

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ (РОСБИОТЕХ)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОСБИОТЕХ)»

### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО МДК 03.03

#### «ОБСЛУЖИВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

Уровень образования:	Среднее профессиональное образование
Специальность	15.02.10 Мехатроника и робототехника (по отраслям)
Квалификация	специалист по мехатронике и робототехнике
Форма обучения	Очная
Срок освоения образовательной программы в соответствии с ФГОС (очная форма)	2 г. 10 м. (на базе среднего общего образования)
Год начала подготовки	2026 г.
Период освоения дисциплины	3 семестр
Форма контроля	Экзамен

г. Москва 2025 г.

## 1. Область применения.

Фонд оценочных средств (ФОС) является неотъемлемой частью программы дисциплины при реализации программы подготовки специалистов среднего звена (ППСЗ) среднего профессионального образования (СПО) по специальности:

### 15.02.10 МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА (ПО ОТРАСЛЯМ)

Оценочные фонды разрабатываются для проведения оценки степени соответствия фактических результатов обучения при изучении дисциплины запланированным результатам обучения, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, а также сформированности компетенций, установленных программой подготовки специалистов среднего звена.

Таблица 1  
**Паспорт фонда оценочных средств**

Компетенции	Знать:	Уметь:	Владеть навыками (иметь практический опыт):
ПК 1.1. Выполнять сборку различных узлов мехатронных устройств и систем	номенклатура датчиков, используемых в РТС;	читать техническую документацию в объеме, необходимом	– выбирать датчики для РТС;
ПК 1.2. Выполнять снятие и установку датчиков мехатронных устройств и систем	типовые схемы подключения датчиков РТС;	– для выполнения задания;	– проводить монтаж датчиков РТС;
ПК 1.3. Производить наладку и регулировку различных узлов и агрегатов мехатронных устройств и систем	компоненты системы машинного зрения;	– соблюдать правила эксплуатации оборудования и оснастки	– проводить коммутацию датчиков с блоком управления РТС;
ПК 1.4. Проводить настройку комплексов следящих приводов в составе мехатронных устройств и систем	технологии проведения монтажных работ;	– при выполнении работ в соответствии с заданием;	– проводить калибровку датчиков РТС;
ПК 1.5. Выполнять установку программного обеспечения электронных и компьютерных модулей и узлов мехатронных устройств и систем	назначение инструмента для установки навесного оборудования на РТС;	– выбирать необходимый инструмент для проведения монтажных работ;	– подбирать необходимый инструмент и приспособления для установки навесного оборудования РТС;
	номенклатура и принцип действия навесного оборудования;	– определять необходимые для выполнения конкретного задания датчики РТС;	– проводить профилактические работы на РТС при подготовке к монтажу навесного оборудования РТС;
	инструкции по эксплуатации используемого навесного оборудования в объеме, необходимом для выполнения задания согласно профилю деятельности работодателя;	– настраивать чувствительность датчиков РТС;	– проверять агрегаты, детали и комплектующие РТС на наличие дефектов или повреждений;
	виды и методы измерений технологических параметров средств и систем роботизации;	– читать техническую документацию в объеме, необходимом для выполнения задания;	– устанавливать навесное оборудование на базу РТС;
	основные метрологические понятия и нормируемые метрологические характеристики средств	– соблюдать правила эксплуатации оборудования и оснастки	– синхронизировать навесное оборудование с блоком управления и питания РТС;
		– при выполнении работ в соответствии с заданием;	
		– выполнять слесарные работы;	
		– выполнять отладку процесса передачи информации с	

<p>ПК 1.6. Проводить конфигурирование и настройку программного обеспечения мехатронных устройств и систем</p> <p>ПК 1.7. Проводить конфигурирование и настройку программного обеспечения клиент-серверных систем сбора и анализа данных (промышленного интернета вещей)</p> <p>ПК 1.8. Проводить конфигурирование и настройку параметров информационной вычислительной сети мехатронной системы</p> <p>ПК 1.9. Проводить комплексную настройку мехатронных устройств и систем с использованием программного обеспечения контроллеров и управляющих электронно-вычислительных машин, их устройств управления</p> <p>ПК 2.1. Выявлять внешние дефекты узлов и агрегатов мехатронных устройств и систем в результате их внешнего осмотра</p>	<p>и систем роботизации;</p> <p> типовые структуры измерительных устройств, методы и средства измерений технологических параметров средств и систем роботизации;</p> <p> инструкции по эксплуатации используемого навесного оборудования в объеме, необходимом для выполнения задания согласно профилю деятельности работодателя;</p> <p> технологии беспроводной передачи данных;</p> <p> способы и системы управления и РТС;</p> <p> программное обеспечение для управления РТС и навесным оборудованием;</p> <p> классификация средств роботизации;</p> <p> устройство и назначение средств роботизации;</p> <p> последовательность выполнения и средства контроля работ при пуске и наладке средств роботизации;</p> <p> принципы действия, устройства и конструктивные особенности средств измерения технологических параметров средств и систем роботизации;</p> <p> устройство, конструкция и расположение оборудования, механизмов и систем управления;</p> <p> способы и методы</p>	<p>– навесного оборудования в блок управления РТС</p> <p>– выявлять неисправности навесного оборудования РТС;</p> <p>– выбирать метод и вид измерения средств и систем</p> <p>– роботизации;</p> <p>– пользоваться измерительной техникой, различными приборами и типовыми элементами средств и систем</p> <p>– роботизации;</p> <p>– осуществлять рациональный выбор средств и систем</p> <p>– роботизации;</p> <p>– выбирать элементы автоматики для конкретной системы</p> <p>– управления робототехнических устройств и систем;</p> <p>– производить монтаж, пуск, наладку и ремонт средств и систем</p> <p>– роботизации;</p> <p>– производить обоснованный выбор средств измерений и</p> <p>– автоматизации;</p> <p>– читать чертежи, технологические и ремонтные схемы</p> <p>– роботизации;</p> <p>– выполнять отладку процесса передачи информации с</p> <p>– навесного оборудования в блок управления РТС;</p> <p>– читать техническую документацию в объеме, необходимом</p> <p>– для выполнения задания;</p> <p>– оформлять техническую документацию;</p> <p>– применять различные</p>	<p>– выполнять работы по монтажу и настройке средств</p> <p>– роботизации;</p> <p>– выполнять работы по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту средств роботизации;</p> <p>– синхронизировать навесное оборудование с блоком</p> <p>– управления и питания РТС;</p> <p>– организовывать посты управления РТС (рабочее место – оператора) в соответствии с заданием и требованиями охраны</p> <p>– труда;</p> <p>– проводить пуск и останов РТС;</p> <p>– задавать управляющие воздействия для координации</p> <p>– перемещения РТС;</p> <p>– обрабатывать данные, полученных с внутренних систем</p> <p>– контроля РТС и навесного оборудования;</p> <p>– выполнять работ по техническому мониторингу состояния и</p> <p>– диагностированию средств роботизации;</p> <p>– контроль и метрологическое обеспечение средств и систем</p> <p>– роботизации;</p> <p>– выполнять работы по пуску, наладке и испытаниям средств</p> <p>– роботизации;</p> <p>– контролировать исполнение РТС заданной программы</p>
---	--	--	---

<p>ПК 2.2. Проверять соответствие диагностируемых параметров узлов, агрегатов и электронных модулей мехатронных устройств и систем требованиям эксплуатационной документации</p> <p>ПК 2.3. Проводить контроль работоспособности программного обеспечения электронных устройств управления, приводов и датчиков мехатронных устройств и систем</p> <p>ПК 2.4. Выявлять отработавшие ресурс или вышедшие из строя компоненты мехатронных устройств и систем</p> <p>ПК 2.5. Заменять отработавшие ресурс или вышедшие из строя компоненты мехатронных устройств и систем</p> <p>ПК 2.6. Проводить контроль корректности работы и обновление программного обеспечения мехатронных устройств и систем</p>	<p>обработки данных, полученных с внутренних систем контроля РТС и навесного оборудования; инструкции по эксплуатации используемого навесного оборудования РТС в объеме, необходимом для выполнения задания; устройство, конструкция, расположение и назначение оборудования, механизмов и систем управления РТС; уязвимые и малонадежные элементы РТС; алгоритмы поиска и устранения неисправностей; порядок осуществления контроля функционирования РТС</p> <p>5</p>	<p>способы управления РТС;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– производить поверку, настройку приборов;</li> <li>– производить монтаж, пуск, наладку и ремонт средств и систем</li> <li>– роботизации;</li> <li>– выполнять пусконаладочные работы средств роботизации;</li> <li>– читать техническую документацию в объеме, необходимом</li> <li>– для выполнения задания;</li> <li>– оформлять техническую документацию;</li> <li>– навесного оборудования и окружающей среды;</li> <li>– выявлять негативные факторы окружающей среды,</li> <li>– затрудняющие работу внутренних систем РТС и навесного оборудования;</li> <li>– применять различные способы управления РТС;</li> <li>– анализировать и оформлять данные, полученные с навесного оборудования РТС;</li> <li>– соблюдать правила эксплуатации оборудования и оснастки</li> <li>– при выполнении работ в соответствии с заданием;</li> <li>– соблюдать требования охраны труда, пожарной и</li> <li>– экологической безопасности при выполнении работ в</li> <li>– соответствии с заданием;</li> <li>– применять первичные средства пожаротушения и средства</li> <li>– индивидуальной защиты;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– управления;</li> <li>– координировать работу навесного оборудования РТС;</li> <li>– обрабатывать данные, полученные с внутренних систем</li> <li>– контроля РТС и навесного оборудования;</li> <li>– проводить плановое техническое обслуживание РТС;</li> <li>– проводить текущий ремонт РТС;</li> <li>– диагностировать состояние внешних и внутренних систем</li> <li>– РТС;</li> <li>– устранять мелкие неисправности, возникающие в ходе эксплуатации РТС;</li> <li>– проводить тестовый запуск РТС после устранения</li> <li>– неисправностей;</li> <li>– заменять вышедшие из строя узлы и агрегаты РТС</li> </ul>
---	--	---	--

ПК 2.7. Проводить текущее техническое обслуживание узлов и агрегатов мехатронных устройств и систем		<ul style="list-style-type: none"> <li>– производить ремонтные операции по устранению</li> <li>– неисправностей во внешних и внутренних системах РТС;</li> <li>– осуществлять проверку, регулировку и испытание узлов и агрегатов РТС;</li> <li>– осуществлять контроль функционирования РТС после текущего ремонта; оформлять техническую документацию;</li> </ul>	
---	--	---	--

### Цели и задачи фонда оценочных средств.

Целью ФОС является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта ФГОС СПО по ОПОП.

ФОС предназначен для решения задач контроля достижения целей реализации ОПОП СПО и обеспечения соответствия результатов обучения области, сфере, объектам профессиональной деятельности, области знаний и типам задач профессиональной деятельности.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Распределение часов дисциплины  
по семестрам

Семестр(<Курс>. <Семестр на курсе>)	3(2.1)		Итого	
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	40	40	40	40
Лабораторные	42	42	42	42
Итого ауд.	82	82	82	82
Контактная работа	82	82	82	82
Сам. работа	6	6	6	6
Итого	90	90	90	90

### Задания для промежуточной аттестации с ключами ответов

№ вопроса	Формулировка тестовых заданий	Варианты ответов	Правильный ответ
1.	Основная цель системы планово-предупредительного ремонта (ППР) робототехнических систем — это: работа?	а) Полная замена оборудования после истечения гарантийного срока. б) Снижение стоимости новых роботов. в) Предотвращение внезапных отказов и поддержание оборудования в работоспособном состоянии. г) Увеличение скорости работы робота.	б) Монтажная схема (сборочный чертеж)
2.	К ежемесенному техническому обслуживанию (ТО) НЕ относится:	а) Визуальный осмотр на наличие повреждений и утечек. б) Проверка и подтяжка	б) Соответствие фундамента/основания проектным

		<p>электрических соединений.</p> <p>с) Замена редуктора манипулятора.</p> <p>д) Очистка сенсоров и корпуса от загрязнений.</p>	<p>требованиям (ровность, прочность, разметка)</p>
3.	Для диагностики технического состояния сервопривода робота НЕ используют:	<p>а) Визуальный контроль на наличие посторонних шумов и вибраций.</p> <p>б) Анализ кодов ошибок в системе управления.</p> <p>с) Замер тока холостого хода и под нагрузкой.</p> <p>д) Проверку уровня масла в гидросистеме цеха.</p>	<p>в) Силовая электрическая цепь (питание 380В)</p>
4.	Периодичность проведения ежемесячного ТО устанавливается в первую очередь на основании:	<p>а) Желания оператора.</p> <p>б) Регламентов производителя оборудования и условий эксплуатации.</p> <p>с) Распоряжения начальника цеха.</p> <p>д) Графика отпусков обслуживающего персонала.</p>	<p>б) Поверочная линейка и набор щупов (или лазерный нивелир)</p>
5.	Люфт в сочленении робота-манипулятора может привести к:	<p>а) Увеличению энергопотребления.</p> <p>б) Повышению точности позиционирования.</p> <p>с) Накоплению статического электричества.</p> <p>д) Увеличению производительности.</p>	<p>а) Комплекс работ по вводу смонтированной системы в эксплуатацию: проверка, настройка, пробный пуск</p>
6.	Какой документ оформляется при обнаружении неисправности во время планового ТО?	<p>а) Путевой лист.</p> <p>б) Дефектная ведомость.</p> <p>с) Техническое задание на проектирование.</p> <p>д) Акт ввода в эксплуатацию.</p>	<p>б) Для затяжки резьбовых соединений с заданным моментом, предотвращающим ослабление или срыв резьбы</p>
7.	К операциям текущего ремонта робототехнической системы относится:	<p>а) Программирование новой технологической операции.</p> <p>б) Замена вышедшего из строя датчика положения.</p> <p>с) Модернизация системы управления.</p> <p>д) Ежедневная смазка направляющих.</p>	<p>б) Акт о проведении пусконаладочных работ и вводе в эксплуатацию</p>
8.	При блокировке (лoкировании) оборудования для безопасного проведения работ НЕОБХОДИМО:	<p>а) Отключить питание и вывесить предупреждающий плакат.</p> <p>б) Увеличить скорость работы соседних роботов.</p> <p>с) Проинформировать только непосредственного начальника.</p> <p>д) Отключить только приводы, оставив систему управления под напряжением.</p>	<p>в) Обучение персонала правилам безопасной эксплуатации и выполнению базовых операций</p>
9.	Калибровка датчиков силы/момента робота необходима для:	<p>а) Увеличения максимальной скорости движения.</p> <p>б) Повышения точности силомоментного контроля и безопасности.</p> <p>с) Изменения цвета световой индикации.</p>	<p>б) Проверка корректности сборки, отсутствия столкновений, правильности работы всех осей и датчиков</p>

		d) Подключения робота к Wi-Fi.	
10.	Программная ошибка «Ось вне допустимого диапазона» (Axis out of range) указывает на проблему в:	a) Системе охлаждения контроллера. b) Механическом ограничителе хода оси. c) Конфигурации программных пределов движения. d) Цвете окраски корпуса робота.	б) Проверка корректности сборки, отсутствия столкновений, правильности работы всех осей и датчиков
11.	Технологическая карта — это документ, который регламентирует:	a) Заработную плату инженеров. b) Последовательность и содержание операций по наладке или проверке. c) Финансовую отчетность предприятия. d) График отпусков персонала.	б) Сечение кабеля, тип экранирования и схему подключения (фазировку), указанные в электрической схеме
12.	Основная причина проведения сезонного ТО — это:	a) Изменение производственного плана. b) Смена времени года и связанные с этим изменения температуры и влажности. c) Желание провести инвентаризацию. d) Необходимость обновить программное обеспечение.	б) Защиту персонала от поражения электрическим током и защиту оборудования от помех и статического электричества
13.	При анализе вибрации и шума редуктора робота наиболее вероятная причина — это:	a) Неправильная IP-настройка сети. b) Износ подшипников или повреждение зубьев шестерни. c) Низкий заряд батареи резервного питания. d) Устаревшая версия текстового редактора на ПК.	б) Industrial Ethernet (Profinet, EtherNet/IP) или полевые шины (Profibus, DeviceNet)
14.	Для ведения журнала ТО и отчетов о проведенных работах предпочтительнее всего использовать:?	a) Блокнот и ручку. b) Устные распоряжения. c) Электронные таблицы или специализированные MES-системы. d) Сообщения в мессенджере.	б) Устройство, устанавливаемое на фланец манипулятора: сварочная горелка, схват, шлифовальный инструмент
15.	Экономические последствия длительного простоя робототехнического комплекса обусловлены в первую очередь:	a) Увеличением времени на ТО. b) Невозможностью отправлять сообщения по электронной почте. c) Невыполнением производственного плана и потерей прибыли. d) Повышением квалификации персонала в простое.	а) Способность робота выводить инструмент в запрограммированную точку пространства с заданной повторяемой ошибкой
16.	Установите соответствие между видом технического обслуживания (1-5) и его характерным содержанием (А-Д).	1. Ежедневное ТО 2. Еженедельное ТО 3. Ежемесячное ТО 4. Сезонное ТО 5. Текущий ремонт  Содержание работ: А. Замена фильтров систем вентиляции и смазки, проверка момента затяжки критических болтовых соединений. Б. Устранение выявленных отказов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1-Б, 2-А, 3-Д, 4-Г, 5-В</li> <li>•</li> </ul>

		<p>путем замены или восстановления компонентов (датчик, предохранитель, щетки сервомотора).</p> <p>В. Проверка уровня и состояния смазочных материалов, подготовка систем к работе в условиях повышенной/пониженной температуры.</p> <p>Г. Визуальный осмотр, проверка сигнальных ламп, очистка наружных поверхностей от стружки и пыли.</p> <p>Д. Проверка и очистка контактных групп, тестовый прогон программы на малой скорости для выявления аномалий.</p>	
17.	<p>Установите соответствие между внешним признаком неисправности РТК и вероятной причиной.</p>	<p>1. Робот не выходит точно в заданную позицию, «проскальзывает».</p> <p>2. Движение оси рывками, слышен скрежет или стук.</p> <p>3. Искрение, запах гари из сервомотора, срабатывание защиты по току.</p> <p>4. Система управления не включается, отсутствует индикация на панели оператора.</p> <p>5. Потеря связи с периферийным оборудованием (захват, датчики) в ячейке.</p> <p>Причина:</p> <p>А) Неисправность или сбой в настройках сетевого интерфейса (EtherCAT, PROFINET и т.д.).</p> <p>Б) Износ или повреждение механической передачи (редуктор, шпонка, зубья шестерни).</p> <p>В) Межвитковое замыкание или пробой изоляции обмоток двигателя.</p> <p>Г) Сбой или недостаточное питание контроллера, неисправность блока питания.</p> <p>Д) Износ или неисправность энкодера (датчика обратной связи по положению).</p>	1-Д, 2-Б, 3-В, 4-Г, 5-А
18.	<p>Установите соответствие между основным узлом робота и инструментом/прибором для его диагностики.</p>	<p>1. Узел:</p> <p>2. Редуктор и механические передачи</p> <p>3. Сервопривод (силовая часть)</p> <p>4. Датчики (энкодеры, концевые)</p> <p>5. Система управления (контроллер)</p> <p>6. Сеть передачи данных</p> <p>Инструмент/прибор:</p> <p>А) Мультиметр, осциллограф для проверки сигналов и целостности цепи.</p> <p>Б) Динамический люфтометр, виброанализатор, стетоскоп.</p>	1-Б, 2-В, 3-А, 4-Д, 5-Г



		<p>В) Клещи для измерения тока, термограф (тепловизор).</p> <p>Г) Сетевой анализатор, тестовый стенд для проверки пакетов данных.</p> <p>Д) Программное обеспечение для чтения диагностических логов и кодов ошибок.</p>	
19.	<p>Установите соответствие между видом технической документации и ее основным назначением.</p>	<p>1. Документация:</p> <p>2. Паспорт оборудования</p> <p>3. Руководство по эксплуатации (РЭ)</p> <p>4. Электрическая схема</p> <p>5. Дефектная ведомость</p> <p>6. Технологическая карта (ТК) на ТО</p> <p>Назначение:</p> <p>А) Определяет последовательность, нормы времени и средства для выполнения конкретной операции обслуживания.</p> <p>Б) Содержит основные технические данные, гарантийные обязательства и свидетельство о приемке.</p> <p>В) Фиксирует выявленные неисправности, предложения по их устранению и смету затрат.</p> <p>Г) Описывает правила транспортировки, монтажа, пуска, эксплуатации, ТО и ремонта.</p> <p>Д) Показывает соединения электрических компонентов, маркировку проводов и клемм.</p>	1-Б, 2-Г, 3-Д, 4-В, 5-А
20.	<p>Установите соответствие между компетенцией специалиста (ПК) и практическим действием по обслуживанию РТК.</p>	<p>1. ПК 2.1. Выявлять внешние дефекты узлов... в результате их внешнего осмотра.</p> <p>2. ПК 2.3. Проводить контроль работоспособности программного обеспечения...</p> <p>3. ПК 2.5. Заменять отработавшие ресурс или вышедшие из строя компоненты...</p> <p>4. ПК 2.7. Проводить текущее техническое обслуживание узлов и агрегатов...</p> <p>5. ПК 1.4. Проводить настройку комплексов следящих приводов...</p> <p>Практическое действие:</p> <p>А) Проведение тестового прогона программы и анализ логов на предмет ошибок выполнения.</p> <p>Б) Выполнение операций смазки, очистки и проверки крепежа согласно регламенту.</p> <p>В) Визуальное обнаружение трещин на корпусе, подтеков масла, обрыва кабеля.</p> <p>Г) Процедура замены изношенной</p>	1-В, 2-А, 3-Г, 4-Б, 5-Д

		щеточного узла серводвигателя. Д) Калибровка датчиков обратной связи и настройка PID-регуляторов контура положения привода.	
21.	Опишите последовательность действий специалиста при подготовке робототехнического комплекса к выводу в плановый ремонт. Какие меры безопасности являются обязательными?		Последовательность: Остановка технологического цикла, перевод робота в ручной режим, возврат в нулевую/домашнюю позицию. Меры безопасности: Полное отключение электропитания (силового и управляющего) на распределительном щите, блокировка (локирование) рубильника и вывешивание плаката «НЕ ВКЛЮЧАТЬ! Работают люди». Сброс пневмо- или гидронапора в системах, если они есть.
22.	Перечислите и кратко охарактеризуйте основные виды технической документации, которые используются при проведении пусконаладочных работ робототехнической системы.		Виды документации: Паспорт оборудования (основные параметры), Руководство по эксплуатации (инструкции по ТО), Руководство по программированию, Электрические схемы, Монтажные схемы, Технологические карты наладки, Журналы учета работ. .
23.	В чем заключаются основные особенности обслуживания робототехнических систем по сравнению с обслуживанием традиционного станка с ЧПУ? Назовите не менее трех отличий.		Отличия: 1) Большая сложность кинематики и большее число степеней свободы, требующих согласованного обслуживания. 2) Критическая важность программного обеспечения и его

			конфигурации наравне с «железом». 3) Повышенные требования к безопасности из-за большой рабочей зоны и возможности непредсказуемых траекторий при сбое.
24	Каковы основные цели и задачи проведения диагностических процедур (например, тестирование сервоприводов, калибровка датчиков) в рамках планового ТО?		Цели диагностики: 1) Оценка текущего технического состояния компонентов. 2) Раннее выявление предотказных состояний. 3) Прогнозирование остаточного ресурса. 4) Подтверждение корректности работы после ТО или ремонта. 5) Сбор данных для оптимизации регламентов обслуживания.
25.	Объясните, как культура строгого соблюдения регламентов ТО и производственной дисциплины влияет на экономическую эффективность эксплуатации робототехнического комплекса.		Влияние: Снижает риск внезапных дорогостоящих простоев и аварий. Увеличивает межремонтный период и общий срок службы оборудования. Позволяет планировать затраты на запчасти и работы. Минимизирует брак продукции из-за неисправного оборудования. Формирует предсказуемую и управляемую эксплуатацию, что напрямую влияет на себестоимость продукции и прибыль.

**Примерные контрольные вопросы для зачёта и экзамена:**

1. Дайте определение и раскройте цели системы планово-предупредительного ремонта (ППР) робототехнических комплексов (РТК).
2. Опишите структуру и основные виды технического обслуживания (ТО) РТК (ежесменное, периодическое, сезонное). Их задачи и периодичность.
3. Что включает в себя понятие «нормы трудоемкости работ по ТО» и от чего они зависят?
4. Раскройте содержание и последовательность операций ежесменного (ежедневного) ТО промышленного робота.
5. Каковы особенности и основные работы при проведении ежемесячного и сезонного ТО РТК?
6. Объясните экономическое обоснование проведения регулярного ТО. Каковы последствия несвоевременного или некачественного обслуживания?
7. Опишите конструкцию, типы и основные эксплуатационные требования к редукторам (циклоидальным, гармоническим, планетарным), применяемым в роботах.
8. Охарактеризуйте сервоприводы роботов: состав, принцип работы, ключевые параметры для контроля при ТО (ток, нагрев, вибрация).
9. Перечислите основные типы датчиков в РТК (позиции, усилия, зрения, безопасности). Их назначение, типовые неисправности и требования к обслуживанию.
10. Опишите архитектуру и основные компоненты системы управления роботом (контроллер, драйверы, шины связи). Каковы особенности их обслуживания?
11. Что такое кинематическая схема робота и как ее знание помогает при планировании обслуживания и диагностике?
12. Дайте определение технической диагностики. Каковы ее основные задачи применительно к РТК?
13. Опишите методы и средства диагностики механической части робота (контроль люфтов, вибрационный анализ, акустический контроль).
14. Опишите методы и средства диагностики электрической части и сервоприводов (замер токов и напряжений, термография, осциллография).
15. Как проводится диагностика с использованием встроенных средств системы управления (тесты, логи ошибок, диагностические экраны)?
16. Что такое прогнозирование остаточного ресурса? Какие методы и данные используются для его оценки для компонентов РТК?
17. Классифицируйте типовые неисправности РТК по месту возникновения (механика, электрика, гидравлика/пневматика, ПО). Приведите примеры.
18. Опишите внешние проявления, возможные причины и порядок устранения неисправности «повышенный шум и вибрация в оси робота».
19. Опишите внешние проявления, возможные причины и порядок устранения неисправности «потеря точности позиционирования».
20. Опишите внешние проявления, возможные причины и порядок устранения ошибки «перегрузка по току сервопривода».
21. Какие регулировочные работы необходимо регулярно проводить на РТК (натяжение ремней/цепей, зазоры, балансировка)? Опишите методику одной из них.
22. Перечислите операции, относящиеся к текущему ремонту РТК. Опишите последовательность замены типового компонента (например, датчика или щеток сервомотора).
23. Перечислите и охарактеризуйте основные виды технической документации, используемые при обслуживании и наладке РТК (постоянного и эксплуатационного характера).
24. Какую роль играют технологические карты (ТК) при проведении ТО и ремонта? Из каких разделов они состоят?
25. Каковы правила ведения эксплуатационной документации: журнала ТО, дефектной ведомости, отчета о ремонте?
26. Опишите порядок организации и документального оформления пусконаладочных работ РТК.
27. Изложите основные правила техники безопасности при работе с РТК. Чем они обусловлены?
28. Опишите полную процедуру безопасного вывода РТК в ремонт (блокирование/блокировка, обесточивание, сброс давления, вывешивание знаков).

29. Какие организационные мероприятия необходимо выполнить перед началом работ по ТО или ремонту на участке с роботами?
30. Как организовано рабочее место и какие средства индивидуальной и коллективной защиты используются специалистом по обслуживанию РТК?
31. В чем заключаются основные особенности обслуживания робототехнических систем по сравнению с обслуживанием станков с ЧПУ или другого станочного оборудования?
32. Каковы особенности обслуживания роботов, работающих в особых условиях (чистые помещения, взрывоопасные среды, пищевое производство)?
33. Как обслуживание робота связано с обслуживанием периферийного оборудования в робототехнической ячейке (конвейер, позиционер, система зрения)?
34. Опишите роль и задачи специалиста по мехатронике при комплексной настройке и обслуживании РТК. Какие компетенции (ПК) из программы наиболее важны?
35. Как обслуживание РТК соотносится с общими компетенциями мехатроника (понимание взаимосвязи механических, электрических и программных компонентов)?
36. Как используются методы клиент-серверных систем сбора данных (Промышленный Интернет Вещей, ПоТ) для мониторинга состояния и организации ТО РТК?
37. Каково влияние конфигурирования программного обеспечения и сетевых параметров на надежность и диагностируемость РТК?
38. В чем заключается важность ведения истории обслуживания (lifecycle management) и как она влияет на принятие решений о ремонте или модернизации?

#### **Критерии и шкалы оценивания.**

##### **Текущий контроль по дисциплине Экзамен**

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется в соответствии с локальным актом университета (положением), регламентирующим проведение текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся и организации учебного процесса с применением балльно-рейтинговой системы оценки качества обучения.

##### **Промежуточная аттестация по дисциплине**

##### **Форма промежуточной аттестации – .**

Оценка *«отлично»* выставляется обучающемуся, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, системно показана совокупность освоенных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Ответ формулируется при помощи научного категориально-понятийного аппарата, изложен последовательно, логично, доказательно, демонстрирует авторскую позицию студента.

Оценка *«хорошо»* выставляется обучающемуся, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Ответ изложен последовательно, логично и доказательно, однако допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется обучающемуся, если дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен научным языком. Могут быть допущены две-три ошибки в определении основных понятий, которые студент затрудняется исправить самостоятельно.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется обучающемуся, если дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связи между понятиями, концептуальные пересечения, структурные закономерности между различными объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

Результат обучения по дисциплине считается достигнутым при получении обучающимся оценки «зачтено», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично» по каждому из контрольных мероприятий, относящихся к данному результату обучения.

**Критерии оценки образовательных результатов обучающихся на зачете по дисциплине**

Качество освоения ОПОП рейтинговые баллы	Оценка зачета, зачета с оценкой (нормативная) 5-балльной шкале	Уровень достижений в компетенций	Критерии оценки образовательных результатов
--	--	----------------------------------	---

85-100	Зачтено, отлично	5,Высокий (продвинутый)	<p>ЗАЧТЕНО, ОТЛИЧНО заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала на занятиях и самостоятельной работе. При этом, рейтинговая оценка (средний балл) его текущей аттестации по дисциплине входит в диапазон 85-100.</p> <p>При этом, на занятиях, обучающийся исчерпывающе, последовательно, чётко и логически стройно излагал учебно-программный материал, умел тесно увязывать теорию с практикой, свободно справлялся с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, предусмотренные программой. Причем обучающийся не затруднялся с ответом при видоизменении предложенных ему заданий, правильно обосновывал принятое решение, демонстрировал высокий уровень усвоения основной литературы и хорошо знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины.</p> <p>Как правило, оценку «отлично» выставляют обучающемуся, усвоившему взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значение для приобретаемой профессии, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала. Рейтинговые баллы назначаются обучающемуся с учётом баллов текущей (на занятиях) и (или) рубежной аттестации (контроле).</p>
--------	---------------------	----------------------------	--

70-84	Зачтено, хорошо	4, Хороший (базовый)	<p>ЗАЧТЕНО, ХОРОШО заслуживает обучающийся, обнаруживший осознанное (твердое) знание учебно-программного материала на занятиях и самостоятельной работе. При этом, рейтинговая оценка (средний балл) его текущей аттестации по дисциплине входит в диапазон 70-84.</p> <p>На занятиях обучающийся грамотно и по существу излагал учебно-программный материал, не допускал существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применял теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владел необходимыми навыками и приёмами их выполнения, уверенно демонстрировал хороший уровень усвоения основной литературы и достаточное знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины.</p> <p>Как правило, оценку «хорошо» выставляют обучающемуся, показавшему систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Рейтинговые баллы назначаются обучающемуся с учётом баллов текущей (на занятиях) и (или) рубежной аттестации (контроле).</p>
-------	--------------------	-------------------------	--



60-69	Зачтено, 3, Достаточный (минимальный)	<p>Зачтено, 3, Достаточный (минимальный)</p> <p>УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО</p> <p>заслуживает обучающийся, обнаруживший минимальные (достаточные) знания учебно-программного материала на занятиях и самостоятельной работе. При этом, рейтинговая оценка (средний балл) его текущей аттестации по дисциплине входит в диапазон 60-69.</p> <p>На занятиях обучающийся демонстрирует знания только основного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей профессиональной работы, слабое усвоение деталей, допускает неточности, в том числе в формулировках, нарушает логическую последовательность в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических заданий и работ, знакомый с основной литературой, слабо (недостаточно) знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой.</p> <p>Как правило, оценку «удовлетворительно» выставляют обучающемуся, допускаяшему погрешности в ответах на занятиях и при выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.</p> <p>Рейтинговые баллы назначаются обучающемуся с учётом баллов текущей (на занятиях) и (или) рубежной аттестации (контроле).</p>
-------	---------------------------------------	---

Менее 60	Не зачтено, 2, неудовлетворите льно	Недостаточный (ниже минимального)	НЕ ЗАЧТЕНО, НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО выставляется обучающемуся, который не знает большей части учебно-программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы на занятиях и самостоятельной работе. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающемуся продемонстрировавшего отсутствие целостного представления по дисциплине, предмете, его взаимосвязях и иных компонентов. При этом, обучающийся не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на недостаточном уровне или не сформированы. Рейтинговые баллы назначаются обучающемуся с учётом баллов текущей (на занятиях) и (или) рубежной аттестации (контроле).
----------	---	---	---

Промежуточная аттестация может проводиться в форме компьютерного тестирования. Обучающемуся отводится для подготовки ответа на один вопрос открытого и закрытого типа не менее 5 минут.

Итоговая оценка при проведении зачёта и экзамена выставляется с использованием следующей шкалы.

Оценка	Правильно решенные тестовые задания (%)
«отлично»	90-100
«хорошо»	66-89
«удовлетворительно»	50-65
«неудовлетворительно»	0-49

## Лабораторная работа № 1

**Цель :** Изучить порядок ввода в эксплуатацию промышленных роботов KUKA путем первичной юстировки.

### Теоретическое обоснование

Промышленный робот можно оптимально использовать только в том случае, если он полностью и верно отъюстирован. Только в этом случае обеспечивается полная точность прохождения точек и траектории и вообще возможны запрограммированные перемещения. **При юстировке каждой оси робота присваивается отсчетное значение.** Полный процесс юстировки включает в себя юстировку каждой отдельной оси. С помощью технического вспомогательного средства (EMD = электронное наладочное устройство) каждой оси в механическом нулевом положении присваивается отсчетное значение (напр.,  $0^\circ$ ). Поскольку таким образом механические и электрические положения осей приводятся в соответствие, каждая ось получает однозначное значение угла. Положение юстировки является сходным для всех роботов, но все же не одинаковым. Даже отдельные роботы одного типа могут иметь некоторые различия в точности положения.

В целом, робот всегда должен быть отъюстирован. Юстировку следует выполнить в следующих случаях:

- при вводе в эксплуатацию;
- после проведения профилактических мероприятий на компонентах, которые задействованы в определении значения положения (напр., двигатель с синус.-косинус. преобразователем или RDC);
- если оси робота перемещались без системы управления, напр., с помощью устройства свободного вращения;
- после механических ремонтных работ/неисправностей сначала следует деюстировать робот перед тем, как можно будет провести юстировку (В таких случаях как: после замены редуктора; после перемещения до концевого упора со скоростью более 250 мм/с; после столкновения)

При неотъюстированных осях робота функции робота значительно

ограничены:

- программный режим невозможен: невозможно обработать запрограммированные точки;
- линейное перемещение вручную невозможно: перемещения в системах координат невозможны;
- программные концевые выключатели деактивированы.

При деюстированном работе программные концевые выключатели деактивированы. Робот может дойти до амортизаторов на концевых упорах, что может вызвать его повреждение, а амортизаторы придется заменить. Деюстированный робот по возможности не перемещать или в максимально возможной степени уменьшить ручную коррекцию.

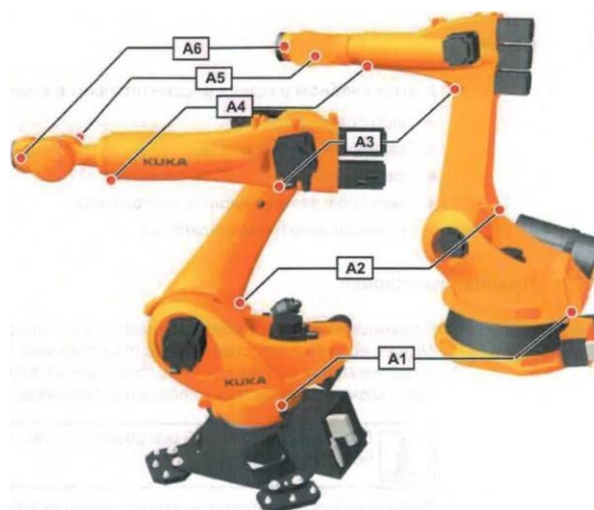


Рисунок 6 – Положение котиловочных патронов



Рисунок 7 – Использование EMD

В процессе юстировки определяется механическая нулевая точка оси. При этом ось перемещается до тех пор, пока не будет достигнута механическая нулевая точка. Это верно, когда измерительный штифт достиг самой нижней точки в измерительной насечке. Поэтому каждая ось оснащена юстировочным патроном и юстировочной меткой.

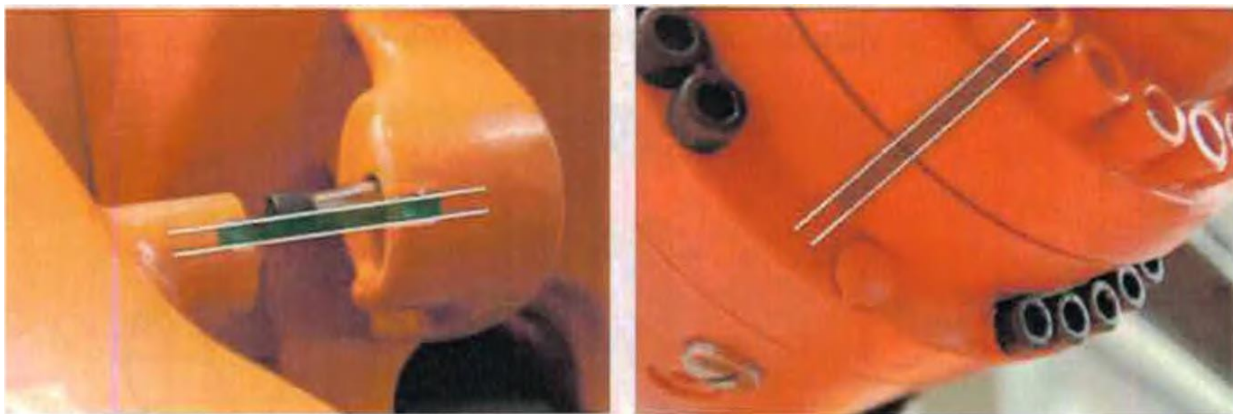
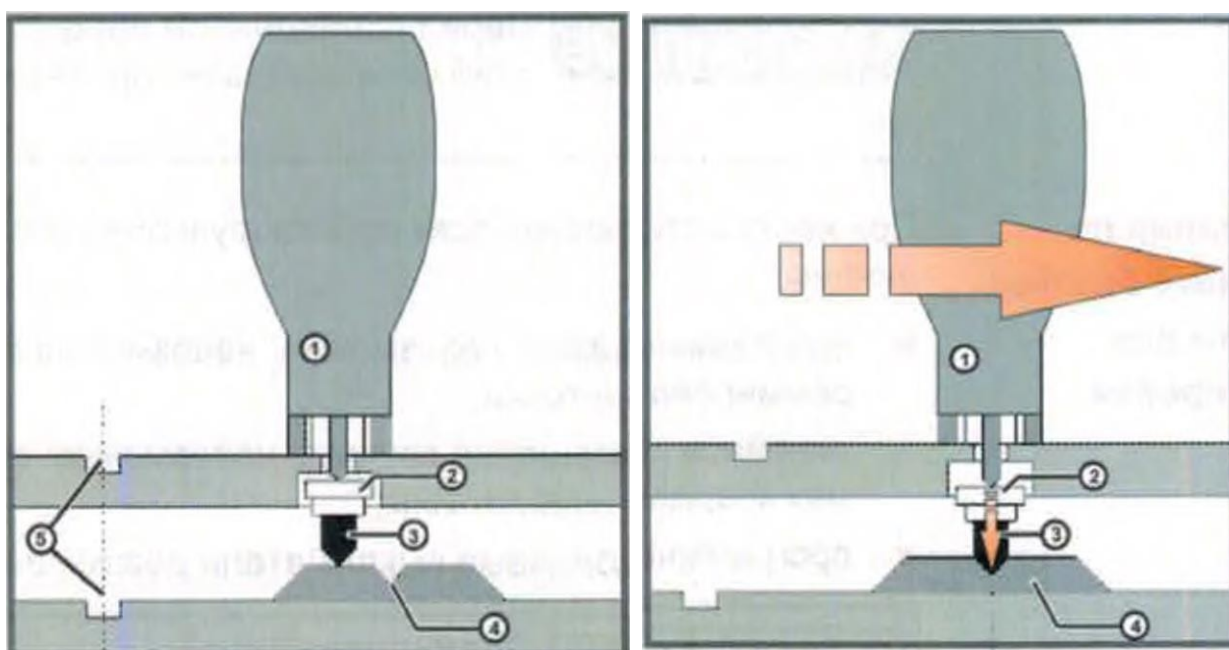


Рисунок 8 – Примеры предъюстировочного положения



1 Электронное наладочное устройство (EMD); 2 Измерительный патрон; 3 Измерительный штифт; 4 Измерительная насечка; 5 Предварительное обозначение юстировки

Рисунок 9 – Процесс юстировки EMD

*Порядок действий для первичной юстировки*

1. Привести робот в предъюстировочное положение.
2. В главном меню выбрать пункт **Ввод в эксплуатацию> Юстировка> EMD> С коррекцией нагрузки> Первичная юстировка**. Откроется окно. Будут показаны все юстируемые оси. Выделена ось с самым низким номером.
3. Снять с оси, выделенной в окне, защитную крышку измерительного патрона. Повернутое устройство EMD может служить в качестве отвертки. Навинтить устройство EMD на измерительный патрон.



Рисунок 10 – Привинченное к измерительному патрону устройство EMD

4. После этого подсоединить измерительный провод к устройству EMD и подключить его к разъему X32 на коробке выводов робота.

*Всегда привинчивать устройство EMD к измерительному патрону без измерительного провода. Только после этого подключить измерительный провод к устройству EMD. Иначе возможно повреждение измерительного провода. Точно так же при демонтаже устройства EMD сначала следует снять измерительный провод с устройства EMD. Только после этого снять устройство EMD с измерительного патрона. После выполнения юстировки отсоединить измерительный провод от разъема X32. В противном случае это может привести к помехам или материальному ущербу.*

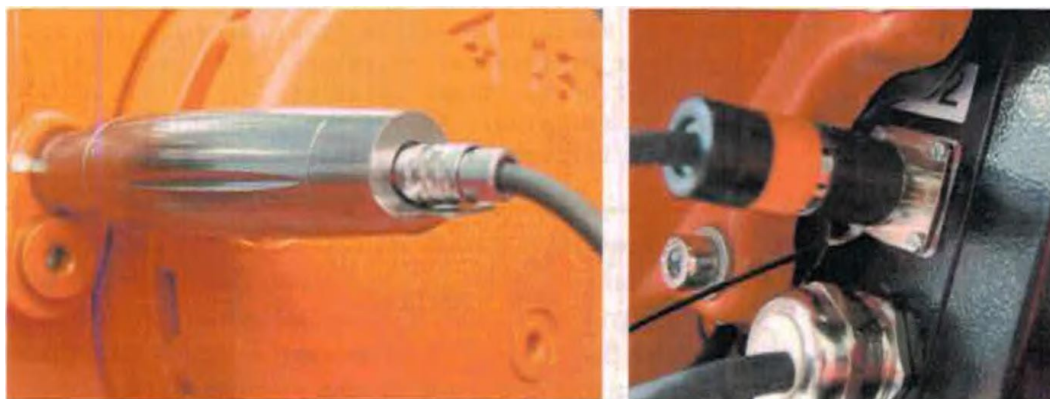


Рисунок 11 – Провод EMD, подключенный

5. Нажать кнопку Юстировка.
6. Нажать и удерживать нажатым переключатель подтверждения в среднем положении; нажать и удерживать нажатой клавишу запуска. Когда устройство EMD пройдет самую нижнюю точку измерительной насечки, положение юстировки будет достигнуто. Робот автоматически остановится. Значения сохранятся в памяти. Ось в окне будет затемнена.
7. Отсоединить измерительный провод от устройства EMD. Затем снять устройство EMD с измерительного патрона и снова установить защитную крышку.
8. Повторить шаги 2-5 для всех юстируемых осей.
9. Закрыть окно.
10. Отсоединить измерительный провод от разъема X32.

### **Аппаратура и материалы**

1 Промышленный робот

2 Справочная и специальная литература

### **Методика и порядок выполнения работы**

1. Изучить принцип юстировки
2. Записать алгоритм юстировки
3. На промышленном роботе определить места установки EMD
4. Письменно ответить на вопросы:
  - Для чего выполняется юстировка?
  - Принцип работы EMD
  - Что следует учитывать в случае с деюстированным роботом?

- Какие опасности существуют при перемещении робота с ввинченным устройством EMD (стрелочным индикатором)?
5. Подготовить отчет
  6. Выводы по лабораторной работе.

### **Содержание отчета и его форма**

1. Наименование и номер лабораторной работы.
2. Цель и содержание.
3. Письменные ответы на вопросы
4. В виде таблицы указать угол механического нулевого положения для всех осей.
5. Эскиз ПР с указанием мест установки EMD и места подключения кабеля X32.
6. Выводы по работе.

### **Вопросы по защите работы**

1. Как установить предъюстировочное положение.
2. Какое количество осей робота KUKA KR6 R900 Agilus необходимо юстировать?
3. Деюстировка робота

## **Лабораторная работа № 2**

### **Цель и содержание**

Изучить порядок калибровки инструмента промышленных роботов KUKA

### **Теоретическое обоснование**

Калибровка инструмента означает, что создается система координат, начало которой находится в точке начала отсчета инструмента. Эту точку начала отсчета называют TSP (Tool Center Point), системой координат является система координат TOOL.

Калибровка инструмента также включает в себя калибровку:

- точки TSP (начало системы координат);
- ориентации системы координат

Стоит отметить, что в программном интерфейсе KUKA может быть сохранено до 16 систем координат TOOL.

При калибровке сохраняется расстояние от системы координат TOOL (по оси X, Y и Z) до системы координат фланца, а также их поворот относительно друг друга (угол A, B и C).



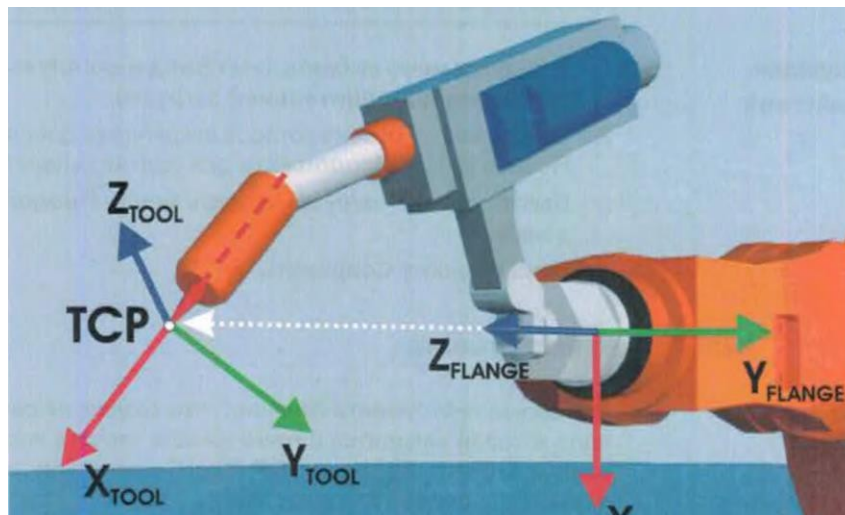


Рисунок 12 – Принцип калибровки TCP

Если была выполнена точная калибровка какого-либо инструмента, обслуживающий и программирующий персонал на практике получает следующие преимущества:

- улучшенное перемещение вручную:
  - возможность переориентации TCP (напр., головки инструмента);
  - перемещение в направлении удара инструмента;
- использование при программировании перемещения;
  - запрограммированная скорость перемещения сохраняется вдоль траектории перемещения у TCP;
  - кроме того, возможна заданная ориентация вдоль траектории перемещения.



Рисунок 13 – Программный режим с TCP

Калибровка инструмента состоит из 2 шагов:

Шаг	Описание
1	<p><b>Определение начала системы координат TOOL</b></p> <p>На выбор предлагаются следующие методы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ XYZ, 4 точки; ■ база отсчета XYZ.</li> </ul>

2	<p><b>Определение ориентации системы координат TOOL</b></p> <p>На выбор предлагаются следующие методы:</p> <p>■ <i>ABC, унив.</i>; ■ <i>ABC, 2 точки.</i></p>
Альтернатива	<p>Прямой ввод значений для расстояния до центра фланца (X, Y, Z) и поворота (A, B, C): ■ <i>цифровой ввод.</i></p>

**Калибровка TCP с помощью метода «XYZ, 4 точки».** Точку TCP калибруемого инструмента можно подвести к отсчетной точке из 4 различных направлений. Точку начала отсчета можно выбрать произвольно. Система управления роботом рассчитывает точку TCP, исходя из различных положений фланца.

4 положения фланца, из которых выполняется подвод к отсчетной точке, должны находиться на достаточном расстоянии друг от друга.

#### **Порядок действий при методе «XYZ, 4 точки»:**

1. Выбрать последовательность меню **Ввод в экспл. > Калибровка > Инструмент > XYZ, 4 точки**
2. Присвоить номер и имя калибруемому инструменту. Нажать для подтверждения кнопку ОК. (Для выбора доступны номера 1- 16)
3. Подвести точку TCP к отсчетной точке. Нажать для подтверждения кнопку ОК.
4. Подвести точку TCP к отсчетной точке с другого направления. Нажать для подтверждения кнопку ОК.
5. Дважды повторить шаг 4.
6. Нажать кнопку Сохранить.

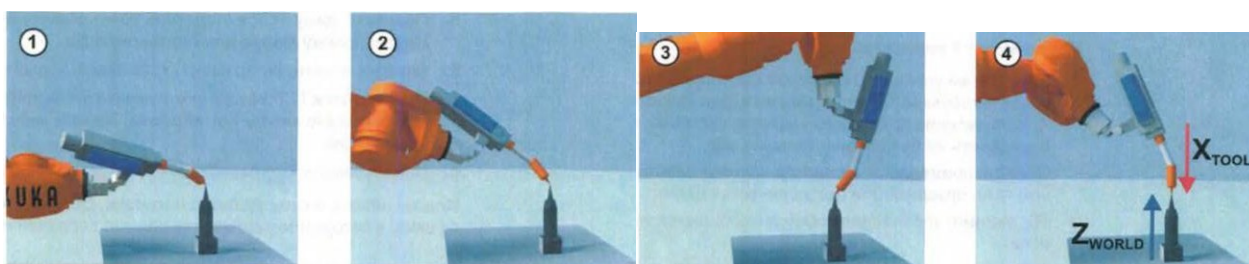
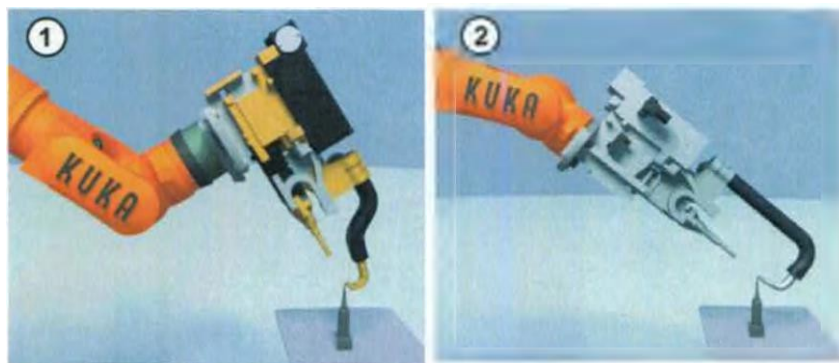


Рисунок 14 – Калибровка TCP с помощью метода «XYZ, 4 точки».

## Калибровка ТСР с помощью базы отсчета XYZ. При использовании базы отсчета



XYZ калибровка нового инструмента выполняется с использованием уже откалиброванного инструмента. Система управления роботом сравнивает положения фланца и рассчитывает ТСР нового инструмента.

Рисунок 15 – Калибровка ТСР с помощью базы отсчета XYZ

### Порядок действий

1. Условие: на установочном фланце установлен уже откалиброванный инструмент и известны данные точки ТСР.
  2. В главном меню выбрать пункт **Ввод в эксплуатацию > Калибровка > Инструмент > База отсчета XYZ**
  3. Присвоить номер и имя новому инструменту. Нажать кнопку **Далее** для подтверждения.
  4. Ввести данные ТСР уже откалиброванного инструмента. Нажать кнопку **Далее** для подтверждения.
  5. Подвести точку ТСР к отсчетной точке. Нажать кнопку **Калибровка**. Нажать кнопку **Далее** для подтверждения.
  6. Отвести и снять инструмент. Установить новый инструмент.
  7. Посредством ТСР нового инструмента выполнить подвод к отсчетной точке. Нажать кнопку **Калибровка**. Нажать кнопку **Далее** для подтверждения.
  8. Нажать кнопку **Сохранить**. Данные сохранятся, и окно закроется.
- Или же нажать кнопку **Данные нагрузки**. Данные сохранятся, и откроется окно, в котором можно ввести данные полезной нагрузки.

**Метод ориентации и калибровки ABC World.** Оси системы координат TOOL устанавливаются параллельно осям системы координат WORLD. Посредством этого системе управления роботом сообщается ориентация системы координат TOOL.

**Метод имеет 2 варианта:**

**5D:** системе управления роботом сообщается только направление удара инструмента. Направлением удара является по умолчанию ось X. Направление других осей задается системой, и оператор не может определить их без дополнительных мер.

Область применения: например, дуговая сварка в инертном/активном газе, лазерная или гидравлическая резка.

**6D:** системе управления роботом сообщается направление всех 3 осей.

Область применения: например, для сварочных клещей, захвата или сопел для нанесения клея.

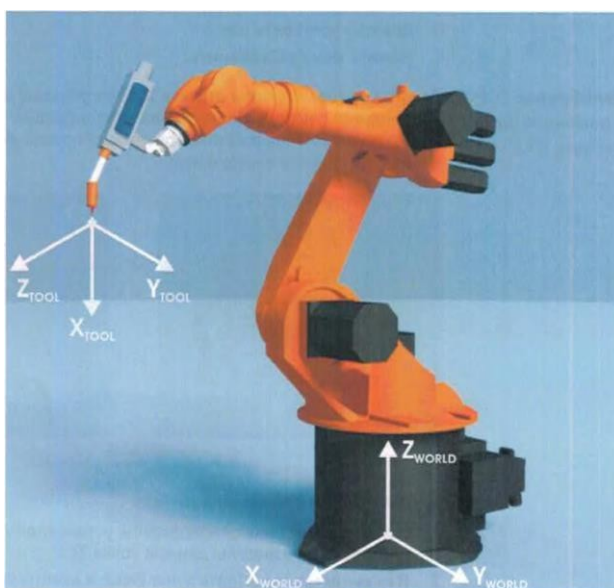


Рисунок 16 – Метод ABC унив.

#### Порядок действий для метода ABC World 5D

- Выбрать последовательность меню **Ввод в экспл. > Калибровка > Инструмент > ABC World**
- Ввести номер инструмента. Нажать для подтверждения кнопку **ОК**
- В поле **5D/6D** выбрать один из вариантов. Нажать для подтверждения кнопку **ОК**.
- Если выбрано 5D:  
установить  $+X_{TOOL}$  параллельно  $-Z_{WORLD}$  ( $+X_{TOOL}$  = направление удара инструмента).
- Нажать для подтверждения кнопку **ОК**.
- Нажать **Сохранить**

**Калибровка ориентации, метод «ABC,2 точки».** Системе управления роботом сообщаются оси системы координат TOOL путем подвода инструмента к одной точке на оси X и к одной точке в плоскости XY. Этот метод используется, если направления осей должны быть определены особенно точно. *Соблюдать следующий порядок действий, если*

*направление удара инструмента является направлением по умолчанию (= направление X).  
Если направление удара изменено на Y или Z, необходимо соответственно изменить порядок действий*

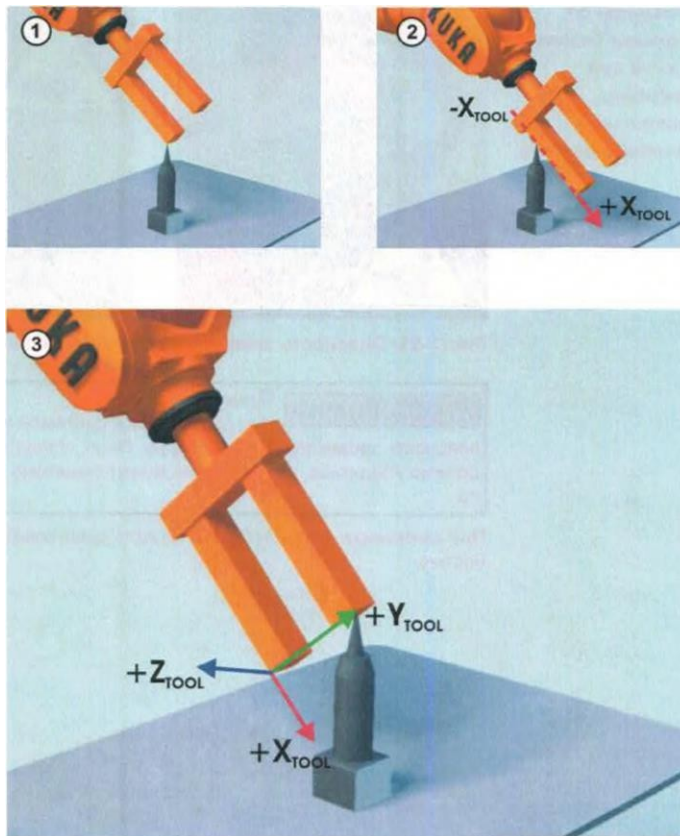


Рисунок 1. Калибровка заключается в том, чтобы точка TCP уже была откалибрована методом точки

В главном меню выбрать пункт **Ввод в эксплуатацию > Калибровка > Инструмент > ABC, 2 точки.**

XYZ. 2. Ввести номер установленного инструмента. Нажать кнопку **Далее** для подтверждения.

3. Посредством TCP подвести робот к любой отсчетной точке. Нажать кнопку **Калибровка**. Нажать кнопку **Далее** для подтверждения.

4. Переместить инструмент таким образом, чтобы отсчетная точка на оси X совпала с точкой с отрицательным значением X (т. е. против направления удара инструмента). Нажать кнопку **Калибровка**. Нажать кнопку **Далее** для подтверждения.

5. Переместить инструмент таким образом, чтобы отсчетная точка на плоскости XY совпала с точкой с положительным значением Y. Нажать кнопку **Калибровка**. Нажать кнопку **Далее** для подтверждения.

6. Нажать кнопку **Сохранить**. Данные сохранятся, и окно закроется.

Или же нажать кнопку **Данные нагрузки**. Данные сохраняются, и открывается окно, в котором можно ввести данные полезной нагрузки.

### Аппаратура и материалы

1 Промышленный робот

2 Справочная и специальная литература

## Методика

3. Письменно ответь на вопросы:

### выполнения

### работы

1. И

з

у

ч

и

т

ь

м

е

т

о

д

и

к

и

к

а

л

и

б

р

о

в

к

и

2. З

а

п

и

с

а

т

ь

м

е

т

о

д

и

к

и

к

а

л

и

б

р

о

в

к

- Зачем нужна калибровка ведомого роботом инструмента?

- Что определяется методом «XYZ. 4 точки»?

- Сколькими инструментами может управлять система управления (максимальное количество)?

- Расшифруйте аббревиатуру TSP

4. Подготовить отчет

5. Выводы по лабораторной работе.

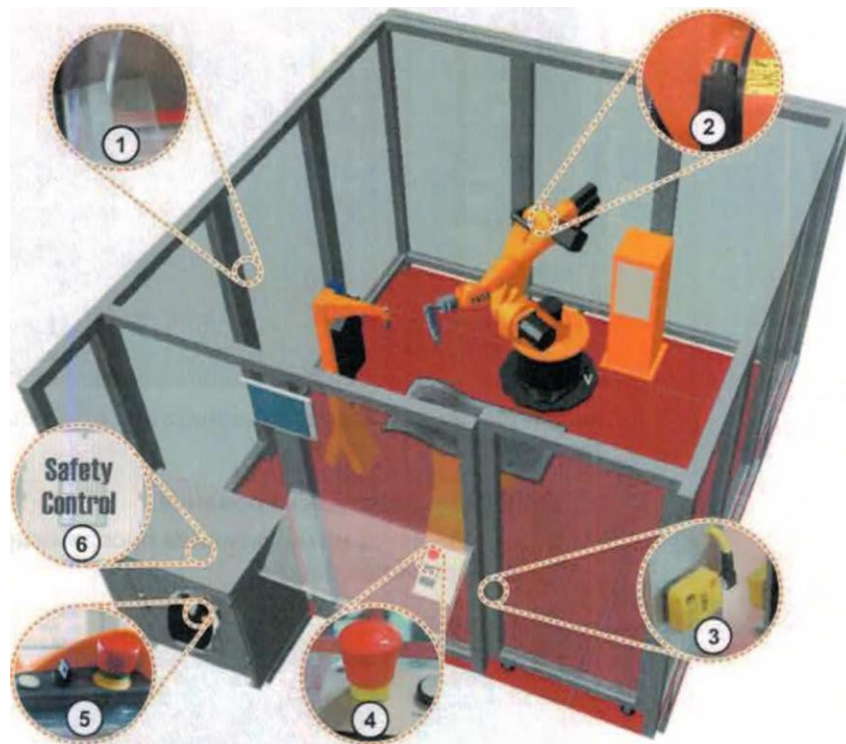


## Лабораторная работа № 3

**Цель работы:** Освоить принципы работы, конфигурацию и практическое применение встраиваемой и внешней систем безопасности промышленного робота (на примере KUKA KR C4) для обеспечения безопасного проведения работ по техническому обслуживанию, диагностике и ремонту.

### Система безопасности робота

Система робота всегда должна быть оснащена соответствующими предохранительными устройствами. К ним относятся, например, разъединяющие защитные устройства (ограждения, дверцы и т. д.), кнопки аварийного останова, переключатели безопасности, ограничители области осей и т. д.



**Учебная ячейка**

- 1 Защитное ограждение
- 2 Механические концевые упоры или ограничители области осей 1, 2 и 3
- 3 Защитная дверца с дверным контактом для контроля функции закрывания
- 4 Кнопка аварийного останова (внешняя)
- 5 Кнопка аварийного останова, клавиша подтверждения, замочный



выключатель для вызова менеджера соединений

## 6 Встроенная система управления безопасностью (V)KR C4

Промышленный робот оснащен кнопкой аварийного останова на КСР. Данную кнопку необходимо нажимать в опасной или аварийной ситуации.

Реакция промышленного робота при нажатии кнопки аварийного останова:

- манипулятор и дополнительные оси (опция) переключаются в режим безопасного останова 1.

Для продолжения работы следует деблокировать кнопку аварийного останова посредством вращения и квитировать появившееся после этого сообщение.

### ***Осторожно***

*Если от инструментов или других устройств, соединенных с манипулятором, может исходить опасность, необходимо интегрировать их в контур аварийного останова на установке.*

*Несоблюдение данного предупреждения может привести к гибели людей, тяжелым травмам или значительному материальному ущербу.*

Следует установить не менее одного внешнего устройства аварийного останова. В этом случае устройство аварийного останова доступно даже при отключенном устройстве КСР.

### **Внешний аварийный останов**

На каждой станции управления, которая может выполнить перемещение робота или создать другую опасную ситуацию, должны быть установлены устройства аварийного останова. За это несет ответственность системный интегратор.

Следует установить не менее одного внешнего устройства аварийного останова. В этом случае устройство аварийного останова доступно даже при отключенном устройстве КСР.

Внешние устройства аварийного останова подключаются через интерфейс пользователя. Внешние устройства аварийного останова не входят в комплект поставки промышленного робота.

### **Система защиты оператора**

Сигнал защиты оператора служит для блокировки разделительных защитных приспособлений, таких как защитные двери. Без этого сигнала невозможен автоматический режим работы. При потере сигнала во время работы в автоматическом режиме (например, при открытии защитных дверей) манипулятор переключается в режим безопасного останова 1.

В режимах тестирования «Вручную, пониженная скорость» (T1) и «Вручную, высокая скорость» (T2) система защиты оператора не действует

## **ОСТОРОЖНО**

*После потери сигнала запрещается продолжать работу в автоматическом режиме только посредством закрытия защитного приспособления; помимо этого, требуется квитирование. Об этом должен позаботиться системный интегратор. Это предотвращает возобновление работы в автоматическом режиме по неосторожности, когда в опасной зоне находятся люди, например, при закрытии защитной двери.*

■ *Квитирование должно быть организовано таким образом, чтобы предварительно проводилась фактическая проверка опасной зоны. Квитирование, которое не позволяет этого (например, из-за того, что оно автоматически следует за закрытием защитного устройства), является недопустимым*

■ *Несоблюдение данного предупреждения может привести к гибели людей, тяжелым травмам или значительному материальному ущербу*

## **Безопасный рабочий останов**

Безопасный рабочий останов также можно выполнить с помощью входа в пользовательском интерфейсе. Это состояние будет поддерживаться до тех пор, пока внешний сигнал будет находиться в состоянии FALSE. Как только внешний сигнал переключится в состояние TRUE, можно будет снова перемещать манипулятор. Квитирование не требуется.

## **Внешний безопасный останов 1 и внешний безопасный останов 2**

Внешний безопасный останов 1 и внешний безопасный останов 2 могут быть выполнены с помощью входа в интерфейс пользователя. Это состояние будет поддерживаться до тех пор, пока внешний сигнал будет находиться в состоянии FALSE. Как только внешний сигнал переключится в состояние TRUE, можно будет снова перемещать манипулятор. Квитирование не требуется.

## **Аппаратура и материалы**

- 1 Промышленный робот
- 2 Справочная и специальная литература

## **Методика и порядок выполнения работы**

1. Изучить теоретическое обоснование
2. Письменно подготовить ответы на вопросы
3. Подготовить отчет
4. Выводы по лабораторной работе.

## **Содержание отчета и его форма**

1. Наименование и номер лабораторной работы.
2. Цель и содержание.
3. Теоритическое обоснование
4. Ответы на вопросы.
5. Выводы по работе.

### **Вопросы по защите работы**

1. Техническое средство передающее управляющие сигналы на сервоприводы и дополнительные устройства промышленных роботов KUKA.
2. Количество дополнительных устройств которые могут управляться KR C4.
3. Каким образом в системе управления KRC4 может быть реализовано управление безопасностью. Какие технические средства могут быть для этого использованы?
4. По каким каналам (видам связи) может быть осуществлена связь с программируемыми системами управления (ПЛК), с дополнительными системами управления, а также с датчиками и исполнительными элементами
5. Отличительные особенности пульта KUKA smartPAD
6. Расположение кнопок управления перемещениями ПР
7. Язык программирования ПР KUKA
8. Виды программирования ПР KUKA. Для каких ситуаций какой вид программирования применим (Приведите примеры)
9. Системы безопасности. Виды защиты