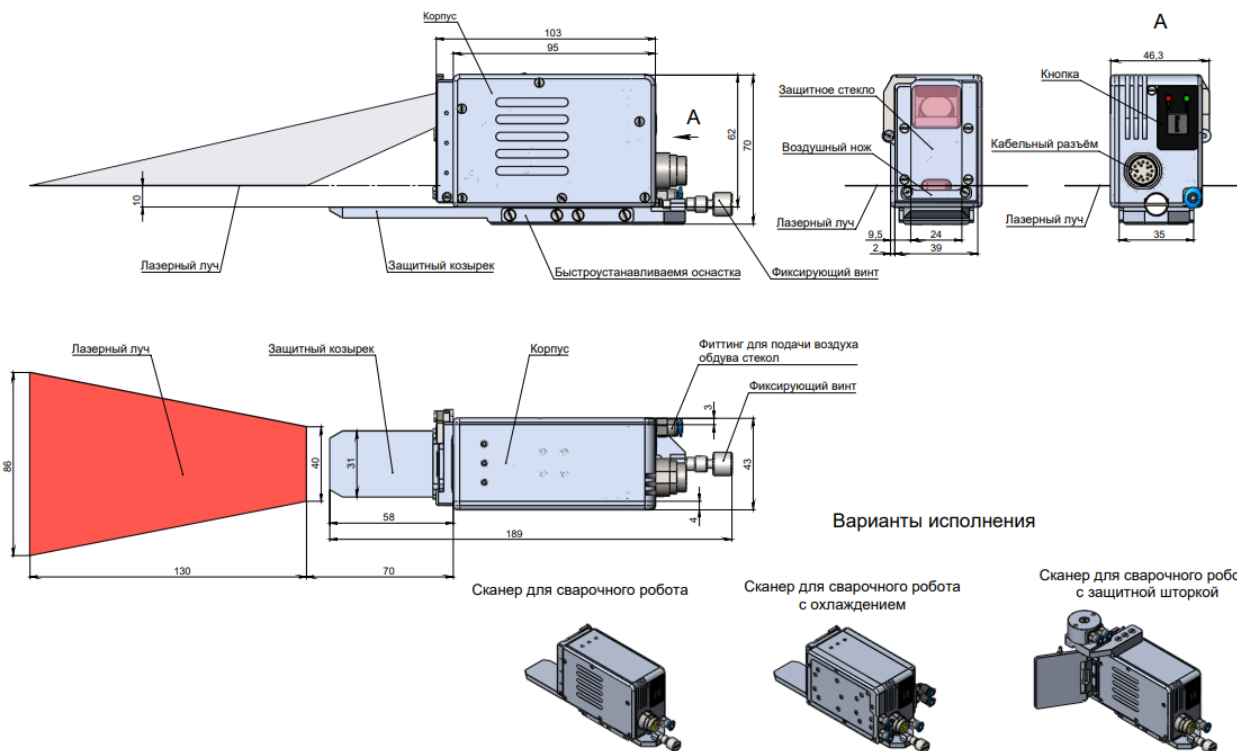


Рисунок 4

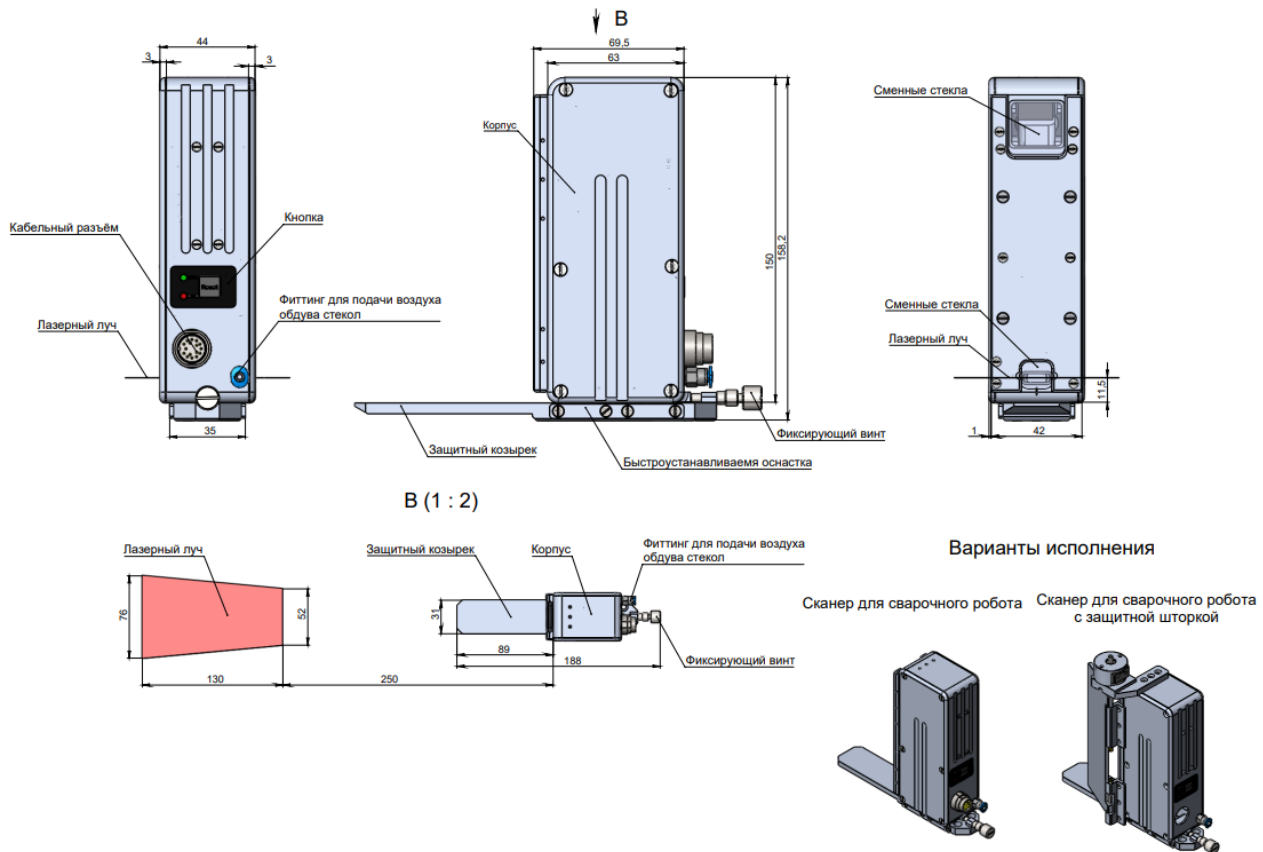


Рисунок 5

6.2. Защищенный промышленный планшет

Планшет предназначен для первичной настройки элементов комплекта инженером (в основном лазерного 2D сканера) и последующего контроля функционирования системы наладчиком и оператором сварочного робота.

Предустановленное программное обеспечение предназначено для отображения графического интерфейса и управления его настройками с учетом разграничения доступа инженер/наладчик/оператор.

Поскольку планшет выполняет роль только средства отображения, настройки и диагностики (не выполняет никаких вычислительных операций), пользователь может использовать другие технические средства (другие типы планшетов, персональные или промышленные компьютеры). В случае использования собственных технических средств необходимо руководствоваться документацией на сканер RF627Smart.

6.2.1. Спецификация

Внешний вид:



Технические характеристики:

Элемент	Параметр	Значение
Архитектура	CPU	Intel cherry trail Z8350, 1.44Ghz-1.92GHz
	OS	Windows 10 pro
	RAM/ROM	4GB+64GB
Дисплей	Size	10,1"
	Resolution	1920x1200
Тач-панель	Touch type	Capacitive
Интерфейсы	Type-A	USB2.0 x1
	Type-A	USB.0 x1
	MicroUSB	x1
	RJ45 Ethernet	10/100/1000M x1
	DB9 RS232	9-pin serial port x1
	DC power interface	DC 12V 2A x1
Степень защиты	Degree of protection	Waterproof IP65, but in fact is IP67 design. Drop 1.2m, 6 sides
	Certification standards	Military 810G. EU CE, US FCC
	Operating Temperature	-20°C...60°C
Встроенная батарея	Battery type	Built in removable Li-ion Polymer Battery
	Rated capacity	10500 mAh
Габариты	Dimensions	275x180x20 mm

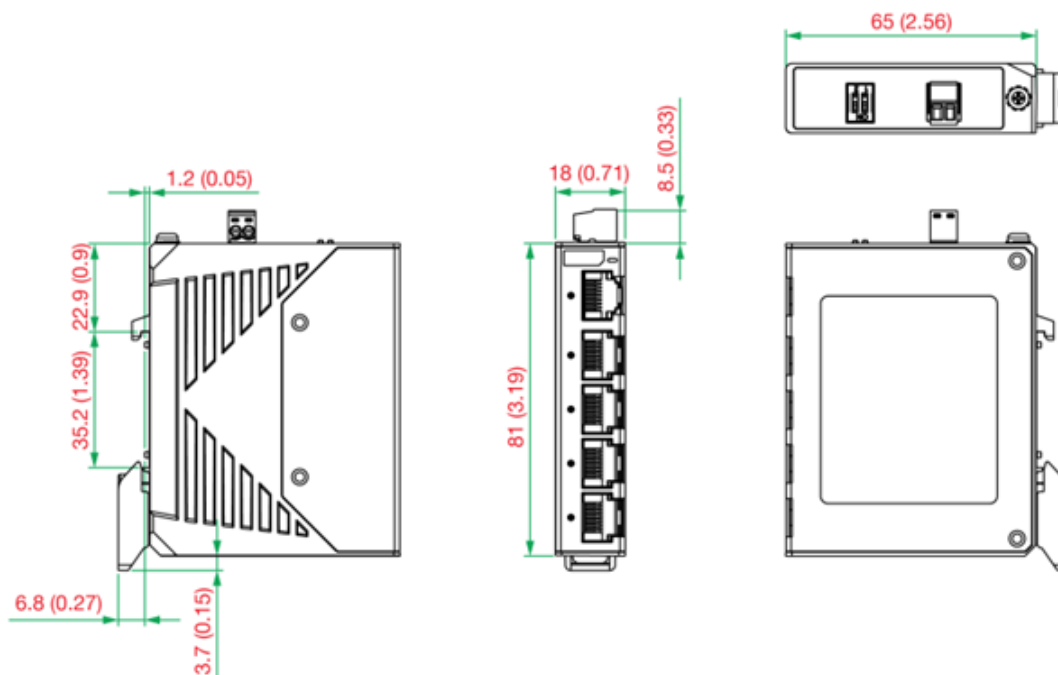
6.3. Промышленный Ethernet-коммутатор

Коммутатор предназначен для обеспечения сетевого взаимодействия элементов комплекта (планшета и 2D сканера), а также для обмена данными с контроллером робота.

Допускается использование штатного сетевого коммутатора, входящего в комплект сварочного комплекса (например между роботом и контролером). В этом случае заказчику необходимо обеспечить правильность сетевых настроек самостоятельно.

6.3.1. Спецификация

Наименование	Значение
Сетевые порты	5-RJ45-10/100/Мбит/с
Питание	10...60В - 1,1Вт - 0,045А
Условия эксплуатации	-10...60°C, 5...95% влажность
Степень защиты оболочки	IP40
Размеры	см. рисунок



6.4. Блок защиты

Обеспечивает защиту лазерного 2D сканера по цепи электропитания. Включает в себя быстрозаменяемый плавкий предохранитель.

6.5. Комплект кабелей

Комплект кабелей предназначен для электрического соединения элементов комплекта и включает в себя:

- кабель №1, соединение промышленного планшета с коммутатором, - стандартный кабель Ethernet Cat5e с разъемами RJ45 с обоих концов;
- кабель №2, электропитание планшета, - поставляется в комплекте с планшетом;
- кабель №3, электропитание коммутатора (двужильный кабель питания, рассчитанный на напряжение не менее 12В, ток не менее 0,2А), - из состава оборудования заказчика;
- кабель №4, подключение контроллера робота к коммутатору (Ethernet-кабель с обжимом RJ-45) - из состава оборудования заказчика;
- кабель №5, составной кабель подключения коммутатора к блоку защиты Ethernet+питание;
- кабель №6, кабель подключения сканера к блоку защиты Ethernet+питание.

7. Пример обозначения при заказе

РФ627Smart-Weld.(WAVE)-SMR/MR-Xsmr/Xemr-L1-L2-L5-L6(R)-PS-PB-Shutter-AC(WC)

Символ	Наименование
(WAVE)	Длина волны лазера. 660 нм – без символа, 450 нм – BLUE.
SMR	Начало рабочего диапазона по Z, мм.
MR	Рабочий диапазон по Z, мм.
Xsmr	Диапазон по X-координате в начале рабочего диапазона Z координаты, мм.
Xemr	Диапазон по X-координате в конце рабочего диапазона Z координаты, мм.
L1,L2,L5,L6	Длины соответствующих кабелей, м.
R	Опция, робот-кабель.
PS	Опция, планшет.
PB	Опция, блок защиты.
Shutter	Наличие управляемой заслонки.
AC	Наличие системы воздушного охлаждения.
WC	Наличие системы водяного охлаждения.

ПРИМЕЧАНИЕ. Опции по умолчанию: обдув окон, комплект сменных окон, щиток, планка крепления.
Пример. РФ627Smart-Weld.BLUE-90/250-65/180-3-3-3-10-PS-PB - сканер с синим лазером, начало рабочего диапазона SMR - 90 мм, рабочий диапазон Z - 250 мм, Xsmr - 65 мм, Xemr - 180 мм, длина кабелей L1 = 3 м, L2 = 3 м, L5 = 3 м, L6 = 10 м, наличие планшета и блока защиты.

Код продукта при дополнительном заказе:

Наименование	Код
Планшет	P627A01
Коммутатор	P627B01
Блок защиты	P627C01
Кабель №1	EL04
Кабель №2	P627A02
Кабель №5 (для комплекта с блоком защиты)	E627E09
Кабель №5 (для комплекта без блока защиты)	E627E17
Кабель №6	E627E18

8. Общие требования к установке

Лазерный сканер устанавливается на фланце робота рядом со сварочной горелкой. Сканируемая поверхность должна находиться в зоне рабочего диапазона сканера. Кроме того, в области прохождения падающего на объект и отраженного от него излучения не должно находиться посторонних предметов.

При сканировании поверхности со сложной текстурой необходимо минимизировать попадание зеркальной составляющей отраженного излучения во входное окно сканера.



ВАЖНО!

Сканер и оборудование должны быть заземлены.

9. Первое включение и настройка

9.1. Сборка комплекта и монтаж элементов





Сборка и монтаж должны выполняться квалифицированным специалистом (как правило, инженером) после изучения требований мер предосторожности и безопасности при работе с электрооборудованием, принятым на предприятии.


Общий вид элементов комплекта:



Монтаж элементов должен быть выполнен с использованием типовых промышленных решений (DIN-рейка) и учетом связей, показанных на рисунке структуры комплекта.

Порядок сборки комплекта:

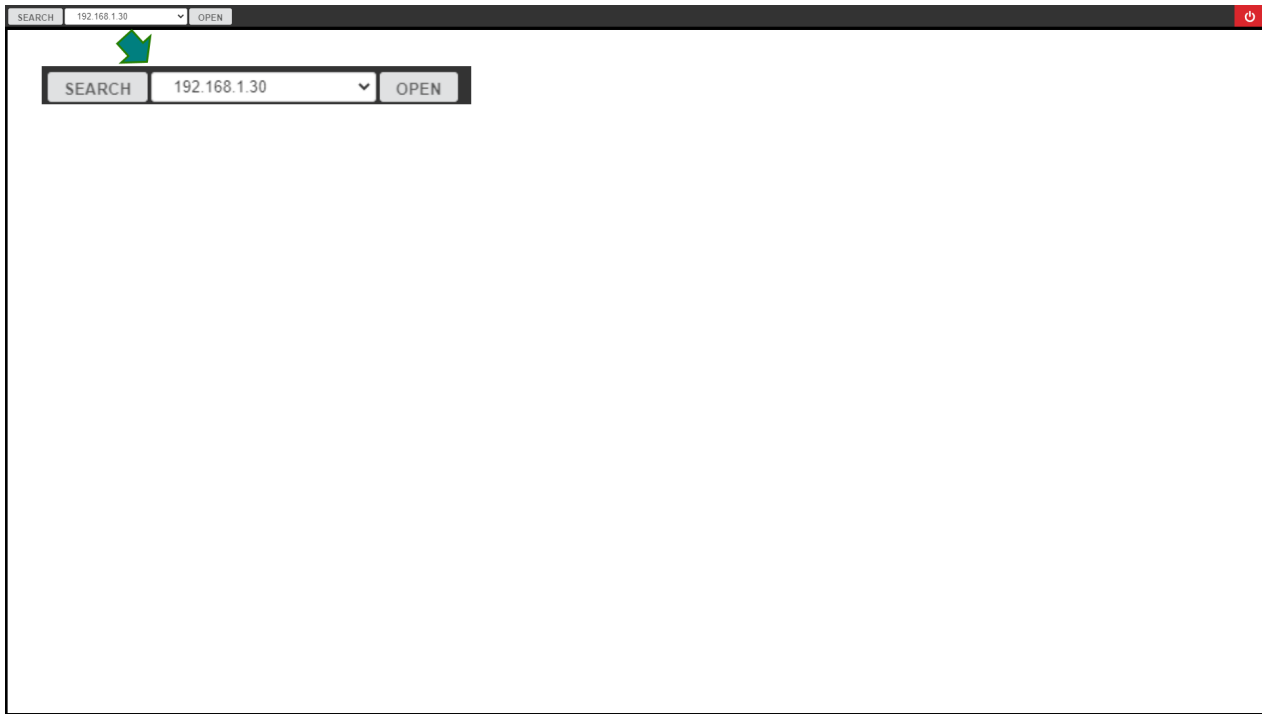
<p>1. Подключить Ethernet-кабель между планшетом (или устройством заказчика) и промышленным коммутатором:</p> 	<p>2. Подключить коннектор RJ-45 составного кабеля к промышленному коммутатору:</p> 
<p>3. Подключить разъем Binder 423 99 5456 15 16 составного кабеля к блоку защиты (если он включен в комплект поставки):</p> 	<p>4. Подключить составной кабель между блоком защиты и лазерным сканером РФ627Smart-Weld:</p> 

	
<p>5. Подключить кабель электропитания планшета к источнику питания, присоединить его к планшету (без подачи питания - источник питания должен быть отключен от первичной сети):</p> 	<p>6. Подключить кабель электропитания промышленного коммутатора к источнику питания, подключить его к коммутатору. 7. Подключить свободные провода (красный и синий) составного кабеля к источнику питания. 8. Подключить кабель с разъемами RJ-45 между контроллером робота и промышленным коммутатором.</p>

После полной сборки включить источник питания для включения комплекта.

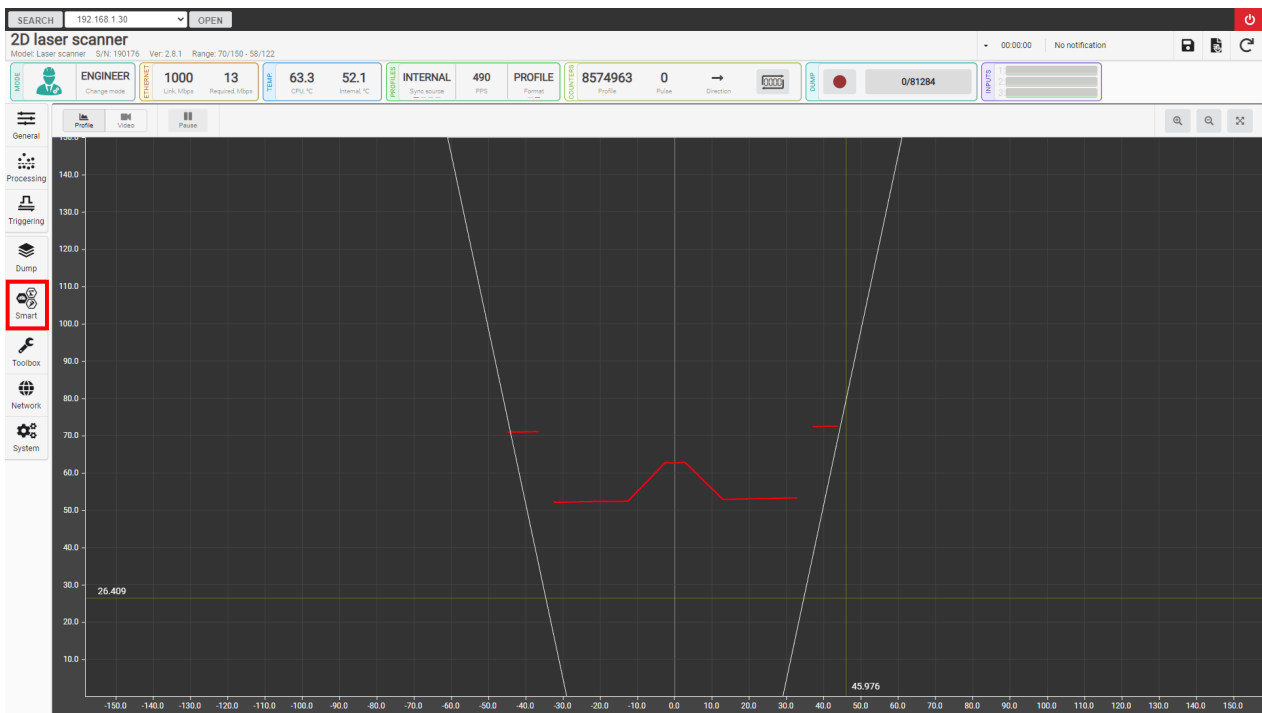
9.2. Включение

Включение комплекта производится подачей на его элементы питающего напряжения. Дополнительно необходимо включить промышленный планшет кнопкой включения, расположенной на верхнем торце. После включения планшета и загрузки операционной системы автоматически запускается специализированное ПО, выполняющее поиск подключенного сканера и загрузку его Web-страницы:

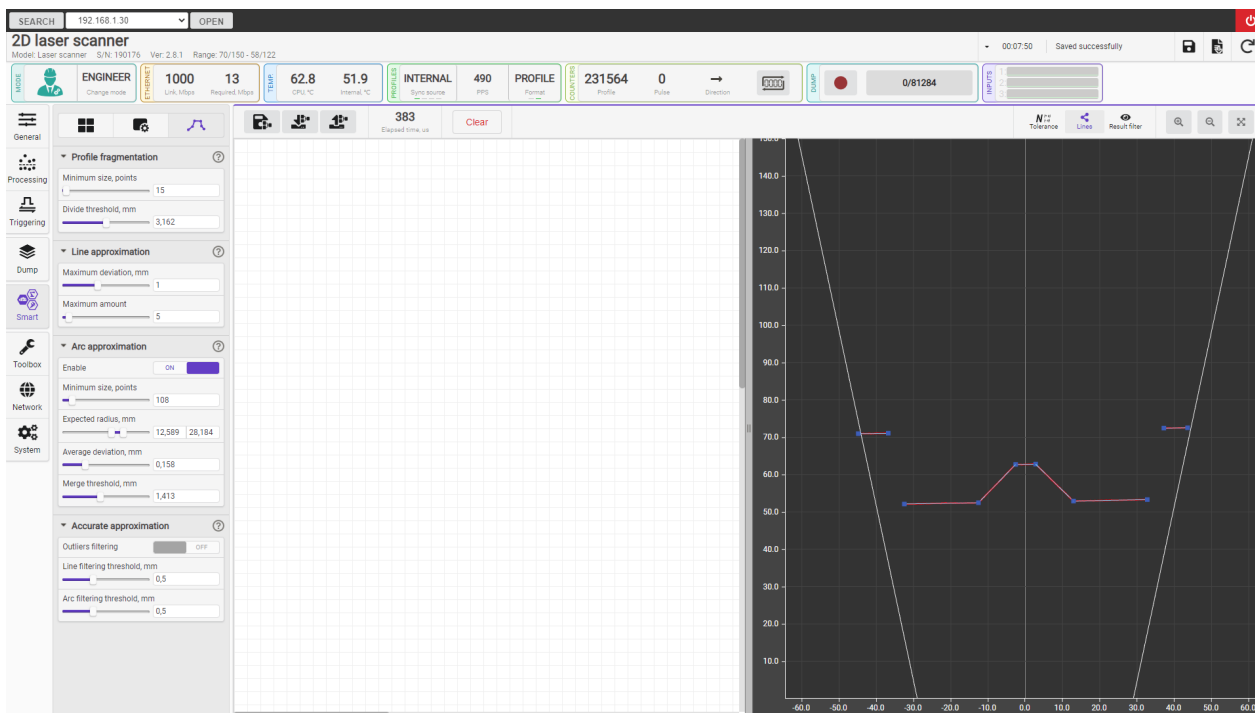


17

Сканер обнаружен, необходимо нажать кнопку **OPEN** для подключения к сканеру и открытия web-интерфейса:



Перейти на вкладку **Smart** для подготовки графа вычислений и настройки smart-блоков сопряжения с роботами:



9.3. Настройка

Комплект поставляется без подготовленного графа вычислений (в силу большого разнообразия поддерживаемых сварочных роботов и протоколов обмена данными с ними), поэтому необходимо выполнить первоначальную (разовую) настройку, включающую следующие основные этапы:

- сборка графа вычислений, соответствующего конфигурации оборудования;
- калибровка сканера совместно с роботом (для выполнения преобразования 2D координат сканера в 3D координаты робота);
- настройка скрипта управления блоком слежения за сварочной разделкой и роботом;
- при необходимости подготовка пользовательских шаблонов;
- отладка роботизированной системы сварки с решением всех задач сварки на макете, без непосредственно сварки;
- тестирование роботизированной системы сварки на макетах и реальных образцах.

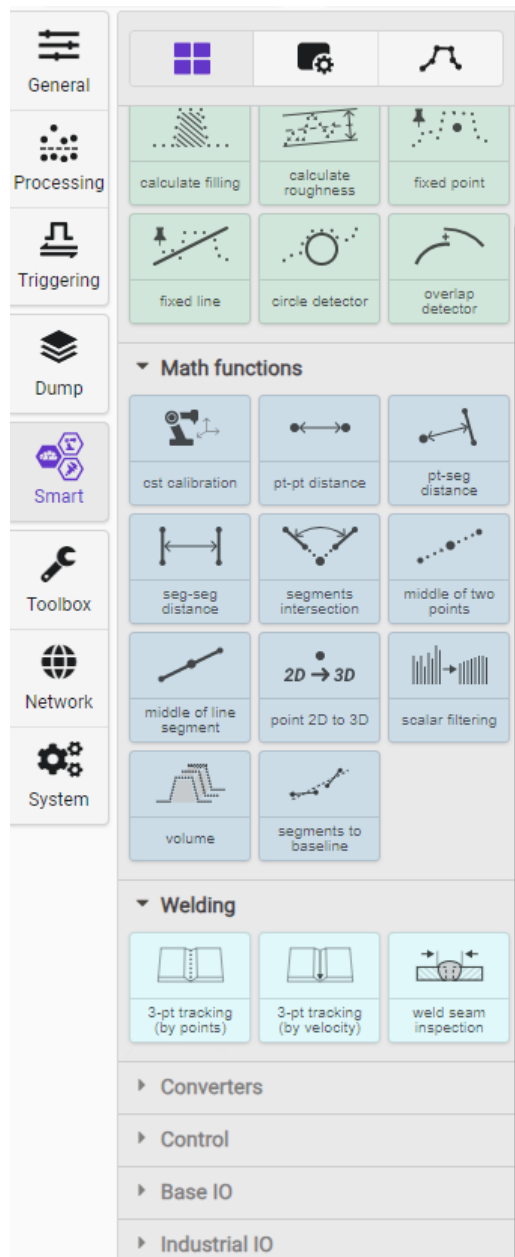
Примеры настроек рассмотрены ниже.

10. Смарт-блоки

Под графом вычислений понимается упорядоченная последовательность операций, выполняемых сканером. Последовательность представляется в виде смарт-блоков и связей между ними. При изменении структуры графа автоматически выполняется его упорядочивание (т.е. определение порядка выполнения вычислений). Ограничение: циклические связи в графе не допускаются. Более подробно графы и смарт-блоки рассмотрены в РЭ на РФ627Smart:


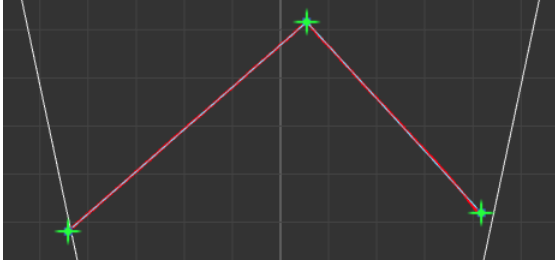
https://riftek.com/upload/iblock/8f1/ziy37oqmh12tq3udc4pit192flfyf1rc/2D_Laser_Scanners_rus.pdf


Смарт-блоки слежения и контроля располагаются в группе **Welding**:



10.1. Смарт-блоки слежения за сварочной разделкой в реальном времени

Функции слежения за сварочной разделкой в реальном времени выполняются следующими смарт-блоками:

 3-pt tracking (by points)	“3-pt tracking (by points)” - слежение за сварной разделкой по трем точкам, формируемым профилем (пример):		
			
	Выходными значениями смарт-блока являются точки и углы (т.е. позы), в которые должен переместиться исполнительный механизм (сварочный робот) для движения по траектории сварки. Точки выдаются поочередно, с опережением. Доступно окно с отображением процесса слежения в 3D и возможностью последующего визуального анализа разделки.		
Входы:	“cst”	SDT_CST_3D	Данные от блока калибровки сканера с исполнительным механизмом.
	“point #1”	SDT_POINT	“Левая” точка разделки.
	“point #2”	SDT_POINT	“Центральная” точка разделки.
	“point #3”	SDT_POINT	“Правая” точка разделки.
	“enabled”	SDT_BOOL	Флаг разрешения работы блока.
	“accuracy”	SDT_FLOAT	Требуемая точность ведения исполнительного механизма по разделке в мм.
	“step”	SDT_FLOAT	Шаг съема точек вдоль разделки и шаг выдачи точек в мм.
	“torch offset”	SDT_FLOAT	Смещение TCP относительно разделки в направлении, перпендикулярном разделке (отступ от разделки) в мм.
	“torch rotation”	SDT_EULER_3D	Поправки в угловое положение инструмента относительно фланца (позволяют учесть изгиб инструмента, например горелки) в рад.
Выходы:	“pose”	SDT_POSE_3D	Выходные позы для исполнительного механизма (например, сварочного робота).
	“detected”	SDT_BOOL	Флаг обнаружения сварочной разделки.
	“tracking”	SDT_BOOL	Флаг сопровождения разделки, выставляется в TRUE пока работа блока разрешена и блок может выдавать очередные точки роботу, т.е. конец разделки не достигнут.

 3-pt tracking (by velocity)	“3-pt tracking (by velocity)” - слежение за сварной разделкой по трем точкам, формируемым профилем (аналогично смарт-блоку “3-pt tracking (by points)”). Выходными значениями смарт-блока являются линейные и угловые скорости (в форме позы), с которыми должен перемещаться исполнительный механизм (сварочный робот) для движения по траектории сварки. Доступно окно с отображением процесса слежения в 3D и возможностью последующего визуального анализа разделки.		
Входы:	“cst”	SDT_CST_3D	Данные от блока калибровки сканера с исполнительным механизмом.
	“point #1”	SDT_POINT	“Левая” точка разделки.
	“point #2”	SDT_POINT	“Центральная” точка разделки.

	"point #3"	SDT_POINT	"Правая" точка разделки.
	"enabled"	SDT_BOOL	Флаг разрешения работы блока.
	"accuracy"	SDT_FLOAT	Требуемая точность ведения исполнительного механизма по разделке в мм.
	"step"	SDT_FLOAT	Шаг съема точек вдоль разделки и шаг выдачи точек в мм.
	"torch offset"	SDT_FLOAT	Смещение TCP относительно разделки в направлении, перпендикулярном разделке (отступ от разделки) в мм.
	"torch rotation"	SDT_EULER_3D	Поправки в угловое положение инструмента относительно фланца (позволяют учесть изгиб инструмента, например горелки) в рад.
Выходы:	"pose"	SDT_POSE_3D	Выходные скорости для исполнительного механизма (например, сварочного робота).
	"detected"	SDT_BOOL	Флаг обнаружения сварочной разделки.
	"tracking"	SDT_BOOL	Флаг сопровождения разделки, выставляется в TRUE пока работа блока разрешена и блок может выдавать очередные точки роботу, т.е. конец разделки не достигнут.

Ключевые особенности смарт-блоков слежения за сварочной разделкой:

- все вычисления выполняются программным обеспечением сканера в 3D пространстве, что позволяет точно визуализировать все происходящие процессы;
- построение траектории движения сварочного робота с учетом искривления сварной разделки;
- аппроксимация траектории, что позволяет выдавать управляющие сигналы роботу через равные расстояния даже в сложных условиях слежения и обеспечить стабильную скорость движения вдоль разделки;
- автоматическая пролонгация траектории при кратковременной потере разделки (например, области, где сканер не видит разделку из-за особенностей крепления, прохождение по "прихваткам", отверстиям и т.д.);
- расчет и коррекция углового положения горелки относительно разделки.

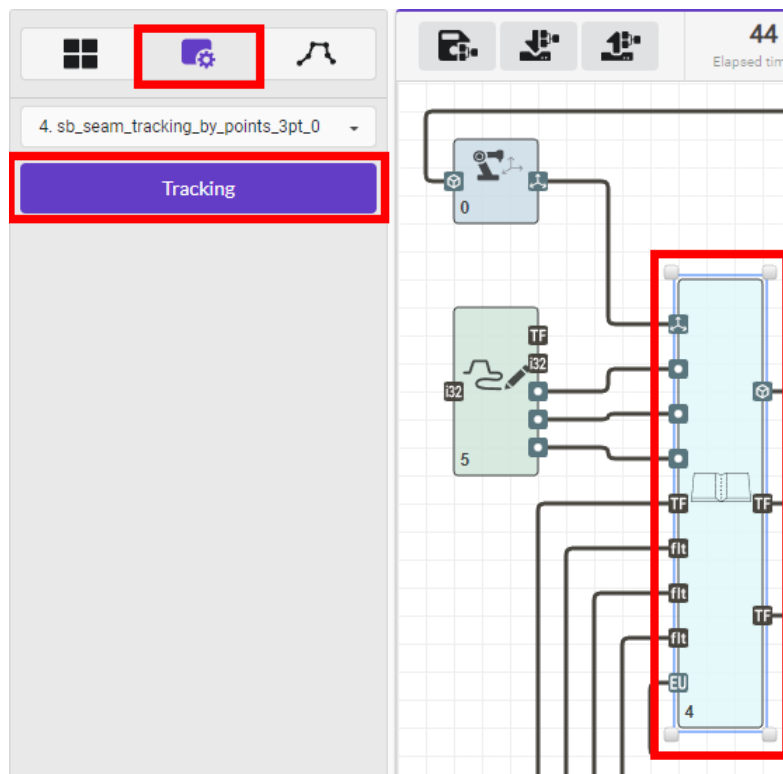
Работа смарт-блоков основана на конечном автомате, имеющем следующие состояния:

WAIT	Ожидание разрешения работы, никакие вычисления не выполняются, выходы имеют следующие значения: "pose" - не валиден; "detected" - всегда "FALSE"; "tracking" - всегда "FALSE".
SEARCH	Поиск сварочной разделки (по данным от смарт-блока детектирования шаблонов), выходы имеют следующие значения: "pose" - не валиден; "detected" - при обнаружении разделки установится в "TRUE", иначе "FALSE"; "tracking" - всегда "FALSE".
BEGIN	Движение в начало разделки, выходы имеют следующие значения: "pose" - для смарт-блока "3-pt tracking (by points)" - пространственное и угловое положение TCP, для смарт-блока "3-pt tracking (by velocity)" - составляющие скоростей по соответствующим координатам; "detected" - при обнаружении разделки "TRUE", иначе "FALSE"; "tracking" - при выходе в начало разделки установится в "TRUE", иначе "FALSE".
TRACKING	Движение вдоль разделки, выходы имеют следующие значения: "pose" - для смарт-блока "3-pt tracking (by points)" - пространственное и угловое положение TCP, для смарт-блока "3-pt tracking (by velocity)" - составляющие скоростей по соответствующим координатам; "detected" - при обнаружении разделки "TRUE", иначе "FALSE";

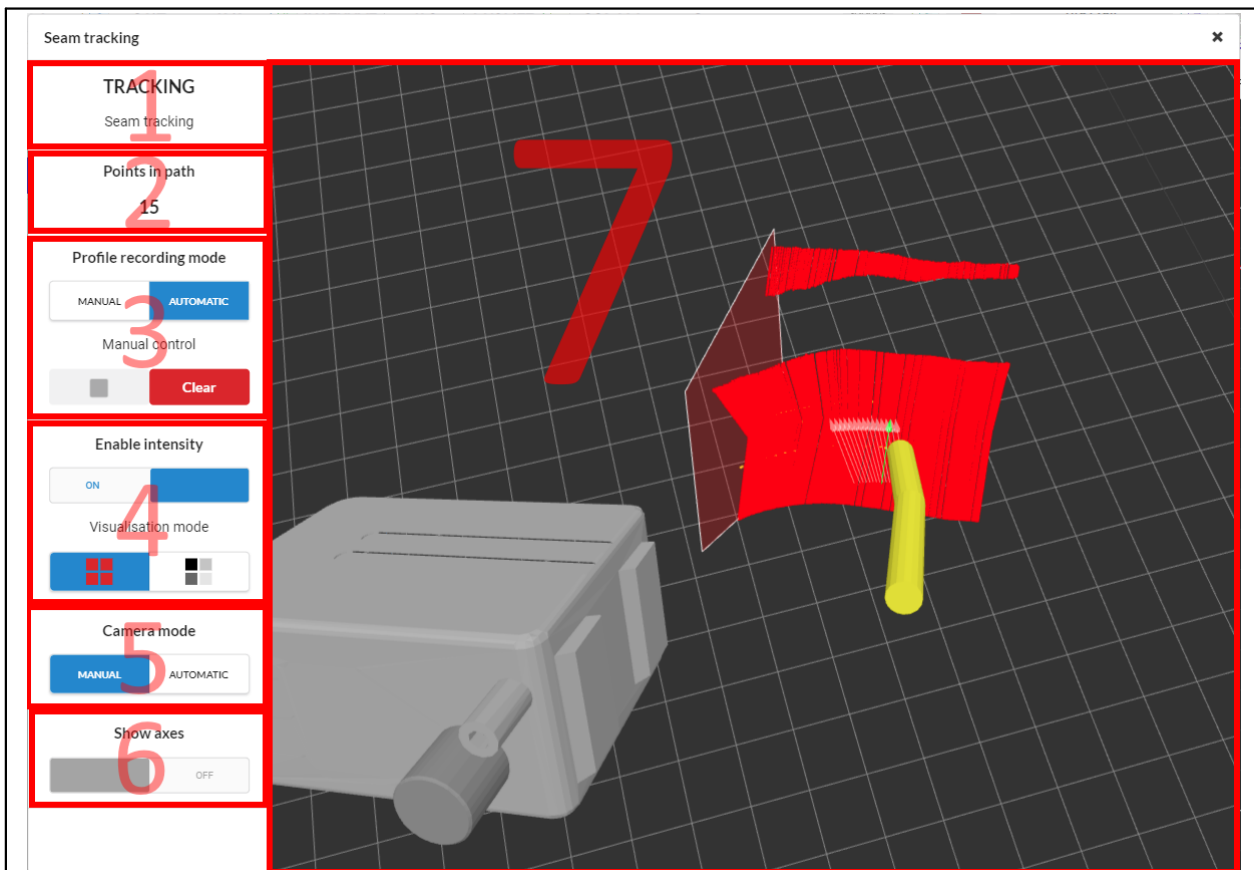
	“tracking” - до окончания слежения “TRUE”, после завершения “FALSE”.
DONE	Ожидание подтверждения от внешней системы окончания сварки (снятия сигнала со входа “enabled”), выходы имеют следующие значения: “pose” - для смарт-блока “3-pt tracking (by points)” - пространственное и угловое положение последней точки TCP, для смарт-блока “3-pt tracking (by velocity)” - нулевые составляющие скоростей по соответствующим координатам; “detected” - всегда “FALSE”; “tracking” - всегда “FALSE”.

10.1.1. Визуализация слежения

Визуальный контроль слежения за сварочной разделкой может выполняться (например, наладчиком или оператором) с помощью специального интерфейса, доступного по нажатию кнопки **Tracking** в параметрах смарт-блоков слежения за разделкой:



Окно интерфейса слежения содержит следующие области:



1. Область текущего состояния блока. Возможные состояния и их значение перечислены ранее.

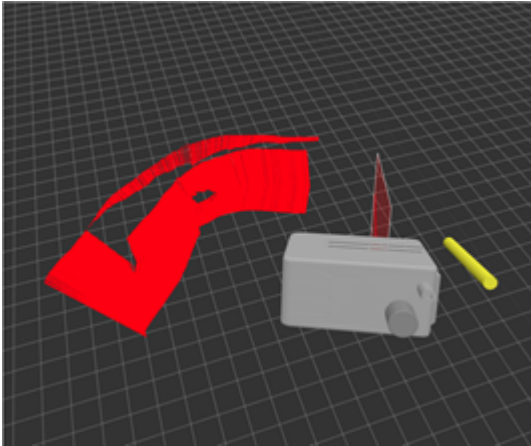

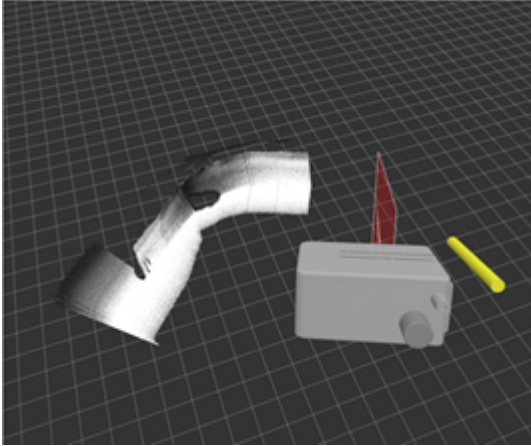



2. Количество точек в траектории движения в текущий момент времени. В процессе движения робота это значение может как увеличиваться, так и уменьшаться (уменьшаясь до 0 в конце разделки).

3. Параметры записи профилей, записываемых в процессе сопровождения для визуализации разделки:

		Ручное управление записью (включение/выключение и очистка) с помощью элементов управления, расположенных в разделе “Manual control”.
		Автоматическое управление записью профилей. Очистка выполняется при переходе из состояния “WAIT” в состояние “BEGIN”, далее запись выполняется в состояниях “BEGIN” и “TRACKING”.
		Включение и выключение записи профилей при ручном управлении.
		Удаление записанных профилей во всех режимах (очистка).

4. Параметры визуализации профилей (отображение без интенсивности и с интенсивностью):

		Включение и выключение передачи сканером интенсивности для точек профиля. В случае необходимости отображения профилей с интенсивностью параметр должен быть обязательно включен.
		Запись профилей без интенсивности. Цвет каждой точки будет стандартным (красный).

	
	<p>Запись профилей с интенсивностью.</p> 
<p>5. Параметры управления камерой:</p>	
	<p>Ручное управление. Перемещение камеры осуществляет пользователь.</p>
	<p>Автоматическое управление положением и направлением камеры.</p>
<p>6. Параметры визуализации осей координат:</p>	
	<p>Включение и выключение отображения осей координат.</p>
<p>7. Область 3D-визуализации разделки, траектории движения, положения и ориентации TCP и т.д.</p>	

10.1.2. Обобщенный алгоритм управления блоками слежения

Обобщенный алгоритм управления смарт-блоками слежения за сварочной разделкой и применения получаемых от них данных (практические примеры приведены далее):


1. Установка параметров слежения: “accuracy” - требуемой точности слежения в мм, “step” - шага съема точек вдоль разделки в мм, “torch offset” - смещения TCP от разделки (отступ) в мм, “torch rotation” - поправок в угловое положение инструмента относительно разделки.
2. Размещение TCP (инструмента) в исходной позиции - может выполняться как контроллером робота, так и сканером.
3. Разрешение работы блока - путем установки на входе “enabled” смарт-блока слежения за разделкой значения “TRUE”.
4. Управляемое контроллером робота или сканером движение TCP (инструмента) в направлении разделки для обнаружения ее начала.


5. Ожидание значения “TRUE” на выходе “detected” смарт-блока, означающее, что разделка найдена и смарт-блок может вывести TCP в ее начало.
6. Переход к управлению роботом от смарт-блока слежения - поза на выходе смарт-блока должна передаваться на исполнительные механизмы робота, он будет перемещать TCP в точку входа в разделку.
7. Ожидание значения “TRUE” на выходе “tracking” смарт-блока, что будет означать выход TCP в начало разделки и возможность дальнейшего движения вдоль разделки. В этот момент целесообразно сделать паузу для поджига дуги, разогрева сварочной ванны и других необходимых действий.
8. Циклическая передача данных с выхода “pose” смарт-блока в исполнительные механизмы робота для движения его вдоль разделки.
9. Ожидание значения “FALSE” на выходе “tracking” смарт-блока, что означает завершение движения вдоль разделки, TCP находится в последней точке. В этот момент целесообразно сделать паузу для снижения тока дуги, ее гашения и других манипуляций.
10. Установка значения “FALSE” на входе “enabled” смарт-блока, чем подтверждается окончание цикла сварки.
11. Переход к пункту №2, при необходимости нового цикла сварки.

Приведенный алгоритм может быть полностью реализован сканером с помощью смарт-блока “с-script”.


10.2. Смарт-блоки обмена данными с роботами и коботами


Описанные ниже смарт-блоки обеспечивают информационное сопряжение сканера с различными промышленными роботами и коботами.


 R691 protocol	“R691 protocol” - блок обмена данными и управления роботами Fanuc по протоколу R691 (Universal sensor interface).		
Параметры:	“Listen port”	0...65535	Номер порта, прослушиваемого сканером для подключения робота.
Входы:	“point”	SDT_POINT	Точка, передаваемая роботу (например, заданная точка сварочной разделки).
	“gap”	SDT_SCALAR	Зазор, измеренный для некоторых типов сварочных разделок.
	“mismatch”	SDT_SCALAR	Ступенька, измеренная для некоторых типов сварочных разделок.
	“area”	SDT_SCALAR	Площадь, измеренная для некоторых типов сварочных разделок.
Выходы:	“laser en”	SDT_BOOL	Разрешение работы лазера на излучение.
	“track en”	SDT_BOOL	Разрешение обнаружения шаблона (в сканере не используется).
	“template idx”	SDT_INT32	Номер шаблона, который необходимо детектировать.
	“state”	SDT_BOOL	Флаг наличия подключения к роботу.

 KUKA RSI	“KUKA RSI” - блок обмена данными и управления роботами KUKA по настраиваемому протоколу с модулем RSI (Robot Sensor Interface). Примеры файлов настроек приведены ниже.		
Параметры:	“Listen port”	0...65535	Номер порта, прослушиваемого сканером для подключения робота.


Входы:	"tmplt_det"	SDT_BOOL	Флаг обнаружения разделки, передаваемый роботу.
	"seam_touch"	SDT_BOOL	Флаг выхода робота в начало шва (может использоваться как флаг начала сварки).
	"pose"	SDT_POSE_3D	Текущие поправки для модуля RSI.
	"offs_x"	SDT_FLOAT	Добавочная поправка для выходного значения "pose" по координате X.
	"offs_z"	SDT_FLOAT	Добавочная поправка для выходного значения "pose" по координате Z.
	"tmplt_idx"	SDT_INT32	Номер шаблона, который необходимо детектировать (номер разделки).
	"state"	SDT_BOOL	Флаг наличия подключения к роботу.


	"Universal Robots RTDE" - блок обмена данными и управления роботами "Universal Robot" по протоколу RTDE (Real-Time Data Exchange).		
Параметры:	"Robot IP"	XXX.XXX.XXX.XXX	IP-адрес робота.
	"Robot RTDE port"	1...65535	Номер сетевого порта робота с которым осуществляется обмен данными.
Входы:	"pose"	SDT_POSE_3D	Требуемая поза робота.
Выходы:	"pose"	SDT_POSE_3D	Текущая поза робота.
	"state"	SDT_BOOL	Флаг наличия подключения к роботу.


	"JAKA" - блок обмена данными и управления роботами JAKA.		
Параметры:	"Robot IP"	XXX.XXX.XXX.XXX	IP-адрес робота.
	"Commands port"	1...65535	Номер сетевого порта робота, на который отправляются команды управления.
	"Realtime data port"	1...65535	Номер сетевого порта робота, с которого поступают данные от робота.
Входы:	"pose"	SDT_POSE_3D	Требуемая поза робота.
	"speed"	SDT_FLOAT	Требуемая скорость движения робота, мм/с.
	"accel"	SDT_FLOAT	Требуемое ускорение движения робота, мм/с ² .
	"rel"	SDT_BOOL	Определяет тип движения: относительно текущего положения (TRUE) или абсолютное (FALSE).
Выходы:	"pose"	SDT_POSE_3D	Текущая поза робота (положение и наклон TCP).
	"state"	SDT_BOOL	Флаг наличия подключения к роботу.

	"Rozum Robotics" - блок обмена данными и управления роботами Rozum Robotics.		
Параметры:	"Robot IP"	XXX.XXX.XXX.XXX	IP-адрес робота (или другого устройства), с которым осуществляется обмен данными.
	"Robot port"	1...65535	Номер сетевого порта робота (или другого устройства), с которым осуществляется обмен данными.

Выходы:	"pose"	SDT_POSE_3D	Текущая поза робота (положение и наклон TCP).
	"state"	SDT_BOOL	Флаг наличия подключения к роботу.

 P3 protocol	"P3 protocol" - блок обмена данными и управления роботами по протоколу P3 (основан на EthernetIP). Детальное описание протокола приведено в Приложении №2.			
	Входы:	"pose"	SDT_POSE_3D	Требуемая поза робота (например, пересчитанная в 3D точку сварочной разделки).
		"point"	SDT_POINT	Точка в системе координат сканера.
Выходы:	"pose"	SDT_POSE_3D	Текущая поза робота (положение и наклон TCP).	
	"tmplt_idx"	SDT_INT32	Номер шаблона, который необходимо детектировать (номер разделки).	
	"state"	SDT_BOOL	Флаг наличия подключения к роботу.	

 HND1 protocol	"HND1 protocol" - блок обмена данными и управления роботами по протоколу HND1. Описание протокола представлено в Приложении №1 к данному документу.			
	Параметры:	"Destination IP"	XXX.XXX.XXX.XXX	IP-адрес робота (или другого устройства), с которым осуществляется обмен данными.
		"Destination port"	1...65535	Номер сетевого порта робота (или другого устройства), с которым осуществляется обмен данными.
		"Listen port"	1...65535	Номер сетевого порта сканера, прослушиваемого для приема входящих пакетов.
		"Swap X<->Y"	on/off	Перестановка местами координат X и Y точек.
		"Flip X-axis"	on/off	Отражение (относительно 0) координат по оси X, выполняется после применения параметра "Swap X<->Y".
		"Flip Y-axis"	on/off	Отражение (относительно 0) координат по оси Y, выполняется после применения параметра "Swap X<->Y".
		"Offset along X-axis, mm"	-1000...1000	Смещение координат по оси X, выполняется после применения параметра "Flip Y-axis".
		"Offset along Y-axis, mm"	-1000...1000	Смещение координат по оси Y, выполняется после применения параметра "Flip Y-axis".
Входы:	"det"	SDT_BOOL	Булевый флаг обнаружения шаблона (корректности всех выдаваемых точек).	
	"point #1"	SDT_POINT	Точка №1, координаты которой передаются в пакете с результатами измерений.	
	"point #2"	SDT_POINT	Точка №2, координаты которой передаются в пакете с результатами измерений.	
	"point #3"	SDT_POINT	Точка №3, координаты которой передаются в пакете с результатами измерений.	
Выходы:	"idx"	SDT_INT32	Индекс сварочного шаблона, который необходимо использовать.	

 CRobotP	"CRobotP" - блок обмена данными и управления сварочными роботами "CRP". В настоящее время имеют ограниченный функционал.		
Параметры:	"Listen port"	1...65535	Номер сетевого порта сканера, прослушиваемого для приема входящих пакетов.
Входы:	"point"	SDT_POINT	Координаты точки в системе координат сканера, передаваемой роботу.
Выходы:	"pose"	SDT_POSE_3D	Текущая поза робота (положение и наклон TCP).
	"template idx"	SDT_INT32	Номер шаблона, который необходимо детектировать.
	"tracking en"	SDT_BOOL	Разрешение работы алгоритма слежения за сварочной разделкой.
	"weld speed"	SDT_FLOAT	Скорость движения при сварке.
	"state"	SDT_BOOL	Флаг наличия подключения к роботу.


10.3. Смарт-блок контроля геометрии сварных швов

Смарт-блок **"weld seam inspection"** предназначен для анализа сварных швов различных типов: стыковой, угловой, произвольный (custom). Блок автоматически детектирует положение и границы сварного шва и выполняет измерение предопределённых геометрических параметров для стыкового и углового швов, а также определённого пользователем набора измерений для произвольного типа шва.

Блок позволяет просматривать результаты измерений как в реальном времени, так и накапливать измерения с возможностью последующего просмотра каждого отдельного профиля.

По результатам анализа накопленных профилей можно сформировать отчёт в нескольких вариантах: PDF документ или CSV таблица.

Блок требует наличия активированного пакета лицензий **"Weld inspection"**.

 weld seam inspection	"weld seam inspection" – блок анализа сварных швов. Выходными значениями блока являются результаты расчётов различных геометрических параметров сварных швов разных типов.		
Параметры:	Left border	-100...-1	Граница по оси X, правее которой должен находиться сварной шов.
	Right border	1...100	Граница по оси X, левее которой должен находиться сварной шов.
Входы:	"dump"	SDT_BOOL	Сигнал управления накоплением измерений во внутреннюю память.
	"pos"	SDT_FLOAT	Абсолютное положение системы позиционирования или значение счётчика энкодера при использовании относительной системы.
	"cst"	SDT_CST_3D	Данные от блока калибровки сканера с роботом.
Выходы:	"det"	SDT_BOOL	Сигнал детектирования сварного шва на профиле.
	Вручную добавляются динамические выходы для требуемых измерений. Инструкция по добавлению выходов приведена в подробном описании блока.		

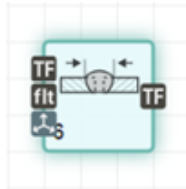
10.3.1. Порядок работы с блоком

Общий порядок работы с блоком:

- 1) Добавить блок на граф.
- 2) Подключить входы.
- 3) Выбрать тип шва.
- 4) Настроить детектирование шва (при необходимости использовать режим глубокой отладки).
- 5) Настроить допуски.
- 6) Настроить выходы.
- 7) Подключить добавленные выходы блока к другим блокам на графе при необходимости.
- 8) Выполнить измерения.
- 9) Просмотреть результаты в режиме просмотра.
- 10) Сгенерировать отчёт в режиме отчёта.

10.3.2. Назначение и режимы работы входов и выходов блока

Блок, размещенный на графе, всегда содержит три входа и один выход.



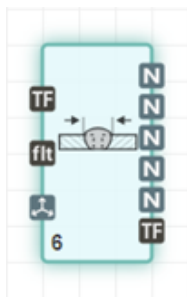
Вход **"dump"** управляет накоплением измерений во внутреннюю память. При значении TRUE происходит накопление профилей, при значении FALSE происходит остановка накоплений. Переход из FALSE в TRUE сбрасывает накопленные ранее профили.

Вход **"pos"** определяет положение системы позиционирования при построении 3D облака точек сварного шва. Применение данного входа зависит от внутреннего параметра **"Position system type"**. В режимах **"Linear, absolute"** и **"Radial, absolute"** вход определяет координату системы позиционирования. В режимах **"Linear, counter"** и **"Radial, counter"** вход определяет значение счётчика энкодера, которое при умножении на значение внутреннего параметра **"Positioner step"** образует координату системы позиционирования. В режиме **"Robot 3D coordinates"** данный вход не используется.

Вход **"cst"** определяет положение робота, если внутренний параметр **"Position system type"** установлен в режим **"Robot 3D coordinates"**. Во всех остальных режимах не используется.

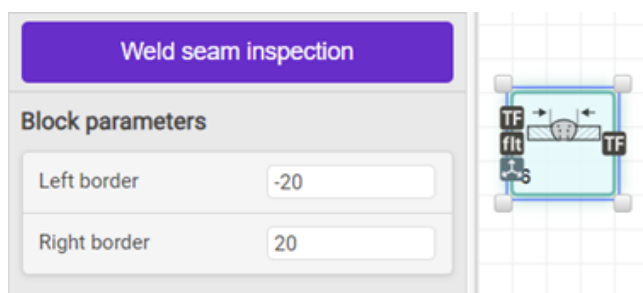
Выход **"det"** отображает детектирован ли сварной шов в текущем анализируемом профиле. Значение TRUE – если шов детектирован, FALSE – если нет.

Если от блока требуется получить измерения для вывода в сеть или для последующей обработки на графе, то необходимо добавить динамические выходы для каждого измерения. Процесс добавления описан в разделе **"Режим Outputs"**. Все добавляемые выходы измерений имеют тип SDT_SCALAR. Пример добавленных четырёх динамических выходов:



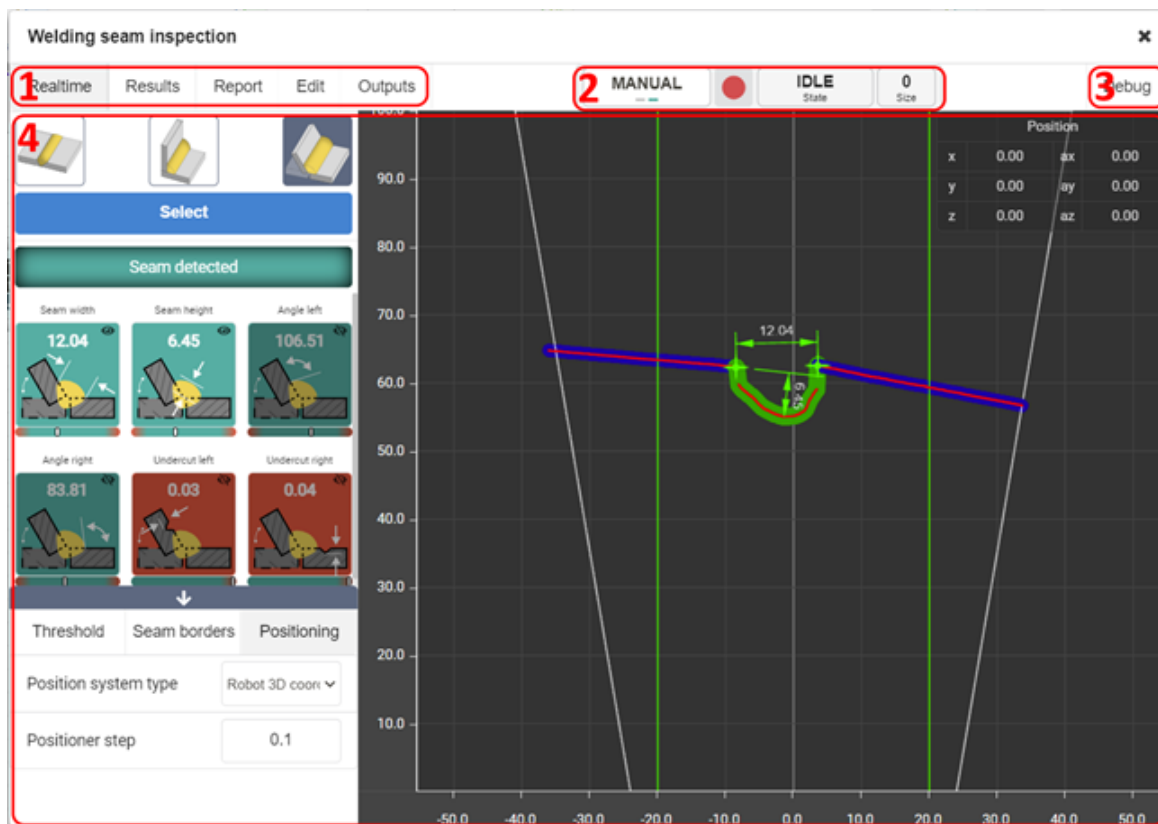
10.3.3. Описание главного окна

При выделении блока на графе на вкладке параметров блока отображаются параметры **Left border** и **Right border**, а также отображается кнопка открытия главного окна для работы с блоком:



30

При нажатии на кнопку **Weld seam inspection** появляется главное окно программы:



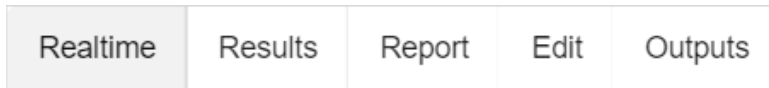
Где:

- 1 - Область переключения вкладок.
- 2 - Область управления накоплением профилей.
- 3 - Область переключения в специализированный режим углубленной отладки детектирования шва.

4 - Область элементов для текущего выбранного режима. Наполнение этой области зависит от выбранного режима.

10.3.3.1. Область переключения вкладок

В данной области расположены вкладки, которые переключают внешний вид между пятью основными режимами работы:



- 1 - **Realtime** – режим просмотра измерений в реальном времени.
- 2 - **Results** – режим просмотра накопленных профилей и выполненных измерений по ним.
- 3 - **Report** – режим формирования отчёта на основе накопленных профилей.
- 4 - **Edit** – режим редактирования допусков для измерений.
- 5 - **Outputs** – режим добавления динамических выходов для требуемых измерений.

10.3.3.2. Область управления накоплением профилей

Данная область позволяет пользователю запустить запись из веб-интерфейса или установить режим запуска по входу.



Элементы данной области:

- 1) Переключатель источника запуска накопления. В режиме **MANUAL** запуск накопления производится кнопкой ручного старта/остановки накопления. В режиме **BLOCK INPUT** запуск накопления происходит по входу "dump".



- 2) Кнопка старта/остановки накопления.



- 3) Текущее состояние накопления: **IDLE** – накопление не производится; **RECORDING** – происходит накопление профилей.



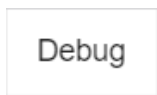
- 4) Счётчик накопленных профилей.



Записываются только профили, на которых был детектирован сварной шов.

10.3.3.3. Область переключения в режим углубленной отладки детектирования шва

В данной области находится одна вкладка, которая переключает внешний вид окна в режим, при котором можно произвести углубленный анализ детектирования сварного шва. Этот режим позволяет подстроить параметры, на основе визуальной характеристики, если определение границ шва происходит не верно.

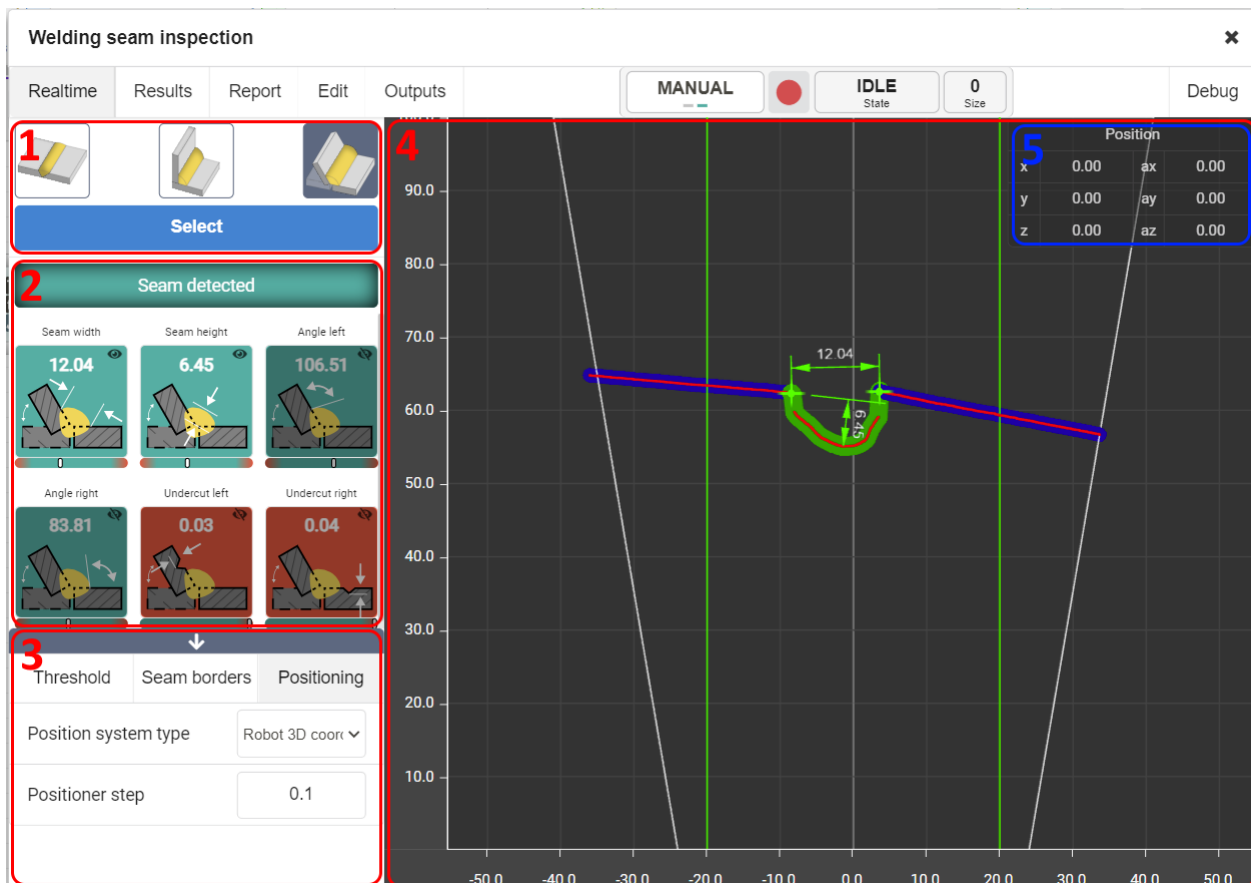


10.3.3.4. Область элементов для текущего выбранного режима

Наполнение данной области зависит от выбранного режима работы.

10.3.4. Режим Realtime

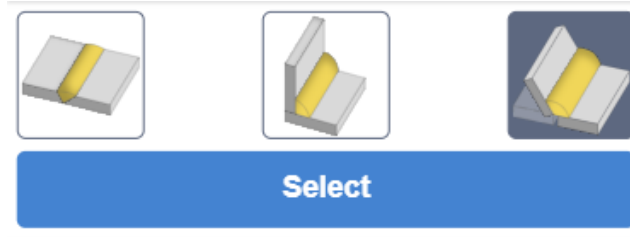
Данный режим предназначен для просмотра измерений в реальном времени. Основные функциональные области:



- 1 - Область выбора типа сварного шва.
- 2 - Область результатов измерений.
- 3 - Область настройки внутренних параметров блока.
- 4 - Область отображения профиля, шва и измерений.
- 5 - Область положения системы позиционирования (является внутренней для области отображения профиля).

10.3.4.1. Область выбора типа сварного шва

Данная область позволяет выбрать тип текущего анализируемого шва.



Всего имеется три варианта сварных швов:

Стыковой	Угловой	Произвольный (Custom)

Для стыкового и углового швов возможные измерения заранее предопределены.

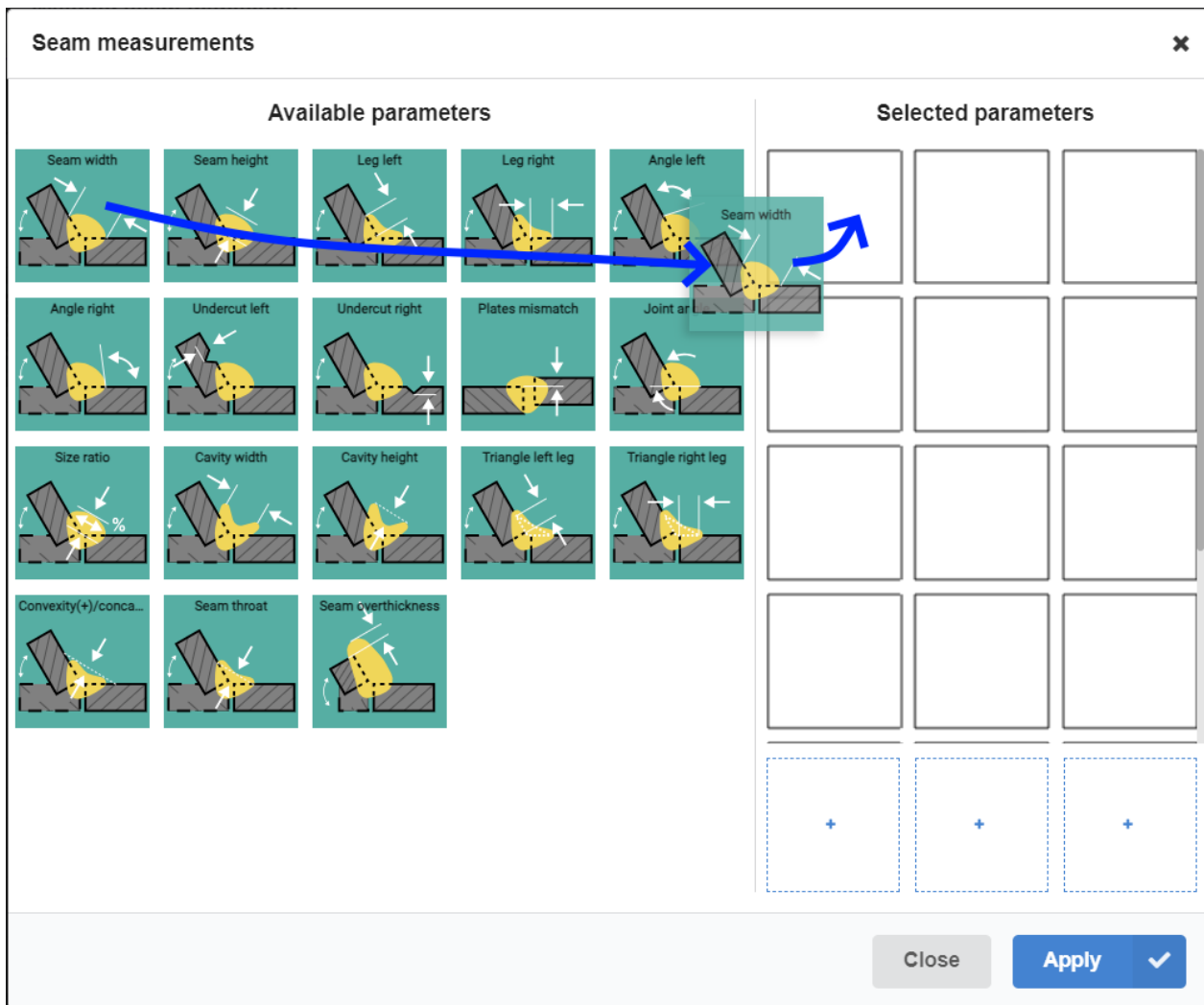
Для произвольного шва доступна кнопка **Select**, которая открывает окно выбора требуемых измерений.

Seam measurements ✕

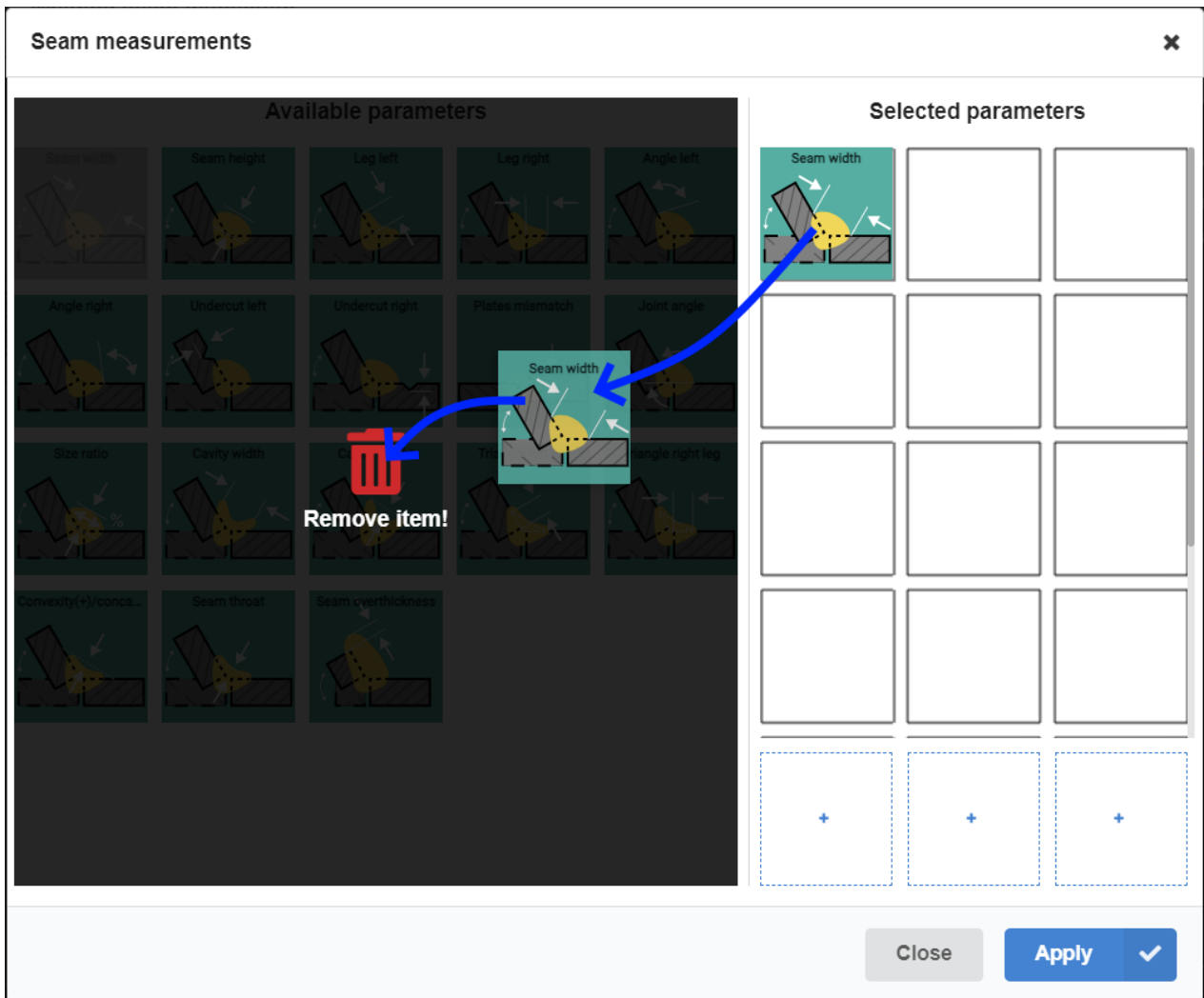
Available parameters	Selected parameters																																																
	<table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td><td style="width: 33%; height: 33px;"></td></tr> </table>																																																

Close
Apply ✓

В разделе **Available parameters** находится список всех возможных измерений. Добавление осуществляется путём перетаскивания иконки необходимого измерения в раздел **Selected parameters**.



Для удаления измерения необходимо перетащить иконки измерения из области **Selected parameters** обратно в область **Available parameters**, в которой автоматически появится иконка удаления.



35

После завершения редактирования необходимо нажать кнопку **Apply** и закрыть окно кнопкой **Close**.

Добавленные измерения отобразятся в области результатов измерений.

10.3.4.2. Область результатов измерений



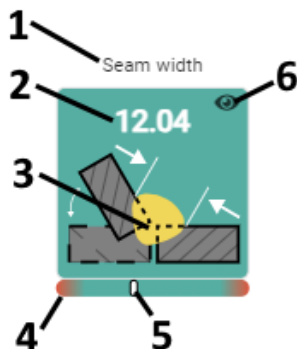
В верхней части находится индикатор детектирования сварного шва.
Серый цвет индикатора - шов не найден.



Зелёный цвет индикатора - шов обнаружен.



Ниже располагаются индикаторы результатов измерений.



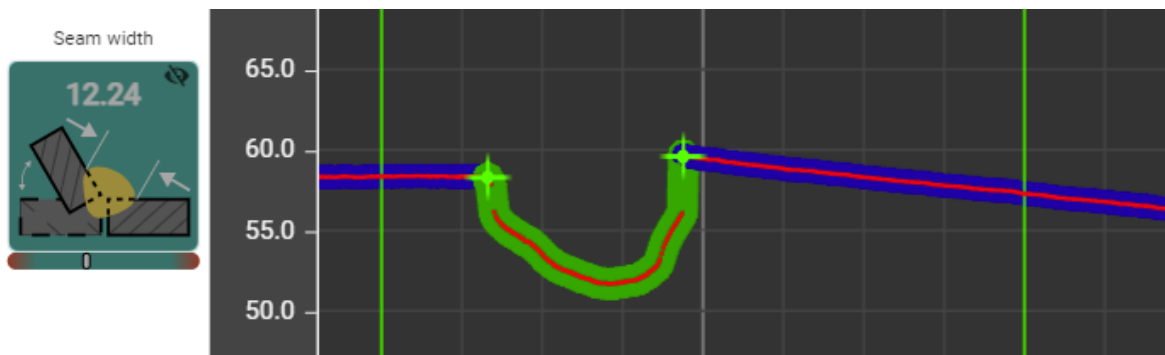
где:

- 1 - Наименование измеряемого параметра.
- 2 - Числовое значение результата измерения.
- 3 - Иконка-пояснение для измерения.
- 4 - Индикатор попадания в допуск.
- 5 - Текущее положение индикатора допуска.
- 6 - Кнопка включения/отключения отображения результата измерения на профиле.

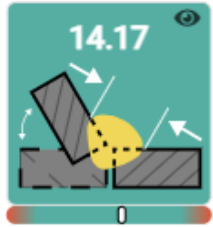
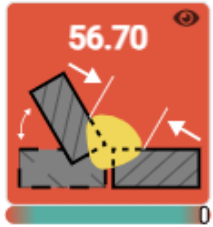
Отображение включено:



Отображение отключено (индикатор затемнён):



Фон индикатора определяет попадание в допуск. Индикатор допуска показывает в какую сторону был выход из допуска, по нижней границе или по верхней.

В допуске	Не в допуске
	

10.3.4.3. Область настройки внутренних параметров блока

Данная область предназначена для настройки внутренних параметров блоков. Внутренние параметры разделены на группы: **Threshold**, **Seam borders** и **Positioning**.

Группа **Threshold**:

↓	
Threshold	Seam borders
Threshold multiplier	<input type="text" value="100"/>
Bias	<input type="text" value="10"/>

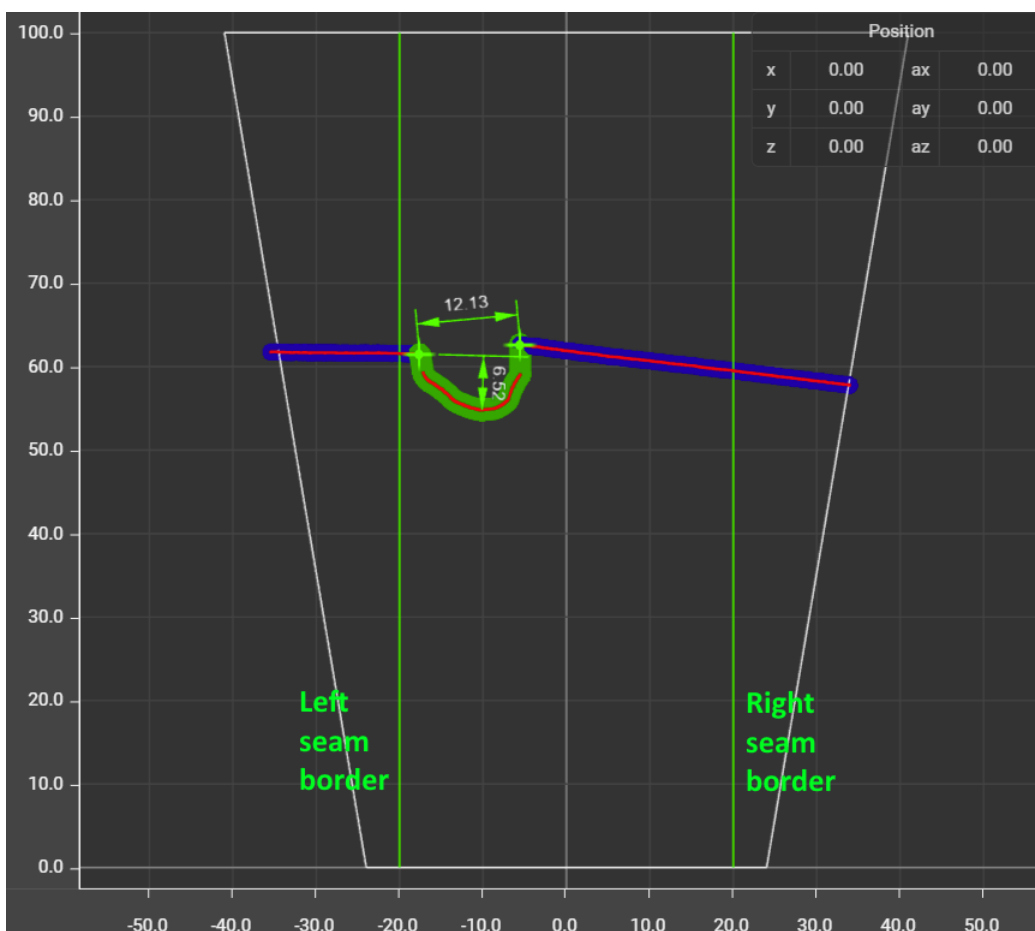
Threshold multiplier – множитель, на который умножается среднее значение линий свариваемых пластин, необходимых для определения границ шва. Более подробно данный параметр рассмотрен в разделе описания специализированного режима глубокой отладки **Debug**.

Bias – если среднее значение для линий боковых пластин меньше, чем значение **Bias**, то для умножения на **Threshold multiplier** будет использовано не среднее значение, а значение **Bias**.

Группа **Seam borders**:

↓	
Threshold	Seam borders
Left seam border	<input type="text" value="-20"/>
Right seam border	<input type="text" value="20"/>
Time	<input type="text" value="10000"/>

Значения **Left seam border** и **Right seam border** определяют положение вертикальных линий на оси X, между которыми должен находиться сварной шов в процессе работы блока.



Time – шаг по времени, через который результаты сохраняются во внутреннюю память при накоплении.

Группа **Positioning**:

↓

Threshold	Seam borders	Positioning
Position system type	Robot 3D coord ▾	
Positioner step	0.1	

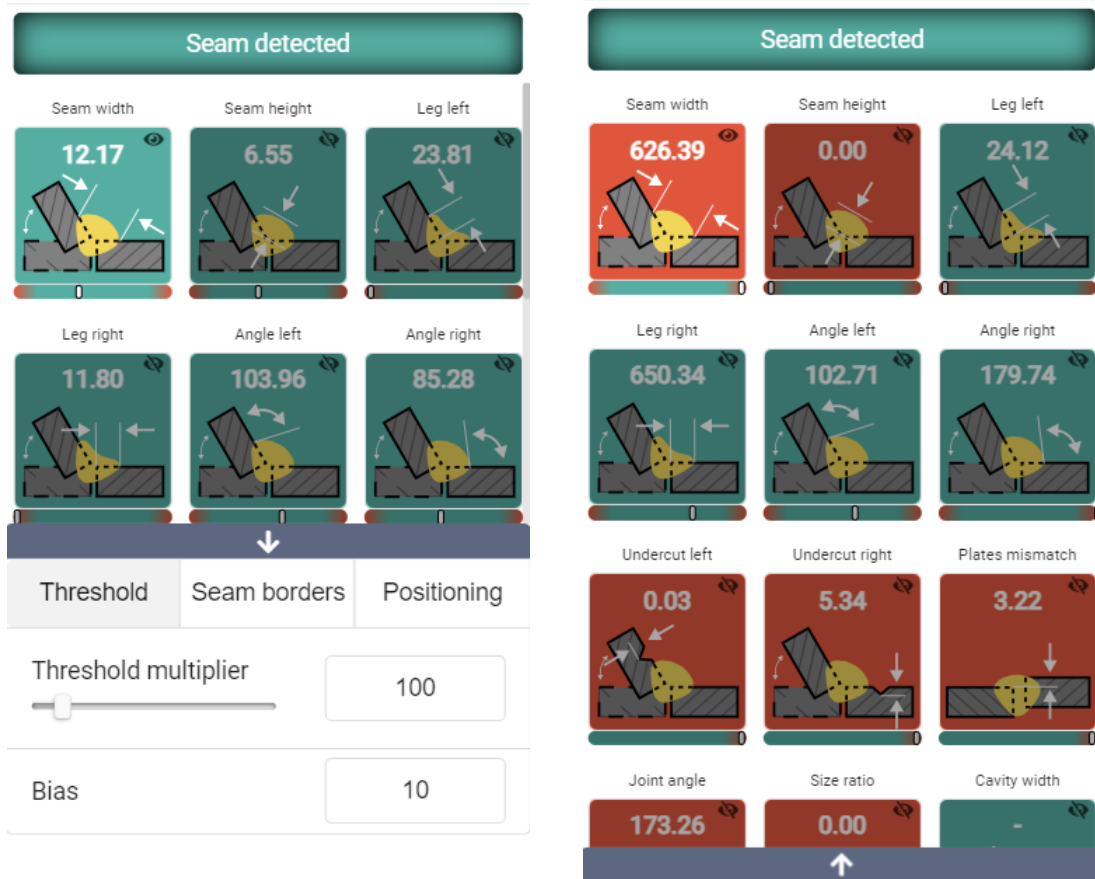
Position system type – определяет тип системы позиционирования. Возможные значения:

- **"Linear, absolute"** – линейная система позиционирования с абсолютным позиционированием. Вход **"pos"** определяет значение координаты для каждого профиля в мм.
- **"Linear, counter"** – линейная система позиционирования с позиционированием по энкодеру. Вход **"pos"** определяет значение счётчика энкодера, которое при умножении на значение внутреннего параметра **Positioner step** определяет положение в мм.
- **"Radial, absolute"** – радиальная система позиционирования с абсолютным позиционированием. Вход **"pos"** определяет значение координаты для каждого профиля в угловых координатах.
- **"Radial, counter"** – радиальная система позиционирования с позиционированием по энкодеру. Вход **"pos"** определяет значение

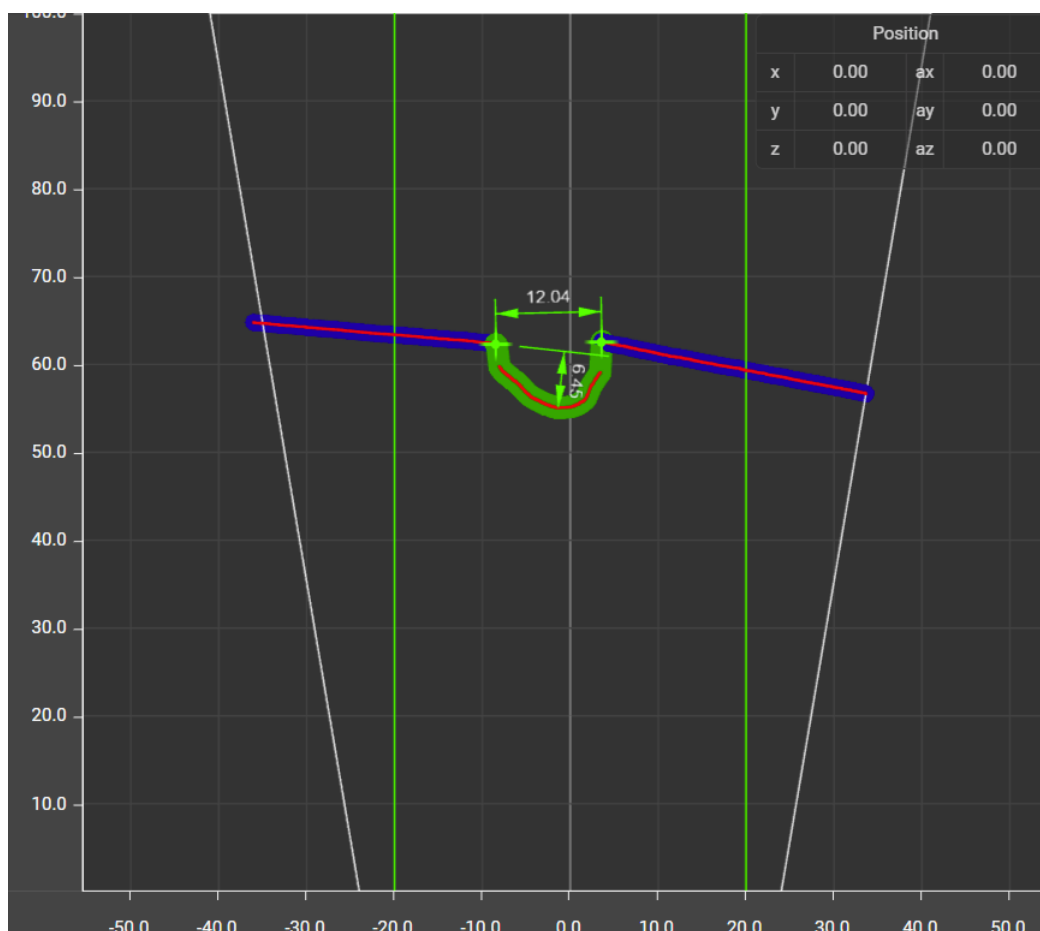
счётчика энкодера, которое при умножении на значение внутреннего параметра **Positioner step** определяет положение в угловых координатах.

- **"Robot 3D coordinates"** – система позиционирования для роботов в трёхмерном пространстве. Вход **"cst"** определяет данные от блока калибровки сканера с роботом.

Область может быть свернута для обеспечения большего количества одновременно отображаемых индикаторов результатов измерений:



10.3.4.4. Область отображения профиля шва и измерений



В данной области отображается профиль с разделением на пластины и шов. Пластины выделяются на профиле синим цветом. Точки шва выделяются зелёным цветом. На профиле отображаются геометрические интерпретации выбранных измерений.

10.3.4.5. Область положения системы позиционирования

Данная область является внутренней для области отображения профиля. Наполнение данной области зависит от выбранного режима внутреннего параметра **Position system type**.

При значениях **"Linear, absolute"** и **"Radial, absolute"** отображается только текущая позиция. Значение счётчика недоступно.

Position	0
Counter	-

При значениях **"Linear, counter"** и **"Radial, counter"** отображается значение счётчика энкодера и пересчитанное значение позиции с учётом шага **Positioner step**.

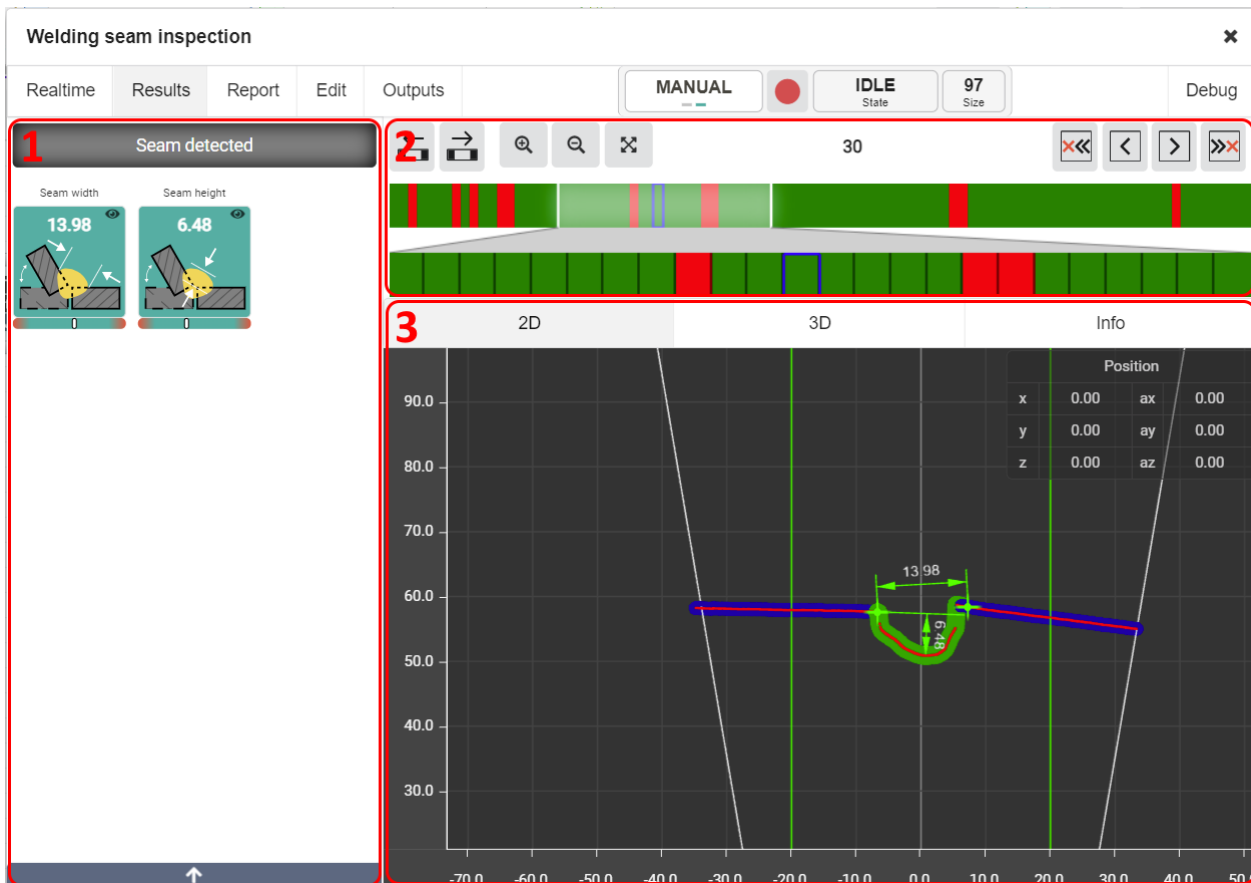
Position	0.00
Counter	0

При значении **"Robot 3D coordinates"** отображается положение робота как три координаты по осям и три угла поворота вокруг осей.

Position			
x	0.00	ax	0.00
y	0.00	ay	0.00
z	0.00	az	0.00

10.3.5. Режим Results

Данный режим предназначен для просмотра результатов накопленных измерений.

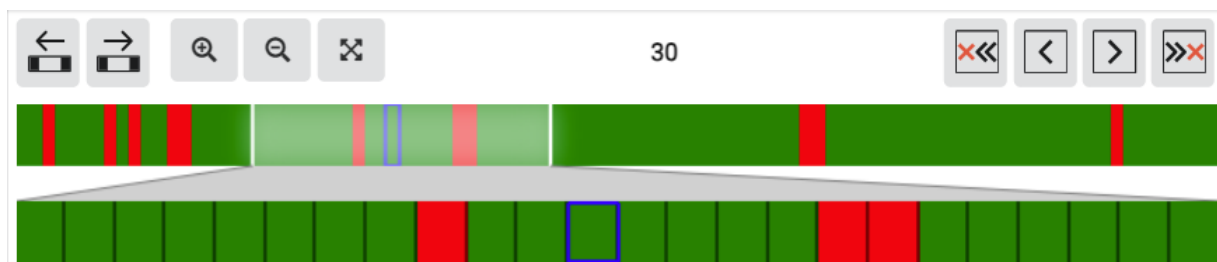


- 1 - Область индикаторов результатов измерений. Данная область аналогична описанной в разделе **Realtime**.
- 2 - Область выбора профиля из накопленных.
- 3 - Область отображения профиля, шва и измерений.

10.3.5.1. Область выбора профиля из накопленных






Данная область отображает состояние накопленных профилей. Весь записанный набор профилей представлен в виде полосы из ячеек, в которой каждый профиль является отдельной ячейкой. Если все измерения по данному профилю находятся в рамках определённых пользователем допусков, то ячейка закрашена зелёным цветом. Если же результат хотя бы одного измерения для профиля вышел из допуска, то ячейка закрашивается красным цветом. Синей рамкой выделен текущий просматриваемый профиль.

При большом количестве профилей на общей полосе ячейки слишком маленькие, чтобы их качественно различать, поэтому ниже располагается вторая полоса, позволяющая рассмотреть интересующий участок в виде окна.







В верхней части расположены элементы управления окном просматриваемого участка, индекс текущего выделенного профиля и элементы навигации по записанному массиву профилей.

Элементы управления окном просматриваемого участка:

	Сдвиг окна влево на 1 профиль
	Сдвиг окна вправо на 1 профиль
	Увеличить масштаб (уменьшение окна)
	Уменьшить масштаб (увеличение окна)
	Вернуть стандартный размер окна

Передвигать окно также можно при помощи мыши.

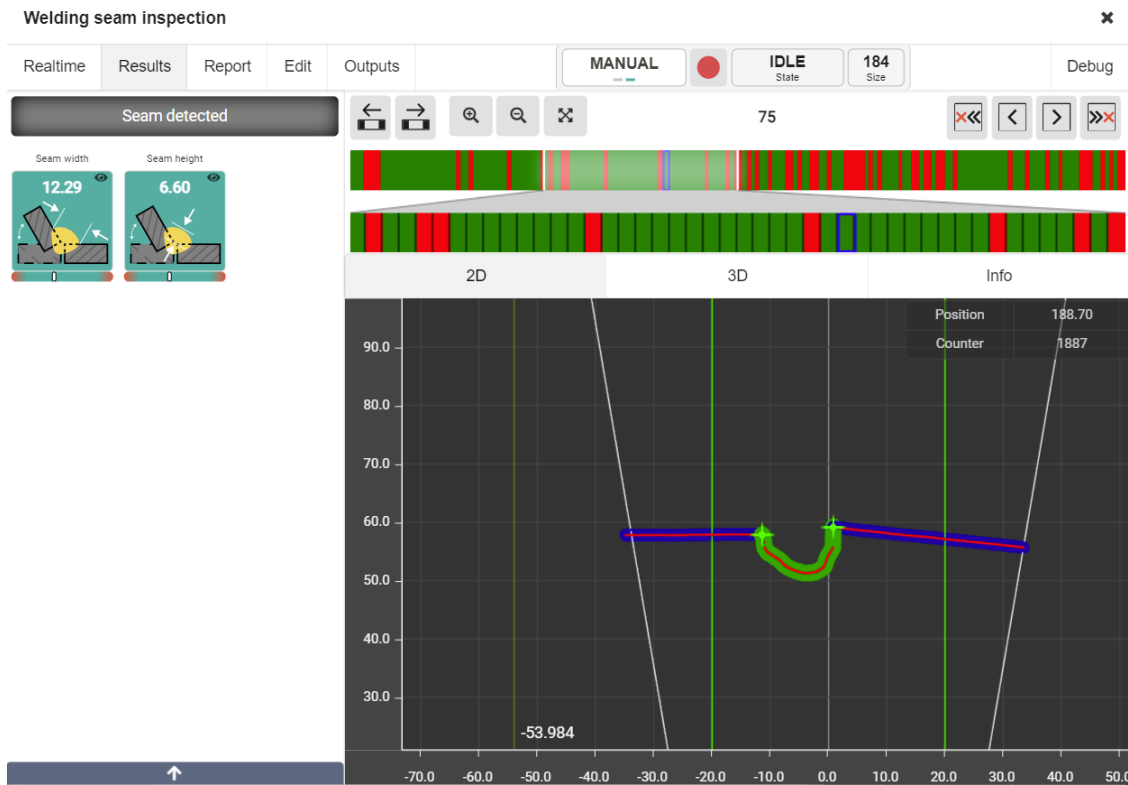
Элементы навигации по записанному массиву профилей:

	Переход влево к предыдущему профилю с дефектами в сварном шве относительно текущей позиции
	Переход вправо к следующему профилю с дефектами в сварном шве относительно текущей позиции
	Предыдущий профиль
	Следующий профиль

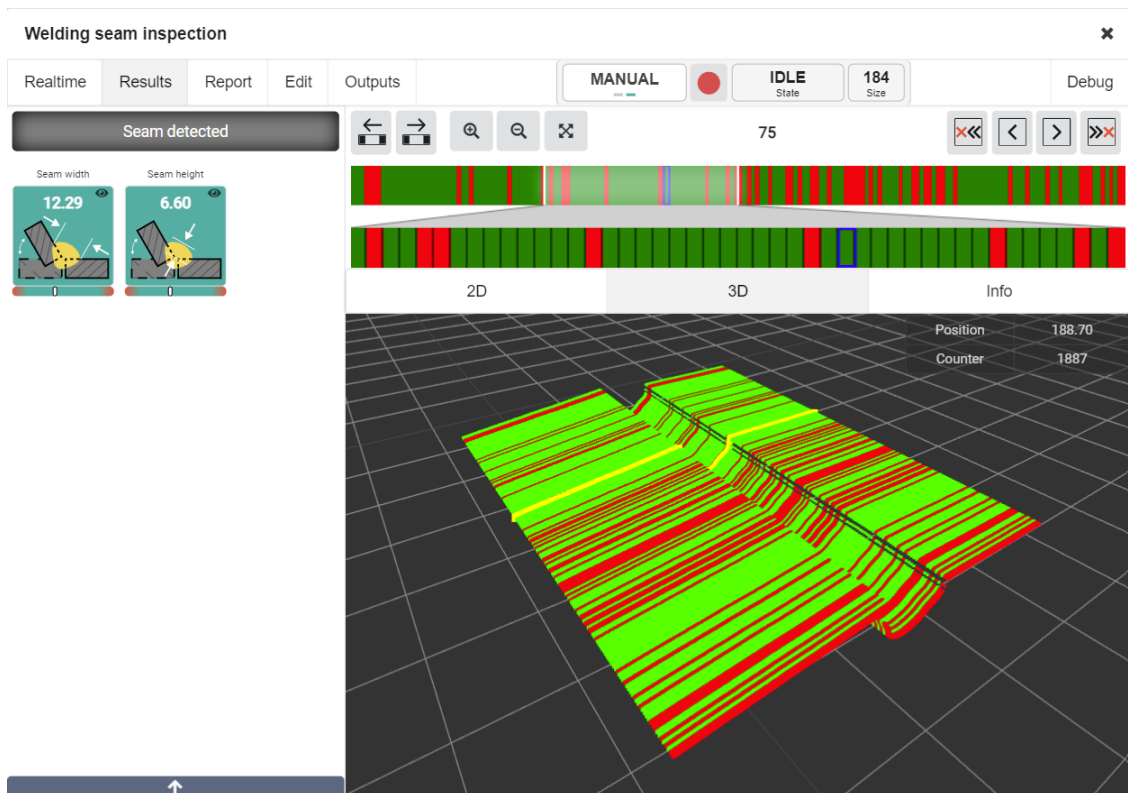
10.3.5.2. Область отображения профиля шва и измерений

Для просмотра результатов предусмотрено несколько режимов: **2D** и **3D**.

В **2D** режиме область просмотра аналогична описанной в разделе **Realtime**. Для выделенного профиля отображается позиция и значение счётчика.



В **3D** режиме просмотра все накопленные профили отображаются в виде облака точек. Каждый профиль в облаке точек подкрашен зелёным или красным цветом в соответствии с результатами соответствия измерений данного профиля требуемым допускам. Выделенный просматриваемый профиль отображается жёлтым.



При переключении между режимами **2D** и **3D** индекс выделенного профиля сохраняется.

Также на вкладке **Info** отображается информация о системе перемещения, использованной во время записи.

2D	3D	Info
----	----	------

Positioning info

Position system type	Linear, counter
----------------------	-----------------

Для режима робота также отображается калибровочная матрица.

2D	3D	Info
----	----	------

Positioning info

Position system type	Robot 3D coordinates
----------------------	----------------------

Sensor to flange matrix

0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

10.3.6. Режим Report

Данный режим позволяет сгенерировать отчёт по накопленным профилям. Окно в режиме **Report**:

Welding seam inspection ✕

Realtime Results Report Edit Outputs
MANUAL ● IDLE State 184 Size Debug

Report settings

Operator name:

Detail:

Comment:

Format:

List format:

Generate

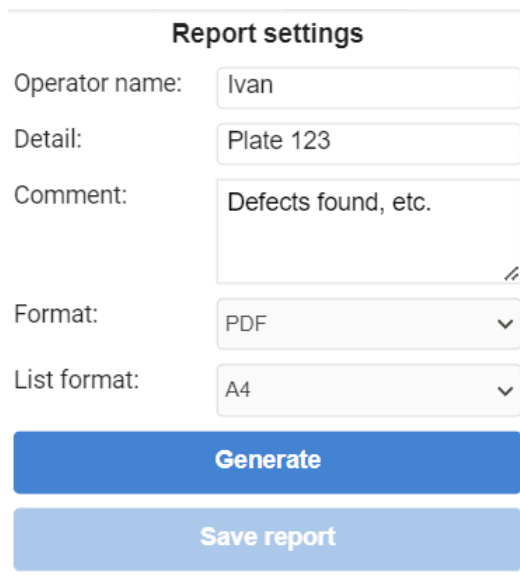
Save report

Report preview ON

Generate report for view

- 1 - Область конфигурирования отчёта и скачивания.
- 2 - Область предпросмотра.

10.3.6.1. Область конфигурирования отчёта и скачивания



Report settings

Operator name:

Detail:

Comment:

Format:

List format:

Generate

Save report

В данной области можно указать следующую информацию для отчёта:

Format – Формат генерируемого отчёта. Возможны два варианта: PDF-документ или CSV-таблица.

Operator name – Имя оператора, проводившего анализ сварного шва (только для PDF).

Detail – Название или шифр сканируемой детали (только для PDF).

Comment – Дополнительный комментарий оператора (только для PDF).

List format – Формат листов. Возможные варианты: A4, A3, A2 (только для PDF).

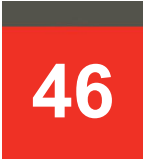
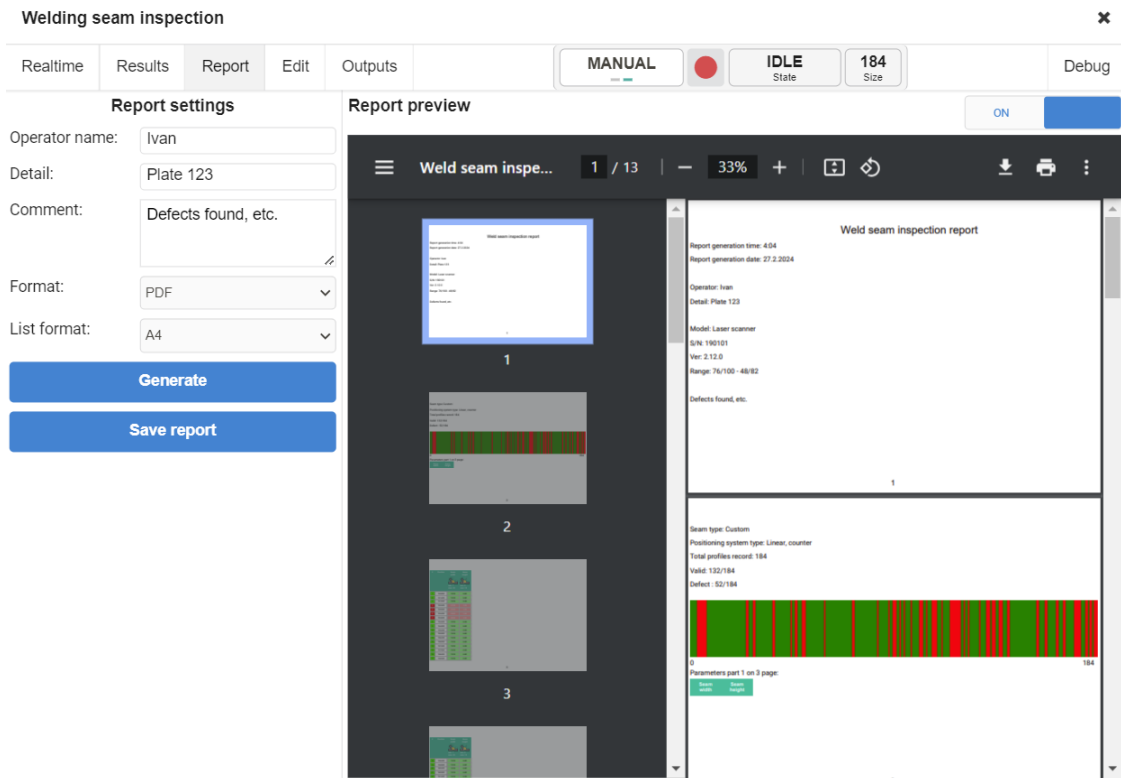
При нажатии на кнопку **Generate** происходит отображение отчёта в области предпросмотра, если включён параметр **Report preview**.

Скачать отчёт можно нажатием на кнопку **Save report**, которая доступна только после генерации отчёта.

10.3.6.2. Область предпросмотра

В данной области отображаются отчёты, которые появляются после нажатия на кнопку **Generate** при условии, если включен параметр **Report preview**. В случае больших отчётов можно отключать предпросмотр для экономии ресурсов компьютера. При просмотре используется встроенный в браузер компонент просмотра PDF-документов.

Пример предпросмотра PDF-отчёта:



На первой странице PDF-отчёта содержится информация о дате и времени генерации отчёта, дополнительная информация, введенная оператором, а также информацию о сканере (модель, серийный номер, версия ПО, диапазоны сканирования).

Weld seam inspection report

Report generation time: 4:04
Report generation date: 27.2.2024

Operator: Ivan
Detail: Plate 123

Model: Laser scanner
S/N: 190101
Ver: 2.12.0
Range: 76/100 - 48/82

Defects found, etc.

На второй странице отчета содержится информация об общем количестве записанных профилей и индикатор, аналогичный режиму **Results**. После индикатора отображается список измеряемых параметров и на каких страницах документа они расположены.

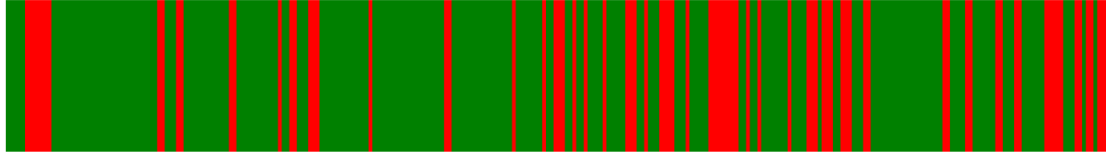
Seam type: Custom

Positioning system type: Linear, counter

Total profiles record: 184

Valid: 132/184



Defect : 52/184



Parameters part 1 on 3 page:

Seam width	Seam height
------------	-------------

Далее следуют листы с информацией о результатах измерений для каждого профиля:

#	Position	Seam width  min: 7 max: 20	Seam height  min: 4 max: 10
1	150.800	12.29	6.60
2	151.400	12.29	6.60
3	151.900	12.29	6.59
4	152.400	47.25	3.05
5	152.900	44.05	3.05
6	153.400	49.60	3.04
7	153.900	46.64	3.04
8	154.400	12.29	6.59
9	154.900	12.29	6.60
10	155.400	12.29	6.60
11	155.900	12.29	6.60
12	156.400	12.29	6.60
13	156.900	12.29	6.60
14	157.400	12.29	6.59
15	157.900	12.29	6.60
16	158.400	12.29	6.60
17	158.900	12.29	6.60

В режиме CSV при предпросмотре визуализируется таблица с названиями колонок. Пример предпросмотра отчёта в виде CSV-таблицы:

Welding seam inspection ✕

Realtime Results Report Edit Outputs MANUAL ● IDLE State 184 Size Debug

Report settings

Operator name: Ivan

Detail: Plate 123

Comment: Defects found, etc.

Format: CSV

List format: A4

Generate

Save report

Report preview ON

#	Valid	Seam width min: 7 max: 20	Seam height min: 4 max: 10
1	true	12.29	6.60
2	true	12.29	6.60
3	true	12.29	6.59
4	false	47.25	3.05
5	false	44.05	3.05
6	false	49.60	3.04
7	false	46.64	3.04
8	true	12.29	6.59
9	true	12.29	6.60
10	true	12.29	6.60
11	true	12.29	6.60
12	true	12.29	6.60
13	true	12.29	6.60
14	true	12.29	6.59
15	true	12.29	6.60



Первая строка файла CSV - наименование параметров, значения которых располагаются в соответствующих столбцах. Столбец **Valid** имеет значение false, если хотя бы одно измерение не в допуске.






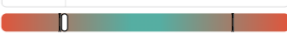
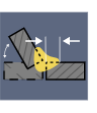
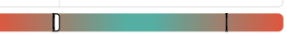


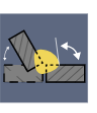
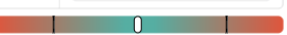


```
#,Valid,Seam width min: 7 max: 20,Seam height min: 4 max: 10
1,true,12.29,6.60
2,true,12.29,6.60
3,true,12.29,6.59
4,false,47.25,3.05
5,false,44.05,3.05
6,false,49.60,3.04
7,false,46.64,3.04
8,true,12.29,6.59
```

10.3.7. Режим Edit

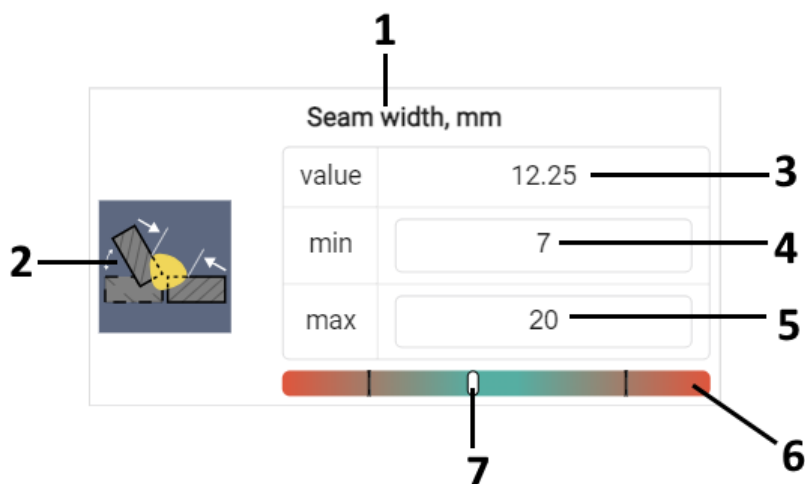
Режим **Edit** предназначен для настройки значений допусков для измерений параметров шва.

Welding seam inspection ×

Realtime Results Report **Edit** Outputs MANUAL IDLE State 184 Size Debug

 <p>Seam width, mm</p> <p>value 12.25</p> <p>min 7</p> <p>max 20</p> 	 <p>Seam height, mm</p> <p>value 6.51</p> <p>min 4</p> <p>max 10</p> 
 <p>Leg left, mm</p> <p>value 24.87</p> <p>min 0.1</p> <p>max 1000</p> 	 <p>Leg right, mm</p> <p>value 12.79</p> <p>min 0.1</p> <p>max 1000</p> 
 <p>Angle left, deg</p> <p>value 100.93</p> <p>min 0</p> <p>max 180</p> 	 <p>Angle right, deg</p> <p>value 87.26</p> <p>min 0</p> <p>max 180</p> 
 <p>Undercut left, mm</p> <p>value 0.03</p>	 <p>Undercut right, mm</p> <p>value 0.04</p>

Пример записи:



- 1 - Название измеряемого параметра.
- 2 - Иконка с пояснениями к измерению.
- 3 - Текущее значение измерения.
- 4 - Нижняя граница допуска.
- 5 - Верхняя граница допуска.
- 6 - Индикатор попадания в допуск.
- 7 - Текущее положение значения измерения в допуске.

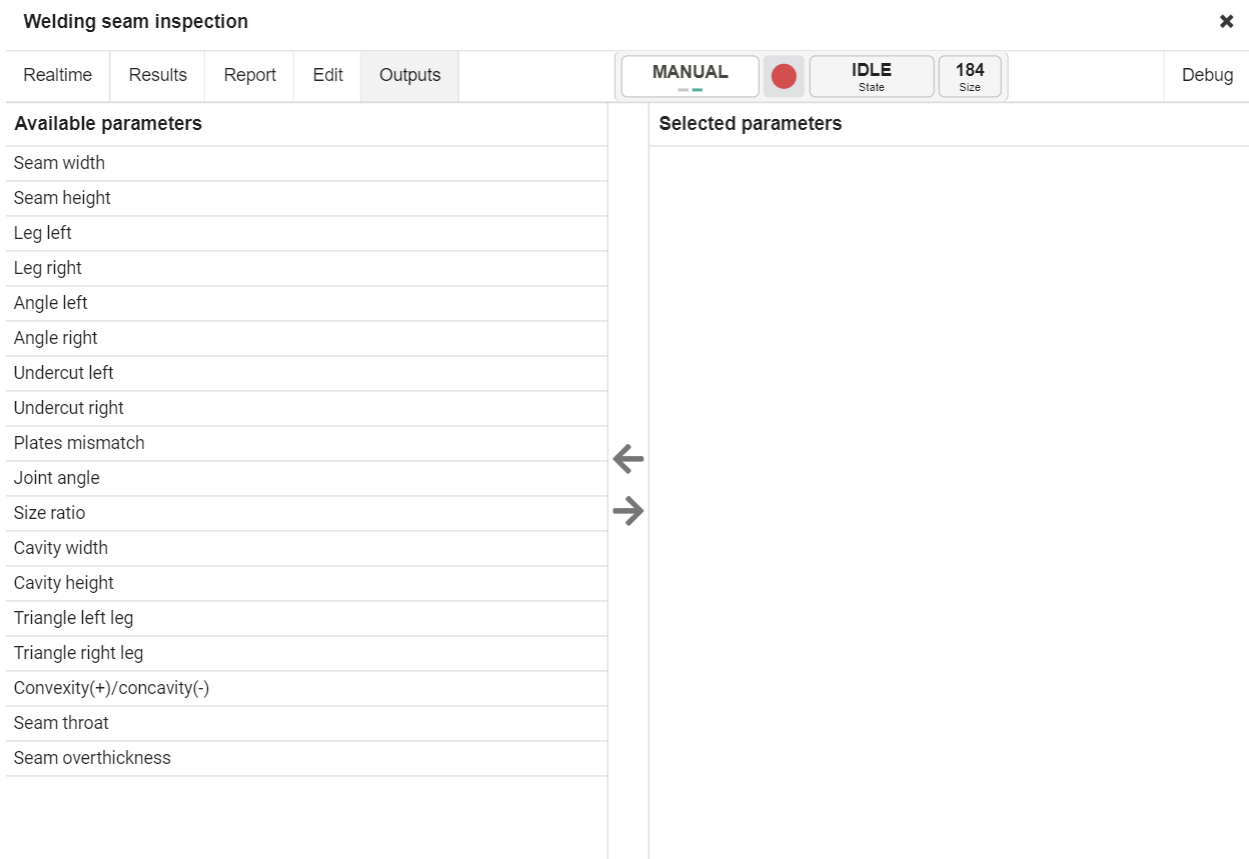
Таблица содержит иконки для шва произвольного типа, так как этот тип шва содержит самый широкий набор измерений, включающий все измерения для стыкового шва и все измерения для углового шва. Редактирование возможно только тогда, когда шов детектирован, и если данное измерение возможно для указанного типа шва (выбор типа шва производится в режиме **Realtime**). В случае если шов не детектирован или не возможен - редактирование недоступно:



Таблица возможных измерений для каждого типа шва приведена в разделе **Список измерений**.

10.3.8. Режим Outputs

Данный режим позволяет создать динамические выходы, определяющие какие результаты можно получить на выходах блока.



В списке приводятся измерения для шва произвольного типа, так как этот тип шва содержит самый широкий набор измерений.

Например, если создан выход для измерения **Leg left**, который не возможен для стыкового типа шва, то при переключении на стыковой шов выход будет не валиден, но продолжит существовать.

Добавление выходов осуществляется перетаскиванием мышкой из области **Available parameters** в область **Selected parameters**.

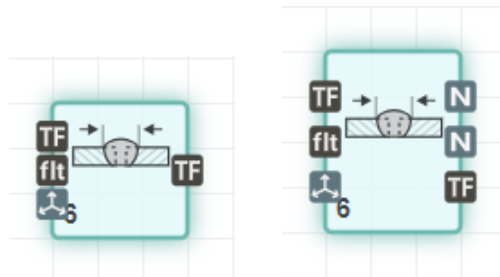
Удаление параметров осуществляется обратным перетаскиванием из области **Selected parameters** в область **Available parameters**.

Пример добавления нескольких выходов:

Welding seam inspection ✕

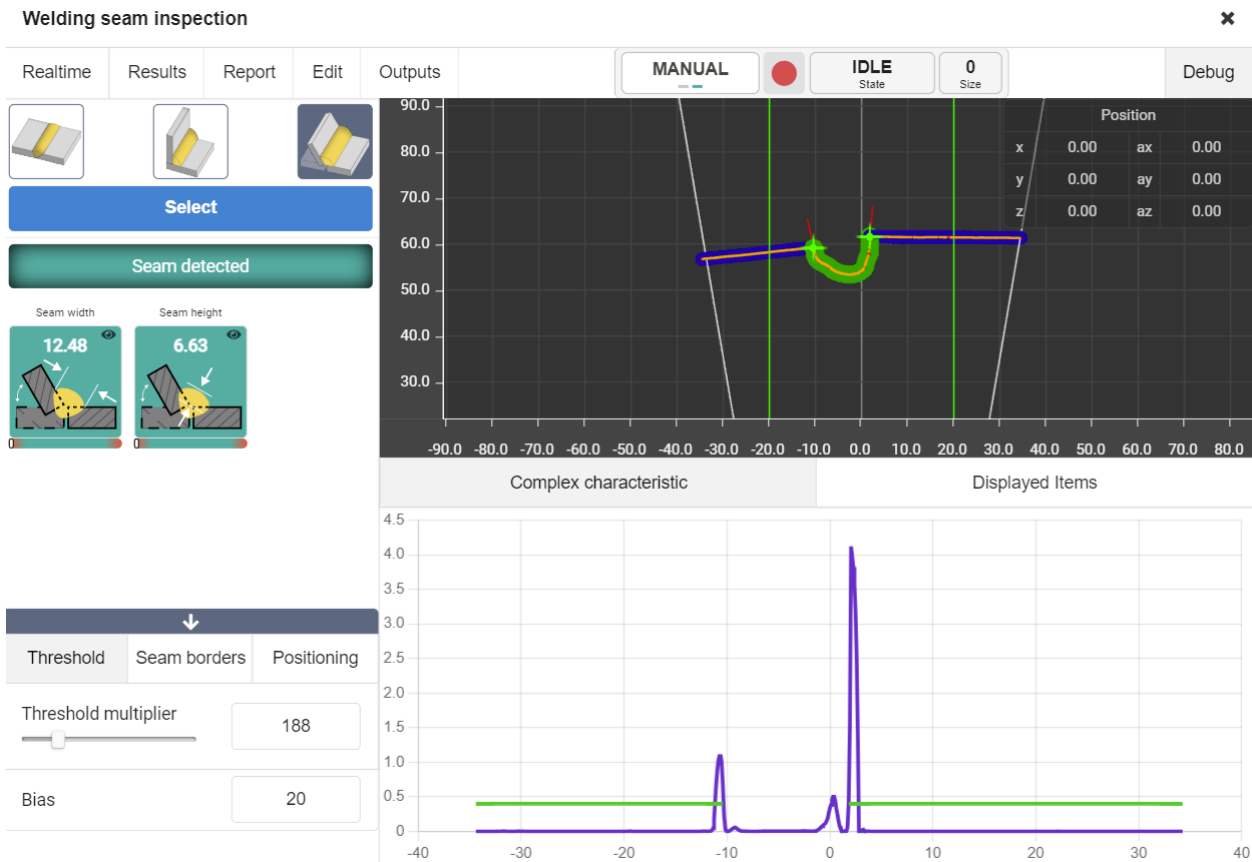
Realtime	Results	Report	Edit	Outputs	MANUAL	IDLE <small>State</small>	184 <small>Size</small>	Debug
Available parameters					Selected parameters			
Leg left					Seam width			
Leg right					Seam height			
Angle left								
Angle right								
Undercut left								
Undercut right								
Plates mismatch								
Joint angle								
Size ratio								
Cavity width					←			
Cavity height					→			
Triangle left leg								
Triangle right leg								
Convexity(+)/concavity(-)								
Seam throat								
Seam overthickness								

После закрытия окна на блоке появятся дополнительные выходы.



10.3.9. Режим глубокой отладки Debug

В данном режиме имеется возможность рассмотреть комплексную характеристику, по которой производится детектирование сварного шва.

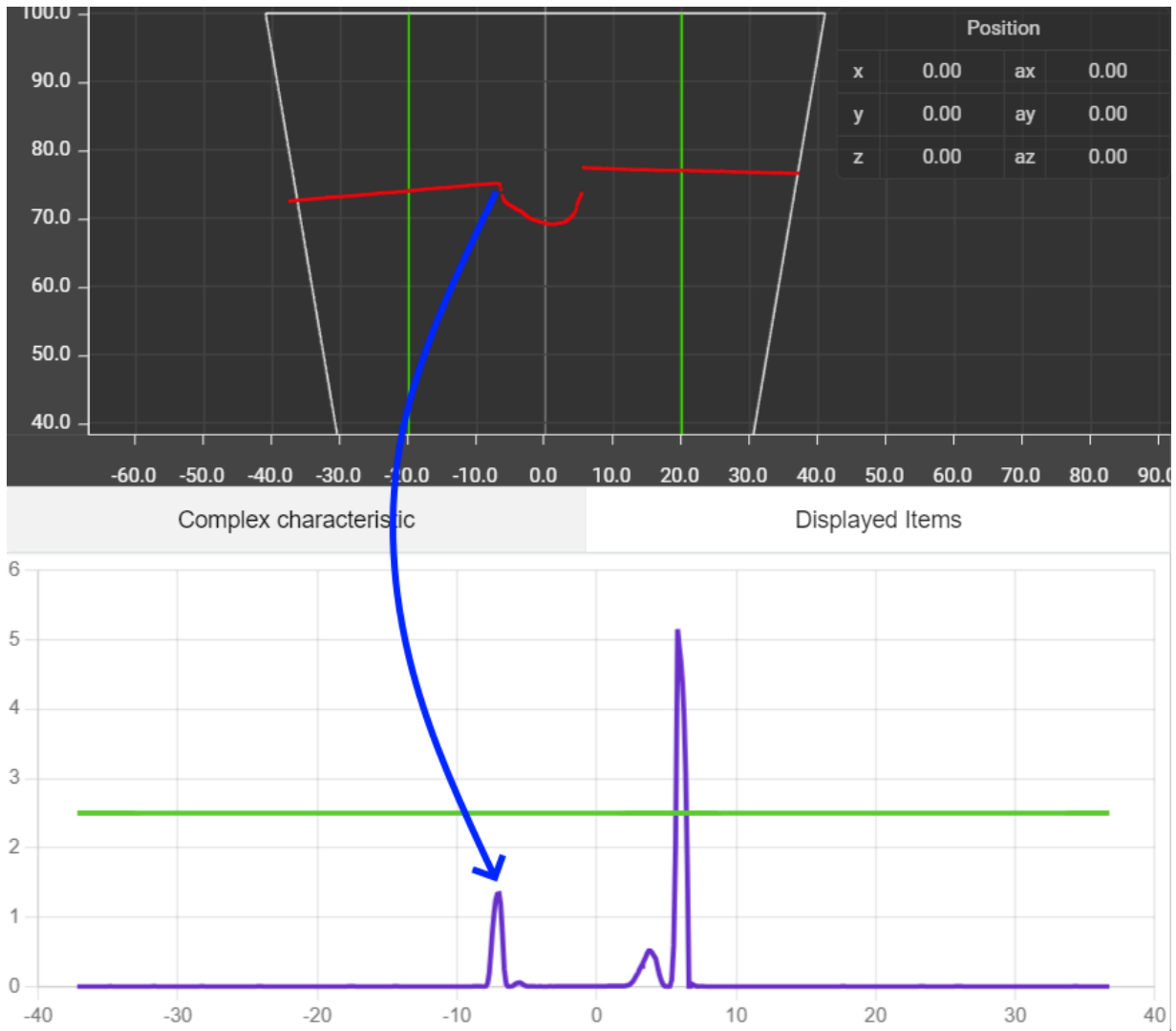


Режим глубокой отладки схож с режимом **Realtime**, за исключением дополнительной области с комплексной характеристикой.

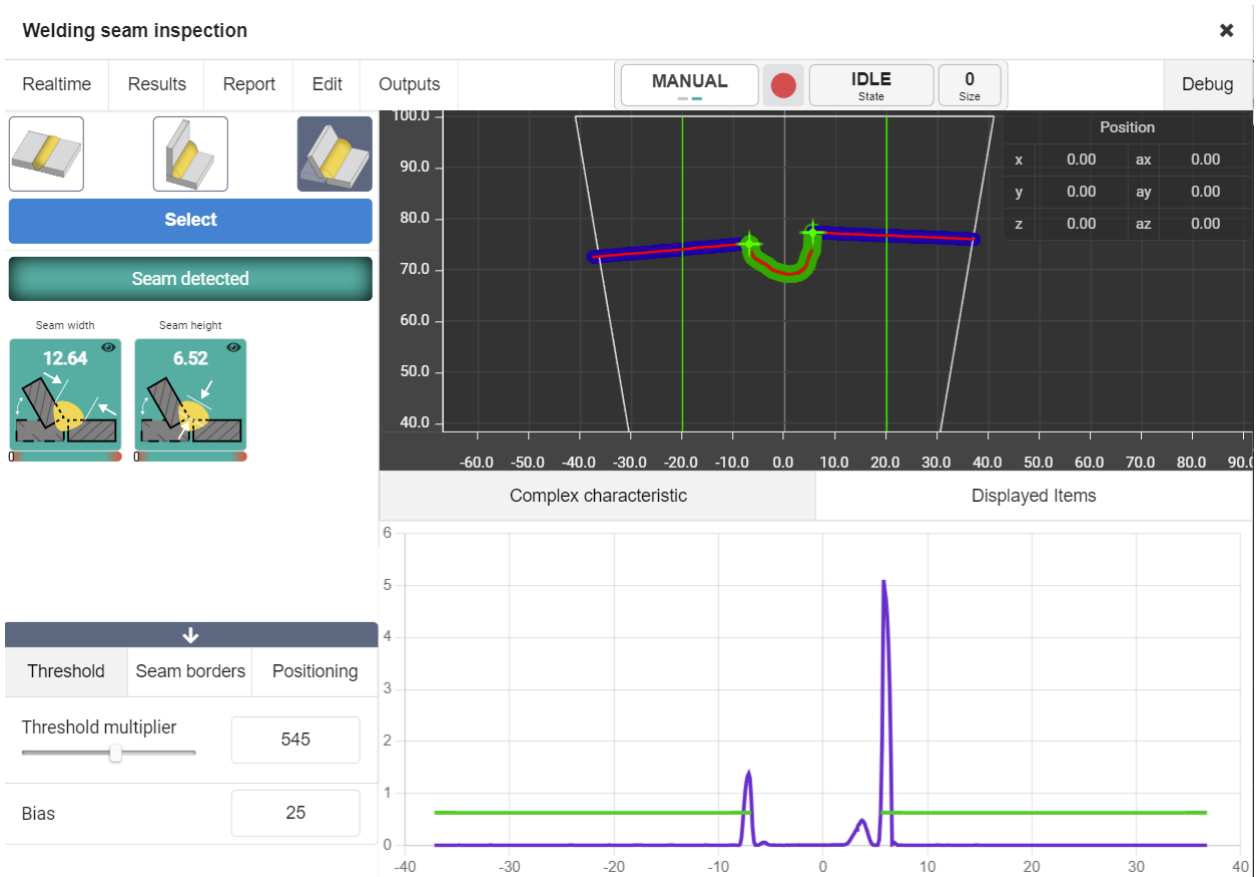
Характеристика построена по профилю таким образом, чтобы выделить границы шва.

Каждый пик на характеристике соответствует некоторому характерному изгибу профиля. Чем больше крутизна изгиба, тем выше пик. Конкретные пики выделяются при помощи отдельных порогов.

В случае, если пороги выше чем пик, шов будет детектирован не верно. На картинке ниже левый пик пропущен:

**53**

При помощи настройки параметров **Threshold multiplier** и **Bias** необходимо установить пороги такой величины, чтобы они не превышали амплитуду требуемых пиков, относящихся к краям шва, но при этом были выше уровня шумов.



Пики между детектированными границами не учитываются. На рисунке выше пик, расположенный между двумя основными пиками, определяющими границы шва, будет пропущен, так как поиск границ идёт слева до первого пика выше левого порога, и аналогично справа до первого пика выше правого порога.

Пороги вычисляются как среднее значение линии, умноженное на коэффициент **Threshold multiplier**.

Если среднее значение для линий свариваемых пластин меньше, чем значение **Bias**, то для умножения на **Threshold multiplier** будет использовано не среднее значение, а значение **Bias**.

На вкладке **Displayed Items** осуществляется выбор отображаемых элементов для отладки:

Complex characteristic	Displayed Items
Welding split	Median points
Seam side points	Center mass point
Seam borders	Projection point
Max length contour	Seam intersection segments
Measurements	

Welding split – сегментация профиля на области пластин и область шва.

Seam side points – крайние точки шва (границы шва и пластин).

Seam borders – вертикальные линии границ по оси X, внутри которых должен находиться сварной шов при детектировании.

Max length contour – самый длинный контур, так как детектирование шва выполняется только по самому длинному контуру.

Measurements – отображение результатов текущих выбранных измерений с выносками.

Median points – точки профиля после медианной фильтрации.

Center mass point – центр масс детектированного шва.

Projection point – точка проекции центра масс на линию между границами пластин.

Seam intersection segments – боковые линии шва, по которым определяется пересечение с пластинами.

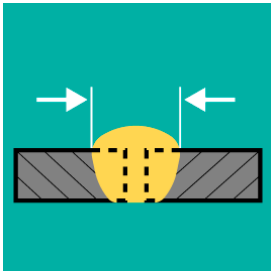
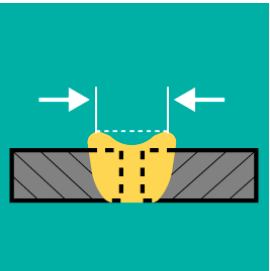
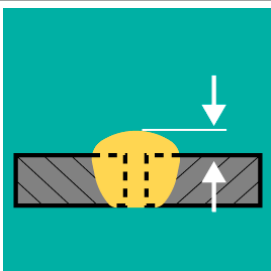
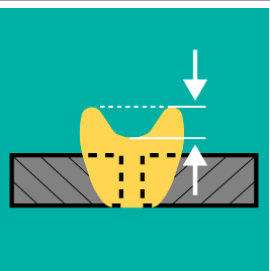
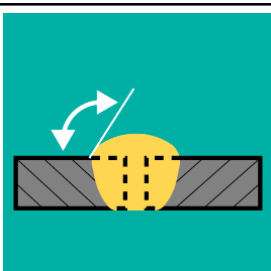
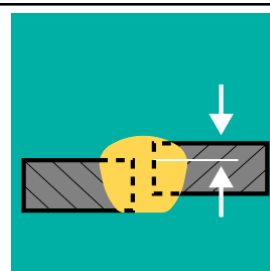
10.3.10. Список измерений

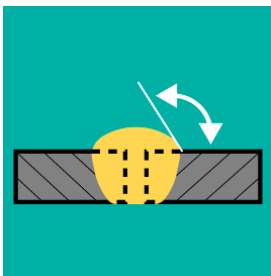
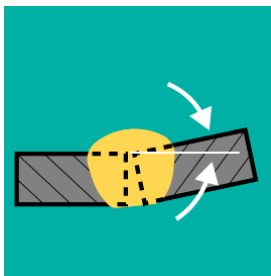
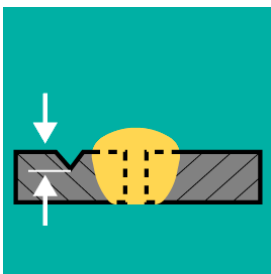
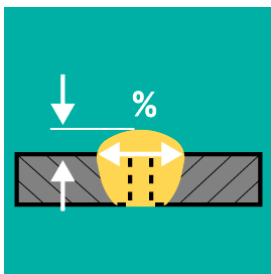
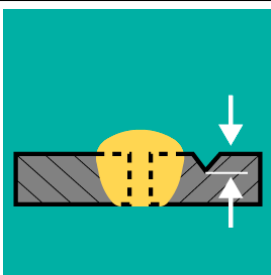
10.3.10.1. Стыковой шов

55



Список измерений:

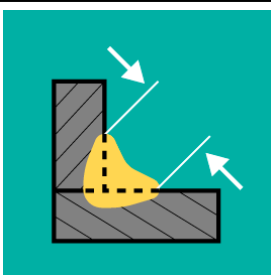
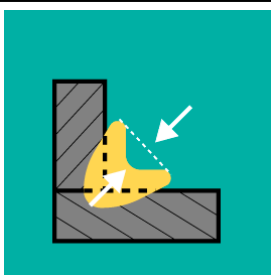
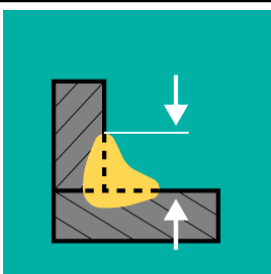
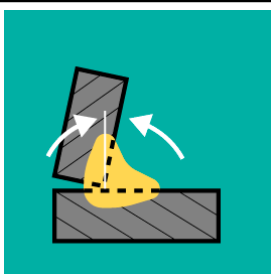
	Seam width		Cavity width
	Seam height		Cavity height
	Angle left		Plates mismatch

	Angle right		Joint angle
	Undercut left		Size ratio
	Undercut right		

10.3.10.2. Угловой шов



Список измерений:

	Seam width		Cavity height
	Leg left		Joint angle

	Leg right		Triangle left leg
	Undercut left		Triangle right leg
	Undercut right		Convexity (+) / concavity (-)
	Cavity width		Seam throat

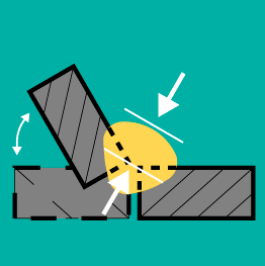
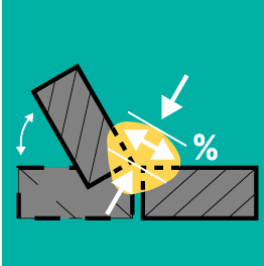
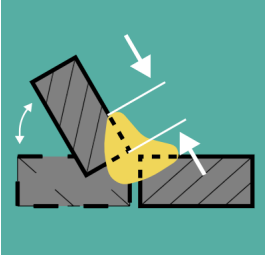
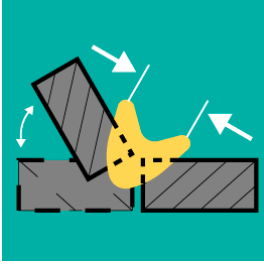
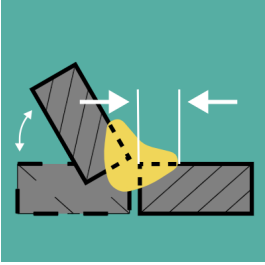
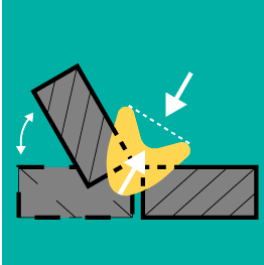
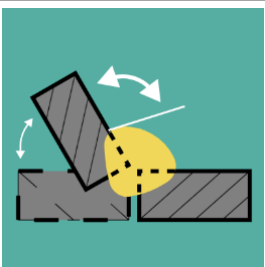
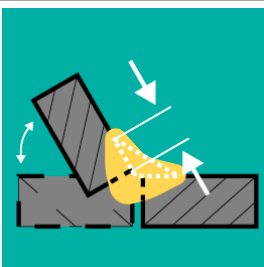
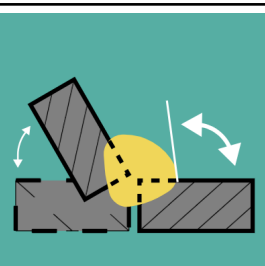
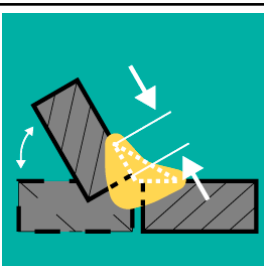
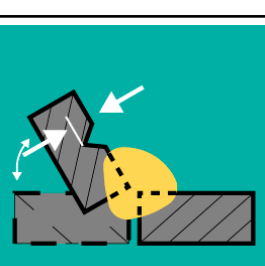
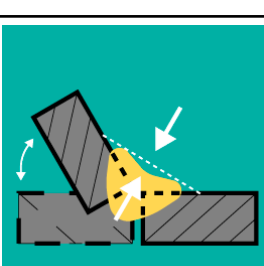
57

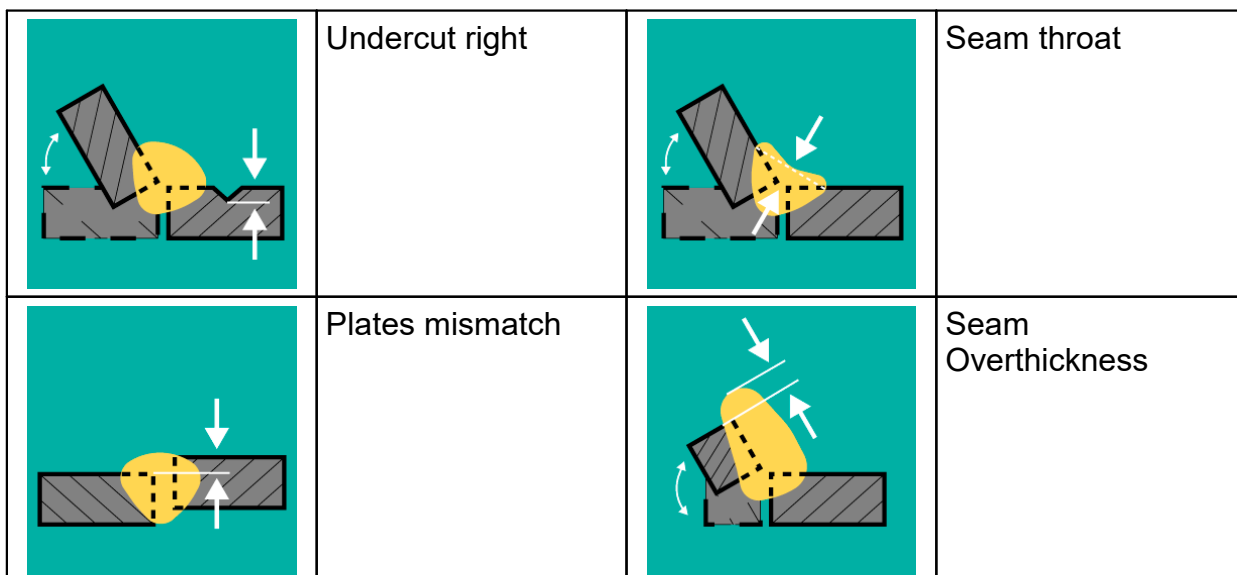
10.3.10.3. Произвольный шов



Список измерений:

	Seam width		Joint angle
--	------------	--	-------------

	<p>Seam height</p>		<p>Size ratio</p>
	<p>Leg left</p>		<p>Cavity width</p>
	<p>Leg right</p>		<p>Cavity height</p>
	<p>Angle left</p>		<p>Triangle left leg</p>
	<p>Angle right</p>		<p>Triangle right leg</p>
	<p>Undercut left</p>		<p>Convexity (+) / concavity (-)</p>




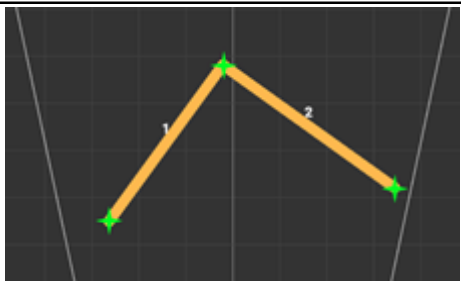
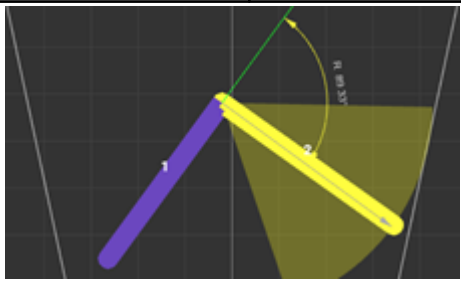
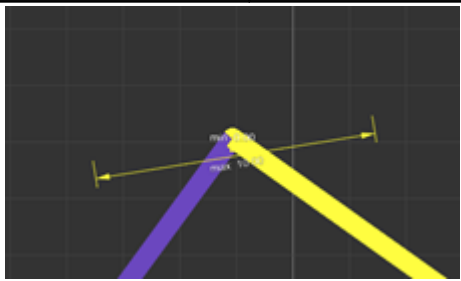
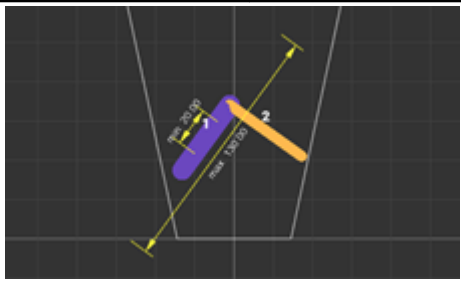
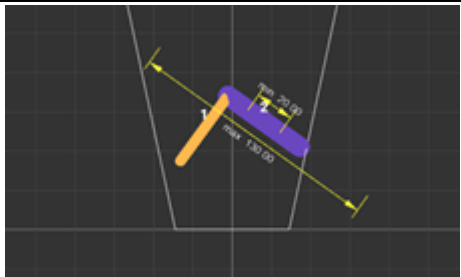
10.3.10.4. Сводная таблица типов швов и измерений



Измерение	Стыковой	Угловой	Произвольный
Seam width	+	+	+
Seam height	+		+
Leg left		+	+
Leg right		+	+
Angle left	+		+
Angle right	+		+
Undercut left	+	+	+
Undercut right	+	+	+
Plates mismatch	+		+
Joint angle	+	+	+
Size ratio	+		+
Cavity width	+	+	+
Cavity height	+	+	+
Triangle left leg		+	+
Triangle right leg		+	+
Convexity (+)/ concavity (-)		+	+
Seam throat		+	+
Seam Overthickness			+


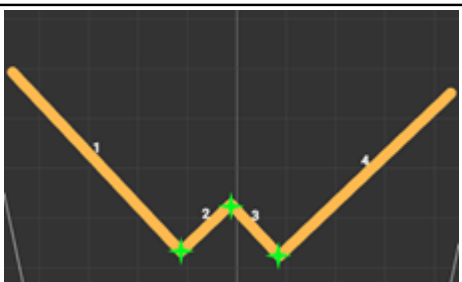


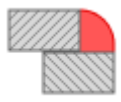
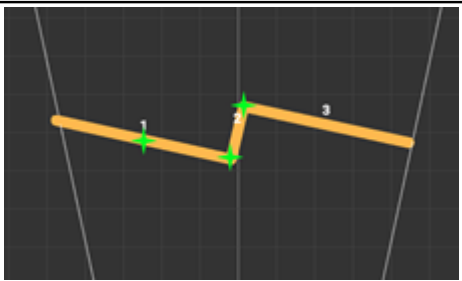
11. Файл базовых сварочных разделок

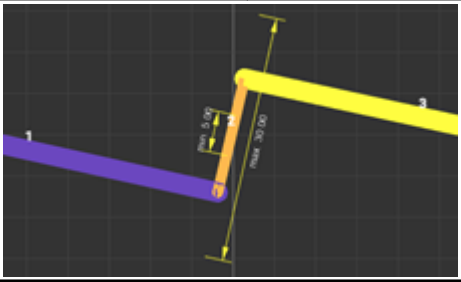
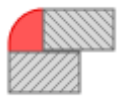
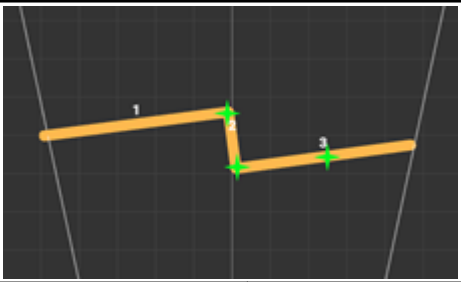

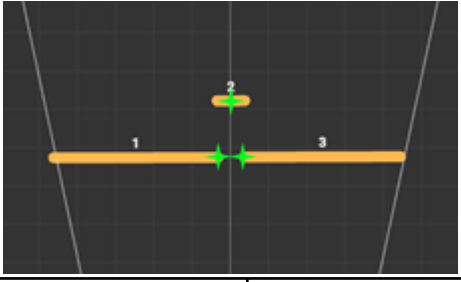
Файл содержит заранее подготовленные РИФТЭК шаблоны для детектирования стандартных сварочных разделок. Файл может быть дополнен в процессе развития сварочного комплекта как РИФТЭК так и пользователем. Для самостоятельного добавления шаблонов необходимо воспользоваться редактором шаблонов, который описан в РЭ на РФ627Smart. Файл является переносимым между комплектами, что позволяет тиражировать его и делать резервные копии.


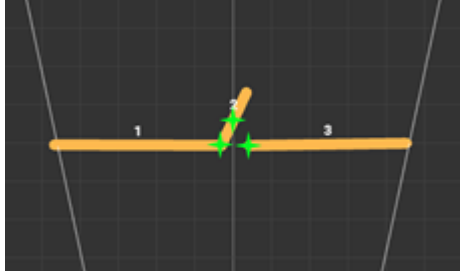



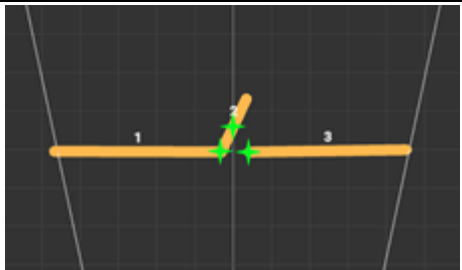
Предлагаемый набор базовых разделок содержит:


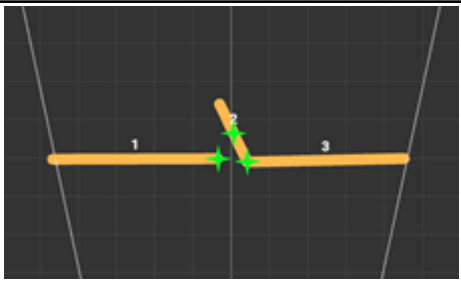

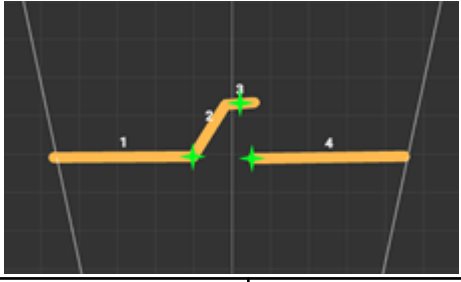

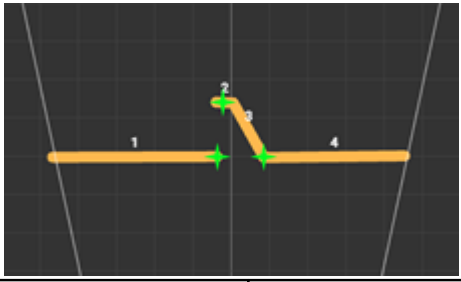
		Тавровое соединение (Tee joint)		
	Форма профиля и выдаваемые точки			
	Ограничения	Угол между отрезками, град	-90° ±35°	1-2
				
		Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...10	1-2
				
	Длина отрезка, мм	20...130	1	
				
	Длина отрезка, мм	20...130	2	
				


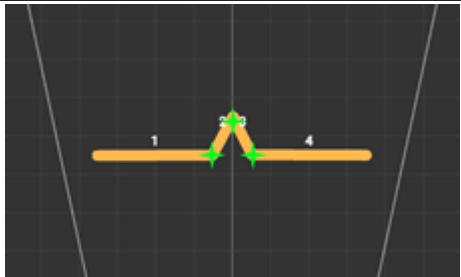

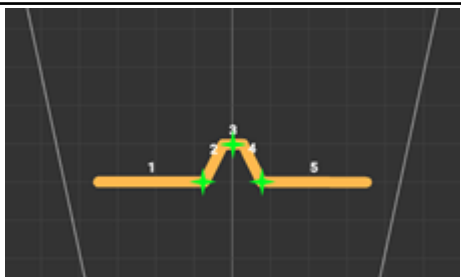
		Стыковое соединение (Groove joint)		
	Форма профиля и выдаваемые точки			
	Ограничения	Угол между отрезками, град	$-60^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-2
		Угол между отрезками, град	$-60^{\circ} \pm 10^{\circ}$	3-4
		Угол между отрезками, град	$-0^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-4
		Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	3...30	1-4

			
Угловое соединение (Corner joint)			
Форма профиля и выдаваемые точки			
Ограничения	Угол между отрезками, град	$-90^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-4
	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...0	1-2
	Угол между отрезками, град	$-90^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-2
	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...5	2-3
	Угол между отрезками, град	$-90^{\circ} \pm 10^{\circ}$	2-3
	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...0	3-4
	Угол между отрезками, град	$-90^{\circ} \pm 10^{\circ}$	2-3
	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	5...50	1-4
			
Торцевое соединение (Edge joint)			
Форма профиля и выдаваемые точки			
Ограничения	Длина отрезка, мм	5...30	1
			
Нахлесточное справа (Right lap joint)			
Форма профиля и выдаваемые точки			
Ограничения	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...0	1-2
	Угол между отрезками, град	$-90^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-2
	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...0	2-3

		Угол между отрезками, град	$-90^{\circ} \pm 10^{\circ}$	2-3
		Перпендикулярное расстояние между отрезками, мм	5...30	1-3
				
 Нахлесточное слева (Left lap joint)				
	Форма профиля и выдаваемые точки			
Ограничения	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...0	1-2	
	Угол между отрезками, град	$-90^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-2	
	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...0	2-3	
	Угол между отрезками, град	$-90^{\circ} \pm 10^{\circ}$	2-3	
	Перпендикулярное расстояние между отрезками, мм	5...30	1-3	
 Стыковое без скоса кромки (Square groove joint)				
	Форма профиля и выдаваемые точки			
Ограничения	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	3...30	1-3	
	Угол между отрезками, град	$0^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-2	
	Перпендикулярное расстояние между отрезками, мм	0...10	1-3	
	Перпендикулярное расстояние между отрезками, мм	0...30	2-2	

 Стыковое со скосом кромки слева (Left bevel groove joint)				
Форма профиля и выдаваемые точки				
Ограничения	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...0	1-2	
	Угол между отрезками, град	$45^\circ \pm 10^\circ$	1-2	
	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	3...30	1-3	
	Угол между отрезками, град	$0^\circ \pm 10^\circ$	1-3	
 Стыковое со скосом кромки справа (Right bevel groove joint)				
Форма профиля и выдаваемые точки				
Ограничения	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...0	2-3	
	Угол между отрезками, град	$45^\circ \pm 10^\circ$	1-2	
	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	3...30	1-3	
	Угол между отрезками, град	$0^\circ \pm 10^\circ$	1-3	
 Стыковое со скосом кромки слева и широким корнем (Left bevel groove joint with broad root)				
Форма профиля и выдаваемые точки				
Ограничения	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...0	1-2	
	Угол между отрезками, град	$45^\circ \pm 10^\circ$	1-2	
	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	3...30	1-3	
	Угол между отрезками, град	$0^\circ \pm 10^\circ$	1-3	

	Стыковое со скосом кромки справа и широким корнем (Right bevel groove joint with broad root)			
	Форма профиля и выдаваемые точки			
				
	Ограничения	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...0	2-3
		Угол между отрезками, град	$45^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-2
	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	3...30	1-3	
	Угол между отрезками, град	$0^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-3	
	Стыковое с крутым скосом кромки слева (Left steep flanked bevel groove joint)			
	Форма профиля и выдаваемые точки			
				
	Ограничения	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	3...30	1-4
		Угол между отрезками, град	$0^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-4
		Перпендикулярное расстояние между отрезками, мм	3...30	1-2
		Угол между отрезками, град	$0^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-2
	Стыковое с крутым скосом кромки справа (Right steep flanked bevel groove joint)			
	Форма профиля и выдаваемые точки			
				
	Ограничения	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	3...30	1-4
		Угол между отрезками, град	$0^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-4

		Перпендикулярное расстояние между отрезками, мм	3...30	3-4
		Угол между отрезками, град	$0^{\circ} \pm 10^{\circ}$	3-4
		Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...0	1-2
		Угол между отрезками, град	$60^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-2
Стыковое с V-образным скосом кромок (V groove with broad root joint)				
	Форма профиля и выдаваемые точки			
Ограничения	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...0	1-2	
	Угол между отрезками, град	$60^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-2	
	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...0	3-4	
	Угол между отрезками, град	$60^{\circ} \pm 10^{\circ}$	3-4	
	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	3...30	1-4	
	Угол между отрезками, град	$0^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-4	
Стыковое с V-образным крутым скосом кромок (Steep flanked V groove joint)				
	Форма профиля и выдаваемые точки			
Ограничения	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...0	1-2	
	Угол между отрезками, град	$60^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-2	
	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	0...0	4-5	
	Угол между отрезками, град	$60^{\circ} \pm 10^{\circ}$	4-5	
	Расстояние между концом одного отрезка и началом другого, мм	3...30	1-5	
	Угол между отрезками, град	$0^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-5	
	Угол между отрезками, град	$0^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-3	
	Перпендикулярное расстояние между отрезками, мм	3...30	1-3	

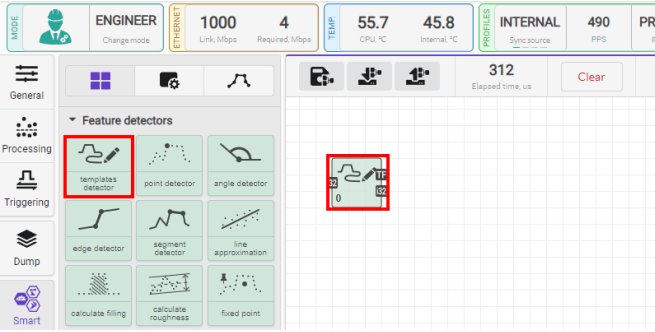
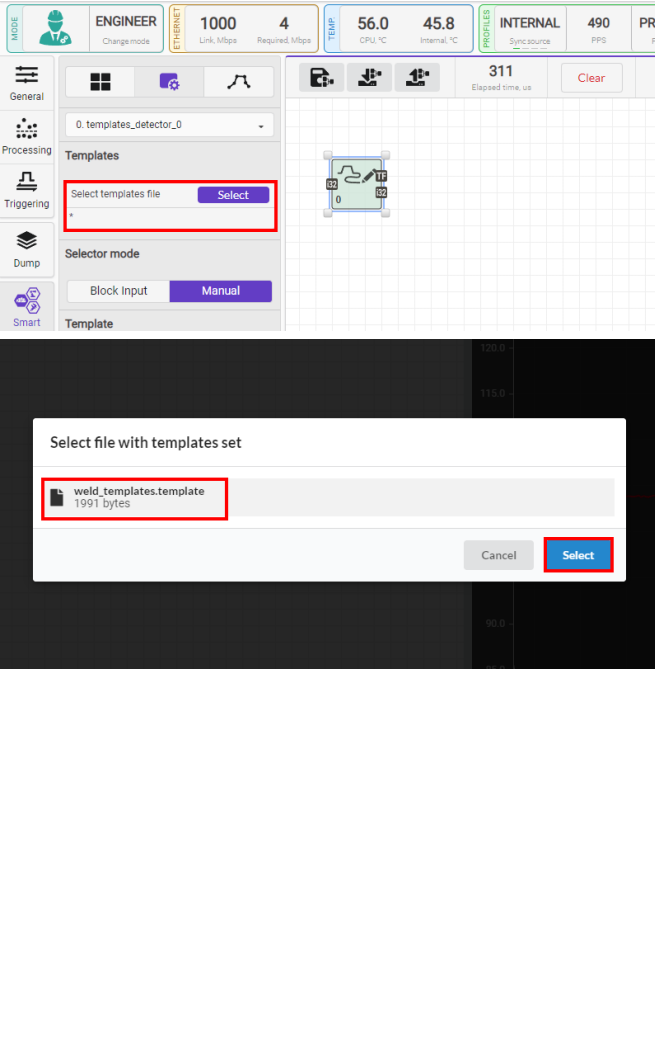
12. Примеры конфигурирования сварочного комплекта для роботов различных производителей

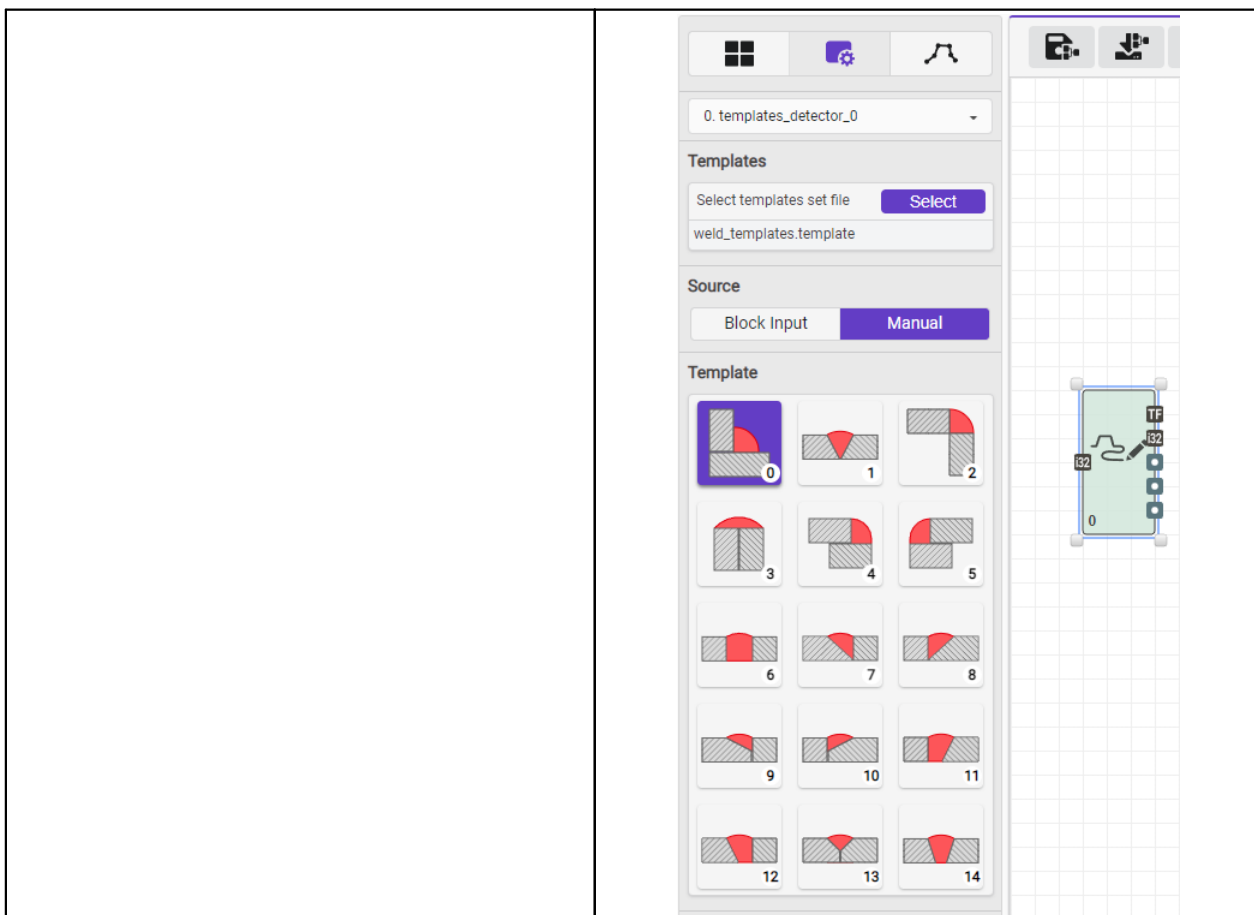
12.1. Сварочные роботы Kuka с опцией RSI

Обмен данными и управление роботами производится с использованием опции **RSI** (Robot-Sensor Interface) с помощью смарт-блока **KUKA RSI**, расположенного в разделе **Robots IO**.

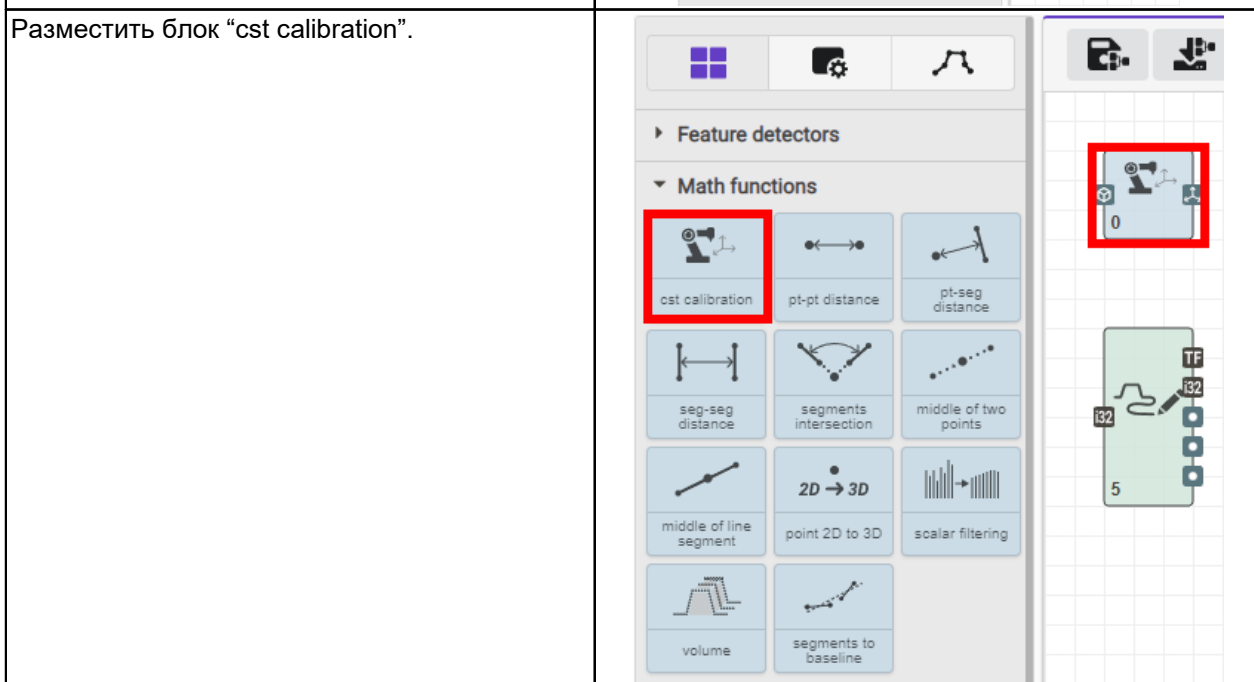
В соответствии со спецификацией RSI для быстрого информационного сопряжения сканеров и роботов подготовлены файлы “riftek_sensor.src”, “riftek_sensor.dat”, “RSI_RIFTEK.xml” и “RSIContext.rsix”.

12.1.1. Подготовка графа вычислений

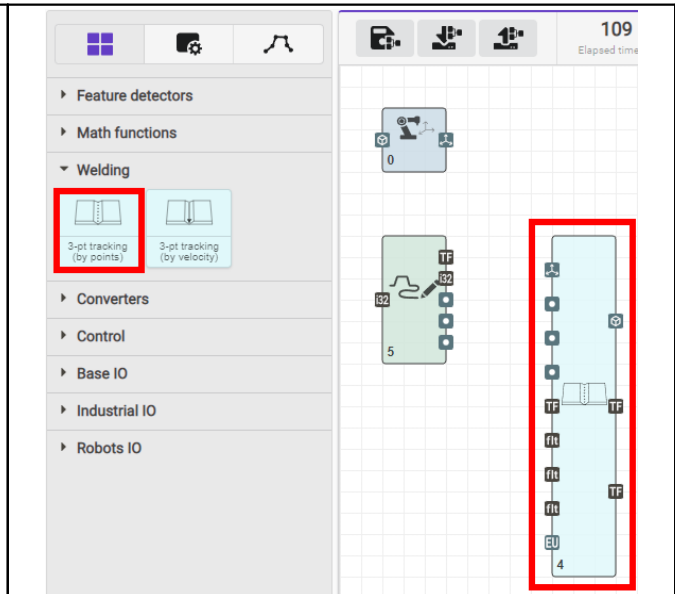
<p>Разместить блок “templates detector” в области графа вычислений.</p>	
<p>Выбрать файл шаблонов сварочных разделок (показаны стандартные разделки, присутствующие в файле, поставляемом в составе сварочного комплекта).</p>	



Разместить блок "cst calibration".

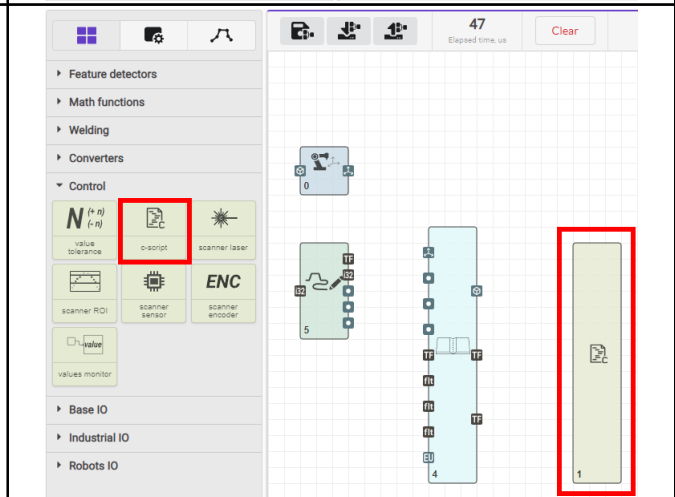


Разместить блок “3-pt tracking (by points)”.

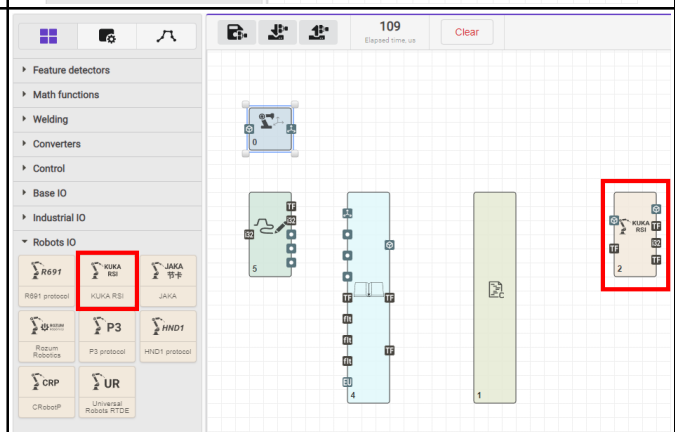


Разместить блок “c-script”.

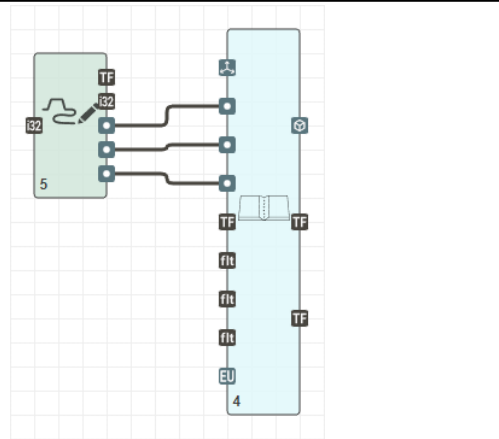
69



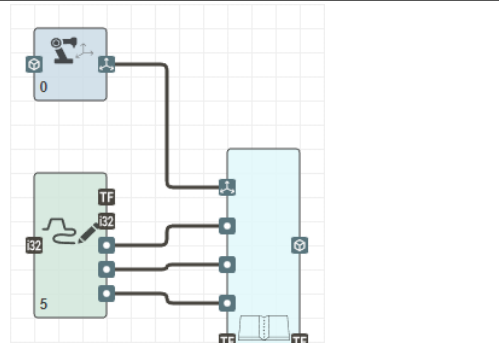
Разместить блок **KUKA RSI**.



Соединить выходы детектора шаблонов (выходные точки, детектируемые на разделке) со входами блока слежения за разделкой - тем самым подаем на него исходные данные для слежения.



Соединить выход смарт-блока калибровки со входом смарт-блока слежения за разделкой - подаем на него данные, необходимые для преобразования точек из 2D системы координат сканера в 3D систему координат робота.



Последовательно добавить входы и выходы смарт-блока исполнения скрипта.

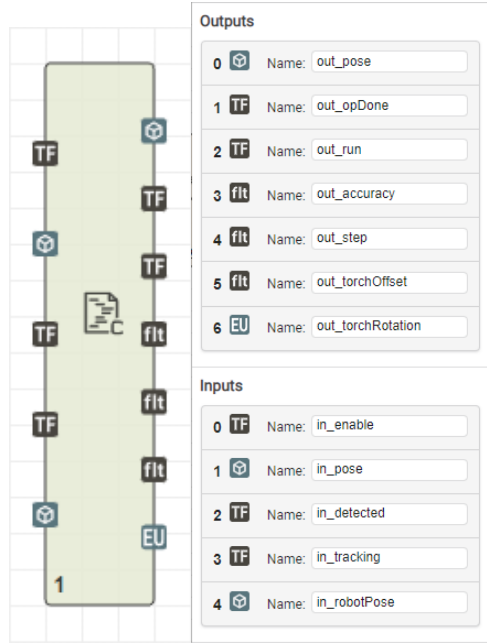
Входы:

1. Bool
2. 3D pose
3. Bool
4. Bool
5. 3D pose

Выходы:

1. 3D pose
2. Bool
3. Bool
4. Float
5. Float
6. Float
7. 3D Euler angles

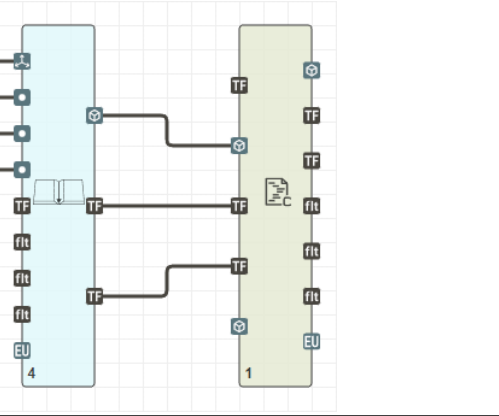
В редакторе скриптов задать имена входов и выходов, как указано на скриншоте.



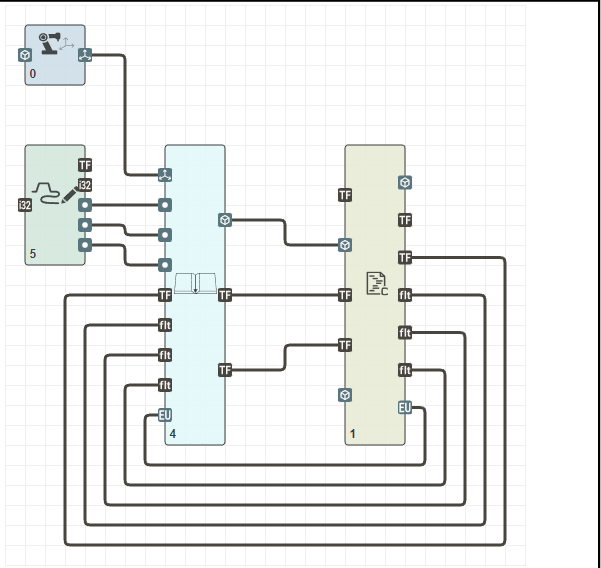
Outputs	
0	Name: out_pose
1	TF Name: out_opDone
2	TF Name: out_run
3	fit Name: out_accuracy
4	fit Name: out_step
5	fit Name: out_torchOffset
6	EU Name: out_torchRotation

Inputs	
0	TF Name: in_enable
1	TF Name: in_pose
2	TF Name: in_detected
3	TF Name: in_tracking
4	TF Name: in_robotPose

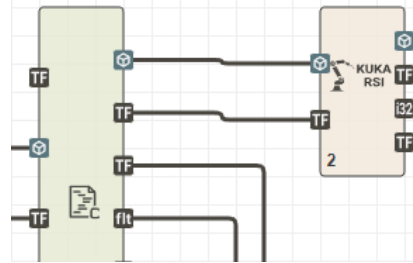
Соединить выходы смарт-блока слежения за разделкой со входами смарт-блока скриптов.



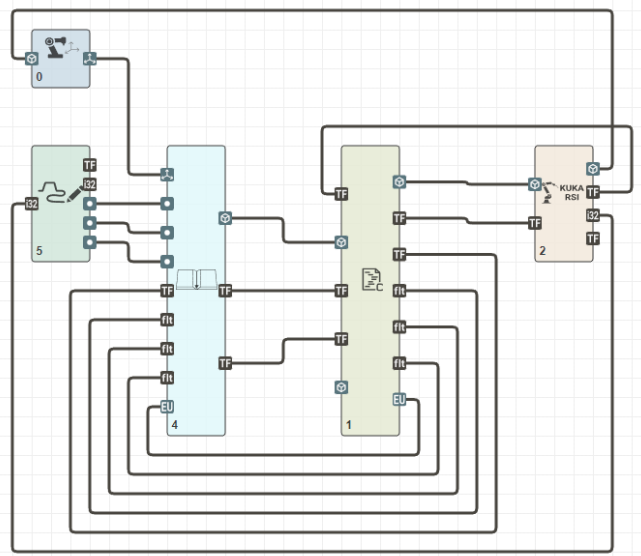
Соединить выходы смарт-блока скриптов со входами смарт-блока слежения за сварочной разделкой.



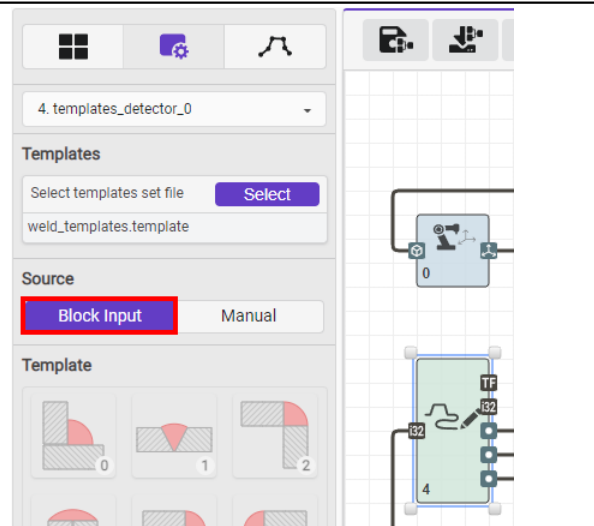
Соединить выходы смарт-блока скриптов со входами смарт-блока управления роботом.



Соединить выход смарт-блока управления роботом со входами смарт-блока калибровки, скриптов и детектора шаблонов.



В параметрах блока шаблонов выбрать управление номером шаблона со входа смарт-блока (таким образом программа робота сможет устанавливать номер детектируемого шаблона).



12.1.2. Подготовка робота к работе со сканером через интерфейс RSI

Робот должен быть оснащен опциями “RobotSensorInterface” и “Ethernet KRL”. Настройка интерфейса RSI должна быть выполнена по документации к нему с учетом подготовленных для сканера файлов:

72

RSI_RIFTEK.xml

```

<ROOT>
  <CONFIG>
    <IP_NUMBER>192.168.2.30</IP_NUMBER>
    <!-- IP-number of the external socket -->
    <PORT>6008</PORT>
    <!-- Port-number of the external socket -->
    <SENSTYPE>ImFree</SENSTYPE>
    <!-- The name of your system send in <Sen Type="" > -->
    <ONLYSEND>FALSE</ONLYSEND>
    <!-- TRUE means the client don't expect answers. Do not send anything
to robot -->
  </CONFIG>

  <!-- RSI Data: TYPE= "BOOL", "STRING", "LONG", "DOUBLE" -->
  <!-- INDX= "INTERNAL" switch on internal read values. Needed by DEF_... --
>
  <!-- INDX= "nmb" Input/Output index of RSI-Object / Maximum of RSI
Channels: 64 -->
  <!-- HOLDON="1", set this output index of RSI Object to the last value --
>

  <!-- DEF_Delay count the late packages and send it back to server -->
  <!-- DEF_Tech: .T = advance .C = main run / .T1 advance set function
generator 1 -->
<SEND>
  <ELEMENTS>
    <ELEMENT TAG="DEF_RIst" TYPE="DOUBLE" INDX="INTERNAL" UNIT="0" />
    <ELEMENT TAG="sensor_enable" TYPE="BOOL" INDX="1" UNIT="0" />
    <ELEMENT TAG="seam_template" TYPE="LONG" INDX="2" UNIT="0" />
  </ELEMENTS>
</SEND>
<RECEIVE>
  <ELEMENTS>
    <ELEMENT TAG="RKorr.X" TYPE="DOUBLE" INDX="1" UNIT="1" HOLDON="1" />
  </ELEMENTS>

```

```

<ELEMENT TAG="RKorr.Y" TYPE="DOUBLE" INDX="2" UNIT="1" HOLDON="1" />
<ELEMENT TAG="RKorr.Z" TYPE="DOUBLE" INDX="3" UNIT="1" HOLDON="1" />
<ELEMENT TAG="RKorr.A" TYPE="DOUBLE" INDX="4" UNIT="0" HOLDON="1" />
<ELEMENT TAG="RKorr.B" TYPE="DOUBLE" INDX="5" UNIT="0" HOLDON="1" />
<ELEMENT TAG="RKorr.C" TYPE="DOUBLE" INDX="6" UNIT="0" HOLDON="1" />
<ELEMENT TAG="seam_tracking" TYPE="BOOL" INDX="7" UNIT="0"

```

```

HOLDON="1" />
</ELEMENTS>
</RECEIVE>

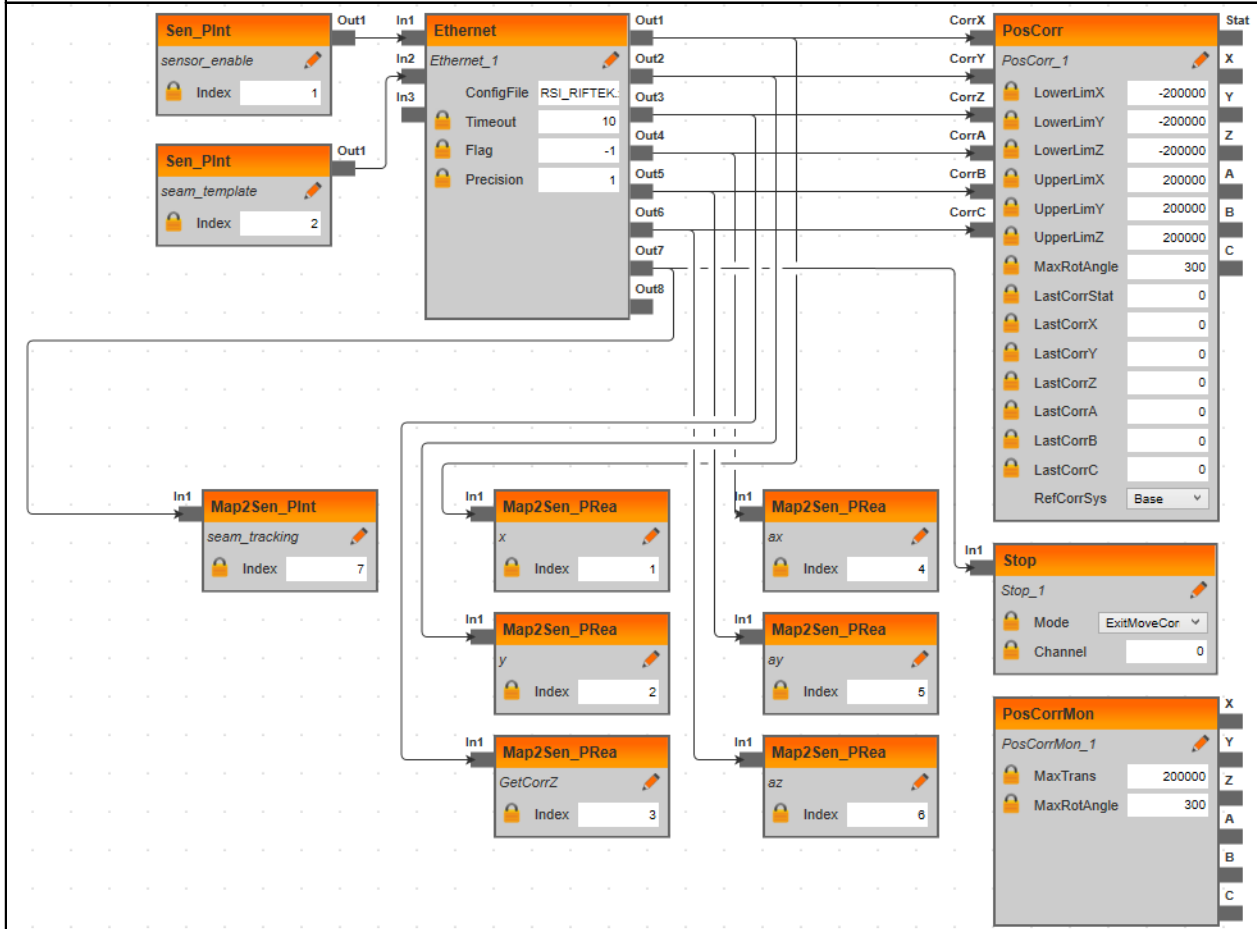
```

```

</ROOT>

```

RSIContext.rsix



riftek_sensor.src

```

&ACCESS RVP
&REL 13
&PARAM EDITMASK = *
&PARAM TEMPLATE = C:\KRC\Roboter\Template\vorgabe
&PARAM DISKPATH = KRC:\R1\Program
DEF riftek_sensor( )

; Declaration of KRL variables
DECL INT ret ; Return value for RSI commands
DECL INT CONTID ; ContainerID

;FOLD INI;{%PE}

```

```
;FOLD BASISTECH INI
  GLOBAL INTERRUPT DECL 3 WHEN $STOPMESS==TRUE DO IR_STOPM ( )
  INTERRUPT ON 3
  BAS (#INITMOV,0 )
;ENDFOLD (BASISTECH INI)
;FOLD USER INI
  ;Make your modifications here

  ;ENDFOLD (USER INI)
;ENDFOLD (INI)

; Forbid the preprocessor to execute commands following the cursor - this is
necessary to control the flags
$ADVANCE = 0

;FOLD PTP p1 Vel=30 % PDAT2 Tool[1]:tool1 Base[0] ;%{PE}
;FOLD Parameters ;%{h}
;Params IlfProvider=kukaroboter.basistech.inlineforms.movement.old;
Kuka.IsGlobalPoint=False; Kuka.PointName=p1; Kuka.BlendingEnabled=False;
Kuka.MoveDataPtpName=PDAT2; Kuka.VelocityPtp=30; Kuka.CurrentCDSetIndex=0;
Kuka.MovementParameterFieldEnabled=True; IlfCommand=PTP
;ENDFOLD
$BWDSTART = FALSE
PDAT_ACT = PPDAT2
FDAT_ACT = Fp1
BAS(#PTP_PARAMS, 30.0)
SET_CD_PARAMS (0)
PTP Xp1
;ENDFOLD

; Create RSI Context
ret = RSI_CREATE("RSIContext",CONTID,TRUE)
IF (ret <> RSIOK) THEN
  HALT
ENDIF

WAIT FOR (RSI_ON(#RELATIVE) == RSIOK)

; Select of the welding cut
$SEN_PINT[2] = 0

; Enable sensor
$SEN_PINT[1] = 1
```

```

; Movement to the beginning of the welding cut
RSI_MOVECORR()

; Perform some preparation for welding (arc ignition, bath formation, etc.)
;FOLD WAIT Time= 1.0 sec ;%{PE}
;FOLD Parameters ;%{h}
;Params IlfProvider=kukaroboter.basistech.inlineforms.logics.wait; Time=1.0
;ENDFOLD
WAIT SEC 1.0
;ENDFOLD

; Movement with welding
RSI_MOVECORR()

; Disable sensor
$SEN_PINT[1] = 0

; Complete welding (reduce current, etc.)
;FOLD WAIT Time= 1.0 sec ;%{PE}
;FOLD Parameters ;%{h}
;Params IlfProvider=kukaroboter.basistech.inlineforms.logics.wait; Time=1.0
;ENDFOLD
WAIT SEC 1.0
;ENDFOLD

; Turn off RSI
ret = RSI_OFF()
IF (ret <> RSIOK) THEN
  HALT
ENDIF

END

```

riftek_sensor.dat

```

&ACCESS RVP
&REL 13
&PARAM EDITMASK = *
&PARAM TEMPLATE = C:\KRC\Roboter\Template\vorgabe
&PARAM DISKPATH = KRC:\R1\Program
DEFDAT riftek_sensor

;FOLD EXTERNAL DECLARATIONS;%{PE}%MKUKATPBASIS,%CEXT,%VCOMMON,%P
;FOLD BASISTECH EXT;%{PE}%MKUKATPBASIS,%CEXT,%VEXT,%P
EXT BAS (BAS_COMMAND :IN,REAL :IN )

```

```

DECL INT SUCCESS
;ENDFOLD (BASISTECH EXT)
;FOLD USER EXT;{%E}%MKUKATPUSER,%CEXT,%VEXT,%P
;Make your modifications here

;ENDFOLD (USER EXT)
;ENDFOLD (EXTERNAL DECLARATIONS)
DECL E6POS XP1={X 180.004517,Y -184.731384,Z 161.211243,A 6.33770037,B
2.39791203,C 119.854492,S 2,T 3,E1 0.0,E2 0.0,E3 0.0,E4 0.0,E5 0.0,E6,0.0}
DECL FDAT FP1={TOOL_NO 1,BASE_NO 0,IPO_FRAME #BASE,POINT2[] " "}
DECL PDAT PPDAT1={VEL 30.0000,ACC 100.000,APO_DIST 500.000,APO_MODE
#CDIS,GEAR_JERK 100.000,EXAX_IGN 0}
DECL MODULEPARAM_T LAST_TP_PARAMS = {PARAMS[] "Kuka.PointName=p1;
Kuka.FrameData.base_no=0; Kuka.FrameData.tool_no=1;
Kuka.FrameData.ipo_frame=#BASE; Kuka.isglobalpoint=False;
Kuka.MoveDataPtpName=PDAT2; Kuka.MovementDataPdat.apo_mode=#CDIS;
Kuka.MovementDataPdat.apo_dist=500; Kuka.MovementData.vel=30;
Kuka.MovementData.acc=100; Kuka.MovementData.exax_ign=0;
Kuka.VelocityPtp=30; Kuka.BlendingEnabled=False; Kuka.APXEnabled=False;
Kuka.CurrentCDSetIndex=0; Kuka.MoveDataName=CPDAT1;
Kuka.MovementData.cb={AUX_PT {ORI #CONSIDER,E1 #CONSIDER,E2 #CONSIDER,E3
#CONSIDER,E4 #CONSIDER,E5 #CONSIDER,E6 #CONSIDER},TARGET_PT {ORI
#INTERPOLATE,E1 #INTERPOLATE,E2 #INTERPOLATE,E3 #INTERPOLATE,E4
#INTERPOLATE,E5 #INTERPOLATE,E6 #INTERPOLATE}}};
Kuka.MovementData.apo_fac=50; Kuka.MovementData.apo_dist=500;
Kuka.MovementData.axis_acc=100; Kuka.MovementData.axis_vel=100;
Kuka.MovementData.circ_typ=#BASE; Kuka.MovementData.jerk_fac=50;
Kuka.MovementData.ori_typ=#VAR; Kuka.VelocityPath=0.05; Kuka.Logics.Io=1;
Kuka.Logics.IoName=; Kuka.Logics.State=True; Kuka.Logics.Cont=False;
Kuka.Logics.TriggerType=START; Kuka.Logics.Path=0; Kuka.Logics.Delay=0"}
DECL LDAT LCPDAT1={VEL 0.0500000,ACC 100.000,APO_DIST 500.000,APO_FAC
50.0000,AXIS_VEL 100.000,AXIS_ACC 100.000,ORI_TYP #VAR,CIRC_TYP
#BASE,JERK_FAC 50.0000,GEAR_JERK 100.000,EXAX_IGN 0,CB {AUX_PT {ORI
#CONSIDER,E1 #CONSIDER,E2 #CONSIDER,E3 #CONSIDER,E4 #CONSIDER,E5
#CONSIDER,E6 #CONSIDER},TARGET_PT {ORI #INTERPOLATE,E1 #INTERPOLATE,E2
#INTERPOLATE,E3 #INTERPOLATE,E4 #INTERPOLATE,E5 #INTERPOLATE,E6
#INTERPOLATE}}}}
DECL FDAT FP2={TOOL_NO 1,BASE_NO 0,IPO_FRAME #BASE,POINT2[] " "}
DECL E6POS XP2={X 241.575836,Y -235.767456,Z 142.346405,A 136.503632,B
4.61282158,C 174.258,S 2,T 10,E1 0.0,E2 0.0,E3 0.0,E4 0.0,E5 0.0,E6 0.0}
DECL E6POS XP3={X 286.785492,Y -235.769958,Z 93.5453491,A 119.169380,B
39.6200676,C 138.546692,S 2,T 10,E1 0.0,E2 0.0,E3 0.0,E4 0.0,E5 0.0,E6 0.0}
    
```

```
DECL PDAT PPDAT2={VEL 30.0000,ACC 100.000, APO_DIST 500.000, APO_MODE
#CDIS, GEAR_JERK 100.000, EXAX_IGN 0}
DECL SParam_T SS2={OffsetX 0.0, VelX 10, OffsetZ 0.0, VelZ -10, Template 0}
ENDDAT
```

12.1.3. Калибровка сканера с роботом

Калибровка предназначена для получения матрицы преобразования координат точек, рассчитанных сканером в собственной 2D системе координат, в систему координат робота - 3D систему координат.

Для выполнения калибровки необходимо исполнить программу робота (файл “riftek sencor.src”) до строчки “RSI_MOVECORR()” при выключенном исполнении скрипта. Это обеспечит передачу координат TCP от робота к сканеру.

Дальнейшие действия описаны в Приложении №3 руководства к смарт-сканерам RF627Smart.

12.1.4. Подготовка скрипта управления роботом

Подробная информация о смарт-блоках "C_script" размещена в РЭ на РФ627Smart.

Скрипт управления в общем случае обеспечивает выполнение цикла сварки, включающего следующие части:

- задание исходных значений для точности вывода горелки в процессе сварки, шага построения траектории, отступа горелки от разделки, дополнительного поворота горелки;
- выполнение в бесконечном цикле следующих действий:
 - ожидание флага разрешения работы;
 - перемещение робота в заданном направлении для поиска сварочной разделки (поиск “точки входа” в разделку);
 - вывод горелки в начало сварочной разделки;
 - останов робота в начале разделки, формирование сигнала роботу о выводе в начало разделки, пауза для выполнения роботом специфических для сварки действий;
 - движение вдоль сварочной разделки с одновременной коррекцией положения горелки и ее наклона относительно разделки, пролонгацией траектории и поддержанием стабильной скорости;
 - завершение движения в конце разделки;
 - останов робота в конце разделки, формирование сигнала роботу о конце разделки, пауза для выполнения роботом специфических для сварки действий.
- возврат к началу цикла для ожидания от робота сигнала об очередном цикле работы.

Пример скрипта, выполняющего цикл сварки (для различных ситуаций числовые значения могут отличаться):

```
//Объявление используемых в скрипте переменных
pose_3d_t      in_pose;
bool_t         in_enable  = 0;
pose_3d_t      out_pose;
pose_3d_t      start_pose;
bool_t         reached    = 0;
bool_t         seam_found = 0;
```

```
bool_t          tracking    = 0;
pose_3d_t       rob_pose;
euler_3d_t      torch_rot;
m3d_euler_fill_zyx(0.0, 0.3, 0.0, &torch_rot);

//Устанавливаем начальные параметры
//Точность выхода в точки
output_float("out_accuracy", 0.5, 1);
//Шаг построения траектории
output_float("out_step", 2.0, 1);
//Расстояние между разделкой и кончиком горелки
output_float("out_torchOffset", 30.0, 1);
//Угол поворота горелки относительно фланца робота
output_euler3d("out_torchRotation", &torch_rot, 1);

while (1)
{
    //Принудительно запрещаем слежение - оно может остаться включенным
    //после сброса или аварийного завершения скрипта
    output_bool("out_run", 0, 1);
    //Передаем невалидную позицию - принудительно останавливаем робота
    output_pose3d("out_pose", &out_pose, 0);
    outputs_sync();

    //Ожидаем разрешение работы от робота
    do{
        inputs_sync();
        input_bool("in_enable", &in_enable);
    }while (in_enable == 0);

    //Включаем поиск разделки до выхода робота в начало разделки и ждем
    //обнаружение, при этом управление позицией робота
    //осуществляется без трекинга - просто движение в заданном
    //направлении
    output_bool("out_run", 1, 1);
    m3d_pose_fill_xyz_zyx(0.05, -0.1, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, &out_pose);
    do{
        output_pose3d("out_pose", &out_pose, 1);
        inputs_sync();
        input_bool("in_detected", &seam_found);
    }while (seam_found == 0);

    //Ждем выход робота в начало разделки - при этом установится сигнал
    //"tracking" - это значит, что сканер может вести горелку уже по
разделке
    do{
        if (input_bool("in_enable", &in_enable) == 0)    break;
        if (in_enable == 0)                               break;

        if (input_pose3d("in_pose", &in_pose) == 1)
        {
            out_pose    = in_pose;
            m3d_pose_scale(&out_pose, 0.1, 0.001);
        }
    }
}
```

```
        output_pose3d("out_pose", &out_pose, 1);
        outputs_sync();
    }

    inputs_sync();
    input_bool("in_tracking", &tracking);
}while (tracking == 0);

//Останавливаем работа - передаем нулевые скорости по всем координатам
m3d_pose_fill_xyz_zyx(0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, &out_pose);
output_pose3d("out_pose", &out_pose, 1);
output_bool("out_opDone", 1, 1);
outputs_sync();
sleep_us(10000);
output_bool("out_opDone", 0, 1);
sleep_us(2000000);

//Разделка найдена - переходим к управлению от блока слежения
do{
    if (input_bool("in_enable", &in_enable) == 0)    break;
    if (in_enable == 0)                             break;

    if (input_pose3d("in_pose", &in_pose) == 1)
    {
        out_pose    = in_pose;
        m3d_pose_scale(&out_pose, 0.05, 0.005);
        output_pose3d("out_pose", &out_pose, 1);
        outputs_sync();
    }

    input_bool("in_tracking", &tracking);

}while (tracking != 0);

//Останавливаем работа - передаем нулевые скорости по всем координатам
m3d_pose_fill_xyz_zyx(0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, &out_pose);
output_pose3d("out_pose", &out_pose, 1);
output_bool("out_opDone", 1, 1);
outputs_sync();
sleep_us(10000);
output_bool("out_opDone", 0, 1);
sleep_us(2000000);

//Снимаем разрешение слежения за швом - блок перейдет в исходное
//состояние
output_bool("out_run", 0, 1);
//Останавливаем работа
output_pose3d("out_pose", &out_pose, 0);
```

```

outputs_sync();

//Ожидаем разрешение работы от робота
do{
    inputs_sync();
    input_bool("in_enable", &in_enable);
}while (in_enable == 1);

};//while (1)

return 0;

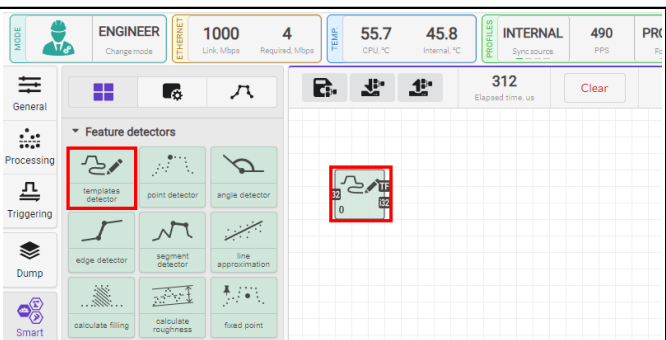
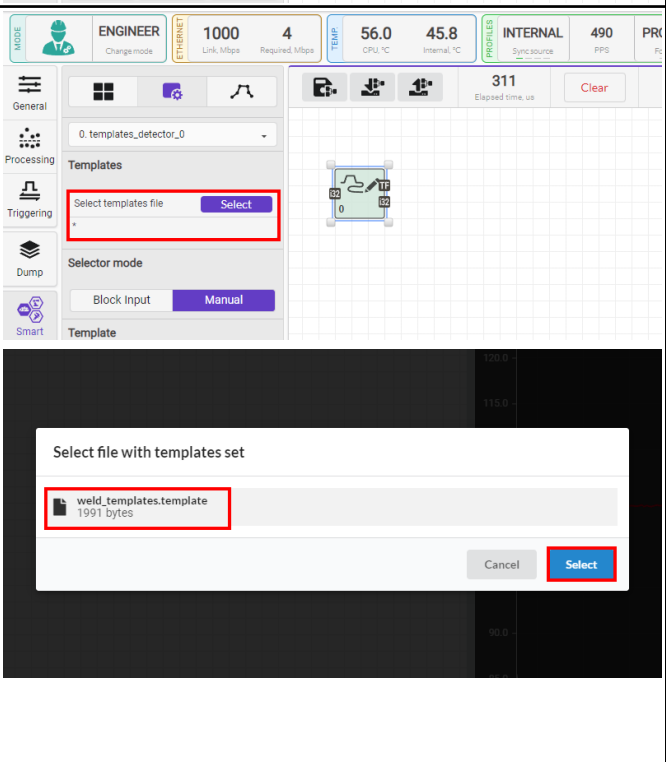
```

12.2. Коботы Jaka

Обмен данными и управление коботами производится по проприетарному протоколу с помощью смарт-блока **JAKA**, расположенному в разделе **Robots IO**.



12.2.1. Подготовка графа вычислений

<p>Разместить блок “templates detector” в области графа вычислений.</p>	
<p>Выбрать файл шаблонов сварочных разделок (показаны стандартные разделки, присутствующие в файле, поставляемом в составе сварочного комплекта).</p>	

0. templates_detector_0

Templates

Select templates set file **Select**
weld_templates.template

Source

Block Input **Manual**

Template

0 1 2
3 4 5
6 7 8
9 10 11
12 13 14

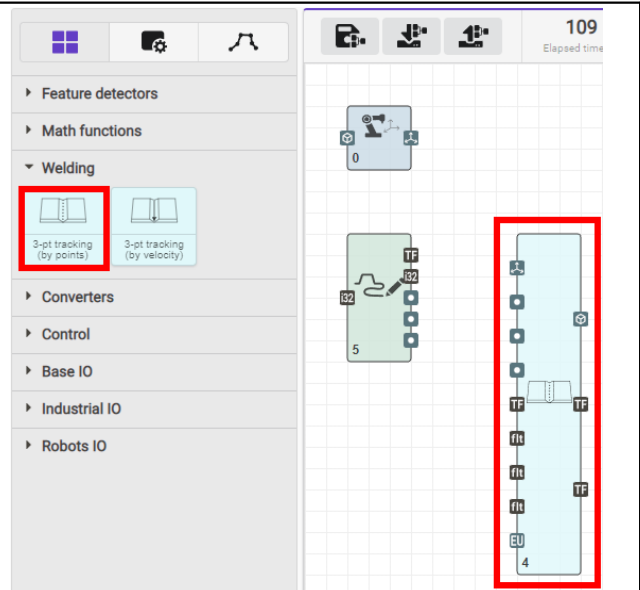
Разместить блок "cst calibration".

Feature detectors

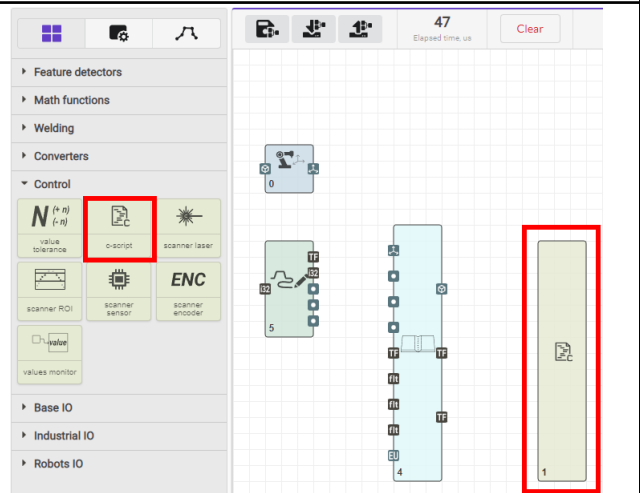
Math functions

cst calibration pt-pt distance pt-seg distance
seg-seg distance segments intersection middle of two points
middle of line segment point 2D to 3D scalar filtering
volume segments to baseline

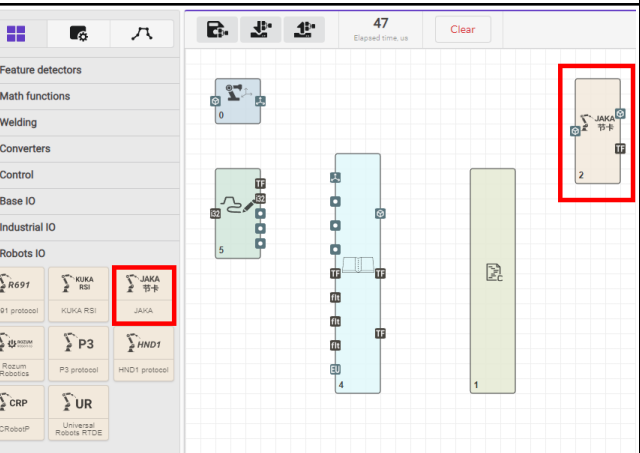
Разместить блок “3-pt tracking (by points)”.



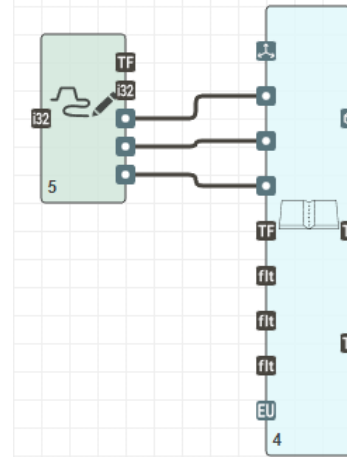
Разместить блок “c-script”.



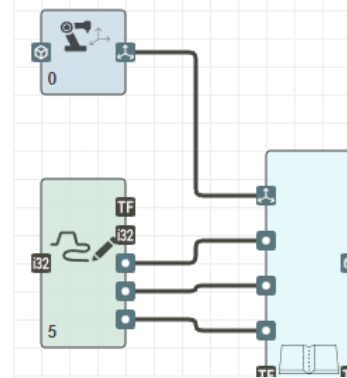
Разместить блок JAKA.



Соединить выходы детектора шаблонов (выходные точки, детектируемые на разделке) со входами блока слежения за разделкой - тем самым подаем на него исходные данные для слежения.



Соединить выход смарт-блока калибровки со входом смарт-блока слежения за разделкой - подаем на него данные, необходимые для преобразования точек из 2D системы координат сканера в 3D систему координат робота.



Последовательно добавить входы и выходы смарт-блока исполнения скрипта.

Входы:

1. Bool
2. 3D pose
3. Bool
4. Bool
5. 3D pose

Выходы:

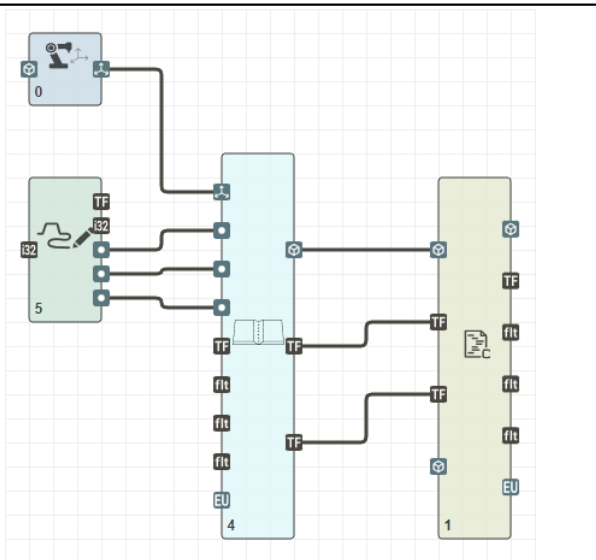
1. 3D pose
2. Bool
3. Bool
4. Float
5. Float
6. Float
7. 3D Euler angles

В редакторе скриптов задать имена входов и выходов.

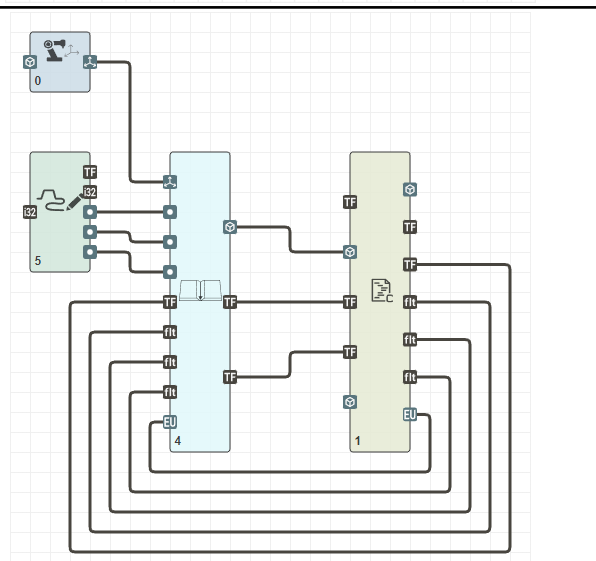
Outputs	
0	Name: out_pose
1	Name: out_opDone
2	Name: out_run
3	Name: out_accuracy
4	Name: out_step
5	Name: out_torchOffset
6	Name: out_torchRotation

Inputs	
0	Name: in_enable
1	Name: in_pose
2	Name: in_detected
3	Name: in_tracking
4	Name: in_robotPose

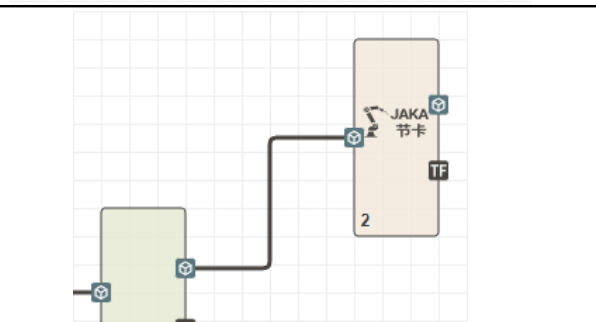
Соединить выходы смарт-блока слежения за разделкой со входами смарт-блока скриптов.



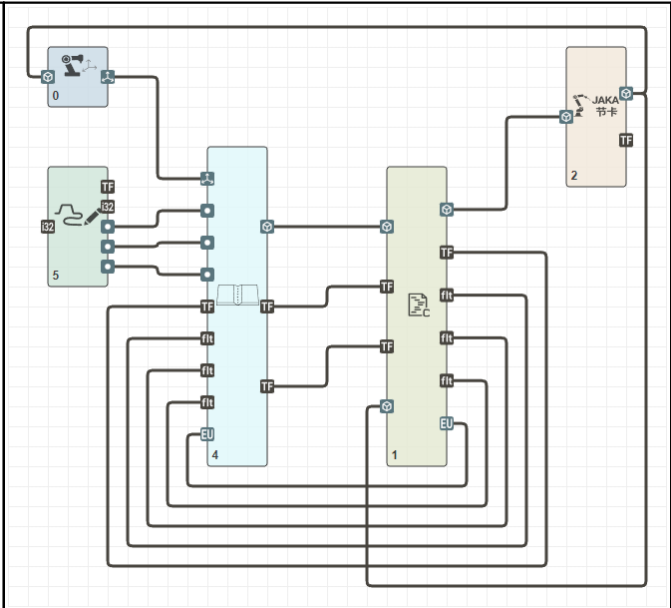
Соединить выходы смарт-блока скриптов со входами смарт-блока слежения за сварочной разделкой.



Соединить выход "out_pose" смарт-блока скриптов со входом "pose" смарт-блока управления роботом.



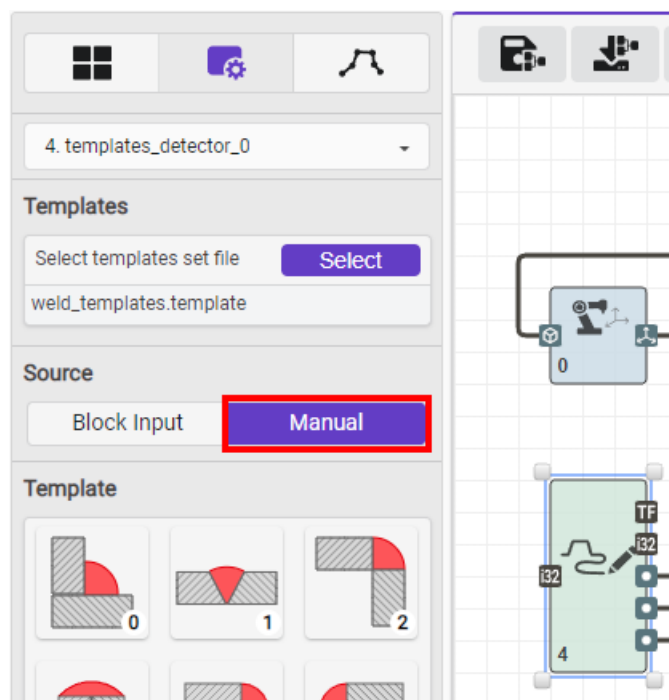
Соединить выход смарт-блока управления роботом со входами смарт-блока калибровки, скриптов и детектора шаблонов.






12.2.2. Настройка параметров смарт-блоков

В данном графе вычислений необходимо установить параметры 2-х смарт-блоков:

- “templates detector” - параметр “Source” необходимо установить в значение “Manual”, поскольку предполагается, что шаблон сварочной разделки будет выбираться оператором (или наладчиком) самостоятельно:



- “JAKA” - необходимо установить адрес робота в сети Ethernet и номера портов для подключения, а также параметры фильтра сглаживания траектории движения, типовые значения:

		
2. sb_jaka_robot_tcp_0		
Robot IP	192.168.1.100	
Commands port	10001	
Realtime data port	10000	
Filter size	100	
Filter factor	0,08	

12.2.3. Калибровка сканера с роботом

Калибровка предназначена для получения матрицы преобразования координат точек, рассчитанных сканером в собственной 2D системе координат, в систему координат робота - 3D систему координат.

Процедура калибровки подробно описана в Приложении №3 руководства к смарт-сканерам RF627.

12.2.4. Подготовка скрипта управления роботом

Скрипт управления в общем случае обеспечивает выполнение цикла сварки, включающего следующие части:

- задание исходных значений для точности вывода горелки в процессе сварки, шага построения траектории, отступа горелки от разделки, дополнительного поворота горелки;
- вывод робота в исходную позицию;
- перемещение робота в заданном направлении для поиска сварочной разделки (поиск “точки входа” в разделку);
- вывод горелки в начало сварочной разделки, формирование паузы для поджига и других действий;
- движение вдоль сварочной разделки с одновременной коррекцией положения горелки и ее наклона относительно разделки, пролонгацией траектории и поддержанием стабильной скорости;
- завершение движения в конце разделки;
- перемещение робота в исходную позицию.

Пример скрипта, выполняющего цикл сварки (для различных ситуаций числовые значения могут отличаться):

```
//Объявление используемых в скрипте переменных
pose_3d_t      in_pose;
pose_3d_t      out_pose;
pose_3d_t      start_pose;
bool_t         reached      = 0;
bool_t         seam_found   = 0;
bool_t         tracking      = 0;
pose_3d_t      rob_pose;
pose_3d_t      move_limit;
euler_3d_t     torch_rot;
```

```
m3d_pose_fill_xyz_zyx(20.0, 20.0, 20.0, 0.5, 0.5, 0.5, &move_limit);
m3d_euler_fill_zyx(0.0, -0.2, -0.2, &torch_rot);

//Принудительный запрет слежения - для большей безопасности
output_bool("out_enabled", 0, 1);
//Принудительный останов робота - для большей безопасности
output_pose3d("out_pose", &out_pose, 0);
outputs_sync();

//Устанавливаем начальные параметры
//Точность вывода горелки, 0.5мм
output_float("out_accuracy", 0.5, 1);
//Шаг построения траектории, 2.0 мм
output_float("out_step", 2.0, 1);
//Расстояние между разделкой и кончиком горелки, 2.0 мм
output_float("out_torchOfs", 2.0, 1);
//Угол поворота горелки относительно фланца робота
output_euler3d("out_torchRot", &torch_rot, 1);

//Размещаем робота в исходной позиции
m3d_pose_fill_xyz_zyx(-309.0, -114.0, 170.0, -2.02, -0.04, 1.29,
&start_pose);
//Ждем, когда робот выйдет в начальную позицию
do{
    inputs_sync();
    if (input_pose3d("in_robPose", &rob_pose) == 0)
    {
        output_pose3d("out_pose", &out_pose, 0);
        outputs_sync();
        return 0;
    }
    out_pose = start_pose;
    m3d_pose_limit_movement(&rob_pose, &out_pose, &move_limit);
    output_pose3d("out_pose", &out_pose, 1);

    reached = m3d_pose_isequal(&start_pose, &rob_pose, 1.0, 0.001);
}while (reached == 0);

//Включаем поиск разделки до выхода робота в начало разделки и ждем
//обнаружение, при этом управление позицией робота
//осуществляется без слежения - просто движение в заданном
//направлении
output_bool("out_enabled", 1, 1);

outputs_sync();
do{
    out_pose.pos.x -= 0.01;
    out_pose.pos.y -= 0.01;
    output_pose3d("out_pose", &out_pose, 1);
```

```
inputs_sync();
input_bool("in_seamFound", &seam_found);
}while (seam_found == 0);

//Ждем выход робота в начало разделки - при этом установится сигнал
//"tracking" - это значит, что сканер может вести горелку уже по разделке
do{
    if (input_pose3d("in_robPose", &rob_pose) == 0)
    {
        output_pose3d("out_pose", &out_pose, 0);
        outputs_sync();
        return 0;
    }

    if (input_pose3d("in_pose", &in_pose) == 1)
    {
        out_pose = in_pose;
        m3d_pose_limit_movement(&rob_pose, &out_pose, &move_limit);
        output_pose3d("out_pose", &out_pose, 1);
        outputs_sync();
    }

    inputs_sync();
    input_bool("in_tracking", &tracking);
}while (tracking == 0);

sleep_us(2000000);

//Разделка найдена - переходим к управлению от блока слежения
do{
    if (input_pose3d("in_robPose", &rob_pose) == 0)
    {
        output_pose3d("out_pose", &out_pose, 0);
        outputs_sync();
        return 0;
    }

    if (input_pose3d("in_pose", &in_pose) == 1)
    {
        out_pose = in_pose;
        m3d_pose_scale_movement(&rob_pose, &out_pose, 2.5);
        m3d_pose_limit_movement(&rob_pose, &out_pose, &move_limit);
        output_pose3d("out_pose", &out_pose, 1);
        outputs_sync();
    }

    input_bool("in_tracking", &tracking);
}while (tracking != 0);
sleep_us(2000000);

//Размещаем кобот в исходной позиции
```

```
m3d_pose_fill_xyz_zyx(-309.0, -114.0, 170.0, -2.02, -0.04, 1.29,
&start_pose);
//Ждем, когда робот выйдет в начальную позицию
do{
    inputs_sync();
    if (input_pose3d("in_robPose", &rob_pose) == 0)
    {
        output_pose3d("out_pose", &out_pose, 0);
        outputs_sync();
        return 0;
    }
    out_pose = start_pose;
    m3d_pose_limit_movement(&rob_pose, &out_pose, &move_limit);
    output_pose3d("out_pose", &out_pose, 1);

    reached = m3d_pose_isequal(&start_pose, &rob_pose, 1.0, 0.001);
}while (reached == 0);

//Снимаем разрешение слежения за швом - блок перейдет в исходное
//состояние
output_bool("out_enabled", 0, 1);
//Останавливаем работа
output_pose3d("out_pose", &out_pose, 0);
outputs_sync();
return 0;
```

13. Обслуживание при эксплуатации

Лазерные сканеры практически не требуют обслуживания. Как и другие оптические системы, лазерные сканеры чувствительны к пыли и брызгам на стеклах. Очистку необходимо производить с помощью мягкой ткани. Не используйте агрессивные чистящие средства, способные привести к царапинам.

Следите за тем, чтобы на поверхности стекол не было отпечатков пальцев – они существенно ухудшают качество получаемого профиля при сканировании.

Для удаления жира и отпечатков пальцев, очистите стекла тканью с 20% раствором спирта, затем протрите мягкой бумажной салфеткой.

14. Гарантийное обслуживание и ремонт

Гарантийный срок эксплуатации Лазерной системы слежения за сварным швом РФ627Smart-Weld – 24 месяца со дня ввода в эксплуатацию, гарантийный срок хранения – 12 месяцев.

15. Техническая поддержка

Техническая помощь, связанная с некорректной работой системы и проблемами с настройками, осуществляется бесплатно компанией РИФТЭК.

Контакты технической поддержки:

- E-mail: support@riftek.com
- Skype: riftek_support

16. Изменения

Дата	Версия	Описание
27.09.2022	1.0.0	Исходный документ.
06.05.2024	1.1.0	Внесены изменения в разделы 5, 6, 7, 10.
04.06.2025	1.1.1	Внесены изменения в раздел "Общие технические характеристики сканеров".

17. Приложение 1. Протокол HND1

Текущая версия: 1.0.

17.1. Интерфейс Ethernet - канальный уровень

Используемый протокол транспортного уровня - UDP.

Сканер, как правило, подключается к контроллеру робота или исполнительной системы и работает как подчиненное устройство. Двусторонний обмен данными осуществляется посылкой сканеру команды ведущим устройством и посылкой сканером ответа. Предусмотрены команды, разрешающие односторонний обмен, - посылку сканером результатов измерений до тех пор, пока не будет отдана команда остановиться.

Каждая команда и ответ состоят из заголовка: типа сообщения (команды) и длины последующих данных, а затем непосредственно данных, специфичных для данной команды. Эта последовательность допускает передачу команд и ответов переменной длины. Для повышения эффективности в будущем может быть предусмотрена отправка и получение нескольких команд или ответов в одном пакете UDP. Получатель будет распаковывать и обрабатывать каждую команду в пакете в том порядке, в котором они размещены в пакете.

Слова (16 или 32-разрядные значения) отправляются в формате "little endian".

17.2. Описание команд HND1

Получение версии протокола

Эта команда запрашивает поддерживаемую сканером версию протокола. Сканер ответит версией протокола (2 целых числа, major и minor коды версии). Версия протокола, описанная в данном документе, показана в верхней части Приложения.

Имя команды: **MSG_GET_SENSOR_VERSION**

Команда к сканеру:

Тип		Длина	
1	0	0	0

Параметры:

- нет.

Ответ сканера:

Тип		Длина		major		minor	
1	0	0	0	1	0	0	0

Параметры:

- major: код версии major;
- minor: код версии minor.

Установка интенсивности излучения лазера

Эта команда устанавливает текущую интенсивность лазера. Допустимо изменение интенсивности до 4-х лазеров. Каждое 16-битное поле определяет интенсивность в % (0 - минимальная яркость, 100 - максимально возможная яркость). Измененное данной командой значение не сохраняется в энергонезависимой памяти сканера. Если лазер выключен, значение яркости будет применено и использовано при следующем включении лазера.

Имя команды: **MSG_SET_LASERS_INTENSITY**

Команда к сканеру:

Тип		Длина		intens0		intens1		intens2		intens3	
5	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Параметры:

- intens0: интенсивность первого (основного) лазера;
- intens1: интенсивность второго (дополнительного) лазера;
- intens2: интенсивность третьего(дополнительного) лазера;
- intens3: интенсивность четвертого (дополнительного) лазера.

Ответ сканера:

Тип		Длина	
5	0	0	0

Параметры:

- нет.

Установка времени экспонирования кадра сенсором

Эта команда устанавливает время экспонирования CMOS-сенсором кадра. Значение должно передаваться в миллисекундах. Допустимо задание времени экспонирования до 3 кадров (в режиме работы сканера с несколькими экспозициями).

Имя команды: **MSG_SET_SENSOR_EXPOSURE**

Команда к сканеру:

Тип		Длина		exp0		exp1		exp2	
6	0	6	0	0	0	0	0	0	0

Параметры:

- exp0: время экспонирования первого кадра;
- exp1: время экспонирования второго кадра (в режиме работы с несколькими экспозициями);
- exp2: время экспонирования третьего кадра (в режиме работы с несколькими экспозициями).

Ответ сканера:

Тип		Длина	
6	0	0	0

Параметры:

- нет.

Включение лазера

Если лазер уже включен, ничего не изменится. Будет применена яркость, заданная в параметрах сканера (командой MSG_SET_LASERS_INTENSITY или другим способом). Обратите внимание, что принудительное отключение излучения лазера в целях безопасности (специальный сигнал на разъеме сканера) имеет приоритет над всеми остальными элементами управления.

Имя команды: **MSG_SET_LASER_ON**

Команда к сканеру:

Тип		Длина	
7	0	0	0

Параметры:

- нет.

Ответ сканера:

Тип		Длина	
7	0	0	0

Параметры:

- нет.

Выключение лазера

Если лазер уже выключен, ничего не изменится.

Имя команды: **MSG_SET_LASER_OFF**

Команда к сканеру:

Тип				Длина			
8		0		0		0	

Параметры:

- нет.

Ответ сканера:

Тип				Длина			
8		0		0		0	

Параметры:

- нет.

Установка области интереса (ROI)

Эта команда позволяет установить размер и положение области, считываемой CMOS-сенсором кадра. Уменьшение считываемой области приводит к возможности использования большей частоты кадров.

Пара X1, Y1 задает верхнее левое положение ROI а X2, Y2 задает нижнее правое положение ROI.

Имя команды: **MSG_SET_SENSOR_ROI**

Команда к сканеру:

Тип		Длина		X1		Y1		X2		Y2		NU		NU	
12	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Параметры:

- X1: координата X верхней левой точки ROI - в настоящее время не используется, будет проигнорировано;
- Y1: координата Y верхней левой точки ROI;
- X2: координата X нижней правой точки ROI - в настоящее время не используется, будет проигнорировано;
- Y2: координата Y нижней правой точки ROI;
- NU: не используется.

Ответ сканера:

Тип				Длина			
12		0		0		0	

Параметры:

- нет.

Получение статуса устройства

Эта команда позволяет получить информацию о состоянии устройства.

Имя команды: **MSG_GET_SENSOR_STATUS**

Команда к сканеру:

Тип				Длина			
8		0		0		0	

Параметры:

- нет.

Ответ сканера:

Тип		Длина		mode		pad1[0]		...		pad1[15]		temp1		temp2	
15	0	2	50	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	

temp3		heater		pad2[0]		...		pad2[15]		gain		exp		NU	
0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	

X1		Y1		X2		Y2		pad3[0]		...		pad3[15]		las		int0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	

int1		int2		int3		NU		NU		NU		NU		pad4[0]		...		pad4[15]		seam		NU	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

NU[40]		pad5[0]		...		pad5[63]		NU		pad6[0]		...		pad6[127]	
0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	

Параметры:

- mode: режим работы сканера, в текущей версии всегда 0 - режим выдачи измерений;
- pad1: разделитель-резерв;
- temp1: температура CPU, значение рассчитывается как $100 \cdot (\text{температура в } ^\circ\text{C}) + 10000$;
- temp2: внутренняя температура сканера (сенсор №1), значение рассчитывается как $100 \cdot (\text{температура в } ^\circ\text{C}) + 10000$;
- temp3: внутренняя температура сканера (сенсор №2), значение рассчитывается как $100 \cdot (\text{температура в } ^\circ\text{C}) + 10000$;
- heater: состояние подогрева, в текущей версии 0;
- pad2: разделитель-резерв;
- gain: усиление сигнала CMOS-сенсора, в текущей версии всегда 0;
- exp: время экспонирования (для первого кадра) в мс;
- NU: не используется;
- X1: координата X верхней левой точки ROI - в настоящее время не используется, будет проигнорировано;
- Y1: координата Y верхней левой точки ROI;
- X2: координата X нижней правой точки ROI - в настоящее время не используется, будет проигнорировано;
- Y2: координата Y нижней правой точки ROI;
- pad3: разделитель-резерв;
- las: состояние лазера (0 - выключен, 1 - включен), на данный параметр не влияет аппаратное отключение лазера;
- int0: интенсивность излучения лазера №1 (основного);
- int1: интенсивность излучения лазера №2 (дополнительного);
- int2: интенсивность излучения лазера №3 (дополнительного);
- int3: интенсивность излучения лазера №4 (дополнительного);
- pad4: разделитель-резерв;
- seam: индекс используемого шаблона;
- pad5: разделитель-резерв;
- pad6: разделитель-резерв.

Установка типа шаблона для поиска шва

Эта команда устанавливает индекс используемого шаблона для поиска сварного шва и выдачи его атрибутов.

Имя команды: **MSG_SET_BASIC_SEAM_TYPE**

Команда к сканеру:

Тип		Длина		idx	
40	0	2	0	0	0

Параметры:

- idx: индекс шаблона.

Ответ сканера:

Тип		Длина	
40	0	0	0

Параметры:

- нет.

Получение версии прошивки сканера

Эта команда запрашивает версию внутреннего программного обеспечения сканера (версию прошивки). Сканер ответит версией прошивки (3 целых числа, major, minor и patch коды версии).

Имя команды: **MSG_GET_FIRMWARE_VERSION****Команда к сканеру:**

Тип		Длина	
100	0	0	0

Параметры:

- нет.

Ответ сканера:

Тип		Длина		major		minor		patch	
100	0	6	0	2	0	3	0	3	0

Параметры:

- major: код версии major;
- minor: код версии minor;
- patch: код версии patch.

Получение температуры сканера

Эта команда запрашивает внутреннюю температуру сканера. Используется датчик, установленный на CPU, как самом тепловыделяющем элементе.

Имя команды: **MSG_GET_MAIN_BD_TEMP****Команда к сканеру:**

Тип		Длина	
105	0	0	0

Параметры:

- нет.

Ответ сканера:

Тип		Длина		temp	
105	0	2	0	0	0

Параметры:

- temp: температура CPU, значение рассчитывается как $100 * (\text{температура в } ^\circ\text{C}) + 10000$.

Запустить поток результатов измерений

Эта команда разрешает отправку результатов измерения параметров сварного шва, индекс которого задан командой **MSG_SET_BASIC_SEAM_TYPE**. Состав отправляемых результатов зависит от выбранного сварного шва. Всего

обеспечивается возможность отправки до 16 точек и 16 значений параметров. Для каждой точки предусмотрен статус, показывающий, используется ли она для данного типа шва и валидны ли данные по ней.

Имя команды: **MSG_START_MEASUREMENT_SENDING_IN_MM**

Команда к сканеру:

Тип				Длина			
150	0	0	0	0	0	0	0

Параметры:

- нет.

Ответ сканера:

Тип				Длина			
150	0	0	0	0	0	0	0

Параметры:

- нет.

Сообщение от сканера (высылаются после каждого выполненного измерения)

Тип		Длина		timestamp				pt[0].x				pt[0].y				
150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

pt[0].st				...				pt[15].x				pt[15].y				
0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

pt[15].st				prm[0].val				prm[0].st				...				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0

prm[15].val				prm[15].st				pad[0]		...				pad[63]	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0

Параметры:

- timestamp: метка системного времени формирования результатов измерения, мс;
- pt[0].x: координата X точки №1 (float, mm);
- pt[0].z: координата Z точки №1 (float, mm);
- pt[0].st: статус точки №1;
- ...
- pt[15].x: координата X точки №16 (float, mm);
- pt[15].z: координата Z точки №16 (float, mm);
- pt[15].st: статус точки №16;
- prm[0].val: значение параметра №1 (зависит от шаблона), в текущей версии не используется;
- prm[0].st: статус параметра №1, в текущей версии не используется;
- ...
- prm[15].val: значение параметра №16 (зависит от шаблона), в текущей версии не используется;
- prm[15].st: статус параметра №16, в текущей версии не используется;
- pad: разделитель-резерв.

Статусы, для текущей версии протокола: 0 - данные по точке или параметру актуальны; 2 - данные по точке/параметру не актуальны и не должны использоваться.

Остановить поток результатов измерений

Эта команда запрещает отправку результатов измерения параметров сварного шва.

Имя команды: **MSG_STOP_MEASUREMENT_SENDING_IN_MM**

Команда к сканеру:

Тип		Длина	
151	0	0	0

Параметры:

- нет.

Ответ сканера:

Тип		Длина	
151	0	0	0

Параметры:

- нет.

18. Приложение 2. Протокол обмена данными с роботами РЗ

Протокол предназначен для информационного обмена между роботом и сканером и основан на EthernetIP.

Параметры EthernetIP со стороны сканера:

- номер сборки для передачи данных от сканера к роботу: 101;
- номер сборки для передачи данных от робота к сканеру: 102;
- конфигурационная сборка (не используется): 100;
- идентификатор производителя (vendor id): 0x0634 (1588);
- тип устройства (device type): 0x2B (43);
- код продукта (product code): 0x273 (627).

Состав передаваемой информации:

- от робота к сканеру:
 - координаты текущей позиции TCP робота в мировой системе координат (в системе координат базы), каждое значение шириной 16 бит: X, Y, Z, W, P, R;
 - счетчик пакетов (шириной 8 бит);
 - команда управления (шириной 8 бит): 0x01 - включить лазер на излучение, 0x02 - выключить излучение лазера, остальные значения игнорируются;
 - выбор набора шаблонов (ширина 8 бит), в настоящее время не используется;
 - выбор шаблона для детектирования (шириной 8 бит).
- от сканера к роботу:
 - координаты точки в мировой системе координат робота, каждое значение шириной 16 бит: X, Y, Z;
 - принятое от робота значение счетчика пакетов (шириной 8 бит);
 - резервное значение (шириной 8 бит);
 - P-координата для робота (шириной 16 бит);
 - R-координата для робота (шириной 16 бит);
 - координаты точки в 2D пространстве сканера, каждая 16 бит: X, Z.

Формат представления значений координат:

- бит 15 - знак значения: положительное - 0, отрицательное - 1;
- биты 14-0 - модуль значения.

19. Приложение 3. Протокол R691 USI

Протокол R691 Universal Sensor Interface позволяет обеспечить информационное сопряжение сканера со сварочным роботом и основан на клиент-серверной архитектуре, где сканер выступает сервером (ожидает подключение на порт, указанный в настройках smart-блока), а робот - клиентом и должен подключиться по сетевому адресу сканера и порту из настроек smart-блока.

Для использования данного протокола, со стороны робота должны выполняться следующие требования:

- R30iA Robot Controller;
- Arc tool Software V7.30P9 or higher;
- Software Option R691 Universal Sensor Interface;
- Software Option R648 User Socket Messaging.

Запросы и команды от робота к сканеру

Робот посылает команды и запросы данных сканеру простыми TCP пакетами размером не менее 3-х байт (каждый пакет - отдельное сообщение протокола).

Первый байт данных указывает на тип сообщения:

- 0x02 - команда сканеру;
- 0x01 - запрос данных.

Второй байт указывает на количество команд или данных в сообщении и как правило равен 0x01.

Третий байт обозначает тип команды (включить/выключить лазер, установить тип разделки и т.д.) или тип запрашиваемых данных (координаты точки, статус и т.д.).

Текущая версия протокола поддерживает следующие сообщения:

№	Сообщение протокола	Тип сообщения	Количество команд / данных	Тип команды / данных	Значение
1	Sensor ON	0x02	0x01	0x13	0x01
2	Sensor OFF	0x02	0x01	0x06	0x00
3	Start track (laser on and measure)	0x02	0x01	0x06	0x01
4	End track	0x02	0x01	0x06	0x00
5	Set joint ID 0xXX - номер шаблона для детектирования разделки	0x02	0x01	0x10	0xXX
6	Request joint data*	0x01	0x06	0x08 0x09 0x0A 0x0B 0x0C 0x0D	-
7	Request status	0x01	0x01	0x06	-
8	Request joint idx	0x01	0x01	0x10	-

Робот должен ожидать ответ от сканера не менее 80 мс (как правило сканер отвечает на сообщение в течение не более 5 мс), после чего высылает повторное сообщение. Если в течение 300 мс не был получен ответ от сканера, устанавливается сигнал "Timeout Alarm".

* на запрос "Request joint data" отсылаются данные о детектированной разделке в следующем порядке (формат представления описан ниже), запрос отсылается роботом каждые 50 мс:

X	Y (не используется)	Z	GAP	MISMATCH	AREA
---	---------------------	---	-----	----------	------

Ответы от сканера к роботу

На команды 1-5 сканер отвечает одним байтом 0x82, означающим, что команда получена и исполнена.

На запросы данных 6-8 сканер отвечает сообщением, в котором первый байт равен 0x82, второй байт содержит код ошибки, далее следуют двухбайтные данные.

Коды ошибок (в настоящее время не используются, приведены для справки):

1	Внешний сигнал тревоги	7	Некорректное сообщение
2	Ошибка контрольной суммы	8	Неизвестный параметр
3	Коррекция	9	Ошибка настройки
4	Ошибка ожидания	10	Выход за допустимые значения температуры
5	Ошибка сенсора	11	Значение вне диапазона
6	Неправильное окончание	12	Данные не доступны

Занимают 1 байт, если значение 0x00 - ошибки нет (в текущей версии всегда передается это значение).

Статус сканера

Для запроса 7 возвращается 2-х байтовое значение текущего состояния сканера, представляющего собой набор бит:

Бит 0	Нет аварийных сигналов	1
Бит 1	Нет внешних аварийных сигналов	2
Бит 2	Нет аварийных сигналов по температуре	4
Бит 3	Нет понижения температуры, ниже рабочей	8
Бит 4	Нет повышения температуры, выше рабочей	16
Бит 5	Сканер не в режиме выключения	32
Бит 6	Лазер выключен	64
Бит 7	Лазер обесточен	128
Бит 8	Управление питанием лазера запрещено	256
Бит 9	Неправильная контрольная сумма энергонезависимой памяти	512
Бит 10	Ошибка калибровочной таблицы	1024
Бит 11	Лазер готов к работе	2048
Бит 12	Лазер включен	4096
Бит 13	Резерв	8192
Бит 14	Резерв	16384
Бит 15	Резерв	32768

В текущей версии протокола всегда установлен бит 11 ("Лазер готов к работе"), а биты 6 ("Лазер выключен") и 12 ("Лазер включен") отражают реальное состояние лазера сканера.

Формат представления координат

Каждая координата, передаваемая в ответ на запрос 7, передается в виде 2-х байт в формате дополнения до двух, первый байт - старший, знаковый бит - старший в старшем байте. Значения координат и других метрических величин передаются умноженными на 0,01 мм (это значит, что значение 9,51 мм будет передано как 951).

Пример обмена данными между сканером и роботом

Запрос роботом статуса сканера: [0x01] [0x01] [0x06]

Ответ сканера роботу: [0x82] [0x00] [0x08] [0x40]

где:

[0x82] - означает ответ сканера;

[0x00] - нет ошибки;

[0x08] - старший байт статуса $0x08 * 256 = 2048$ - лазер готов к работе

[0x40] - старший байт статуса $0x40 = 64$ - лазер выключен