

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Основы роботизированного производства в машиностроении»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

Методические указания предназначены для изучения теоретических основ использования промышленных роботов, их программирование с помощью средств компьютерного проектирования. Рассмотрены вопросы определения технической характеристики, приводов, узлов управления, силового расчета, построения рабочей зоны промышленного робота. Предназначены для студентов по направлению подготовки: 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, направленность (профиль) "Технология машиностроения".
Квалификация выпускника: Бакалавр

ПРЕДИСЛОВИЕ

В современной промышленности робототехника нашла широкое применение как эффективное средство автоматизации производства, замены человеческого труда в трудных или опасных условиях. Основы роботизированного производства в машиностроении (ПР) используются для решения массы самых разнообразных технологических и производственных задач. Данные задачи всегда предъявляют к ПР строгие требования по целому ряду критериев: по точности позиционирования, по точности измерений положения, по точности и скорости обрабатывания и выполнения управляющих команд, по количеству степеней свободы и подвижности звеньев. В связи с этим, разработка как самого манипулятора ПР, так и программ управления им представляет сложную задачу, предполагающую многоэтапное решение.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Лабораторная работа № 1 Обзор структуры промышленных роботов на примере роботов KUKA	6
Лабораторная работа № 2 Ввод робота в эксплуатацию. Юстировка	13
Лабораторная работа № 3 Порядок калибровки инструмента промышленных роботов KUKA.....	19
Лабораторная работа № 4 Виды программирования ПР KUKA.....	25
Лабораторная работа № 5 Определение и построение рабочей зоны промышленного робота	33
Лабораторная работа № 6 Встроенная система управления безопасностью KR C4	36
Лабораторная работа № 7 Силовая характеристика промышленного робота	41
Лабораторная работа № 8 Система управления промышленным роботом ..	45
Лабораторная работа № 9 Поиск существующих решений по применению промышленных роботов в заданной области	50
Лабораторная работа № 10 Исследование динамических характеристик пневматического привода.....	56

ВВЕДЕНИЕ

В современных подходах к проектированию, конструированию и программированию сложных технических систем широко применяются средства компьютеризированной поддержки разработчика, например, такие как –CAD/-CAM/-CAE обеспечение. Эти подходы распространяются и на создание ПР, в том числе в виде разработки и применения компьютерной симуляции робототехнических систем. Данный метод даёт возможность разработать и отладить как сам манипулятор, так и его систему управления, с использованием специализированного программного обеспечения, получившего название компьютерного симулятора. Таким образом, становится возможным провести отладку, испытание, тестирование механических, электрических и управляющих систем манипулятора в виртуальной среде ПК, что, очевидно, позволяет достичь ощутимой экономии временных и материальных ресурсов в процессе разработки.

Лабораторная работа № 1

Обзор структуры промышленных роботов на примере роботов KUKA

Цель и содержание

Целью работы является изучение типовой структуры промышленных роботов, а также приобретение навыков работы с промышленным образцом робота на примере KUKA KR6 R900 Agilus

Теоретическое обоснование

В соответствии с ГОСТ 2586-83 Промышленный робот (ПР) определяется как автоматическая машина, представляющая собой совокупность манипулятора и перепрограммируемого устройства управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций, заменяющих аналогические функции человека при перемещении предметов производства и оснастки.

На рисунке 1 представлен типовой представитель современных программируемых промышленных роботов (ПР).

В состав промышленного робота (ПР) входят:

- исполнительное устройство (ИУ) — устройство ПР, выполняющее все его двигательные функции;
 - рабочий орган (РО) — составная часть ИУ промышленного робота для непосредственного выполнения технологических операций и(или) вспомогательных переходов. Примерами РО служат сварочные клещи, окрасочный пистолет, сборочный инструмент, захватное устройство (РО робота, предназначенный для взятия и удержания объекта рабочей среды);
 - устройство управления (УУ) — устройство ПР для формирования и выдачи управляющих воздействий в соответствии с управляющей программой
- Исполнительное устройство и устройство управления могут быть структурированы самостоятельно.



1 – Устройство управления (УУ); 2 – Исполнительное устройство (ИУ)
(Манипулятор); 3 – Пульт управления и программирования

Рисунок 1 – Промышленный робот KUKA

Исполнительный механизм (ИМ) — механическая часть ИУ робота, реализующая двигательную функцию. Он представляет собой систему твердых и упругих тел, соединенных между собой различными видами связей. Твердые тела, входящие в состав ИУ и являющиеся его функциональными элементами, называют звеньями. Конструктивно звено ИМ может состоять из нескольких деталей, не имеющих между собой относительного движения.

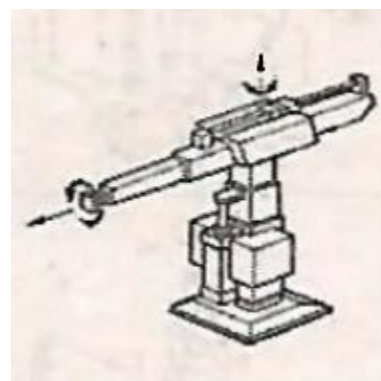
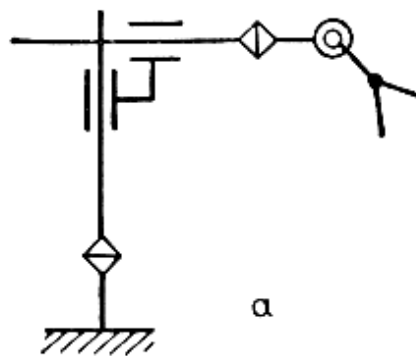


Рисунок 2 – Пример кинематической схемы ПР

Звено, принимаемое за неподвижное, называют основанием (стойкой). Звено, которому сообщают движение, преобразуемое ИМ в требуемые

движения других звеньев, называют входным. Звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен ИМ, называют выходным (конечным, последним). Максимальное число входных звеньев равно числу степеней подвижности ИМ. Звенья, находящиеся между входным и выходным звеньями, называют промежуточными. Соединение двух соприкасающихся звеньев, допускающих их относительное движение, называют кинематической парой. Совокупность поверхностей, линий и точек звена, входящих в соприкосновение (контакт) с другим звеном пары, называют элементом пары. Для того чтобы элементы пары находились в постоянном соприкосновении, пара должна быть замкнута геометрическим (за счет конструктивной формы звеньев) или силовым (силой тяжести, пружиной, силой давления жидкости или газа и т. п.) способом.

На рисунке 3 представлены степени свободы робота KUKA.



Рисунок 3 – Степени свободы робота KUKA

При рассмотрении непосредственно механики современных ПР за перемещение осей отвечают серводвигатели. Движение ПР выполняется посредством направленного регулирования серводвигателей. Они соединены через редукторы с отдельными компонентами манипулятора. На рисунке 4 представлен обзор основных компонентов ПР на примере ПР KUKA.

Компоненты механики робота преимущественно изготовлены из алюминиевого и стального литья. В отдельных случаях также применяются компоненты из углеродного волокна.



1 – Станина; 2 – Карусель; 3 – Компенсатор веса; 4 – Балансир; 5 – Манипулятор; 6 – Рука
Рисунок 4 – Обзор компонентов механики робота

Выдержка из технических данных манипуляторов из ассортимента продукции KUKA:

- количество осей: от 4 (SCARA и роботы с параллелограммным механизмом) до 6 (стандартные вертикальные роботы с шарнирной рукой);
- радиус действия; от 0,35 м (KR 5 scara) до 3,9 м (KR 120 R3900 ultraK);
- собственный вес: от 20 кг до 4700 кг;
- точность: точность повторяемости 0,015-0,2 мм.

Зоны основных осей от A1 до A3 и ручной оси робота A5 ограничены механическими концевыми упорами с амортизаторами.

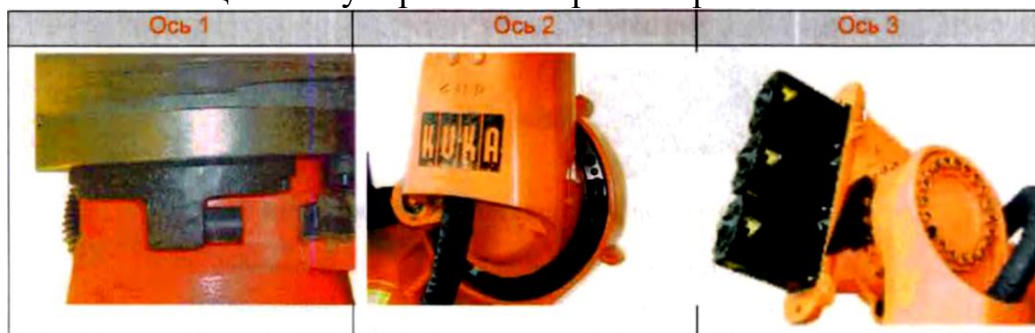


Рисунок 5 – Обзор компонентов механики робота

Аппаратура и материалы

1 Промышленный робот

2 Справочная и специальная литература

Методика и порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и принцип работы
2. Выделить узлы и уяснить их назначение

3. Выполнить эскиз кинематической схемы ПР KUKA Agilus используя условные обозначения звеньев, представленные в приложении 2
4. На кинематической схеме указать направления вращения звеньев с рабочим диапазоном в градусах из приложения 1
5. Подготовить отчет
6. Выводы по лабораторной работе.

Содержание отчета и его форма

1. Наименование и номер лабораторной работы.
2. Цель и содержание.
3. Эскиз кинематической схемы ПР с обозначением рабочих диапазонов вращения.
4. Описание технических характеристик ПР.
5. Выводы по работе.

Вопросы по защите работы

1. Определение ПР.
2. Состав ПР.
3. Кинематическая схема промышленного робота
4. Структурный состав промышленного робота KUKA KR6 R900 Agilus

Приложение 1

Технические характеристики KUKA KR 6 r900:

Количество осей	Полезная нагрузка	Радиус действия	Точность	Масса
6	10кг	901,5мм	±0,03мм	52кг
Параметры движения осей				
Оси	Рабочий диапазон	Максимальная скорость		
Ось 1	+170° -170°	360°/с		
Ось 2	+45° -190°	300°/с		
Ось 3	+156° -120°	360°/с		
Ось 4	+185° -185°	381°/с		
Ось5	+120° -120°	388°/с		

Ось 6 +350° - 350°

615°/с

Приложение 2

№ п/п	Название	Условное обозначение	Типы возможных перемещений	Примечания
1	Возвратно-поступательная (тип 1)			
2	Возвратно-поступательная (тип 2)			
3	Вращательная			
4	Поворотная (тип 1)			1) Условное обозначение для обычного и наиболее употребимого положения кинематической пары; 2) Вид сбоку при обычном расположении кинематической пары (положение 1)
5	Поворотная (тип 2)			То же
6	Зубчатая дифференциальная			
7	Сферическая			
8	Захват			
9	Неподвижная удерживающая			Например, захват робота, образующий одно целое с неподвижно зажатим инструментом. Специальных обозначений для различных видов используемых инструментов настоящим стандартом не предусмотрено
10	Опорная поверхность (база)			Поверхность пола, стола и т. п.

Лабораторная работа № 2

Ввод робота в эксплуатацию. Юстировка

Цель и содержание

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°). 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 роботе 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.

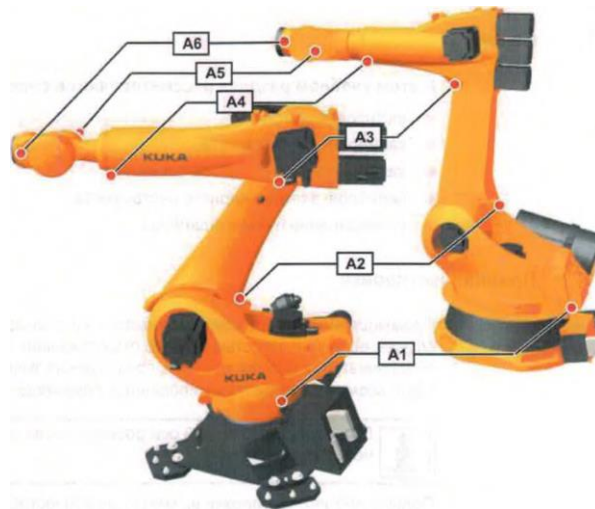


Рисунок 6 – Положение котиловочных патронов

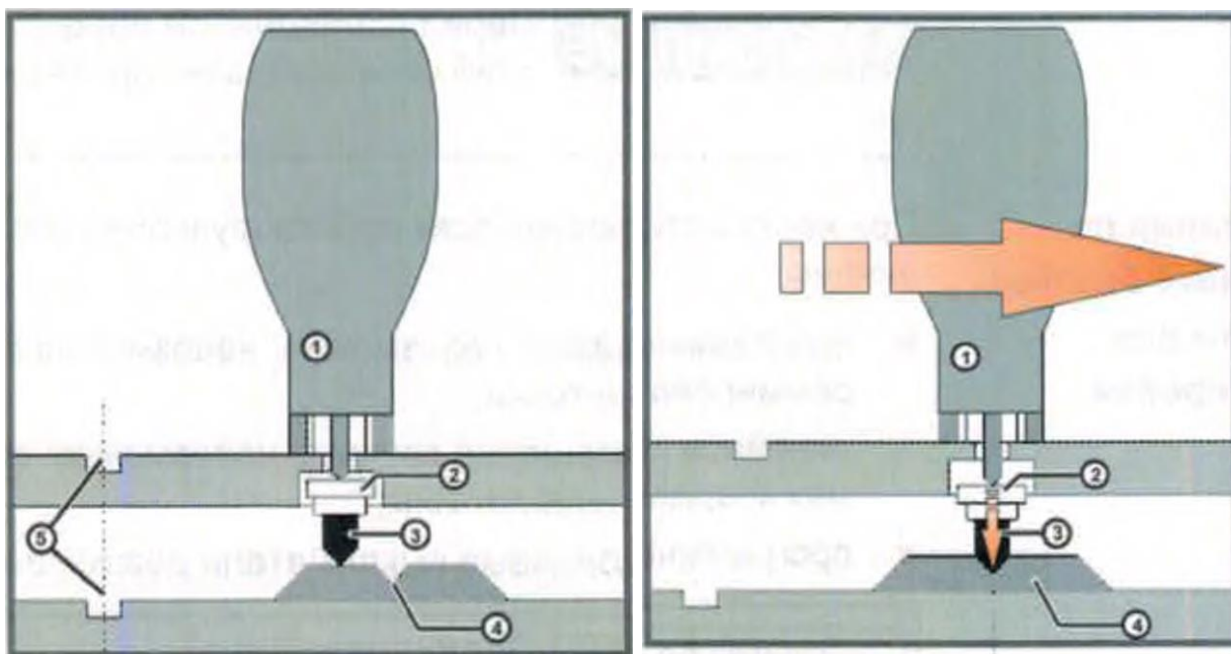


Рисунок 7 – Использование EMD

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 № 3

Порядок калибровки инструмента промышленных роботов KUKA

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 TCP (Tool Center Point), системой координат является система координат TOOL.

Калибровка инструмента также включает в себя калибровку:

- точки TCP (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).

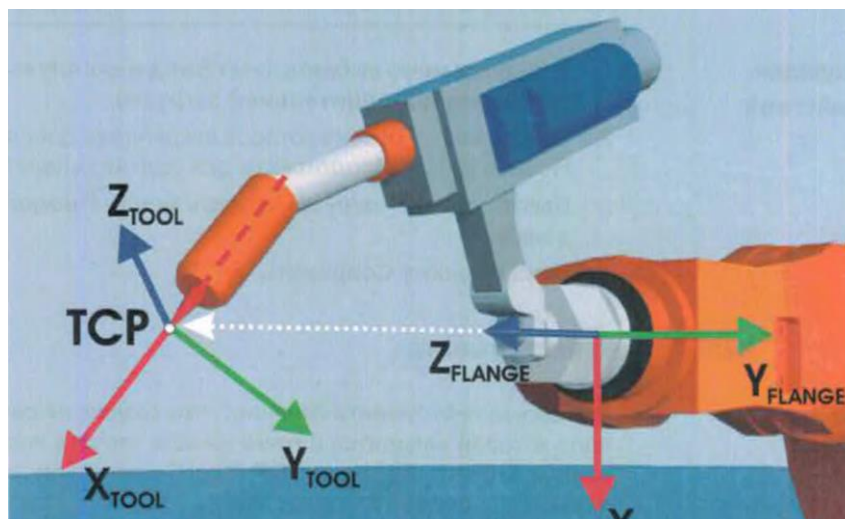


Рисунок 12 – Принцип калибровки TCP

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	Определение начала системы координат TOOL На выбор предлагаются следующие методы: ■ <i>XYZ, 4 точки</i> ; ■ <i>база отсчета XYZ</i> .
2	Определение ориентации системы координат TOOL На выбор предлагаются следующие методы: ■ <i>ABC, унив.</i> ; ■ <i>ABC, 2 точки</i> .
Альтернатива	Прямой ввод значений для расстояния до центра фланца (X, Y, Z) и поворота (A, B, C): ■ <i>цифровой ввод</i> .

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 TSP к отсчетной точке. Нажать для подтверждения кнопку ОК.
4. Подвести точку TSP к отсчетной точке с другого направления. Нажать для подтверждения кнопку ОК.
5. Дважды повторить шаг 4.
6. Нажать кнопку Сохранить.

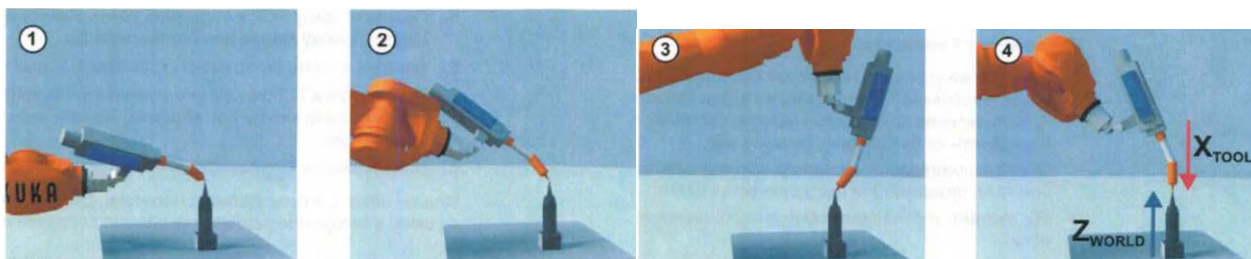


Рисунок 14 – Калибровка TSP с помощью метода «XYZ, 4 точки».

Калибровка TSP 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 TSP нового инструмента.

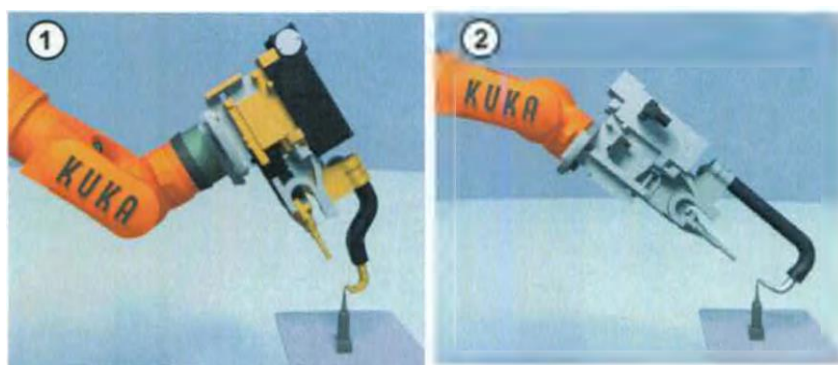


Рисунок 15 – Калибровка TSP с помощью базы отсчета XYZ

Порядок действий

1. Условие: на установочном фланце установлен уже откалиброванный инструмент и известны данные точки TSP.
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 TSP уже откалиброванного инструмента. Нажать кнопку **Далее**

для подтверждения.

5. Подвести точку ТСП к отсчетной точке. Нажать кнопку **Калибровка**. Нажать кнопку **Далее** для подтверждения.

6. Отвести и снять инструмент. Установить новый инструмент.

7. Посредством ТСП нового инструмента выполнить подвод к отсчетной точке. Нажать кнопку Калибровка. Нажать кнопку **Далее** для подтверждения.

8. Нажать кнопку Сохранить. Данные сохраняются, и окно закрывается.

Или же нажать кнопку Данные нагрузки. Данные сохраняются, 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.

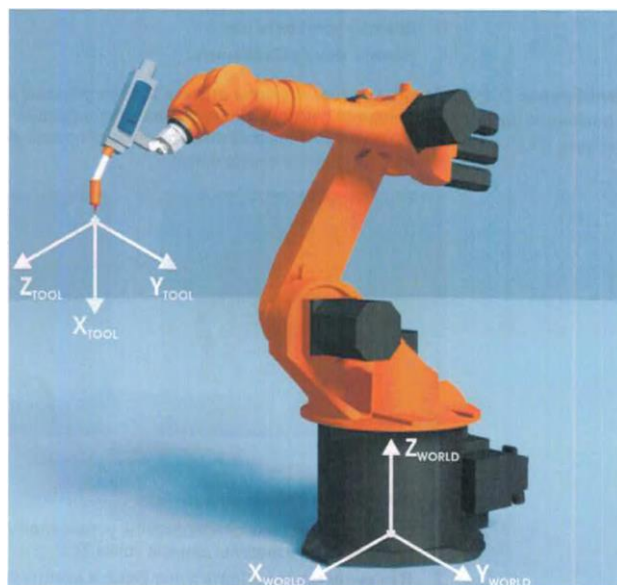
Метод имеет 2 варианта:

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.



Порядок действий для метода ABC World 5D

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

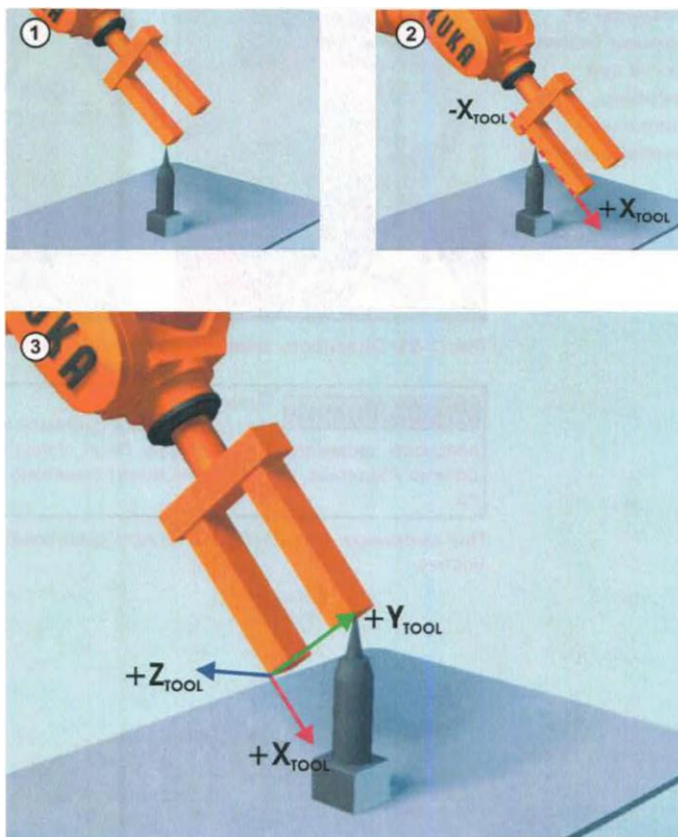


Рисунок 17 – Метод ABC 2 точки

1. Условие заключается в том, чтобы точка ТСР уже была откалибрована методом XYZ.
 2. В главном меню выбрать пункт **Ввод в эксплуатацию> Калибровка > Инструмент > ABC, 2 точки.**
 3. Ввести номер установленного инструмента. Нажать кнопку **Далее** для подтверждения.
 4. Посредством ТСР подвести робот к любой отсчетной точке. Нажать кнопку Калибровка. Нажать кнопку **Далее** для подтверждения.
 5. 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.
 6. 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.
 7. Нажать кнопку **Сохранить**. Данные сохраняются, и окно закрывается.
- 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 и порядок выполнения работы

1. Изучить методики калибровки
2. Записать методики калибровки
3. Письменно ответить на вопросы:
 - Зачем нужна калибровка ведомого роботом инструмента?
 - Что определяется методом «XYZ. 4 точки»?
 - Сколькими инструментами может управлять система управления (максимальное количество)?
 - Расшифруйте аббревиатуру ТСР
4. Подготовить отчет
5. Выводы по лабораторной работе.

Лабораторная работа № 4

Виды программирования ПР KUKA.

Цель и содержание

Целью работы является изучение органов управления промышленным роботом на примере KUKA KR6 R900 Agilus

Теоретическое обоснование

Механика робота приводится в движение серводвигателями, которыми управляет система управления (V)KR C4.



Шкаф управления (V)KR C4

Свойства системы управления (V)KR C4

- Система управления роботом (планирование траектории): управление шестью осями робота, а также дополнительными внешними осями числом до двух.
- Управление процессом, встроенный программируемый ПЛК согласно IEC61131.
- Управление безопасностью.
- Управление перемещением.
- Возможности связи через системы шин (напр., ProfiNet, Ethernet IP, Interbus): программируемые системы управления (ПЛК); дополнительные системы управления; датчики и исполнительные элементы.
- Возможности связи по сети: управляющий компьютер; дополнительные системы управления.

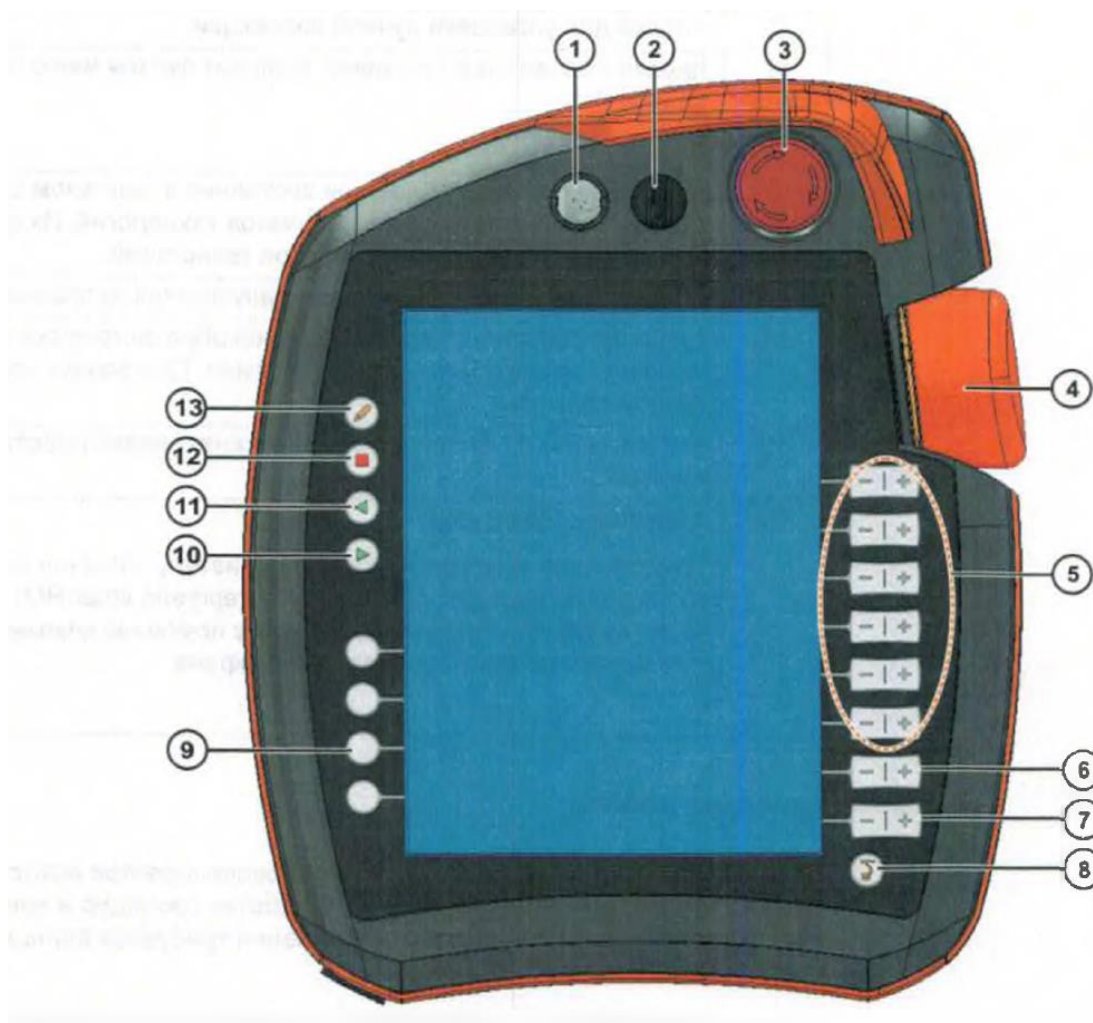
Пульт управления KUKA smartPAD

Управление роботом KUKA осуществляется посредством ручного пульта управления - KUKA smartPAD.

Отличительные особенности пульта KUKA smartPAD:

- сенсорный экран (чувствительная к касаниям панель управления) для ручного управления или управления с помощью встроенного стилуса;
- большой крупноформатный экран;
- кнопка вызова меню KUKA;
- восемь клавиш перемещения;
- клавиши для управления технологическими пакетами;
- клавиши для выполнения программы (останов/назад/вперед);
- клавиша для вывода на экран клавиатуры;
- замочный выключатель для смены режима работы;
- кнопка аварийного останова;

- пространственная мышь
- (съемная);
- разъем USB.



Пульт управления KUKA smartPAD

№	Описание
1	Кнопка для отсоединения пульта управления smartPAD
2	Замок-выключатель для вызова менеджера соединений. Переключатель можно установить в другое положение только при вставленном ключе. С помощью менеджера соединений можно изменить

	режим работы.
3	Устройство аварийного останова. Служит для останова робота в опасных ситуациях. Устройство аварийного останова при нажатии блокируется.
4	Пространственная мышь: Служит для перемещения робота вручную.
5	Клавиши перемещения: служат для перемещения робота вручную.
6	Кнопка для установки программной коррекции.
7	Кнопка для установки ручной коррекции.
8	Кнопка вызова главного меню: выводит пункты меню на экран smartHMI.
9	Клавиши состояния. Клавиши состояния в основном служат для настройки параметров из пакетов технологий. Их функция зависит от установленных пакетов технологий.
10	Клавиша пуска: клавишей пуска запускается программа.
11	Клавиша обратного пуска: Клавишей обратного пуска запускают программу в обратном направлении. Программа обрабатывается поэтапно.
12	Клавиша СТОП: клавиша СТОП останавливает работающую программу.
13	Клавиша клавиатуры: Эта клавиша выводит на экран клавиатуру. Обычно клавиатуру не нужно вызывать отдельно: интерфейс smartHMI определяет, когда требуется ввод данных с помощью клавиатуры, и она автоматически появляется на экране.

Программирование робота

Посредством программирования робота обеспечивается возможность автоматической и всегда регулярной обработки процедур и процессов перемещений. Для этого системе управления требуется большое количество информации:

- положение робота = положение инструмента в пространстве;
- вид перемещения;
- скорость/ускорение;
- сигнальная информация для условий ожидания, переходов, зависимостей и т. д.

Язык программирования - KRL (KUKA Robot Language).

Пример программы:

```
PTP P1 Vel=100% PDAT1
PTP P2 CONT Vel=100% PDAT2
WAIT FOR IN 10 'Part in Position'
PTP P3 Vel=100% PDAT3
```

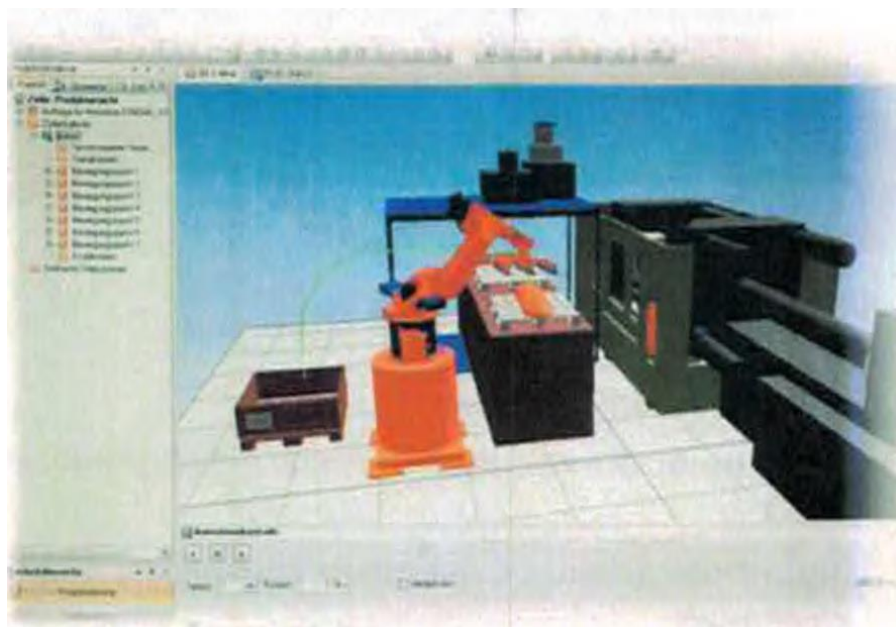
Для программирования робота KUKA можно использовать различные методы программирования:

- **интерактивное программирование** с помощью метода обучения



Программирование робота с помощью пульта KUKA smartPAD

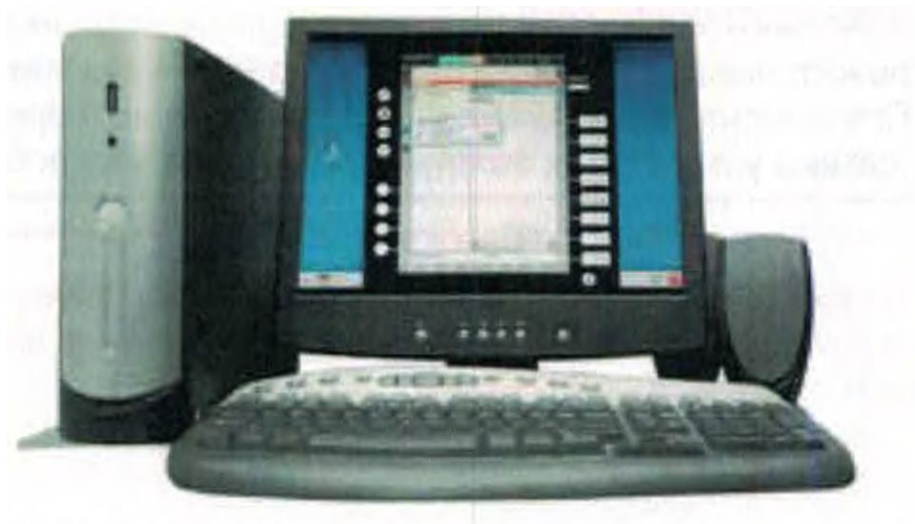
- **автономное программирование:** графическое интерактивное программирование: моделирование процессов робота;



Моделирование с KUKA Sim

- **текстовое программирование:** программирование с помощью

представления поверхности пульта smartPAD на управляющем ПК верхнего уровня (также для диагностики, интерактивной наладки запущенной программы).



Программирование с помощью KUKA OfficeLite

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 KRC4.
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

Лабораторная работа № 5

Определение и построение рабочей зоны промышленного робота

Цель: изучение методики построения рабочей зоны промышленного робота, определение системы координат движений звеньев руки манипулятора, приобретение навыков построения и расчета зон промышленных роботов.

Актуальность: обусловлена необходимостью с методикой построения рабочей зоны ПР. Знания, полученные в рамках лабораторной работы, будут востребованы в профессиональной деятельности.

Вопросы для обсуждения.

- 1 Методика построения рабочей зоны ПР
- 2 Расчет рабочей зоны ПР
- 3 Характеристика движения основных звеньев ПР

Методические рекомендации к лабораторной работе

Теоретическая часть

Рабочая зона ПР – это пространство, в котором может находиться захватное устройство, имеющее вылет по отношению к базовому торцу шпинделя обслуживаемого станка.

В таблице 2.1 предоставлены компоновочные схемы ПР, системы координат движений звеньев руки манипулятора, форма рабочей зоны.

Форма рабочей зоны зависит от системы координат, а также от величины перемещений звеньев руки манипулятора. В основном рабочая зона имеет пространственную структуру, в которую водят элементы движения подвижных узлов ПР. Рабочая зона характеризуется размерами сечений и объемом.

Оборудование и материалы

1. Робот промышленный специализированный МЧОП08.01.
2. Мерительный инструмент
3. Справочная и специальная литература.

Задание

- 1 Теоретическая подготовка.
- 2 Построение рабочей зоны каждого узла ПР с нанесением размеров.
- 3 Определение системы координат, в которой работает ПР.
- 4 Подготовка отчета.
- 5 Выводы по работе.

Содержание отчета и его форма

- 1 Наименование лабораторной работы.
- 2 Цель и содержание.
- 3 Схема подвижных узлов ПР.
- 4 Рабочая зона ПР.
- 5 Описание рабочей зоны ПР.
- 6 Выводы по работе.

Вопросы для защиты работы:

1. Определение рабочей зоны.
2. Каким образом определяется форма и размеры рабочей зоны?

3. Системы координат: декартова (плоская, пространственная), полярная (плоская, цилиндрическая).
4. Система координат: полярная сферическая.
5. Система координат: сложная полярная цилиндрическая.
6. Система координат: Сложная полярная сферическая.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

- 1 Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1975. – 670 с.

Дополнительная литература

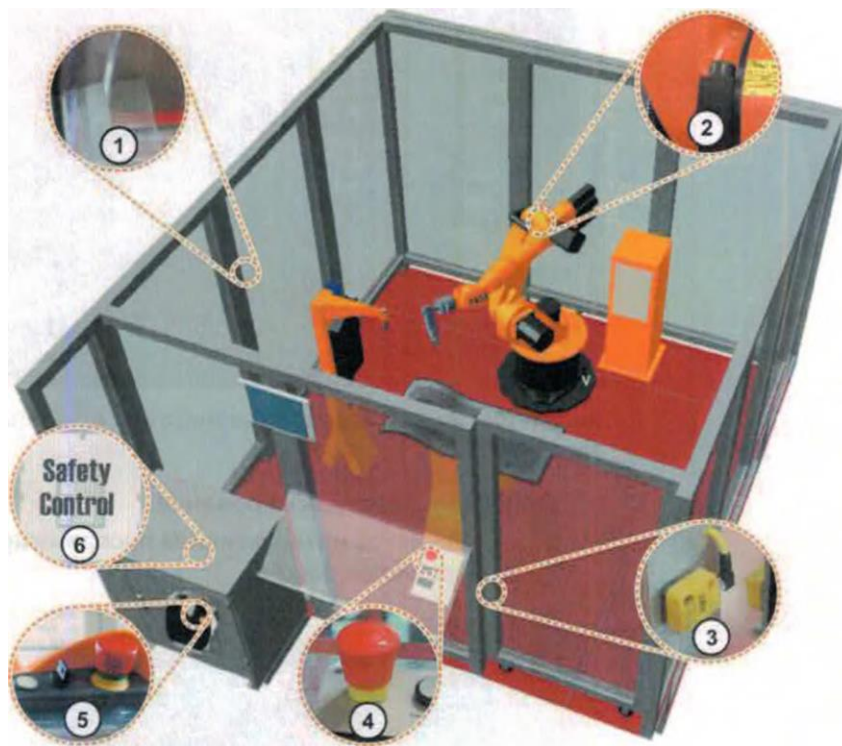
- 1 Неймарк А.М. Роботы на службе человека. М.: Наука, 1982. – 170 с.
- 2 Панов А.А. Технологические основы и внедрения роботизированных станочных комплексов. М.: Машиностроение, 1987. – 250 с.

Лабораторная работа № 6

Встроенная система управления безопасностью KR C4

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. Квити́рование 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 интерфейсе 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. Квити́рование 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

Лабораторная работа № 7

Силовая характеристика промышленного робота

Цель: приобретение навыков определения типоразмеров роботов по силовым характеристикам промышленного робота. Расчет приводов, составление основных параметров.

Актуальность: обусловлена необходимостью приобретения навыков расчета приводов и знаний силовых характеристик ПР. Знания, полученные в рамках лабораторной работы, будут востребованы в профессиональной деятельности.

Вопросы для обсуждения.

- 1 Силовые характеристики ПР
- 2 Типоразмеры ПР
- 3 Техническая характеристика ПР

Методические рекомендации к лабораторной работе

Теоретическая часть

Основы роботизированного производства в машиностроении характеризуются весом поднимаемых деталей и величиной раскрытия захватов (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Показатели	Типоразмер робота					
	I	II	III	IV	V	VI
Вес поднимаемых деталей, кг	до 1	от 1 до 10	от 10 до 40	от 40 до 100	от 100 до 200	свыше 200
Величин раскрытия схвата, мм	>>50	50...100	150...300	300...400	свыше 400	—

Важное значение имеют такие параметры ПР как подъем и выдвигание руки (таблица 2.2).

Таблица 2.2

Показатели	Типоразмер работа					
	I	II	III	IV	V	VI
Подъем руки, мм	от 500 до 800	от 800 до 1200	от 1200 до 1500	от 1500 до 2000	Свыше 2000	
Выдвижение руки, мм	от 400 до 600	от 600 до 800	от 800 до 1200	от 1200 до 1500	Свыше 1500	

По грузоподъемности (главному параметру) ПР подразделяются на следующие группы:

- сверхлегкие до 1 кг;
- легкие от 1 до 10 кг;
- средние от 10 до 200 кг;
- тяжелые от 200 до 1000 кг;
- сверхтяжелые свыше 1000 кг.

Под номинальной грузоподъемностью понимается наибольшее значение массы предметов или технологической оснастки, при котором гарантируется их захватывание и удержание.

В технической характеристике ПР даются следующие показатели (ГОСТ 25378-82).

Показатели захватного устройства:

- номинальная грузоподъемность m_n , кг;
- усилие захватывания $t_{зах}$, с;
- время отпущения $t_{отп}$, с.

Характерные размеры захватываемого предмета:

- максимальный диаметр d_{max} , мм;

- минимальный диаметр $d_{\min}$, мм

Оборудование и материалы

1. Робот промышленный специализированный МЧОП08.01.
2. Мерительный инструмент
3. Справочная и специальная литература.

Задание

1. Теоретическая подготовка.
2. Характеристика приводов ПР.
3. Определение рабочего усилия приводов.
4. Схема расположения приводов.
5. Подготовка отчета.
6. Выводы по работе.

Вопросы для защиты работы:

1. Наименование лабораторной работы с указанием номера.
2. Схема расположения приводов ПР.
3. Расчет рабочего усилия каждого привода.
4. Описание работы приводов.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

- 1 Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1975. – 670 с.

Дополнительная литература

- 1 Неймарк А.М. Роботы на службе человека. М.: Наука, 1982. – 170 с.

2 Панов А.А. Технологические основы и внедрения роботизированных станочных комплексов. М.: Машиностроение, 1987. – 250 с.

Лабораторная работа № 8

Система управления промышленным роботом

Цель: изучение систем управления ПР, алгоритма управления промышленным роботом, а также рассмотрение устройств с адаптивным управлением.

Актуальность: обусловлена необходимостью ознакомления с основными системами управления ПР. Знания, полученные в рамках лабораторной работы, будут востребованы в профессиональной деятельности.

Методические рекомендации к лабораторной работе

Теоретическая часть

Системы управления роботов строятся по трем основным направлениям:

- полное автоматическое управление;
- дистанционное полуавтоматическое;
- дистанционная интерактивная система.

Классификация устройств:

- по способу управления движением;
- по количеству совместно управляемых роботов;
- по характеру участия в управлении человека-оператора;
- по виду движения по отдельным степеням подвижности.

По виду движения, по отдельным степеням подвижности устройства управления подразделяются на: цикловые, контурные, универсальные, устройства управления от ЭВМ.

Цикловые устройства характеризуются ограниченным числом программируемых точек – обычно начальной и конечной. В них величины перемещения исполнительных элементов ограничиваются переналаживаемыми упорами с электрическим контролем, а роль программноносителя часто выполняет командоаппарат.

Позиционные устройства имеют дискретный вид управления и могут

обеспечивать от десятка до сотни программируемых точек по каждой координате. Они более совершенные, чем цикловые; ими оснащают ПР, обслуживающие металлорежущие станки.

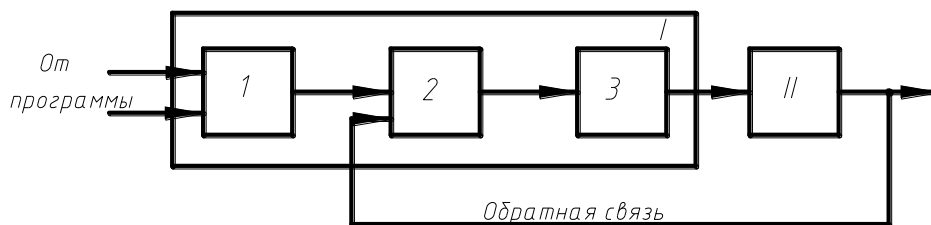
Контурные устройства имеют непрерывный вид управления. Движение по каждой степени подвижности у них осуществляется часто в виде непрерывной траектории. Контурные устройства управления применяются для управления ПР, используемые при нанесении покрытий, выполнении сварки и резки металла.

Универсальные устройства имеют сложную структуру, включая в себя позиционные и контурные устройства.

Управление ПР от ЭВМ. Управление производится от одной или нескольких ЭВМ по нескольким уровням. Верхний уровень управления отводится человеку-оператору, который придает работе более интеллектуальные возможности и осуществляет общий контроль за процессом функционирования робота в целом. Человек-оператор может связываться с другими уровнями управления. Режим управления, при котором человек-оператор взаимодействует на верхнем и соседнем ему уровнях управления роботом, называется *супервизорным*. От ЭВМ может управляться группа ПР.

Робот-система обучаемая. Необходимую информацию (знания и навыки) можно передавать роботу в режиме обучения как непосредственным её занесением в память управляющей системы, так и воздействием через сенсорную систему (например, показ объектов). В процессе обучения управляющая система изменяет свои параметры и структуру.

На рисунке 2.1 показана структурная схема устройства программного управления роботов первого поколения.



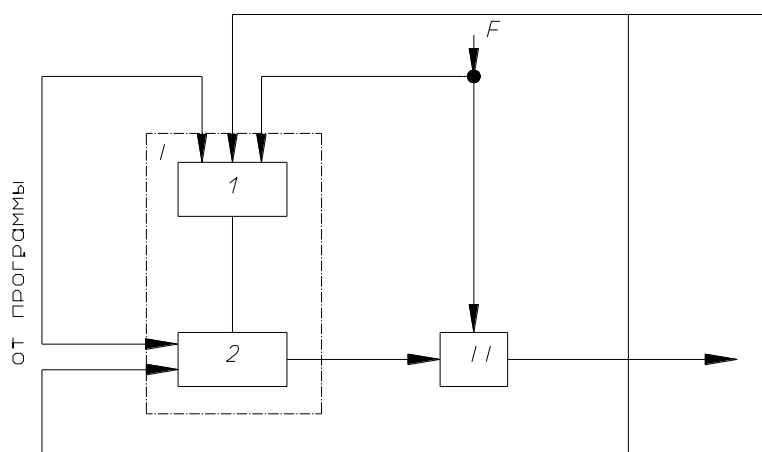
I – управляющее устройство;

II – объект управления.

Рисунок 2.1

Управляющее устройство обеспечивает требуемый закон изменения входной величины, заданной в виде программы управления и состоит из: 1 – программно-временного устройство, в которое вводится программа управления; 2 – преобразователя, преобразующего входные сигналы, удобные для передачи в исполнительное устройство; 3 – исполнительное устройство.

На рисунке 2.2 показана структурная схема устройства с адаптивным управлением.



I – управляющее устройство;

II – объект управления.

Рисунок 2.2

Устройство с адаптивным управлением имеет два уровня управления. Первый уровень управления образует основная система, а второй – контур адаптации. Основная система управления включает в себя основное управляющее устройство 2, а контур адаптации – управляющее устройство 1. Под влиянием устройства 1 устройство 2 может менять свою структуру, значение настраиваемых параметров и программу управления с изменением внешних условий. F – вектор внешних возмущений – изменяющаяся среда.

Оборудование и материалы

- 1 Робот промышленный специализированный МЧОП08.01.
- 2 Мерительный инструмент.
- 3 Справочная литература.

Задание

- 1 Теоретическая подготовка.
- 2 Определение системы управления ПР.
- 3 Определение параметров движения узлов ПР.
- 4 Составление схемы управления каждым подвижным узлом ПР.
- 5 Подготовка отчета.
- 6 Выводы по работе.

Содержание отчета и его форма

- 1 Наименование лабораторной работы.
- 2 Цель и содержание.
- 3 Схема ПР.
- 4 Наименование узлов; характеристика устройства управления.

- 5 Схема устройства управления с указанием числовых значений перемещений.
- 6 Описание устройства управления данного ПР.
- 7 Выводы по работе.

Вопросы для защиты работы:

- 1 Назначение устройства управления ПР.
- 2 Классификация систем управления.
- 3 Управление ПР от ЭВМ.
- 4 Схема устройства с адаптивным управлением.
- 5 Программное управление ПР первого поколения.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

- 1 Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1975. – 670 с.

Дополнительная литература

- 1 Неймарк А.М. Роботы на службе человека. М.: Наука, 1982. – 170 с.
- 2 Панов А.А. Технологические основы и внедрения роботизированных станочных комплексов. М.: Машиностроение, 1987. – 250 с.

Лабораторная работа № 9

Поиск существующих решений по применению промышленных роботов в заданной области

Цель работы: Изучить существующие решения по применению роботизированных комплексов в промышленности.

Теоретическое обоснование

Современные промышленные роботизированные комплексы в большинстве случаев применяется для замены ручного труда. Так, робот может использовать инструментальный захват для фиксации инструмента и осуществления обработки детали либо держать саму заготовку для того, чтобы подавать ее в рабочую зону на дальнейшую обработку.

Робот имеет ряд ограничений, таких как зона досягаемости, грузоподъемность, необходимость избежать столкновения с препятствием, необходимость предварительного программирования каждого движения. Но при его правильном применении и предварительном анализе работы системы робот способен обеспечить производство рядом преимуществ, повысить качество и эффективность рабочего процесса.

Для оценки актуальности внедрения робота в процесс обработки проводится ряд преимуществ и недостатков применения робототехники на предприятии:

1. Производительность

При применении робота производительность обычно повышается. Прежде всего, это связано с более быстрым перемещением и позиционированием в процессе обработки, также играет роль и такой фактор, как возможность автоматической работы 24 часа в сутки без перерывов и простоев. В случае правильно выбранного применения роботизированной системы производительность по сравнению с ручным производством

возрастает в разы или даже на порядок.

Следует отметить, что при широкой номенклатуре изделий, постоянных переналадках, необходимости большого количества периферийного оборудования для разных деталей производительность может и снижаться, делая процесс неэффективным и сложным.

2. Улучшение экономических показателей

Заменяя человека, робот эффективно снижает затраты на оплату специалистов. Особенно данный фактор важен в экономически развитых странах с высокими заработными платами рабочих и необходимостью больших надбавок за переработку, ночное время и т.д. В случае применения робота или автоматизированной системы, в цехе необходимо лишь наличие оператора, контролирующего процесс, при этом оператор может контролировать сразу несколько систем.

При первоначальной закупке роботизированная ячейка - достаточно серьезное финансовое вложение, и предприятие заинтересовано в его быстрой окупаемости. Неправильное применение оборудования и ошибки в его комплектации и расстановке могут привести к увеличению времени обработки либо трудоемкости работы, тем самым снизить экономичность производства.

3. Качество обработки

Часто причиной внедрения технологической системы на базе промышленного робота становится необходимость обеспечения, заданного в документации на изделие качества обработки.

Высокая точность позиционирования промышленных роботов (0.1 0.05 мм) и повторяемость обеспечивают надлежащее качество изделия и устраняют возможность производственного брака. Исключение человеческого фактора приводит к минимизации рабочих ошибок и сохранению постоянной повторяемости на всей производственной программе.

4. Безопасность

Применение робота достаточно эффективно на вредном производстве,

оказывающем неблагоприятное воздействие на человека, например, в литейной промышленности, при зачистке сварных швов, окрасочных работах, сварочных процессах и т.д. В случаях, когда применение ручного труда ограничивается законодательством, внедрение робота может являться единственным решением.

При работе в цехе периметр рабочей зоны ограждается различными устройствами для предотвращения проникновения человека в зону действия робота. Наличие защитных систем является главным и неотъемлемым условием безопасной работы роботизированных систем по всему миру. При работе в цехе периметр рабочей зоны ограждается различными устройствами для предотвращения проникновения человека в зону действия робота. Наличие защитных систем является главным и неотъемлемым условием безопасной работы роботизированных систем по всему миру.

5. Минимизация рабочего пространства

Правильно скомпонованная ячейка на базе промышленного робота более компактна, чем рабочая зона для выполнения ручных работ. Это достигается более эргономичной конструкцией сборочных кондукторов, небольшим размером места, занимаемого роботом, возможностью его размещения в подвешенном состоянии и т.д.

6. Минимальное обслуживание

Современные Основы роботизированного производства в машиностроении, благодаря применению асинхронных двигателей и качественных редукторов, практически не нуждаются в обслуживании. Изготавливаются специальные модели роботов из нержавеющей стали, например, для работы в медицинской и пищевой промышленности, при высоких и низких температурах и в агрессивных средах. Это делает их менее восприимчивыми к окружающей среде и повышает износостойкость оборудования.

Методика и порядок выполнения работы

Используя информационные ресурсы сети интернет необходимо провести поиск существующих технических решений по использованию роботов в промышленности. Область поиска задана вариантом. Найденное решение должно иметь конкретные модели используемого оборудования (модель робота; модель или тип навесного оборудования; модель или тип вспомогательного оборудования). Для используемого робота, оборудования, должны быть выписанные все характеристики, особое внимание должно быть уделено рабочим зонам оборудования, габаритным размерам, грузоподъемности. **Характеристики подключения к электросети являются неприоритетными.** Найденное техническое решение должно обладать габаритной схемой и перечнем оборудования. Приоритетными роботизированными комплексами должны быть комплексы, использующие роботов фирм **KUKA, ABB, Fanuc, Kawasaki, Motoman**, *(указаны в убывающей последовательности от предпочтительного к менее предпочтительному).*

Внешний вид типового решения для сварки в среде защитных газов представлен на рисунках 18 - 19.

При отсутствии готового технического решения, подобрать оборудование самостоятельно (робота, навесное оборудование, вспомогательное оборудование).

Отчет по работе оформляется в электронном виде при помощи текстового редактора и САПР, схемы и спецификация оформляются в соответствии с требованиями ЕСКД.

Содержание отчета и его форма

Отчет по работе должен содержать:

- описание решения (где и как используются РТК; фирма выполнившая проект);
- фирму производителя робота и его модель;
- технические характеристики робота;

- фирму производителя используемого навесного оборудование;
- технические характеристики навесного оборудования;
- фирму производителя вспомогательного оборудования и его модель;
- технические характеристики вспомогательного оборудования;
- общая схема РТК, (при отсутствии данной схемы разработать самостоятельно, используя габаритные размеры оборудования);
- спецификация оборудования, входящего в РТК (при отсутствии разработать самостоятельно; может быть отражена на схеме);
- список использованных источников в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5—2008.

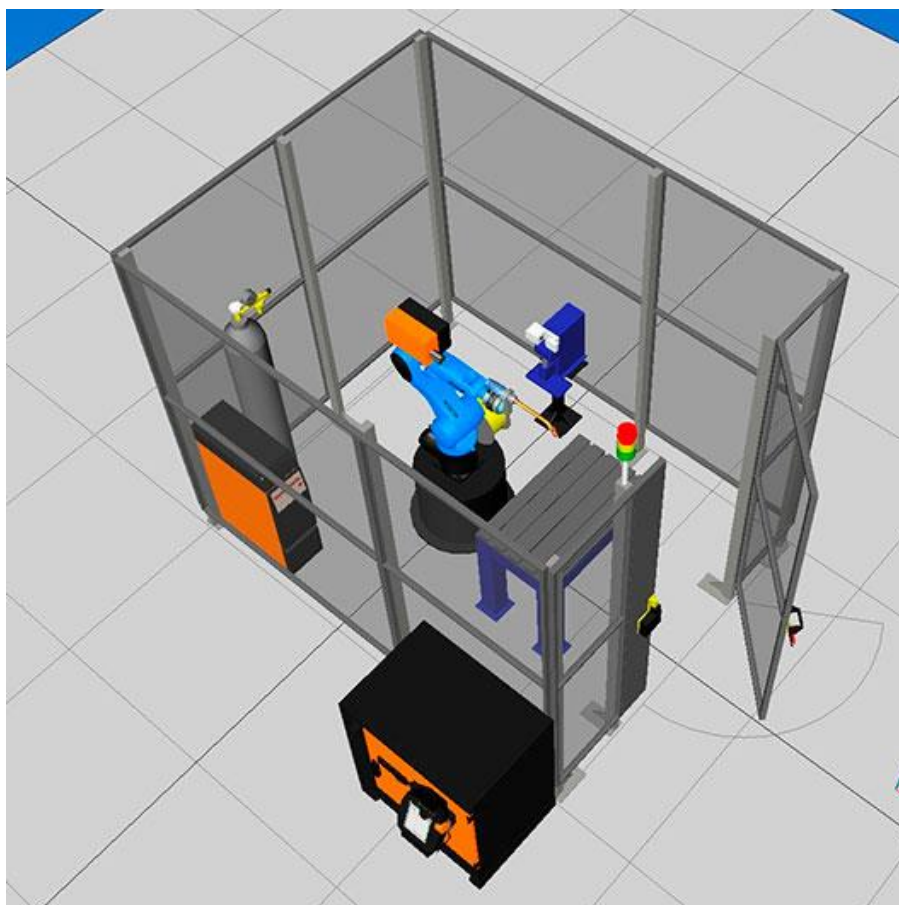


Рисунок 18 – Сварочный робот KUKA / Сварочная машина Fronius.
Типовое решение для сварки в среде защитных газов.

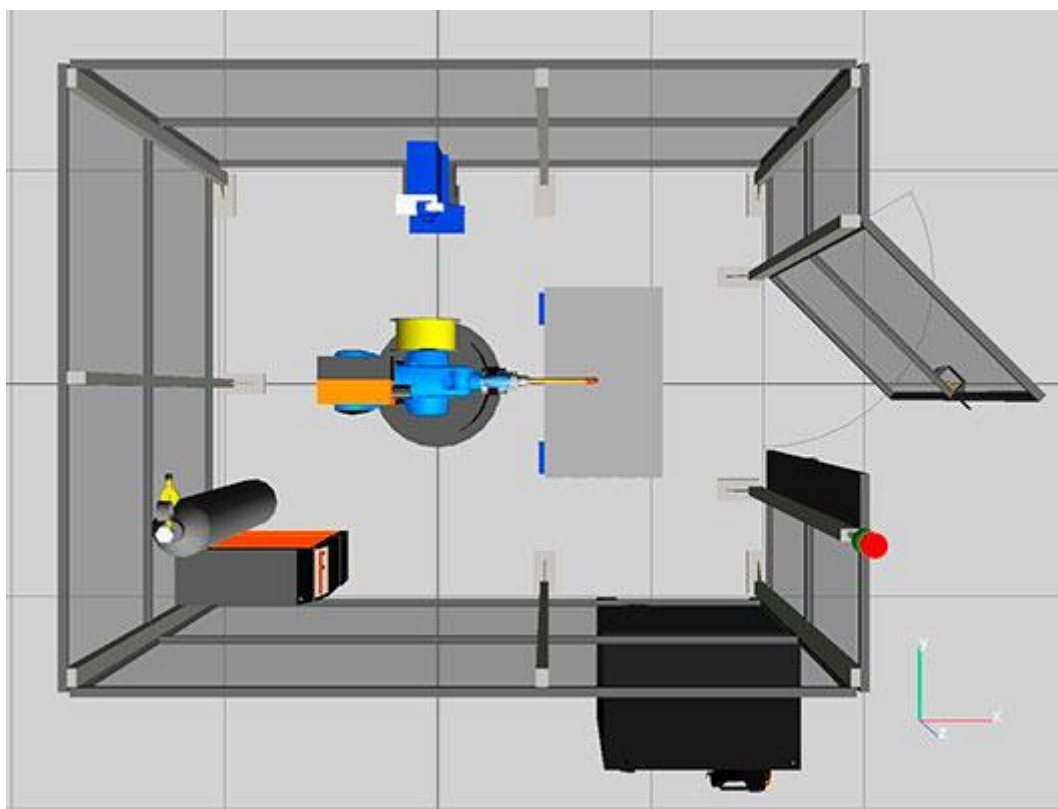


Рисунок 19 – Сварочный робот KUKA / Сварочная машина Fronius.
Типовое решение для сварки в среде защитных газов. Вид сверху

Лабораторная работа № 10

Исследование динамических характеристик пневматического привода

Цель: определение зависимости изменения давления в рабочих камерах привода, времени перемещения и скорости поршня, сравнительная оценка теоретических и экспериментальных данных по характеристикам привода.

Актуальность: обусловлена необходимостью ознакомления с определением зависимости изменения давления в рабочих камерах привода, времени перемещения и скорости поршня, сравнительная оценка теоретических и экспериментальных данных по характеристикам привода. Знания, полученные в рамках лабораторной работы, будут востребованы в профессиональной деятельности.

Вопросы для обсуждения.

- 1 Уравнение состояния сжатого воздуха в рабочей камере
- 2 Уравнение движения поршня с учетом действующих
- 3 Процесс изменения давления в каждой камере двигателя

Методические рекомендации к лабораторной работе

Теоретическая часть

Рассмотрим уравнение состояния сжатого воздуха в рабочей камере двигателя при прямом ходе поршня. Масса воздуха в рабочей камере при движении поршня будет определяться выражением

$$M = \rho(V_0 + Fx),$$

где M – масса воздуха; V_0 – начальный объем рабочей камеры; F, x — площадь и ход поршня.

С учетом $\rho = p/(RT)$

$$M = \frac{p_1}{RT} (V_0 + Fx),$$

Изменение массы во времени, или массовый расход,

$$\frac{dM}{dt} = G = \frac{1}{RT} \frac{dp_1}{dt} (V_0 + Fx) + \frac{p_1}{RT} F \frac{dx}{dt},$$

откуда

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{(RT/F)G - p_1 dx/dt}{V_0/F + x}, \quad (5)$$

где G – расход воздуха в рабочую камеру, определяемый согласно режимам истечения по зависимостям (1), и (2); V_0 – величина, постоянная для рассматриваемой конструкции двигателя.

Решение уравнения (5) возможно, если известна зависимость для переменной dx/dt .

Уравнение движения поршня с учетом действующих на него сил представлено зависимостью (4). Время перемещения поршня, процесс изменения давления в рабочей камере, скорость поршня можно найти из совместного решения уравнений (4) и (5) и последующего интегрирования. Из-за сложности и нелинейности уравнения (5) на практике данная система уравнений решается численным интегрированием.

Для малых промежутков времени и участков интегрирования исходная система уравнений будет иметь вид

$$\left. \begin{aligned}
 \Delta p_{1i} &= \frac{1}{k + x_{i-1}} \left(\frac{RT}{F} G_{i-1} - p_{1(i-1)} x_{i-1} \right) \Delta t_i; \\
 p_1 &= p_{1(i-1)} + \Delta p_{1i}; \\
 \ddot{x}_i &= \frac{F}{m} (p_{1i} - p_{\text{atm}}) - \frac{\alpha}{m} \dot{x}_{i-1} - \frac{c}{m} x_{i-1} - \frac{\Sigma N}{m}; \\
 \Delta \dot{x}_i &= \ddot{x}_{i-1} \Delta t_i; \\
 \dot{x}_i &= \dot{x}_{i-1} + \Delta \dot{x}_i; \\
 x_i &= x_{i-1} + \dot{x}_{i-1} \Delta t_i + 0.5(\ddot{x}_i \Delta t_i^2),
 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где $k=V_0/F$; Δt — шаг интегрирования.

Величина p_2 в уравнении (4) принимает значение атмосферного давления p_{atm} если рассматривается первоначально прямой ход поршня. Левая рабочая камера при этом связана с атмосферой. Индекс i указывает на порядковый, номер шага интегрирования.

Интегрирование проводится в следующем порядке:

1. Принимаются начальные условия:

$$i=0; x_0=0;$$

$$p_{10} = \Sigma N/F + p_{\text{atm}}; \dot{x} = 0; \Delta t_i = \Delta t_1.$$

Значение Δp_1 на первом участке Δp_{11} определяется по первому уравнению системы (4.6).

2. По найденному значению Δp_{11} определяется значение мощности p_{11} , которое позволяет получить давление в рабочей камере через Δt_1 после подачи воздуха.

3. Значение p_{11} подставляется в третье уравнение, при этом получается значение ускорения поршня $\ddot{x}_{11}$ в конце первого шага Δt_1 .

4. Последовательно решаются уравнения четвертое, пятое и шестое, при этом получается значение для положения поршня после истечения времени Δt_1 .

5. Расчет повторяется для шага времени Δt_2 , Δt_3 и т. д., пока значение хода поршня не достигнет величины $x = x_{max}$, где x_{max} – максимальный ход поршня от упора до упора.

Максимальное время перекладки поршня при $x = x_{max}$ определяется выражением $t_{max} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i$, где n – число шагов интегрирования.

В приводах с точным качеством сборки и малым ресурсом наработки можно принять $a = 0$.

Определение процессов обратного хода выполняется по зависимостям (6), при этом принимаются начальные условия:

- объем рабочей камеры $V_{нач} = V_0 + x_{max}F$;
- давление в рабочей камере P_{init} .

При обратном ходе давление в первой камере определяется зависимостью

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{p_1(dx/dt) - (RT/F)G}{V_{max}/F - x}. \quad (7)$$

Совместное решение уравнений (6) позволяет оценить процесс изменения давления в каждой камере двигателя, определить время перемещения и координаты поршня в заданный момент времени.

Оборудование и материалы

1. Робот промышленный специализированный МЧОП08.01.
2. Мерительный инструмент
3. Справочная и специальная литература.

Задание

1. Методами численного интегрирования определить характер изменения давления в рабочих камерах двигателя выдвижения захватного устройства для прямого и обратного ходов, время перемещения и средние скорости поршня.

2. Выбрать начальные условия. Значения параметров определяются для каждого рабочего места преподавателем; при этом значение массы полезного груза и давления питания принимаются аналогичными принятым в лабораторных работах 2, 3.

3. Число шагов интегрирования принять равным 5–6.

4. По полученным результатам. построить график зависимости $p_{1,2} = f(t)$, сравнить расчетные данные для времени перемещения поршня (t_p) с экспериментальными данными ($t_{эк}$).

Содержание и форма отчета

1. Наименование и цель работы
2. Исходные теоретические зависимости и исходные данные для интегрирования
3. Таблицу с результатами численного интегрирования и соответствующие опытные данные
4. График зависимости $p=f(t)$.
5. Анализ результатов и выводы.

Вопросы для защиты работы:

- 1 Уравнение состояния сжатого воздуха в рабочей камере
- 2 Уравнение движения поршня с учетом действующих
- 3 Процесс изменения давления в каждой камере двигателя

Рекомендуемая литература**Основная литература:**

- 1 Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1975. – 670 с.

Дополнительная литература

- 1 Неймарк А.М. Роботы на службе человека. М.: Наука, 1982. – 170 с.
- 2 Панов А.А. Технологические основы и внедрения роботизированных станочных комплексов. М.: Машиностроение, 1987. – 250 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению практических занятий по дисциплине
«Основы роботизированного производства в машиностроении»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

Методические указания составлены в соответствии с требованиями федерального образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». Направленность (профиль) «Технология машиностроения». Квалификация выпускника: Бакалавр.

В методических указаниях по дисциплине «Основы роботизированного производства в машиностроении» содержатся задания для работы на занятии, указания по порядку выполнения практических работ, указания по технике безопасности, контрольные вопросы, список литературы.

Оглавление

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКИ	6
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2 СТРУКТУРА И СОСТАВ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	11
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3 ОСОБЕННОСТИ РОБОТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКАХ	18
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 ВЫБОР ОБЪЕКТОВ РОБОТИЗАЦИИ....	24
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5 ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ГПС	29
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6 ОСНОВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ РТК.....	35
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7 ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ РТК.....	38
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8 ЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ПР	44
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9 ТРАНСПОРТНО-НАКОПИТЕЛЬНЫЕ И ЗАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РТК	54
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10 РАСЧЕТ МАГАЗИНА-НАКОПИТЕЛЯ	64
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11 ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РТК.....	68
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12 ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ РТК НА БАЗЕ ТОКАРНЫХ ПОЛУАВТОМАТОВ С ЧПУ И ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА ПОРТАЛЬНОГО ТИПА	74
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13 ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ РТК НА БАЗЕ ТОКАРНЫХ ПОЛУАВТОМАТОВ С ЧПУ И ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА НАПОЛЬНОГО ТИПА.....	82
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №14 СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ РОБОТОМ.....	88
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №15 ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ И ДВИЖУЩИЕСЯ РОБОТЫ. ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ, СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ И КИНЕМАТИКА	91
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 16	
СИЛОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА.....	97

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация машиностроения представляет сложную комплексную проблему, позволяющую обеспечить современный уровень эффективного изготовления машин.

Одно из направлений гибкой автоматизации связано с использованием промышленных роботов (ПР) как оборудования для автоматизации в основном вспомогательных операций, таких как загрузка-разгрузка технологического оборудования, автоматическая замена инструментов, проведение автоматического контроля и т.п. В совокупности с оборудованием с числовым программным управлением (ЧПУ) и управляющей компьютерной техникой ПР обеспечивают автономное функционирование роботизированных технологических комплексов различного назначения.

Одно из главных преимуществ робототехники состоит в относительно простой и быстрой переналадке на решение разных технологических задач и в использовании в различных типах производства - от мелкосерийного до крупносерийного и даже массового. Во многих случаях роботизация является самой доступной формой автоматизации производственных процессов. По сравнению с другими средствами автоматизации использование ПР обеспечивает высокую организационную и техническую гибкость. Наиболее эффективно применение ПР в условиях частой смены объектов производства. Сокращение затрат человеческого труда, возможность его полной замены машинным способствуют решению сложнейшей проблемы изменения социальных условий труда - переходу от малоквалифицированного, тяжелого, монотонного, порой опасного и вредного для здоровья людей труда к интеллектуальному, к повышению его престижа.

Эффективность роботизации обеспечивается только при комплексном подходе к внедрению роботов, обрабатывающего оборудования, устройств управления и т.д. Часто используемое на предприятиях «точечное» внедрение ПР нерентабельно и дискредитирует идею гибкой автоматизации.

Таким образом, применение ПР обеспечивает повышение производительности труда и качества продукции, освобождение работающих от неблагоприятных условий труда, снижение потерь рабочего времени от производственного травматизма и профессионально-технических заболеваний.

Проектирование роботизированных комплексов создает предпосылки постепенного перехода к модульному принципу построения более сложных гибких производственных систем: автоматизированных линий, участков, цехов.

В методических указаниях рассмотрены вопросы построения роботизированных технологических комплексов на базе металлообрабатывающего оборудования и промышленных роботов. Отмечены особенности разработки технологии изготовления деталей, описаны основные принципы выбора станков, промышленных роботов и соответствующего оснащения, отражен подход к оценке производительности комплексов, представлены технические характеристики современных отечественных и зарубежных промышленных роботов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определить основные термины и определения используемы в робототехнике.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Терминологию в области робототехники устанавливает ГОСТ 25686-85 «Манипуляторы, автооператоры и промышленные роботы. Термины и определения».

Приведем наиболее важные термины и определения.

Манипулятор — управляемое устройство или машина для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве, оснащенное рабочим органом.

Автооператор — автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора или совокупности манипулятора и устройства передвижения и неперепрограммируемого устройства управления.

Промышленный робот — автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

Стандартом определено, что перепрограммируемость — свойство промышленного робота заменять управляющую программу автоматически или при помощи человека. К перепрограммированию относится изменение последовательности и (или) значений перемещений по степеням подвижности и управляющих функций с помощью средства управления.

Таким образом, принципиальное отличие промышленного робота от автооператора состоит в возможности его переналаживаемости на выполнение самых разнообразных манипуляционных действий, в то время как автооператор изначально спроектирован для выполнения строго определенного («жесткого») алгоритма действий. Этим обстоятельством, главным образом, определяется область рационального применения промышленных роботов и автооператоров в различных типах производства. Так, в условия массового производства коэффициент закрепления операций приближается к единице, т.е. на одном рабочем месте длительное время выполняется одна и та же технологическая операция и надобность в

переналадке отсутствует. Следовательно, при этом наиболее целесообразно использовать автооператор. В серийном производстве, напротив, коэффициент закрепления операций нормируется значениями 10...40, что означает частую смену выполняемых на одном рабочем месте в течение месяца технологических операций при наличии переналадок оборудования. В этих условиях более предпочтительно использование промышленных роботов.

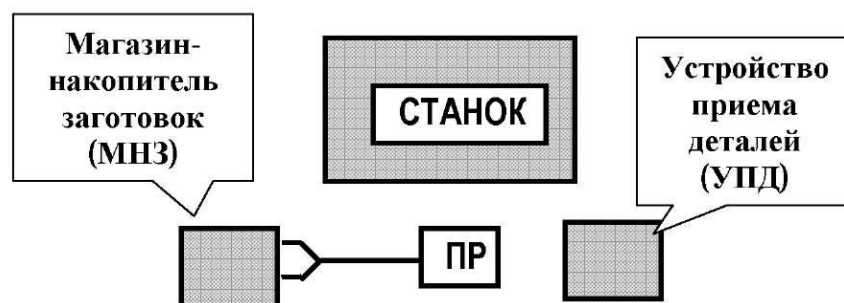
Исполнительное устройство — устройство, выполняющее все двигательные функции. Образно можно сказать, что исполнительное устройство — это механическая рука.

Рабочий орган — составная часть исполнительного устройства для непосредственного выполнения технологических операций и (или) вспомогательных переходов. Примерами рабочих органов могут служить сварочные клещи, окрасочный пистолет, сборочный инструмент, захватное устройство.

Важной характеристикой ПР является тип системы управления. Стандартом определены следующие типы систем управления промышленными роботами.

Цикловое управление — управление исполнительным устройством промышленного робота, при котором осуществляется программирование последовательности выполнения его движений.

Цикловое управление применяется для ПР, выполняющих несложные вспомогательные операции по обслуживанию технологического оборудования при простых повторяющихся циклах движений. Примером может служить операция по загрузке металлорежущего станка заготовками, взятыми в ориентированном положении из определенной позиции устройства поштучной выдачи заготовок (рисунок 1.1). Более того, такая схема предполагает строго определенное расположение всех устройств с тем, чтобы обеспечить минимум однообразных перемещений рабочего органа ПР.



7

Рисунок 1.1 - Схема комплекса с ПР циклового управления

Для роботов с цикловым управлением характерны простые алгоритмы управления, невысокая стоимость, но малый объем информации управляющих программ и низкие функциональные возможности.

Позиционное управление — управление исполнительным устройством промышленного робота, при котором движение его рабочего органа происходит по заданным точкам позиционирования без контроля траектории движения между ними.

Позиционное программное управление широко применяют в самых различных ПР, т.к. оно отличается более высокой универсальностью и гибкостью, возможностью автоматической отработки циклов движений с тысячами точек позиционирования. В устройствах позиционного управления реализуются алгоритмы перемещений рабочих органов «от точки к точке» с автоматическим разгоном и торможением. К примеру, с помощью позиционной системы управления можно организовать загрузку станка ориентированными заготовками из кассет (рисунок 1.2). Кроме того, возможно обслуживание нескольких станков без особых требований к траектории перемещения рабочего органа ПР.

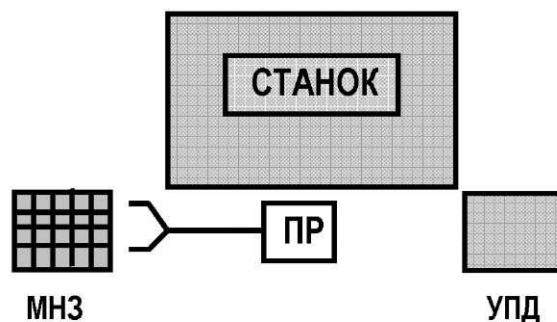


Рисунок 1.2 - Схема комплекса с ПР позиционного управления

Контурное управление — управление исполнительным устройством промышленного робота, при котором движение его рабочего органа происходит по заданной траектории с установленным распределением во времени значений скорости.

Многие роботизированные производственные операции (окраска распылением, сборка, снятие заусенцев и др.) требуют контурного управления. При автоматизации таких технологических процессов ПР обычно представляет собой единицу основного технологического оборудования, выполняющего операции по изменению качественных характеристик изделий. При контурном управлении реализуется непрерывная отработка перемещений рабочего органа ПР по двум и более координатам одновременно.

Адаптивное управление — управление исполнительным устройством промышленного робота с автоматическим изменением

управляющей программы в функции от контролируемых параметров состояния внешней среды.

ПР с адаптивным управлением оснащены устройствами очувствления (системами технического зрения, сенсорными и другими устройствами) для получения информации об окружающей среде, предмете производства и состоянии механизмов робота. Они выполняют сложные операции в условиях с заранее неизвестными изменениями производственной ситуации, к которым должны приспосабливаться.

Примером является операция дуговой сварки, при выполнении которой необходим поиск места стыка свариваемых деталей, а затем движение вдоль стыка при определенных ориентации и расстоянии электрода относительно стыка. Другой пример: загрузка металлообрабатывающего станка заготовками из обычной тары, где они расположены в неориентированном положении.

Стандарт дает определения характеристикам, во многом определяющим технологические возможности промышленных роботов.

Номинальная грузоподъемность — наибольшее значение массы предметов производства или технологической оснастки, включая массу захватного устройства, при которой гарантируется их удержание и обеспечение установленных значений эксплуатационных характеристик.

В данном определении следует отметить не совсем корректное использование термина «масса». В самом деле, современные роботы могут применяться в различных средах (например, в океанских глубинах, в космосе), поэтому более уместно говорить не о массе, а о весе объекта.

Рабочее пространство — пространство, в котором может находиться исполнительное устройство при функционировании манипулятора (автооператора, промышленного робота).

Рабочая зона — пространство, в котором может находиться рабочий орган при функционировании манипулятора (автооператора, промышленного робота).

Зона обслуживания — пространство, в котором рабочий орган выполняет свои функции в соответствии с назначением манипулятора (автооператора, промышленного робота) и установленными значениями их характеристик.

Заметим, что при выборе роботов для автоматизации загрузки металлообрабатывающего оборудования в первую очередь следует учитывать форму и размеры именно зоны обслуживания

Погрешность позиционирования рабочего органа — отклонение положения рабочего органа манипулятора (автооператора, промышленного робота) от заданного управляющей программой.

Контрольные вопросы и задания

1. В чем состоит принципиальное отличие промышленного робота от манипулятора?
2. Привести примеры рабочих органов ПР.
3. Дать определение цикловой, позиционной, контурной и адаптивной системам управления ПР.
4. Привести примеры применения ПР с различными системами управления при загрузке станков.
5. Что дает использование робота с адаптивной системой управления?
6. Доказать, что ПР грузоподъемностью 10 кг не сможет манипулировать заготовкой весом 100 Н.
7. Назовите принципиальное отличие рабочей зоны от зоны обслуживания?
8. Пояснить, какое из понятий наиболее пригодно для определения размерных характеристик роботизированных комплексов:
 - а) рабочее пространство;
 - б) рабочая зона;
 - в) зона обслуживания.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

СТРУКТУРА И СОСТАВ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение структуры и состава роботизированных технологических комплексов.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Роботизированный технологический комплекс (РТК) представляет автономно действующую совокупность одной или нескольких единиц технологического оборудования, а также одного или нескольких промышленных роботов и средств оснащения, осуществляющую многократные автоматические циклы.

Таким образом, РТК может быть образован на основе одного промышленного робота, обеспечивающего индивидуальное или групповое обслуживание технологического оборудования или выполнение основной технологической операции изготовления изделия (например, сварки, окраски), а также на базе нескольких промышленных роботов, выполняющих взаимосвязанные или взаимно дополняющие операции над объектом производства. РТК, предназначенные для работы в гибких производственных системах (ГПС), должны иметь автоматизированную переналадку и возможность встраивания в систему.

К средствам оснащения относятся: устройства накопления, ориентации и поштучной выдачи предметов производства, средства контроля и измерения, устройства межоперационного транспортирования, система управления и др.

Разработка структуры РТК включает определение качественного и количественного состава основного технологического и вспомогательного оборудования, дополнительных средств оснащения.

Существуют три базовые структурные разновидности роботизированных технологических комплексов.

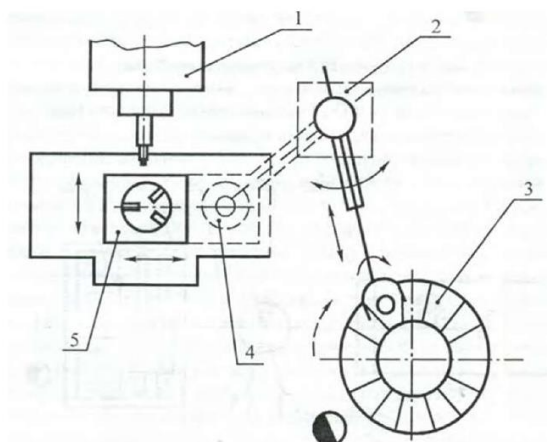
1. РТК первого типа, образованные на основе единицы технологического оборудования, промышленного робота и вспомогательных устройств [15], где ПР осуществляет загрузку-разгрузку оборудования (рисунок 2.1).

2. РТК второго типа, состоящие из группы технологического оборудования, вспомогательных устройств и одного или нескольких ПР, которые кроме загрузки-разгрузки оборудования осуществляют

межоперационное транспортирование изделий. Пример РТК второго типа показан на рисунке 2.2 [5].

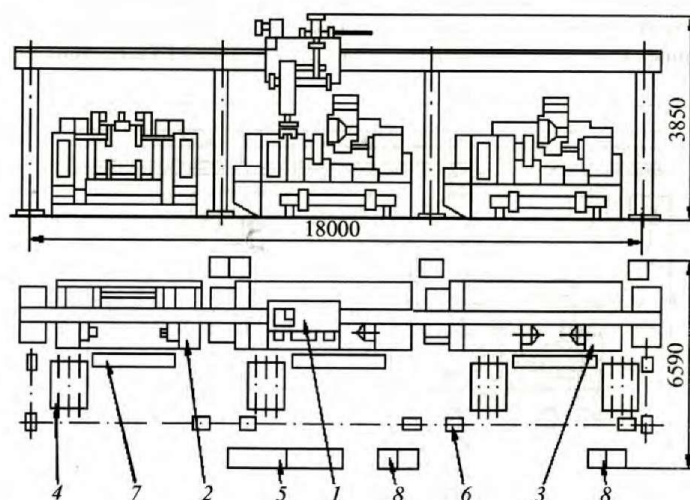
РТК работает по принципу линии. ПР 1 подвешного типа выполняет следующие функции: загрузка станков 2 и 3 заготовками; снятие заготовок и их межоперационное транспортирование с установкой на промежуточный накопитель 7; взятие заготовок из магазина 4 и укладка готовых деталей в отдельный магазин.

3. РТК третьего типа, в которых ПР кроме вспомогательных операций выполняют ряд технологических, таких как сборка, окраска распылением и т.д.



1 – шпиндель станка; 2 – промышленный робот; 3 – накопитель; 4 – позиция стола при установке заготовки роботом; 5 – стол станка

Рисунок 2.1 – Структурная разновидность РТК первого типа



1 - промышленный робот; 2 - фрезерно-центровальный станок; 3 - токарные станки с ЧПУ; 4 - магазины заготовок или деталей; 5 - устройство управления ПР; 6 - система светозащиты; 7 - промежуточный накопитель; 8 - устройство ЧПУ станка

Рисунок 2.2 - Структурная разновидность РТК второго типа

Пример роботизированного комплекса третьего типа на базе группы манипуляционных роботов, расположенных вокруг базового сборочного стола, показан на рисунке 2.3 [12]. Изделие собирают из четырех деталей. Базовая деталь поступает в рабочую зону роботов 6, 9 и далее на сборочную позицию

10 с тактового подводящего конвейера 8. Три комплектующие детали поступают из вибробункерных питателей 1 и 5 и магазинного питателя 3 на фиксированные позиции, где их ориентируют роботы 2, 4, 6. Межпозиционное транспортирование сопрягаемых деталей и установку их на базовый сборочный стол 10, над которым закреплена телевизионная камера, контролирующая процесс сборки (на рисунке не показана), осуществляет робот 9. Этот же робот обеспечивает передачу собранного изделия на отводящий конвейер 8. Магазин ИМ обеспечивает хранение и автоматическую смену инструментов и захватных устройств.

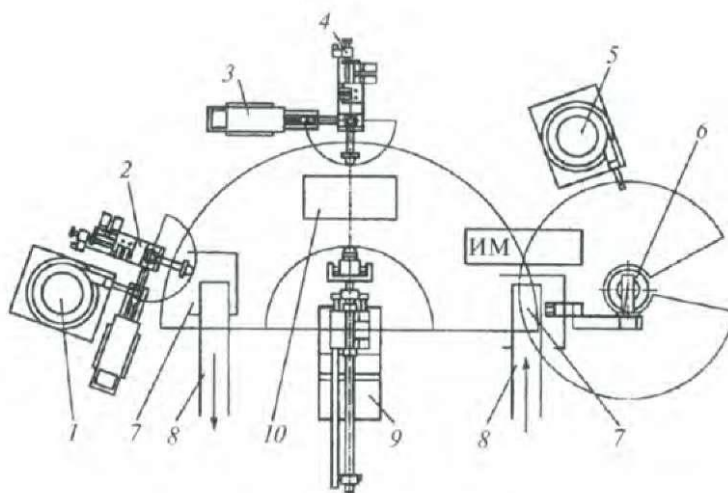


Рисунок 2.3 - Структурная разновидность РТК третьего типа

В зависимости от сочетания количества ПР и обслуживаемого технологического оборудования различают три разновидности РТК:

- однопозиционные, в которых один ПР обслуживает единицу технологического оборудования;
- групповые, включающие один ПР, который обслуживает группу однотипного или разнотипного технологического оборудования;
- многопозиционные, включающие группу роботов, выполняющих взаимосвязанные или взаимодополняющие функции по обслуживанию одной или нескольких единиц технологического оборудования (например, один ПР выполняет заливку металла в машину литья под давлением, а другой снимает готовые отливки).

По организационному признаку роботизированные системы разделяются на роботизированные технологические линии и роботизированные технологические участки.

Роботизированная технологическая линия (РТЛ) - совокупность роботизированных технологических комплексов, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или нескольких единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими промышленными роботами, для выполнения операций в принятой технологической последовательности.

Роботизированный технологический участок (РТУ) - совокупность роботизированных технологических комплексов, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или нескольких единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими промышленными роботами, в которой предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

По виду планировочных схем различают одностаночные и многостаночные РТК с линейным, линейно-параллельным, круговым и комбинированным расположением оборудования.

Одностаночные схемы (рисунок 2.4) часто выполняются на базе роботизированных модулей с ПР встроенного типа [15].

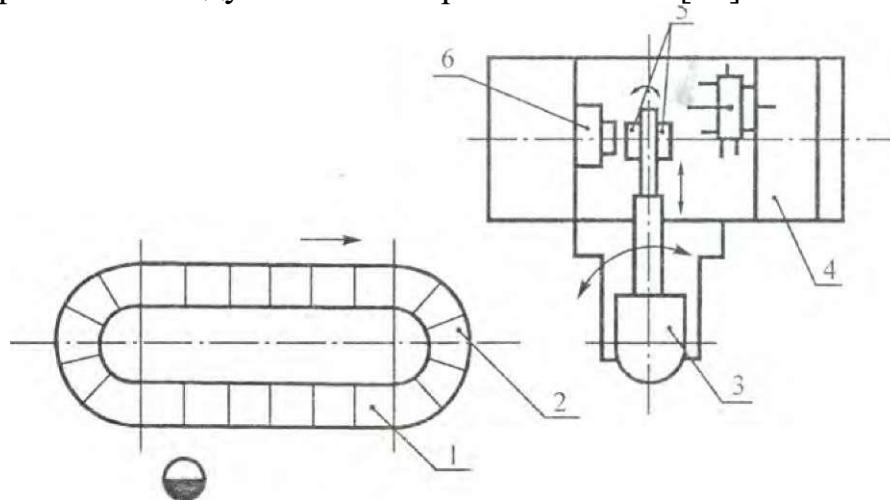


Рисунок 2.4 - Одностаночная схема РТК с встроенным ПР приставного типа

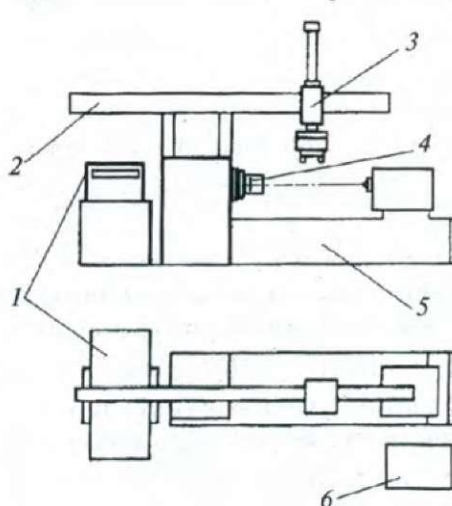
Робот 3 закрепляется на станине токарного станка 4. Захватное устройство 5 робота имеет две позиции для заготовки и для обработанной детали. Рядом со станком расположен накопитель 1. При работе РТК робот вынимает из гнезда 2 накопителя заготовку, укладывает на ее место обработанную деталь и переносит заготовку к станку. По окончании обработки и остановки шпинделя 6 станка происходит выдвижение руки робота к обработанной детали, ее захват, разжим патрона станка; отвод захватного устройства от патрона путем поворота робота вокруг

вертикальной оси, поворот захватного устройства на 180° , подвод заготовки к патрону, ее зажим и отвод руки робота. Затем происходит обработка заготовки.

В это время накопитель перемещается на следующую позицию, и цикл повторяется.

В одностаночных РТК могут использоваться и подвесные промышленные роботы (рисунок 2.5).

Одностаночные РТК с подвесными роботами обеспечивают разделение зон работы оператора и ПР, что создает оператору наилучшие и безопасные условия для наблюдения за работой станков и их обслуживания. В то же время подвесные роботы требуют свободного доступа в рабочую зону станка сверху, поэтому их затруднительно использовать для обслуживания оборудования с вертикальной осью шпинделя и горизонтальным столом.

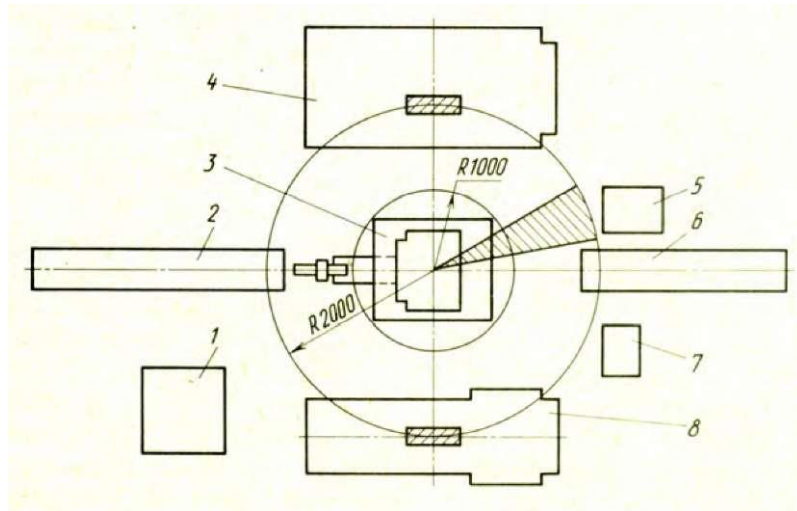


1 - накопитель; 2 - монорельс; 3 - рука ПР; 4 - обрабатываемая деталь; 5 - станок; 6 - система управления РТК

Рисунок 2.5 - Одностаночная схема РТК с встроенным ПР подвесного типа [12]

В **линейных компоновках** (рисунок 2.2) используются ПР напольного или подвесного типов. Компоновки с подвесными роботами занимают минимальную производственную площадь, обеспечивают удобное обслуживание трех и более станков, безопасные условия труда.

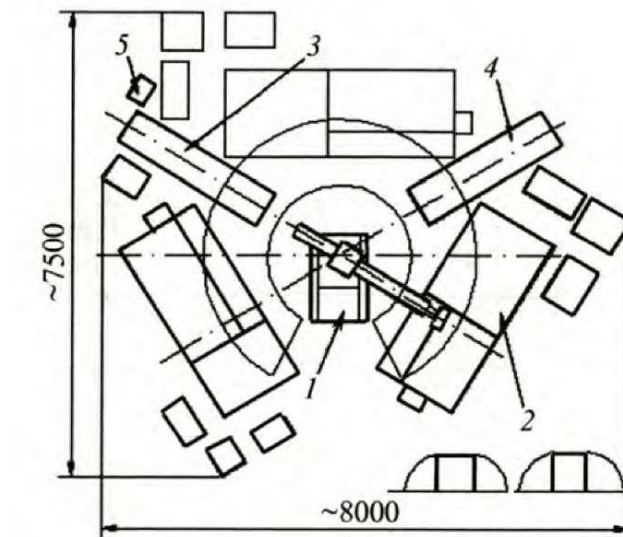
В **линейно-параллельных компоновках** (рисунок 2.6) обычно один ПР (чаще всего напольного типа) обслуживает две единицы технологического оборудования [2].



1 - контейнер для стружки; 2, 6 - конвейеры; 3 - промышленный робот; 4, 8 - токарные станки; 5 - устройство управления робота; 7 - устройство управления станка

Рисунок 2.6 - Линейно-параллельная схема РТК

Отличительной особенностью **круговых схем** (рисунок 2.7) является применение напольного ПР, обслуживающего несколько единиц технологического оборудования [5]. При компактном расположении оснащения одновременно усложняется техническое обслуживание и ремонт.



1 - ПР напольного типа; 2 - токарные станки с ЧПУ; 3 - накопитель заготовок; 4 - накопитель деталей конвейерного типа; 5 - устройство управления РТК

Рисунок 2.7 - Круговая схема РТК

Конкретный состав и структура роботизированных комплексов определяются содержанием производственного процесса; номенклатурой и конструктивно-технологическими параметрами изделий, программой их выпуска, составом технологического оборудования, организацией подсистем обслуживания, контроля, управления и др.

Контрольные вопросы и задания

1. Дать определение роботизированного технологического комплекса.
2. Как классифицируются РТК по количеству обслуживаемого оборудования?
3. К какому типу относится РТК, в котором кроме вспомогательных выполняются технологические операции?
4. Указать принципиальные отличия групповых и многопозиционных РТК.
5. Чем роботизированная технологическая линия отличается от роботизированного технологического участка?
6. Охарактеризовать различные виды планировочных схем РТК.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

ОСОБЕННОСТИ РОБОТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКАХ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить особенности роботизации технологических процессов механической обработки деталей на металлообрабатывающих станках.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В механообрабатывающем производстве наблюдаются самые разнообразные варианты структур роботизированных технологических комплексов. Это связано со специфическими особенностями производства:

1. Многономенклатурность, преобладание мелко- и среднесерийного производства. Широкие возможности основного технологического оборудования, качество и точность обработки, относительная простота переналадки способствуют закреплению за одним станком большого числа типоразмеров заготовок. Поэтому при построении РТК необходимо использовать ПР и другое оснащение, способные работать с большой группой однотипных деталей.

2. Многообразие организационно-технических форм производства (поточное - непоточное, модули - линии - участки и т.п.).

3. Большой удельный вес машинного времени механической обработки, что позволяет организовать многостаночное обслуживание; большая протяженность технологических маршрутов; наличие слесарных, контрольных и тому подобных операций по технологическому потоку и т.д.

4. Включение в технологический процесс относительно большого количества операций, не поддающихся автоматизации современными техническими средствами, таких как слесарные, разметочные, доводочные и т.п.

5. Разнообразие типов металлообрабатывающего оборудования в одном технологическом потоке. Многие станки по компоновочным и другим признакам мало приспособлены для работы в составе РТК. Поэтому если несколько станков загружаются одним роботом, то он должен обладать достаточной степенью универсальности.

6. Применение достаточно сложных и точных станочных приспособлений, что позволяет использовать ПР с относительно низкой точностью позиционирования (порядка $\pm 0,3-0,5$ мм).

7. Использование относительно быстро изнашиваемого режущего инструмента и необходимость в его автоматической поднастройке, самозатачивании и принудительной смене.

8. Широкая номенклатура измерительных инструментов и контрольных приспособлений, необходимость в максимальной автоматизации измерительных и контрольных операций.

Построение робототехнических комплексов механической обработки в общем виде производится на основе анализа:

- организационных видов производства (серийность, партионность, межстаночное транспортирование);
- классификации и группирования по конструктивно-технологическим признакам деталей, подлежащих механообработке;
- действующего технологического процесса обработки детали - типового представителя;
- основного технологического оборудования с учетом возможности его автоматизации;
- конструктивно-технологических параметров выпускаемых промышленностью промышленных роботов;
- технико-экономических показателей различных вариантов автоматизации с применением ПР.

Наиболее рациональными являются схемы РТК, отвечающие требованиям безопасности труда для наладчика-оператора при проведении работ по профилактике, переналадке и обеспечивающие свободный подход к оборудованию.

Основные факторы, влияющие на схемы загрузки станков, следовательно, и на выбор ПР и компоновки РТК, следующие:

- характер ориентации заготовки перед загрузкой;
- тип устройств для подачи заготовок на позицию загрузки и для их хранения (магазины, транспортеры и другие);
- вид выполняемых операций (например, перенос заготовки из тары на станок и обратно без изменения базовой поверхности или дополнительный перенос с изменением базовой поверхности, обеспечение кантования заготовки вне или внутри цикла обработки на одном станке и т.д.);
- компоновка станков (вертикальное или горизонтальное положение оси шпинделя и стола);
- число обслуживаемых станков.

Компоновка РТК определяется также конструктивно-кинематическим исполнением ПР, определяющим форму и размеры рабочей зоны.

Среди большого числа требований, предъявляемых к РТК, можно выделить ряд основных, выполнение которых является обязательным при построении комплексов [12]:

- планировка комплекса должна обеспечивать свободный, удобный и безопасный доступ обслуживающего персонала к основному и вспомогательному оборудованию, а также к органам управления комплекса;
- планировка должна (по возможности) исключать пересечение трасс следования оператора и ПР в процессе его работы по программе;
- комплекс должен быть обеспечен средствами защиты от возможного проникновения человека в зону действия ПР (светозащита, защитные сетки и тому подобное), причем необходимо применение параллельно двух-трех различных защитных средств, действующих автономно;
- размещение средств защиты не должно ограничивать технологические возможности оборудования, затруднять их обслуживание, а также препятствовать визуальному наблюдению за ходом технологического процесса;
- размещение средств управления должно обеспечивать свободный и быстрый доступ к органам аварийного отключения.

Построение робототехнических комплексов следует проводить с учетом анализа [12]:

- организационных видов производства (серийность, партионность, межстаночное транспортирование);
- классификации и группирования деталей по конструктивно-технологическим признакам;
- действующего или проектного технологического процесса обработки детали-представителя;
- возможности автоматизации основного технологического оборудования;
- конструктивно-технологических параметров централизованно выпускаемых промышленных роботов;
- технико-экономических показателей различных вариантов автоматизации с применением ПР.

Особенности применения роботов при обслуживании металлорежущих станков определяются перечнем выполняемых роботами операций, характеристикой обрабатываемых деталей, технологией обработки, составом оборудования и другими организационно-техническими и экономическими факторами.

При обслуживании металлообрабатывающего оборудования промышленные роботы могут выполнять следующие вспомогательные операции:

- установку заготовок в рабочей зоне станка и снятие обработанной детали с укладкой ее на конвейер, в ориентирующий магазин и т.п.;
- контроль размеров заготовок и обработанных деталей;
- очистку базовых поверхностей деталей, заготовок и фиксирующих приспособлений станка от грязи и стружки;
- проверку правильности базирования и фиксации заготовок в зажимных приспособлениях станков;
- смену захватных устройств, а также инструментальных комплектов.

ПР может осуществлять поиск, опознавание обрабатываемой детали и перебазирование ее в процессе обработки. При обслуживании группы станков ПР обеспечивает межстаночное транспортирование деталей.

Имеющийся опыт внедрения ПР в производственных условиях показал, что нельзя поставить робот к полуавтоматическому станку, не изменяя организационной структуры подразделения, где должен действовать робот, и не проведя ряд технических мероприятий по модернизации станков, предназначенных для использования в РТК.

Наиболее целесообразной формой внедрения ПР в серийном производстве является создание РТК, на базе которых далее могут быть образованы роботизированные технологические участки и линии.

Как правило, выполнение технологического цикла обработки изделий на металлорежущих станках обеспечивается группой станков. В связи с этим при создании станочных РТК целесообразно использовать ПР, способные обслуживать группу однотипных либо разнотипных станков. Число станков, включаемых в комплекс, зависит от конструктивного исполнения робота и протяженности его рабочей зоны, а также от машинного времени этих станков, так как при малом машинном времени групповое обслуживание ПР может привести к простаиванию технологического оборудования. При малом машинном времени, а также при создании РТК в условиях крупносерийного производства целесообразно использовать однопозиционные РТК (модули) на базе простых ПР, предназначенных для обслуживания одного станка.

В практике машиностроения промышленные роботы в основном используются при автоматизированной загрузке деталей с ярко выраженными признаками ориентации, имеющих однотипные поверхности, удобные для захвата (например, детали типа тел вращения). По этой причине роботизированная загрузка гораздо реже применяется при групповой обработке корпусных деталей. Пример такого комплекса представлен на рисунке 3.1 [12].

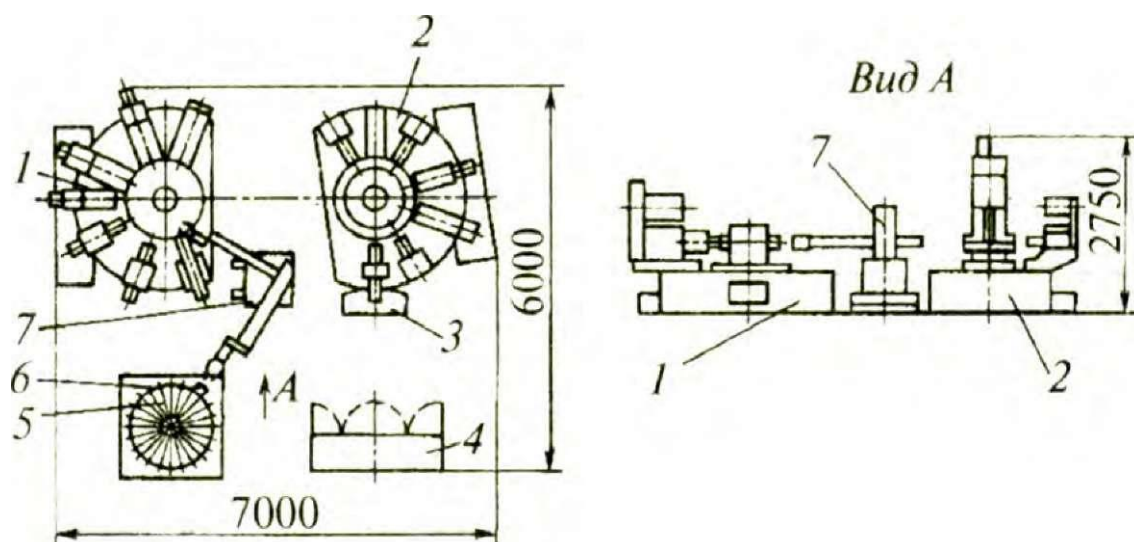


Рисунок 3.1 - Роботизированный технологический комплекс для обработки малогабаритных корпусных деталей

РТК выполнен на базе промышленного робота 7 напольного типа и двух агрегатных станков 1 и 2. Комплекс предназначен для выполнения различных технологических операций, включая переходы фрезерования, сверления, нарезания резьбы в деталях типа корпусов и фланцев массой до 10 кг в условиях мелкосерийного производства. Робот 7 забирает заготовку 6 из поворотного тактового магазина 5 и загружает станок 1, а после обработки передает ее на станок 2. Разгрузку станка 2 и сброс деталей в тару производит автооператор 3. Управление РТК осуществляется системой управления 4.

При изучении возможности создания РТК следует учитывать основные экономические факторы, предопределяющие необходимость применения роботов:

- повышение производительности;
- сокращение расходов на оплату труда, на обучение персонала;
- повышение технологической и организационной гибкости производства, расширение возможностей (универсализация) производственной системы и средств автоматизации;
- уменьшение затрат при модернизации, совершенствовании и смене выпускаемой продукции;
- снижение капитальных затрат и увеличение срока морального старения оборудования;
- повышение и стабилизация качества выпускаемой продукции;
- сокращение потерь материалов, уровня незавершенного производства и запасов;
- сокращение числа работающих и расходов на социально-бытовые нужды, восполнение нехватки и сокращение текучести рабочей силы;

- улучшение использования производственных площадей.

В современных условиях чрезвычайно важно принимать в расчет и социальные факторы роботизации:

- избавление рабочих от утомительного тяжелого физического и монотонного труда;
- сокращение или ликвидация опасных операций, повышение безопасности труда на производстве/ соответствие правилам охраны труда;
- повышение квалификации работников, заинтересованности работой, ставок оплаты их труда;
- снижение текучести кадров.

Контрольные вопросы и задания

1. Основные факторы, влияющие на схемы загрузки станков.
2. Требования, предъявляемые к РТК.
3. Основные экономические факторы, предопределяющие необходимость применения роботов.
4. Какие операции выполняют ПР?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

ВЫБОР ОБЪЕКТОВ РОБОТИЗАЦИИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить методику выбора объектов роботизации.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Под объектами роботизированного производства понимается совокупность изделий, изготавливаемых по различным технологическим процессам, на разных стадиях производства.

Как известно, изделия подразделяются на детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты. Создание гибких производственных систем (ГПС) экономически целесообразно для полного изготовления изделий или сборочных единиц. В этом случае сокращается производственный цикл и уменьшается объем незавершенного производства. Однако в настоящее время наибольшее распространение получили ГПС и роботизированные комплексы, автономно выполняющие отдельные стадии технологического цикла: получение заготовок, изготовление деталей, сборку. Роботизация механической обработки особенно рациональна при выполнении технологического процесса (или его части) изготовления деталей определенных групп, принадлежащих разным сборочным единицам, но имеющих общие конструктивно-технологические признаки, например, корпусных деталей, валов и т.п.

На первоначальном этапе создания роботизированных комплексов производится подбор оптимальной номенклатуры объектов роботизированного производства. Эффективное решение задачи во многом определяется целью внедрения робототехники, поэтому работа по созданию роботизированных технологических комплексов (РТК) начинается с уточнения общей цели и задач, решаемых при внедрении ПР.

В самом общем случае применение ПР в производственном процессе может быть направлено на:

- повышение производительности труда (увеличение выпуска продукции без увеличения количества рабочих, занятых на основных и вспомогательных операциях);
- сокращение трудовых затрат (за счет роста производительности труда, устранения организационных и технических потерь);
- повышение качества изделий;
- улучшение условий работы и повышение безопасности труда.

Реализация перечисленных направлений необязательно связана с повышением показателей по всем направлениям. Достижение одной из

поставленных целей, например улучшение условий безопасности работы, может быть сопряжено с увеличением трудовых затрат и ростом себестоимости продукции. Поэтому в каждом конкретном случае на основе сбора и анализа исходных данных следует установить приоритет задач, подлежащих решению.

Источниками получения необходимых сведений могут быть: технологический процесс, конструкторская документация, технические паспорта оборудования, оснастки, транспортных средств, планировки зданий и сооружений, годовые перспективные планы производства, планы технического перевооружения, нормативно-технические документы системы оперативно- календарного планирования, трудовые ресурсы, данные по расстановке рабочих и выполняемым ими функций, текучести кадров.

Во время сбора исходных данных осуществляется получение материалов по технологическим процессам, расчету производственных мощностей, составу оборудования. Составляется перечень деталей, обрабатываемых на обследуемом участке с указанием всех необходимых данных по сложности, материалу, массе, трудоемкости изготовления, виду технологической операции.

Для социологического обследования собираются данные о нехватке рабочей силы, дефицитных профессиях, характере и условиях работы.

Наиболее сложной, ввиду широкой номенклатуры и разнообразия типов, представляется задача подбора деталей, обрабатываемых на металлообрабатывающем оборудовании.

К основным критериям выбора деталей для обработки в ГПС относятся:

1. Конструктивно-технологическое подобие по конфигурации и габаритным размерам деталей, характеру конструктивных элементов, числу и взаимному расположению обрабатываемых поверхностей, виду исходной заготовки, точности, шероховатости и другим техническим требованиям. Следует соблюдать подобие марок конструкционных материалов, поскольку одновременная обработка в ГПС деталей из разнородных материалов создает проблемы разделения отходов (стружки), ведет к росту номенклатуры инструментов и усложнению организации работы системы.

2. Устойчивость номенклатуры изделий. Переводу в ГПС подлежат только те типы деталей, которые будут находиться в производстве в течение сроков эксплуатации системы. При этом детали могут претерпевать любые конструктивные изменения в пределах технологических возможностей оборудования.

3. Степень замкнутости маршрута. Это требует в первую очередь переводить на обработку в ГПС детали, которые могут быть полностью изготовлены в системе. Прерывание маршрута для выполнения вне системы

каких-либо специфических операций (например, термической обработки) усложняет систему и увеличивает длительность производственного цикла.

Анализ и классификация деталей сводится к определению номенклатуры деталей, подлежащих обработке на РТК. С целью выбора деталей необходимо произвести их классификацию по различным признакам.

Понятие группирования деталей, изготавливаемых в ГПС, расширяется и включает три группы условий [12]:

- геометрические параметры деталей, которые в основном определяют типоразмеры включаемых в ГПС станков; при этом подобие формы деталей или идентичность технологических переходов перестают играть решающую роль в составлении групп деталей, главными критериями становятся общие габариты и масса деталей;
- технологические параметры, определяющие в первую очередь возможность полной обработки каждой детали группы на одном станке в одну- две операции или необходимость их доработки на станках другого технологического назначения, которые должны быть включены в систему;
- организационно-экономические характеристики, например обработка группы деталей, которые должны одновременно поступить на сборку, или группы деталей, обрабатываемых из одной заготовки в целях экономии материалов и сокращения работы по съему большего объема стружки.

При группировании деталей по конструктивно-технологическим признакам следует предусматривать минимизацию номенклатуры захватных устройств и возможность применения широкодиапазонных захватов. При переходе от обработки одной детали к другой в составе одного РТК должно быть минимальное число смен захватных устройств и переналадок ПР.

Классификация деталей позволяет произвести отбор и группирование деталей по конструктивно-технологическим признакам для их обработки в РТК. В результате обеспечивается типизация технических и организационных решений при создании роботизированного комплекса. При подборе деталей группы следует учитывать массу и вид исходной заготовки (прокат, горячая штамповка, литье), материал, точность и другие характеристики, которые позволят организовать групповую обработку.

Общие требования к деталям, загружаемым с помощью промышленных роботов, можно свести к следующему [12; 25]:

- а) возможность группирования по конструктивно-технологическим признакам с целью обеспечения применения групповой формы организации производственных процессов, типизации технологических процессов и использования одинакового основного и вспомогательного оборудования;

б) наличие ясно выраженных баз и признаков ориентации, позволяющих организовать транспортирование и складирование деталей в ориентированном виде с использованием стандартизованной оснастки;

в) наличие однородных по форме, расположению и размерам поверхностей для базирования и захвата, позволяющих без дополнительной выверки устанавливать детали в рабочую зону оборудования, где для их базирования и закрепления может быть использована широкоуниверсальные приспособления. Конструкция детали (заготовки) должна обеспечивать возможность надежного захватывания, удержания и переноса ее с помощью ПР.

Классификация деталей по однотипным группам дает возможность применения групповых форм организации производственных процессов, типизации технологических процессов обработки с использованием однородного основного и вспомогательного оборудования, базирования и ориентации с помощью единой технологической оснастки с минимальной переналадкой. В результате группирования по конструктивно-технологическим признакам устанавливают (создают) детали-представители (комплексные детали), для обработки которых требуется наибольшее количество основных и вспомогательных технологических операций, характерных для деталей данной группы. Применительно к деталям-представителям в дальнейшем проводят анализ действующей проектной технологии и разработку новой.

Выбор номенклатуры деталей тесно связан с вопросами повышения их технологичности. Комплекс критериев технологичности деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ и в ГПС, условно можно разделить на две группы.

Первая группа критериев определяет общие требования к детали, к которым относятся: обоснованный выбор материала детали и требований качества поверхностного слоя; обеспечение достаточной жесткости конструкции; наличие выраженных признаков ориентации; сокращение до минимального числа установов заготовки при обработке; возможность обработки максимального числа поверхностей с одного установа; максимальная унификация формы и размеров обрабатываемых элементов; задание координат обрабатываемых элементов с учетом возможностей устройств ЧПУ. Таким образом, при анализе технологичности деталей, обрабатываемых в ГПС, необходимо учитывать требования обработки, контроля, ориентации и транспортирования заготовок и деталей, обеспечения благоприятных условий работы режущего инструмента, снижения количества и стоимости технологической оснастки, повышения точности и производительности обработки, т.е. высокой надежности технологической системы.

Вторая группа критериев технологичности включает требования к отдельным поверхностям: упрощение геометрических форм и унификация

основных повторяющихся элементов (радиусов сопряжений, диаметров отверстий и т.п.); расположение обрабатываемых поверхностей на одном уровне; уменьшение размеров обрабатываемой поверхности и др.

Повышение технологичности конструкции деталей в значительной степени влияет на рост производительности оборудования и качества изделий при максимальном снижении затрат времени и средств на технологическую подготовку производства в целом и, в частности, на программирование.

К заготовкам, подлежащим обработке на РТК, предъявляются повышенные требования. Сварные заготовки, поковки, а также резаный прокат необходимо зачищать от заусенцев, швов и т.п. Чугунные и цветные отливки следует предварительно зачищать, удалять с них литники. Стальные заготовки из легированных труднообрабатываемых сталей и стальные отливки рекомендуется подвергать отжигу. Кроме того, необходимо контролировать размеры и твердость для исключения поломок режущего инструмента, автоматических транспортных средств и роботов [12].

Контрольные вопросы и задания

1. Цели применения ПР на производстве.
2. Основные критерии выбора деталей для обработки в ГПС.
3. Общие требования к деталям, загружаемым с помощью промышленных роботов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ГПС

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить особенности проектирования технологических процессов для гибких производственных систем.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Исходными данными при проектировании ГПС и их разновидностей (в том числе и РТК) служат операционные технологические процессы или отдельные технологические операции получения заготовок, механической обработки, сборки, контроля и других процессов машиностроительного производства.

Создание эффективно функционирующих систем требует тщательного проведения технологической подготовки. Поэтому проектирование ГПС должно начинаться с анализа базовой или разработки проектной технологии. На основе анализа разрабатываются предложения по усовершенствованию базового технологического процесса с точки зрения его наиболее полного соответствия условиям гибкого автоматизированного производства.

Анализ технологических процессов сводится к рассмотрению маршрутов, видов операций, технологических баз, способов установки деталей, состава применяемого оборудования. Анализу подвергается либо весь технологический процесс, либо отдельные его этапы и даже операции.

В результате анализа существующего ТП должны быть определены:

4. Неиспользованные резервы и узкие места, потери, возникающие вследствие технических и организационных недостатков.
5. Состав технологического оборудования и требования по его модернизации либо замене новыми моделями.
6. Специфические особенности существующего процесса, от которых зависит повышение его эффективности.
7. Пути изменения организационной структуры производства.
8. Пути усовершенствования технологических процессов обработки, механизации и автоматизации отдельных операций.
9. Средства механизации и автоматизации труда, повышающие производительность.
10. Количество основных и вспомогательных производственных рабочих, участвующих в производственном процессе.
11. Планировка и размеры производственных площадей.

12. Методы контроля детали.
13. Характеристика отходов обработки и методов их удаления.

Технологии автоматизированного производства имеют свою специфику,

обусловленную следующими факторами [26]:

- автоматизированные технологические процессы включают в себя не только операции механической обработки резанием, но и обработку давлением, термообработку, сборку, контроль, упаковку, а также транспортно-складские и другие операции.

- требования к гибкости и автоматизации производственных процессов диктуют необходимость комплексной проработки технологии, тщательного анализа объектов производства, проектирования маршрутной и операционной технологии, обеспечения надежности и гибкости процесса изготовления изделий с заданным качеством. Степень подробности технологических решений должна быть доведена до уровня подготовки управляющих программ для оборудования.

- многовариантность технологических решений при широкой номенклатуре выпускаемых изделий.

- высокая степень интеграции работ, выполняемых различными технологическими подразделениями.

Внедрение гибких технологий, широкое использование средств вычислительной техники и роботов позволяет быстро и эффективно перестраивать технологические процессы на изготовление новых изделий, что весьма актуально в условиях мелкосерийного и серийного производств, преобладающих в машиностроении.

Основные принципы гибкой технологии [26]:

1. Принцип завершенности, для реализации которого необходимо стремиться к выполнению всех операций в пределах одной ГПС, т.е. без промежуточной передачи полуфабрикатов в другие подразделения или вспомогательные отделения.

2. Принцип малооперационной технологии предполагает формирование технологических процессов с максимально возможным укрупнением операций и минимальным числом операций и установов в операциях.

3. Принцип «малолюдной» технологии, т.е. обеспечение автоматической работы системы по всему производственному циклу.

4. Принцип «безотладочной» технологии нацелен на разработку технологических процессов, не требующих отладки на рабочих позициях, что особенно актуально для широкономенклатурных ГПС.

5. Принцип активно управляемой технологии, т.е. организация управления технологическими процессами и коррекция проектных решений на основе рабочей информации о ходе процесса.

6. Принцип оптимальности означает принятие решения на каждом этапе технологической подготовки производства и управления технологических процессов на основе критериев оптимальности.

Помимо перечисленных характерны и другие принципы: компьютерной технологии, информационной обеспеченности, безбумажной документации.

Фундаментальным является принцип групповой технологии, так как именно он обеспечивает гибкость производства.

Таким образом, к технологическим процессам ГПС предъявляются следующие основные требования:

- комплексность решений, учитывающих особенности технологических операций изготовления изделий, операций складирования, транспортирования и др.;
- высокая степень концентрации операций и переходов, предусматривающая многопозиционную обработку, например, на многоцелевых станках типа обрабатывающих центров (ОЦ);
- максимальное использование быстроперенастраиваемого автоматизированного оборудования, преимущественно с ЧПУ, а также технологической оснастки, обеспечивающей требуемую степень автоматизации процесса;
- типизация технологических решений, необходимая для реализации групповой технологии;
- многовариантность, обеспечивающая максимальное использование технологических возможностей ГПС при изменении условий производства.

Перечисленные требования могут быть выполнены только при организации производственного процесса на базе групповой технологии, групповых технологических операций.

Как известно, групповым технологическим процессом называется совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих обработку различных деталей группы по единому технологическому маршруту.

Создание унифицированных (групповых) процессов изготовления деталей может базироваться на различных методах их группирования [12]:

- по конструктивно-технологическому сходству деталей (наиболее типичными совокупностями в этом случае являются группы шестерен, втулок, валиков, шпинделей и др.);
- по элементарным поверхностям деталей, что позволяет установить варианты обработки этих поверхностей, а из комбинации элементарных процессов получить технологический процесс обработки любой детали;

- по преобладающим видам обработки деталей (типам оборудования), единству технологического оснащения и общности наладки станка.

Для условий ГПС группирование осуществляется, как правило, на уровне технологического процесса, а не групповых технологических операций. Это связано с тем, что в соответствии с принципом завершенности ГПС создаются либо для выполнения всего производственного процесса изготовления изделий, либо его законченной части, определяемой чаще всего технологическими процессами: штамповки, механической обработки, сборки и т.п.

При разработке групповых процессов необходимо исходить из следующих основных положений:

- принятая последовательность технологических операций при групповом маршруте, операций или переходов должна обеспечивать обработку любой детали группы в соответствии с чертежом и техническими требованиями;
- технологическая оснастка должна быть групповой или универсально переналаживаемой;
- оборудование должно обеспечивать высокопроизводительную обработку при минимальных затратах на его переналадку;
- технологическая документация должна быть простой по форме, исчерпывающей по содержанию и удобной для пользования на рабочих местах.

Применительно к гибкому автоматизированному производству подход к классификации деталей и разработке групповой технологии принципиально не отличается от подхода к организации групповой обработки на базе универсального оборудования.

Тем не менее содержание основных этапов разработки групповой технологии для гибкого автоматизированного производства имеет существенные отличия:

а) наличие оборудования с ЧПУ снижает требования к конструктивно-технологическому подобию, что значительно расширяет возможности отбора деталей при их группировании, хотя и требует более высокой квалификации исполнителя;

б) использование технологического оборудования типа обрабатывающих центров приводит к концентрации операций и переходов, упрощению маршрутов, повышению их унификации. В отличие от групповых поточных линий, выполненных на базе универсального оборудования, где принят жесткий маршрут движения деталей, в ГПС он произвольный, что значительно улучшает условия непрерывности работы системы;

в) использование в ГПС промышленных роботов приводит к необходимости группирования деталей по условиям подобия габаритов и поверхностей под сменные захватные устройства ПР;

г) при использовании в ГПС координатно-измерительных машин группирование деталей должно учитывать возможность контроля всех деталей без переналадки;

д) наличие инструментальных магазинов и автоматизированной системы инструментального обеспечения дает возможность ввода новых (измененных) деталей в отобранные группы. В неавтоматизированном производстве такая процедура затруднена, т.к. инструментные наладки проектируются под комплексную деталь.

Как правило, существующий технологический процесс при создании РТК нуждается в корректировке либо коренном изменении с целью:

1) максимальной концентрации операций, в результате чего сокращается число станков, обслуживающих ПР и рабочих-операторов;

2) типизации и группового построения технологических операций по обработке деталей группы;

3) максимального использования быстропереналаживаемого автоматизированного оборудования, преимущественно с ЧПУ;

4) механизации и автоматизации как основных, так и вспомогательных операций (мойки, контроля, слесарной обработки и т.п.).

При разработке маршрутного технологического процесса особое внимание уделяется сокращению количества операций, выполняемых вне ГПС. В состав ГПС целесообразно включать оборудование для контроля, термообработки, маркировки, мойки и т.п. Для обеспечения принципа концентрации операций и переходов прежде всего решается вопрос о количестве установов (позиций) обрабатываемой детали. Первый установ, как правило, выбирают из условий наиболее удобного базирования заготовки по «черным» базам. В ряде случаев подготовка баз выполняется в отдельной операции на станках с ЧПУ, обладающих повышенной жесткостью и сравнительно невысокой точностью. Следует отметить, что обеспечение точности базирования предъявляет ряд общих требований к заготовкам, в частности, к поверхностям, используемым для базирования и закрепления. Второй и последующий установ предусматривают использование обработанных на предшествующих позициях поверхностей в качестве постоянных технологических баз. Конечной задачей является поиск схемы, обеспечивающей наиболее полную обработку детали со всех сторон с наименьшим количеством установов. При выборе последовательности операций следует учитывать необходимость соблюдения принципов совмещения (единства) и постоянства баз, деления процесса обработки на стадии (черновую, чистовую, отделочную) и другие рекомендации для построения маршрута изготовления деталей на станках с ЧПУ.

Методы разработки операционных технологических процессов во многом аналогичны методам проектирования маршрутной технологии. Так, проектирование технологической операции на базе типовых переходов осуществляется выбором вариантов обработки отдельных элементов детали и общей последовательности обработки. В определенной последовательности переходы объединяются в технологическую цепочку, составляющую одну технологическую операцию. При этом необходимо исходить из задачи достижения требуемой точности и сокращения затрат вспомогательного времени на замену инструмента, выполнение вспомогательных ходов. Многие технологические переходы реализуются на станках с ЧПУ в виде так называемых стандартных циклов.

Контрольные вопросы и задания

1. Дать понятие объекта роботизированного производства.
2. Назвать четыре основные цели роботизации производства.
3. В чем состоит необходимость сбора и анализа исходных данных при роботизации производства?
4. Перечислить основные критерии отбора деталей для роботизированной обработки.
5. Почему роботизированное производство необходимо организовать на основе групповой технологии?
6. Дать понятие комплексной детали (детали-представителя).
7. Для какой цели проводится анализ деталей на технологичность?
8. Перечислить основные требования к технологическим процессам гибкого автоматизированного производства.
9. С какой целью проводится анализ базовых технологических процессов?
10. В чем заключается принцип групповой технологии?
11. Каковы особенности групповой технологии для гибкого автоматизированного производства?
12. Раскрыть основные принципы разработки маршрутных технологических процессов механической обработки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

ОСНОВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ РТК

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Основным критерием, определяющим возможность включения станков в состав РТК, является степень их автоматизации, позволяющая осуществлять работу в автоматическом режиме в комплексе с ПР.

Основное технологическое оборудование в гибком автоматизированном производстве должно удовлетворять ряду требований:

а) изготовление в автоматическом режиме широкой номенклатуры изделий при максимальной концентрации операций (переходов);

б) возможность быстрой переналадки при смене объектов производства;

в) широкие технологические возможности, способствующие реализации принципа комплексности (завершенности) производственного цикла;

г) максимальная унификация отдельных узлов и комплектующих изделий, крепежной и инструментальной оснастки;

д) высокий уровень автоматизации основных и вспомогательных функций (контроль и коррекция режимов технологического процесса, контроль геометрических размеров обработанных деталей и соответствующая коррекция, контроль за состоянием инструмента и замена изношенного инструмента, сбор и удаление отходов и др.);

е) компоновочная и программная стыковка с различными подсистемами, осуществление связи с верхним уровнем управления по передаче управляющих воздействий и учетной информации;

ж) обеспечение необходимой производительности и требований по качеству изделий;

з) высокая экономичность, эксплуатационная и технологическая надежность.

Оборудование, входящее в РТК, по возможности должно быть однотипным, что упрощает комплекс и удешевляет его эксплуатацию. При технологической проработке комплекса необходимо оценить, можно ли использовать действующее оборудование в новых условиях. Для этой цели производится оценка физического состояния оборудования и его

технических показателей (производительности, точности, возможности модернизации для обеспечения стыковки с ПР и другими средствами автоматизации).

Компоновки станков должны быть удобными для обслуживания как операторами, так и роботами. Во всех случаях оператор должен работать в условиях, когда соблюдены требования безопасности, обеспечен удобный доступ к зоне обработки и органам управления станка.

Станки, входящие в комплекс, должны обеспечивать:

- автоматический цикл обработки деталей;
- автоматизацию фиксации положения заготовки при базировании, зажима- разжима обрабатываемых деталей;
- дробление и хороший отвод стружки из зоны резания;
- автоматизацию очистки базовых поверхностей установочных элементов приспособления или стола станка от стружки, грязи посредством устройств обдува или обмыва под давлением;
- размеры и расположение рабочей зоны, позволяющие организовать обслуживание с помощью ПР;
- автоматизацию ограждения рабочей зоны и его перемещения.

Станки целесообразно оснащать устройствами контроля размерной точности обработки деталей, датчиками, контролирующими правильность и надежность базирования деталей в зажимных приспособлениях.

При механической обработке наиболее полно отмеченным требованиям удовлетворяют многоцелевые станки с устройствами программного управления класса CNC (computer numerical control).

Эффективность использования оборудования автоматизированного производства определяется его загрузкой и рациональным использованием заложенных в оборудовании технологических возможностей.

В свою очередь, эффективное использование технологических возможностей станков будет получено при наиболее полном соответствии конструктивно-технологических параметров обрабатываемых деталей техническим характеристикам станков. В этом случае наиболее рационально будут использованы мощность главного привода, жесткость, точность и другие показатели станков. Поэтому при подборе оборудования производится классификация деталей не только по конструктивно-технологическим признакам, но и по размерным характеристикам с тем, чтобы каждой группе деталей соответствовала определенная модель станка.

Например, для токарной обработки втулки диаметром 140 мм и длиной 75 мм можно выбрать токарный полуавтомат модели 160НТ Стерлитамакского станкостроительного завода с наибольшими размерами точения в патроне: диаметр - 200 мм, длина - 120 мм. Для токарной обработки вала с габаритными размерами: диаметр - 80 мм, длина - 400 мм целесообразно принять токарный патронно-центральной полуавтомат модели

МК7601 ОАО «Красный пролетарий» с наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки над суппортом 160 мм и наибольшей длиной 450 мм или станок 1715 Рязанского станкостроительного завода с наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки над суппортом 210 мм и наибольшей длиной заготовки 500 мм [6].

Для токарной обработки целесообразно использование станков с устройствами автоматической индексации шпинделя в определенном угловом положении. Это расширяет технологические возможности роботизированного комплекса, позволяя автоматизировать загрузку-выгрузку некруглых деталей и деталей малой толщины при взаимном развороте кулачков патрона станка и губок захватного устройства работа.

Для многопереходной обработки с нескольких сторон сложной корпусной детали с габаритными размерами 450x320x180 мм подходит многоцелевой сверлильно-фрезерно-расточной станок 500Н Стерлитамакского станкостроительного завода с размерами рабочей поверхности стола 0500 мм и магазином на 32 инструмента [6]. Обработку несложной корпусной детали тех же габаритных размеров с одной стороны и при малом количестве технологических переходов более экономично вести на вертикально-фрезерном станке модели МА-655А14 Савеловского машиностроительного завода с размерами рабочей поверхности стола 500x1250 мм и револьверной головкой на 8 позиций [7].

Характеристики современных отечественных металлообрабатывающих станков наиболее распространенных групп представлены в справочных пособиях [6; 7].

Контрольные вопросы и задания.

1. Какие требования к основному технологическому оборудованию в гибком автоматизированном производстве?
2. Назовите основные характеристики современных отечественных металлообрабатывающих станков.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ РТК

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Рассмотреть типы конструкций промышленных роботов для оснащения РТК

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Основные преимущества промышленных роботов:

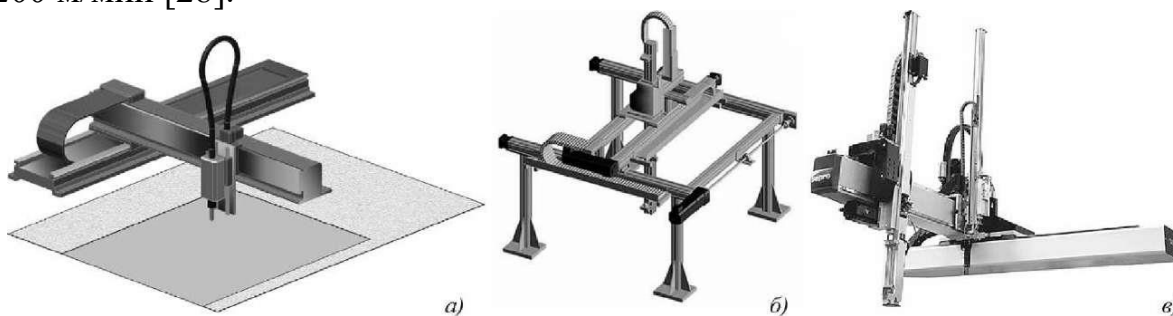
- повышение производительности выполнения операций по сравнению с использованием ручного труда рабочих;
- возможность многократно выполнять повторяющиеся операции с высокой точностью, что обеспечивает высокое качество изделия;
- способность работать в неблагоприятных для человека условиях (например, при выполнении тяжелых и монотонных работ, в запыленных и загрязненных средах), отсутствие ограничений, свойственных человеку: утомляемости, потребности в питании и сне.

По типу конструкции промышленные роботы можно разделить на несколько групп [20].

1 Декартовые (картезианские) роботы. Обычно имеют три взаимно перпендикулярные линейные оси перемещения. Рабочее пространство ПР в этом случае имеет форму параллелепипеда (рисунок 7.1).

Эта группа роботов отличается простотой конструкции. Благодаря малому количеству шарниров достигается высокая жесткость конструкции и достаточно низкая стоимость.

Так, декартовые роботы серии ZP (ZP1, ZP2 и другие), выпускаемые швейцарской фирмой Gudel, имеют диапазон перемещений по горизонтальной оси Y - 8-10 м (без стыков), а со стыками - 16-100 м, грузоподъемность - от 100 кг до 25 000 кг, линейную скорость - от 100 до 200 м/мин [28].



а) принципиальная схема, б) портального типа, в) типа XYZ

Рисунок 7.1 - Декартовые (картезианские) роботы

К недостаткам можно отнести низкое соотношение размеров обслуживаемого и занимаемого роботом пространств, ограниченные возможности ориентирования инструмента и сложность выполнения операций в ограниченном пространстве.

Ввиду малого числа управляемых осей (обычно их три) такие роботы нашли наибольшее применение при выполнении таких операций, как работа с листовым материалом (например, сверление, разрезание, склеивание), разливка жидкостей, укладка и фасовка изделий и т.п. Таким образом, для обслуживания металлообрабатывающих станков такие роботы практически не пригодны.

2 Роботы SCARA. Впервые представлены японскими компаниями SankyoSeiki, Pentel и NEC в 1981 году. Роботы получили название «сборочная роботизированная рука с избирательной гибкостью» (Selective Compliance Assembly Robot Arm), или сокращенно SCARA (рисунок 7.2). Достоинство роботов заключается в параллельном расположении осей соединений, обеспечивающем легкую подвижность руки. Другой особенностью роботов SCARA является двухзвенная конструкция соединения элементов манипулятора, позволяющая ему, подобно руке человека, вытягиваться, втягиваться или поворачиваться. Это особенно удобно для загрузки деталей в рабочую зону станка с ограниченными размерами.

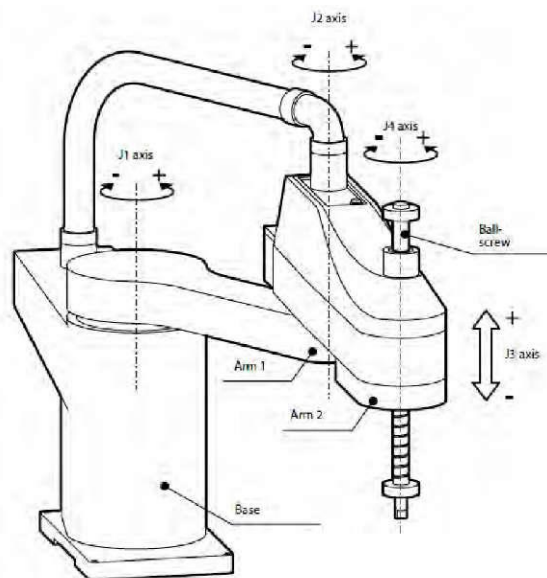


Рисунок 7.2 - Промышленный робот SCARA

Роботы SCARA обладают более высокой скоростью выполнения операций, чем декартовые манипуляторы равного класса. Так, монтируемый на потолке или стене робот ТН 450 фирмы Toshiba Machine при длине руки 450 мм и допустимой нагрузке 5 кг выполняет единичный операционный цикл за 0,3 с с точностью повторения $\pm 0,01$ мм [16].

3 Параллельные роботы. Основаны на использовании платформы Стюарта, позволяющей с помощью линейных приводов осуществлять перемещение платформы относительно основания по шести независимым координатам (рисунок 7.3). Такие механизмы позволяют параллельно управлять усилием, скоростью и перемещением по одной координате выходного звена.

Благодаря особенностям конструкции они получили общее название «дельта-роботы».

Роботы этого типа выполняют перемещения со сверхвысокими скоростями. Так, они способны выполнять до 150 захватов изделий в минуту.

Примером является робот Adept Quatro фирмы Adept Technoogy (США), который смонтирован на вращающейся платформе, рассчитанной на нагрузку до 2 кг и обслуживание зоны диаметром 1,3 м. Adept Quatro способен развивать максимальную скорость 10 м/с [16].



Рисунок 7.3 - Параллельный робот (дельта-робот)

4 Шарнирные роботы. По возможностям перемещения напоминают действия руки человека. Конструкция робота содержит как минимум три поворотных соединения, образующих полярную систему координат. Три управляемые координаты обеспечивают поворот руки (J1), ее наклон в «плечевом» соединении (J2) и сгибание в «локтевом» звене (J3). Три дополнительные поворотные оси (J4, J5, J6) позволяют манипулятору перемещаться в любом направлении на требуемое расстояние (рисунок 7.4).

Подобная конструкция позволяет манипулятору обходить препятствия, занимать любое положение и направление внутри зоны обслуживания. Роботы с шарнирной рукой используются в самых различных целях. Например, робот с шарнирной рукой манипулирует сварочной головкой почти так же, как это делает человек. Шарнирные

роботы компактны и обеспечивают повышенные размеры зоны обслуживания.

Определенный недостаток шарнирных роботов заключается в повышенной сложности управления, когда для перемещения каждого звена используется принцип минимального значения требуемого угла. Это означает, что траектория перемещения инструмента не является прямой линией.

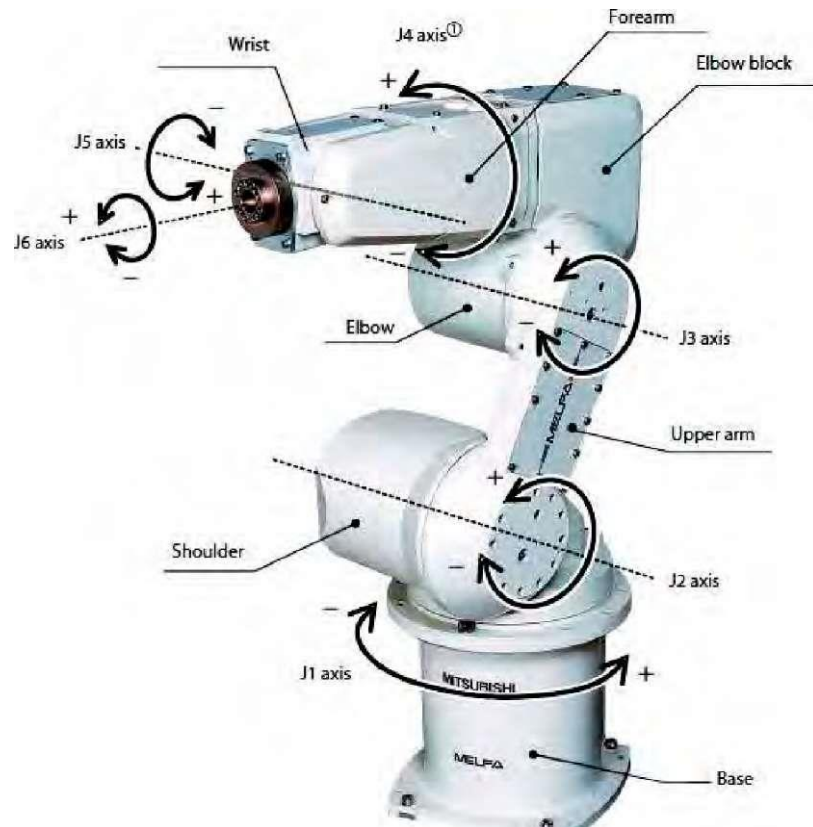


Рисунок 7.4 - Шарнирный робот

Приведенная классификация роботов по типу их конструкции достаточно условна. Так, роботы с шарнирной рукой могут устанавливаться на платформе с декартовой системой перемещения, роботы SCARA часто дополняются шарнирными манипуляторами.

Технологические возможности ПР определяются рядом показателей: номинальной грузоподъемностью, типом системы управления, геометрическими, скоростными и точностными характеристиками.

Целесообразность применения того или иного ПР в производственных условиях определяется с учетом ряда требований:

- 1 Соответствие грузоподъемности ПР массе (весу) объекта манипулирования. При этом следует иметь в виду, что в грузоподъемность робота, кроме массы (веса) объекта, входит и масса (вес) захватного устройства. В технических характеристиках робота часто указывается не только номинальная, но и максимальная нагрузка, которая может существенно превосходить номинальную. Так, отечественный робот

модели TUR 15 имеет номинальную грузоподъемность 15 кг, а дополнительная нагрузка при номинальной грузоподъемности составляет 10 кг [4]. Робот модели TX-40 фирмы Staubli допускает максимальную нагрузку 2,3 кг при номинальной 1,7 кг; промышленный робот Adept Cobra-i600 производства США при номинальной грузоподъемности 2 кг имеет максимальную грузоподъемность 5,5 кг [16]. Но работа на максимальной нагрузке зачастую нецелесообразна, т.к. при этом не обеспечиваются другие паспортные характеристики, например:

сокращаются размеры рабочей зоны, снижается скорость и точность перемещения и т.п.

2 Соответствие технологических возможностей ПР, определяемых во многом видом системы управления, содержанию необходимых манипуляций с объектом. Так, роботы с позиционной системой управления, которые преимущественно применяются для автоматизированной загрузки металлорежущих станков, осуществляют перемещения рабочих органов по сложным траекториям с большим количеством точек программирования. Робот с адаптивной системой управления, оснащенный 3D-сенсорами, позволяет «видеть», распознавать и выполнять сложные манипуляции с объектами. Такой робот, например, может загружать станки заготовками, хаотично расположенными в обычной таре.

3 Соответствие числа степеней подвижности ПР минимально необходимому их числу для выполнения требуемых операций. Современные роботы имеют от четырех до шести и выше управляемых осей. Требуемое число степеней подвижности определяется содержанием манипуляционных действий, размерами и расположением рабочих зон обслуживаемого оборудования и его количеством, а также рядом других факторов.

4 Соответствие размеров рабочей зоны ПР размерам, форме и расположению рабочих зон обслуживаемого оборудования.

5 Соответствие скоростей перемещения рабочих органов ПР требуемой производительности; соответствие погрешности позиционирования ПР требованиям по точности выполнения основных или вспомогательных операций.

6 Простота и краткость цикла переналадки, конструктивной и программной стыковки с другими подсистемами автоматизированного производства, надежность, экономичность.

В настоящее время большое число зарубежных фирм выпускает разнообразную гамму промышленных роботов различной компоновки, с широким диапазоном характеристик. Наибольшую известность получили роботы производства Японии (Fanuc, Kawasaki, Toshiba, Nachi, Motoman), Германии (Kuka, Reis, Denso), Швейцарии (Gudel, Staubli) и многих других стран [16; 19; 21; 27; 28]. В последнее время начинает осваиваться выпуск

современных роботов в нашей стране (ООО «Волжский машиностроительный завод», ООО «Робокон») [4].

Основные технические показатели отечественных и зарубежных ПР, которые могут быть использованы для вспомогательных операций обслуживания технологического оборудования, приведены в приложении А [4; 10; 16; 19; 21; 27; 28]. Естественно, в рамках пособия невозможно представить характеристики всей продукции, поэтому выбраны наиболее представительные роботы, отличающиеся компоновкой и техническими характеристиками, в первую очередь, грузоподъемностью.

Следует также отметить, что для автоматизированной загрузки металлообрабатывающего оборудования наиболее эффективны шарнирные промышленные роботы, обладающие широкими технологическими возможностями. Промышленные роботы SCARA в основном применимы для паллетирования (складирования, фасовки); для обслуживания станков используются довольно редко ввиду ограниченных манипуляционных возможностей (уменьшенное число степеней подвижности, малый диапазон перемещений, особенно по вертикальной оси). Дельта-роботы отличаются высоким быстродействием и также наиболее эффективны для выполнения операций расфасовки, перекладки, в меньшей степени пригодны для загрузки металлорежущих станков.

Контрольные вопросы и задания

1. Основные преимущества промышленных роботов.
2. 2. Какие группы ПР Вы знаете?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8

ЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ПР

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить захватные устройства для промышленных роботов.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Захватные устройства (ЗУ) промышленных роботов служат для захвата и удержания в определенном положении объектов манипулирования. Промышленные роботы могут комплектоваться набором типовых ЗУ. Расширение возможностей промышленных роботов непосредственно связано с возможностью быстрой переналадки захватных устройств, т.е. гибкость ПР в значительной мере определяется гибкостью захватных устройств.

К ЗУ предъявляются общие требования [11]:

- соответствие технологическому назначению и техническим показателям робота;
- надежность захвата и удержания объекта манипулирования при заданных скоростных характеристиках робота, особенно во время разгона или торможения;
- точность и стабильность базирования объекта в захватном устройстве, недопустимость его повреждения или разрушения;
- максимальная жесткость и прочность захватного устройства при малых габаритах и массе (поскольку масса ЗУ входит в грузоподъемность робота, то несоблюдение данного требования ведет к снижению полезной нагрузки);
- высокое быстродействие;
- соответствие точности позиционирования точности технологического оборудования;
- простота конструкции, системы управления;
- высокая надежность в эксплуатации, удобство технического обслуживания, замены и ремонта;
- общие требования безопасности, предъявляемые к промышленным роботам и роботизированным технологическим комплексам.

К ЗУ для роботов, работающих в условиях гибкого автоматизированного производства, дополнительно предъявляются требования по возможности захвата изделий в широком диапазоне формы, размеров и массы, легкости и скорости замены ЗУ (вплоть до автоматической смены).

Захватные устройства состоят из привода, передаточного механизма и захватных элементов (пальцев или губок).

Приводы захватных устройств подразделяются на пневматические, гидравлические, электромеханические, пружинные, электромагнитные, магнитные, вакуумные. Наибольшее распространение в захватных устройствах получил пневматический привод, отличающийся простотой конструкции, удобством подвода энергии, легкостью регулирования, возможностью использования в зоне высоких температур. Недостаток - большие габариты при сравнительно малых силах из-за низкого давления сжатого воздуха (0,4-0,5 МПа), поэтому пневматические приводы используются для захвата заготовок малых и средних размеров.

Гидравлический привод характеризуется высоким отношением мощности к массе, обеспечивает высокую точность позиционирования при любых нагрузках благодаря высокой жесткости системы.

Электромеханический привод может работать в системах силового и позиционного управления, удобен для применения в антропоморфных и адаптивных ЗУ, однако не применим во взрывоопасных средах.

Передаточные механизмы обычно выполняют функции механизмов-усилителей, способных увеличить силу, развиваемую приводом. Передаточные механизмы подразделяются на клиновые, рычажные, кулачковые, реечные и т.п.

По типу захватов ЗУ подразделяются на механические, магнитные, вакуумные, с эластичными камерами.

По числу рабочих позиций различают одно- и многопозиционные ЗУ. Однопозиционные ЗУ позволяют манипулировать только одним объектом; многопозиционные - двумя и более. По характеру работы многопозиционные ЗУ могут быть последовательного, параллельного и комбинированного действия. К ЗУ последовательного действия относятся двухпозиционные, имеющие загрузочную и разгрузочную позиции. Зажимные элементы на каждой позиции действуют независимо. Многопозиционные ЗУ параллельного действия имеют несколько позиций для одновременного захвата нескольких объектов. Устройства комбинированного действия оснащены группами параллельно и независимо работающих позиций.

По рабочему диапазону ЗУ делятся на узкодиапазонные с ограниченным диапазоном размеров захватываемых поверхностей (обычно выполняются на базе клиновых и рычажных механизмов) и широкодиапазонные, которые основаны на использовании реечных, рычажных и тому подобных механизмов.

Важным признаком, во многом определяющим гибкость роботизированного процесса, является характер крепления ЗУ к руке робота.

Несменяемые (постоянные) ЗУ предназначены для взаимодействия с одним определенным объектом, не требуют переналадки и характерны для крупносерийного производства. В качестве несменяемых ЗУ применяют специализированные широкодиапазонные устройства, предназначенные для захвата сходных по конфигурации и близких по размерам заготовок.

Сменные ЗУ применяют в серийном производстве при изготовлении изделий большими партиями. Наибольшее распространение получило фланцевое крепление ЗУ к руке робота, имеющей центральное центрирующее и несколько резьбовых отверстий. Такая конструкция позволяет размещать часть элементов ЗУ (например, привод рабочего органа) внутри руки робота.

В механических сменных ЗУ для расширения их технологических возможностей используют различные технические решения [11]:

1 Сменным является все захватное устройство целиком, вместе с приводом. Так, если ПР используется как технологический, то предусматриваются сменные рабочие органы (например, сварочные клещи).

При этом появляется возможность вводить в комплект ЗУ с двигателями, имеющими различные энергетические характеристики и значения хода выходного звена, включать в комплекты захватные устройства, имеющие другие принципы действия. Основным недостатком способа замены всего рабочего органа является громоздкость заменяемого блока.

2 Сменными являются механизмы ЗУ, а привод, размещенный в руке ПР, остается постоянным. При этом принцип действия ЗУ остается тем же, но выбором механизма передачи можно задавать различные направления перемещений рабочих элементов, регулировать диапазон раскрытия ЗУ за счет изменения усилия захватывания. При смене ЗУ не возникает трудностей, связанных со стыковкой силовых магистралей; вследствие этого не снижается надежность соединений и уплотнений. Этот способ является наиболее распространенным.

3 Сменными являются звенья механизма ЗУ.

4 Сменными являются захватные элементы (губки) ЗУ. При этом обеспечивается переналаживаемость ЗУ при смене объекта манипулирования, в определенных пределах можно изменять диапазон раскрытия. Сменные элементы крепятся к захватному устройству винтами.

В качестве примера на рисунке 8.1 а показано широкозахватное ЗУ со сменными губками [11]. Сменные губки позволяют использовать захватное устройство для работы с объектами различных типоразмеров. На штоке 4 пневмоцилиндра 1 установлена планка 5, на которой шарнирно закреплены тяги 2, связанные с рычагами 3. К рычагам крепятся держатели 6, несущие сменные губки 7. Переналадка на другой тип деталей осуществляется путем

перестановки осей тяг 2 в дополнительные отверстия планки 5, сдвига держателей 6 по рычагам 3 и смены держателей 6 или губок 7.

В устройстве на рисунке 8.1 б внутренние рычаги 3 и 4 через зубчатые секторы зацепляются с рейкой 6, соединенной с тягой привода ЗУ. Рычаги попарно соединены с планками 7 и 8, несущими зажимные губки 9, и вместе с корпусом 1 образуют два шарнирных параллелограмма, обеспечивающих прямолинейное симметричное перемещение губок 9 (для центрирования коробчатых и плоских деталей) или губок 10 (для захвата тел вращения).

Для обеспечения возможности замены ЗУ осуществляются стандартизация и унификация типов соединений и присоединительных размеров ЗУ по ГОСТ 26063 - 84, который соответствует DIN ISO 9409-1-1990 (рисунок 8.2 и таблица 8.1).

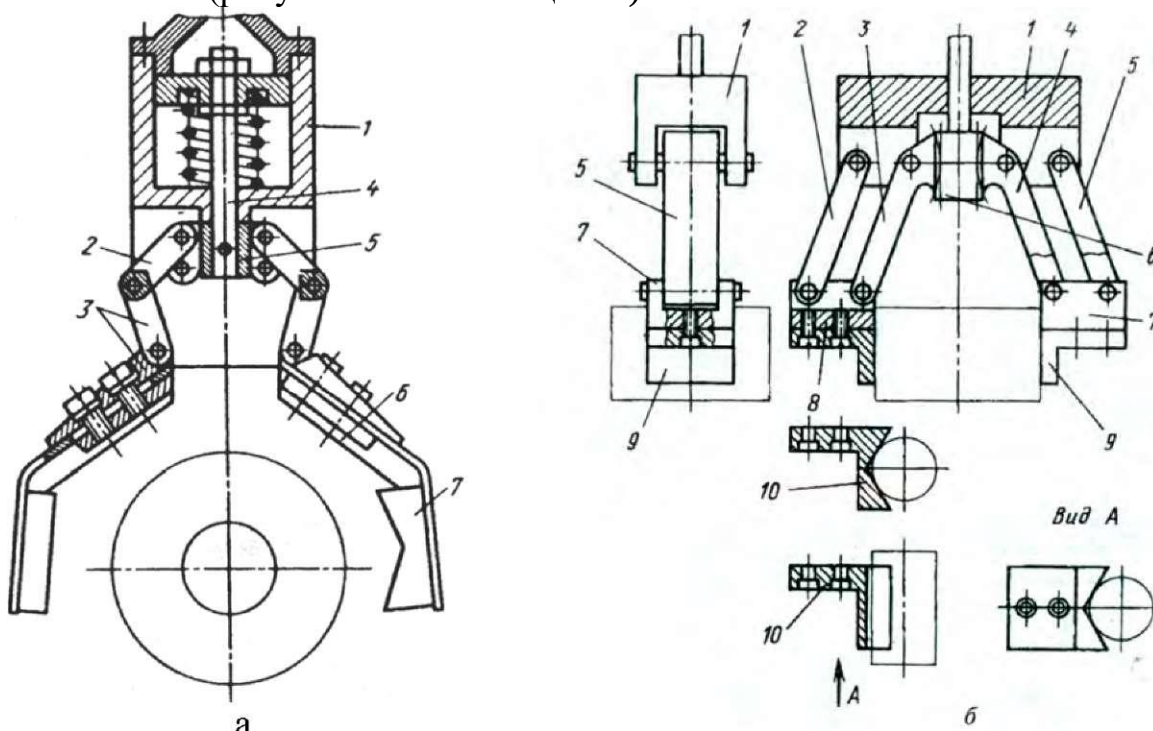


Рисунок 8.1 - Широкозахватные ЗУ со сменными губками

Фланцевый способ крепления является более предпочтительным для легких и средних роботов грузоподъемностью 1...200 кг. Для сверхлегких роботов (грузоподъемностью до 1 кг) используется крепление захватных устройств посредством клеммового соединения, цанговых и тангенциальных зажимов, переходных втулок. Такие способы крепления предполагают наличие у захватных устройств цилиндрических хвостовиков.

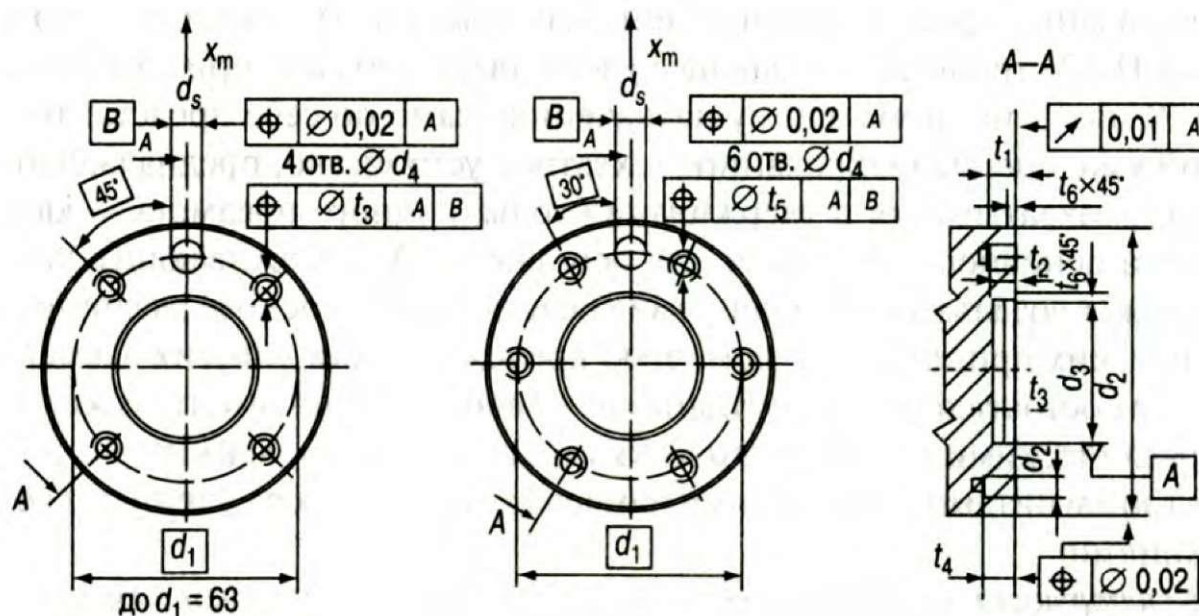


Рисунок 8.2 - Присоединительные размеры фланцев промышленных роботов (ГОСТ 26063 - 84)

Таблица 8.1 - Присоединительные размеры фланцев промышленных роботов (ГОСТ 26063 - 84)

di						ti	t2	t3			Число отверстий
Ряд 1	Ряд 2	d2h8	dsH7	d4	dsH7	не менее			t5	te	
25		31,5	16	M4	4		4	4		0,5	
	31,5	40	20	M5	5		5				
40		50	25			6			0,1		4
	50	63	31,5	M6	6		6	6			
63		80	40								
	80	100	50	M8	8		8				
100		125	63						0,15	> 1	
	125	160	80	M1	10		10				6
160		200	100	0		8		8			
	200	250	125	M1	12		12		0,2		
250		315	160	2							

Пример условного обозначения фланцев с диаметром расположения крепежных отверстий $d_1=40$ мм:

Фланец 40 ГОСТ 26063-84 Примечания:

1 Размеры диаметров фланцев по ряду 1 являются предпочтительными.

2 Минимальная глубина t_4 резьбовых отверстий зависит от материала присоединительных устройств рабочего органа.

Однако в обычных конструкциях смена ЗУ с его базированием и закреплением, производимая вручную, является трудоемкой, развинчивание и свинчивание при приложении больших усилий приводят к снижению надежности соединений.

Сменные захватные устройства по способу замены подразделяют на заменяемые вручную и заменяемые автоматически.

Быстросменные ЗУ применяют в мелкосерийном производстве при обработке изделий небольшими партиями и рассчитаны на быструю замену устройств.

К быстросменным относятся ЗУ с цилиндрическими хвостовиками. Диаметры цилиндрических хвостовиков захватных устройств следует выбирать из ряда: 6,0; 10,0; 12,5; (14,0); 20,0; 25,0; 30,0; 40,0; 50,0; 60,0; 80,0; 100,0; 125,0; 160,0.

К настоящему времени разработано немало конструкций быстросменных ЗУ, узлы крепления которых позволяют соединять ЗУ с рукой ПР простейшими движениями и часто без применения специального инструмента. На рисунке 8.3 показан вариант байонетного крепления, которое можно использовать как для быстрой ручной, так и для автоматической смены ЗУ [11]. Узел крепления включает гнездо 1, выполненное на руке ПР, хвостовик 2 захватного устройства и упора 3 для угловой фиксации. При установке хвостовик ЗУ вводится в гнездо с одновременным отжимом упора 3, затем ЗУ поворачивается на 90° , и упор 3 заскакивает в отверстие, выполненное на фланце ЗУ. Для смены ЗУ требуется повернуть его относительно гнезда на 90° и вынуть из гнезда. Основные размеры мест крепления быстросменных ЗУ приведены в таблице 8.2 (обозначения на рисунке 4.7).

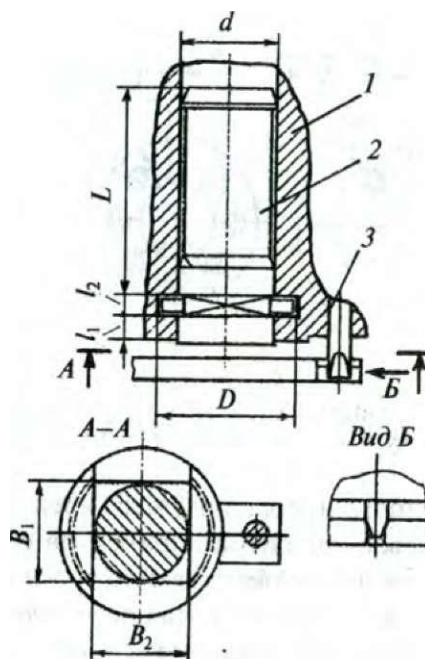


Рисунок 8.3 – Байonetное крепление быстросменных ЗУ

В ПР, предназначенных для работы в гибких производственных системах, замена ЗУ должна осуществляться автоматически. При проектировании ПР с автоматической заменой ЗУ наибольшие сложности вызывает конструирование достаточно простых и надежных узлов стыковки ЗУ с рукой ПР.

Таблица 8.2 - Основные размеры мест крепления быстросменных ЗУ, мм

d	D	L	Li	L2	Bi	B2
20	32	40	7	6	20	21
30	44	60	9	8	30	31
40	56	85			40	41
50	68	100			50	51
60	80	120	11	10	60	61

Автоматизированные ЗУ применяются в многономенклатурном производстве и могут быть автоматически переналаживаемыми и автоматически заменяемыми. Для хранения сменных ЗУ могут быть использованы магазины стационарного, подвижного и комбинированного типов.

На рисунке 8.4 изображено многопальцевое автоматически переналаживаемое ЗУ с подпружиненными пальцами 1, установленными на каретках 2, перемещающихся относительно корпуса 3. При подходе к заготовке и соприкосновении с ней часть пальцев утапливается. При сближении кареток 2 пальцы, оставшиеся неутепленными, захватывают и

зажимают заготовку. Такая конструкция обеспечивает возможность захвата заготовок различной формы и размеров.

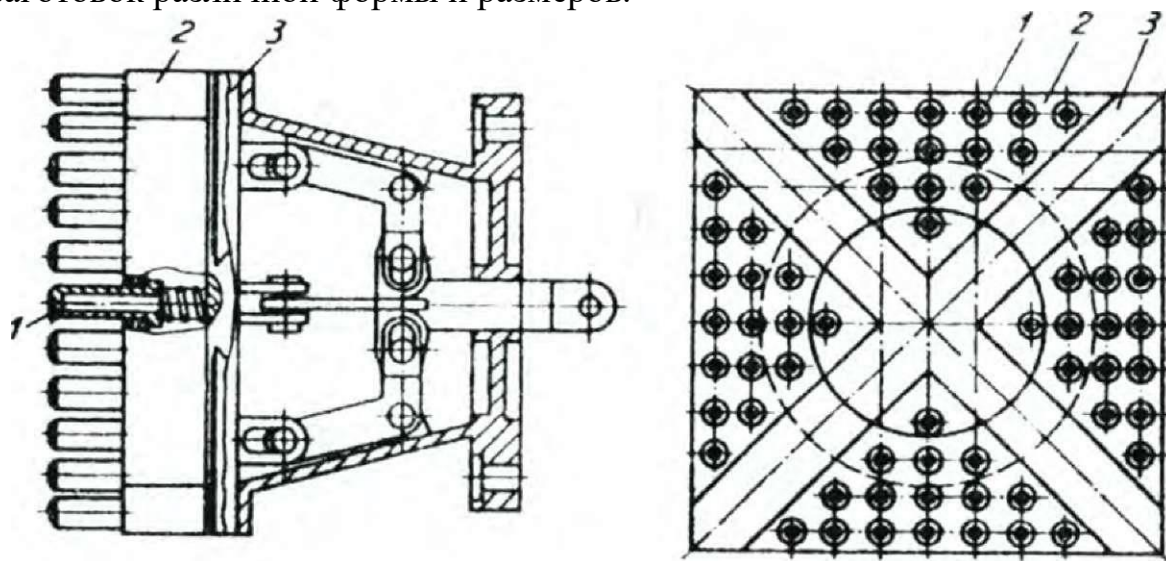


Рисунок 8.4 - Автоматически переналаживаемое ЗУ

В литературе [11; 14; 18; 22] описано большое число конструкций ЗУ, отличающихся принципом действия, способом удержания объекта, видом зажимного механизма, типом привода и другими признаками.

Выбор (проектирование) конструкции захватного устройства зависит от следующих основных факторов:

- 1 Условия эксплуатации (предельно допустимые параметры окружающей среды: температура, влажность, вибрации и т.д.), которые определяют исполнение ЗУ (нормальное, пылезащитное, взрывозащищенное, жаропрочное и т.п.).

- 2 Характеристики объекта (форма, размеры, масса, жесткость, хрупкость, шероховатость и взаимное положение поверхностей объекта для его ориентации и захвата). Предпочтительно использовать предварительно обработанные поверхности, что уменьшает погрешности базирования и закрепления.

- 3 Характеристики (размеры, расположение) рабочих зон технологического оборудования, которые определяют требования к траектории движения рабочего органа при вводе объекта в зону установки.

- 4 Требования к точности позиционирования объекта перед захватыванием, а также к способу и точности установки объекта в рабочей зоне оборудования.

Последовательность проектирования захватного устройства складывается из следующих этапов [11]:

- 1 Сбор и обработка исходных данных, необходимых для проектирования (построение траектории перемещений, оценка скоростей перемещений и допустимой погрешности позиционирования; оценка

допустимой жесткости и податливости манипулятора, выбор способа захватывания и удержания объекта манипулирования).

2 Анализ внешних сил, действующих на ЗУ и элементы его конструкции.

3 Построение кинематической схемы (для клещевых ЗУ).

4 Расчет усилия зажима или удержания объекта.

5 Расчет конструктивных элементов ЗУ на прочность.

6 Расчет усилий привода (для механических ЗУ) и энергетических затрат (для электромагнитных, пневматических и вакуумных ЗУ).

7 Выбор типа привода ЗУ.

8 Определение геометрических параметров ЗУ (в том числе проектирование профиля зажимных губок для клещевых ЗУ).

9 Обоснование технических требований к конструкции ЗУ.

10 Выбор характера (сменное, быстросменное, с автоматической сменой) и конструктивных параметров места крепления ЗУ к руке манипулятора.

Траектория перемещений объекта устанавливается, исходя из принципов наименьшего пути и минимизации числа степеней подвижности робота. Она зависит от формы, размеров и расположения рабочих зон обслуживаемого оборудования, числа роботизированных позиций и планировки комплекса, а также от способа подачи объекта на позицию загрузки и его положения на ней. По принятой траектории уточняют структурно-кинематическую схему робота, выбирают его компоновку и устанавливают величины рабочих ходов.

Скорости перемещений рабочего органа при отработке отдельных степеней подвижности устанавливают в соответствии с требуемой производительностью и для обеспечения минимального времени рабочего цикла. Скорости перемещений зависят от траектории перемещений объекта, планировки комплекса, ограничений по времени возможных простоев оборудования, от количества рук и захватных устройств. Для уменьшения динамических нагрузок целесообразно принимать по возможности наименьшие значения скоростей, добиваясь минимального времени рабочего цикла за счет одновременной отработки перемещений звеньев по всем координатам.

Погрешность позиционирования рабочего органа определяет точность манипуляционных действий. Допустимая погрешность позиционирования определяется максимально возможным отклонением детали при ее базировании в приспособлении. Так, при загрузке токарных станков деталями типа валов отклонение оси симметрии детали от оси шпинделя станка не должно превышать половины диаметра ее центрального отверстия. В противном случае центровые отверстия вала не попадают в центры станка.

Погрешность позиционирования при обслуживании технологического оборудования можно существенно уменьшить подачей конечного звена манипулятора на жесткий упор (при этом используют различные демпферы: пневматические, гидравлические, пружинные, исключая ударные нагрузки) или за счет применения средств адаптации.

Манипулирование деталями типа тел вращения обеспечивают роботы, оснащаемые широкодиапазонными центрирующими захватными устройствами. При необходимости роботы обеспечивают набором быстросменных захватных устройств. Манипулирование деталями сложных конфигураций с разнообразными формами и расположением базовых поверхностей (вилки, рычаги, корпусные детали и т.п.) в условиях многономенклатурной обработки требует создания специальных установочных, базирующих и захватных устройств. Применение ПР для установки-снятия со станков деталей подобных типов чаще всего экономично только в условиях крупносерийного производства [11].

Контрольные вопросы и задания

1. Какие требования предъявляют к захватным устройствам?
2. Классификация ЗУ.
3. Широкозахватные ЗУ со сменными губками, устройство.
4. Автоматически переналаживаемое ЗУ, устройство.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9

ТРАНСПОРТНО-НАКОПИТЕЛЬНЫЕ И ЗАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РТК

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить транспортно-накопительные и загрузочные устройства для робототехнического комплекса.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Важнейшими видами вспомогательного оборудования РТК, во многом определяющими компоновку и эффективное функционирование, являются транспортно-накопительные и загрузочные устройства.

Транспортно-накопительные и загрузочные устройства предназначены для накопления ориентированных деталей, обеспечивающих работу РТК в течение заданного периода времени, для поштучной выдачи деталей в зону действия захватного устройства ПР, транспортирования деталей между станками внутри РТК и передачи их на последующие позиции, переориентации деталей, хранения межоперационных заделов.

Транспортно-накопительные устройства, входящие в состав РТК, не имеют, как правило, между собой информационных связей и получают команды от основного технологического оборудования и ПР. При выборе или разработке транспортно-накопительных устройств следует учитывать способ хранения и выдачи деталей, емкость накопителей, способ ориентации и комплектации заготовок на начальной позиции РТК. Необходимо обеспечивать сопряжение транспортной системы РТК с общезаводским и внутрицеховым транспортом.

Требования к вспомогательному оборудованию, включаемому в состав РТК, определяются компоновкой РТК, типом, формой, материалом и размерами деталей, составом станков, серийностью производства и штучным временем обработки деталей на станках.

Вспомогательное оборудование должно иметь широко унифицированные конструктивные элементы и допускать быструю переналадку.

К устройствам, выполняющим активные функции, относятся конвейеры, автоматические магазины и т.п.

Накопительные устройства, выполняющие пассивные функции, как правило, представляют собой простейшую конструкцию с установленными в определенном порядке ложементами, на которых размещаются детали.

В РТК с адаптивными ПР обеспечивается возможность захватывания заготовок, находящихся в накопительных устройствах в неориентированном виде.

В составе роботизированных технологических комплексов могут применяться следующие разновидности загрузочных и транспортно-накопительных устройств:

1 Кассеты, стеллажи, ложементы и тому подобные устройства, выполняющие пассивные функции по хранению ориентированных заготовок.

Упорядоченное размещение деталей в специальных кассетах особенно эффективно при партионной обработке на технологических операциях очистки, обезжиривания, травления, термообработки, нанесения различных покрытий. На технологических операциях с поштучной обработкой изделий кассеты можно использовать на входе и выходе оборудования для загрузки и разгрузки деталей. В производстве используется большое число типов кассет, разнообразных по форме и размерам, емкостью 50...2000 деталей. Кассеты очень быстро и легко заменяются, могут использоваться как тара для межоперационного транспортирования без потери ориентации.

На рисунке 9.1 представлена конструкция накопителя кассет [17]. Из корпуса 1 накопителя кассеты по направляющим 2 поднимаются и перемещаются горизонтально механизмом 3 в позицию разгрузки. Большая вместимость накопителя позволяет длительное время работать в автоматическом режиме.

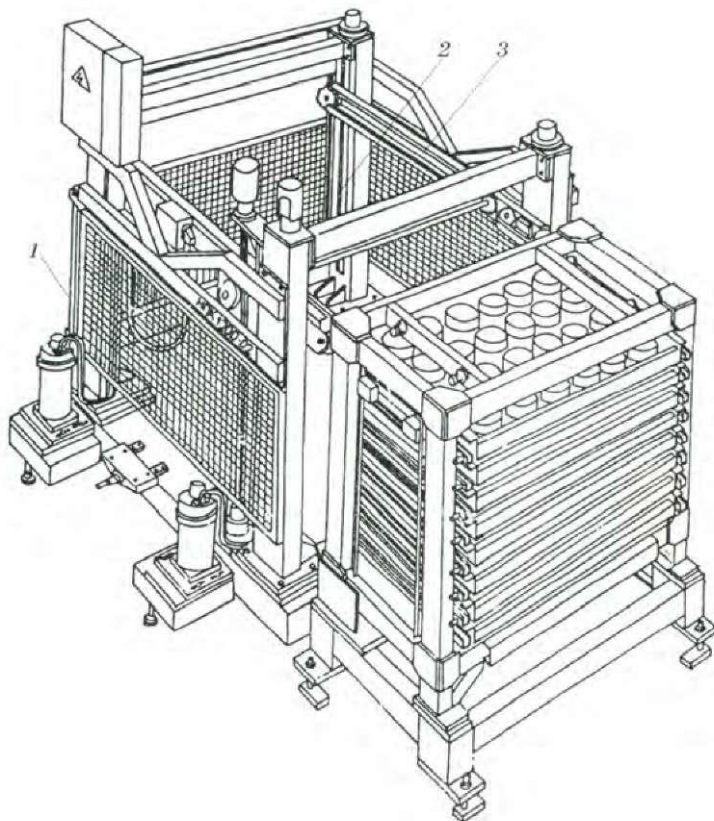


Рисунок 9.1 - Накопитель кассет

На рисунке 9.2 [12] изображена схема межоперационного накопления с накопителями в виде поддонов 4, собранных в штабеля 13, 14. Особенностью накопления заготовок 5 и обработанных деталей 3 в поддонах является возможность тесного складирования, что предопределяет получение наибольшей вместимости по сравнению с вместимостью других конструкций накопителей. Работа с использованием системы поддонов для накопления, с управлением ЧПУ происходит в следующей последовательности: в зависимости от вида обработки выбирается требуемый штабель 14 поддонов с заготовками. С помощью выдвижного (подъемного) стола 16 самоходной тележки 17, перемещаемой по рельсам 18, штабель 14 устанавливается на приемную позицию Г. Эта позиция, как и позиция В, где расположен штабель с обработанными деталями, находится в зоне обслуживания портального робота- оператора (штабелеукладчика) 10. По окончании обработки и полного заполнения деталями 3 поддона 4, установленного на каретке 2 в позиции А, каретка с поддоном перемещается по направляющей 1 на позицию Б. Рабочий орган робота 10 опускается, и его захватные устройства 11 заскакивают в углубления 15, сделанные в стенках поддона 4. Далее рабочий орган с поддоном поднимается, робот-оператор 10 по траверсе 12 перемещается на позицию В, и поддон с деталями устанавливается на штабель 13. ПР 10 перемещается на позицию Г, забирает верхний поддон с заготовками со штабеля 14 и устанавливает на каретку 2, ожидающую поддон на позиции Б. Далее каретка возвращается в позицию А, обслуживаемую другим роботом 9. Здесь рука 6 робота забирает крайнюю по порядку заготовку 5, а на ее место рука 7 устанавливает обработанную деталь 3. После этого ПР 9 перемещается к станку для снятия рукой 7 обработанной детали и загрузки станка рукой 6 новой заготовки. Затем ПР возвращается на позицию А.

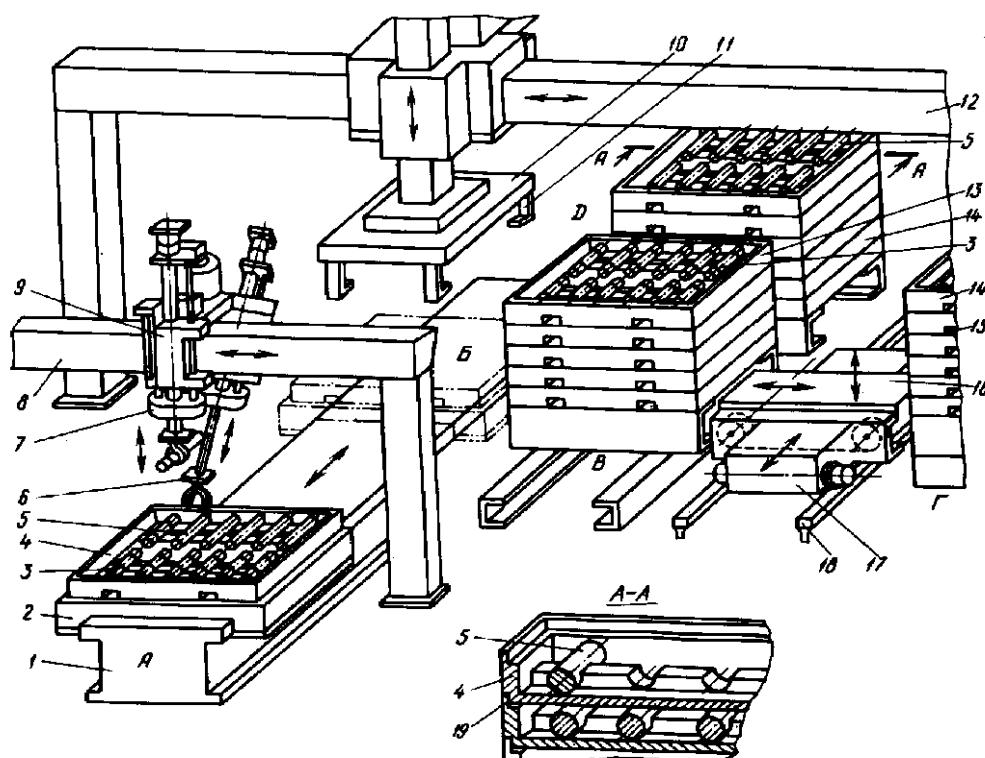


Рисунок 9.2 - Система накопления заготовок в кассетах (поддонах)

В поддонах заготовки (детали) могут располагаться в два ряда или в один (длинные заготовки). При использовании двухрядных поддонов после обработки заготовок первого ряда каретке 2 сообщается перемещение для обработки заготовок второго ряда. Фиксирование поддонов в штабеля происходит на направляющих 19.

Кассетные магазины предназначены для хранения, главным образом, крупных деталей (гильз, поршней, колец). Особенностью такого магазина является наличие съемной кассеты, что позволяет (для увеличения общей вместимости магазина) складировать кассеты с деталями вне магазина и выдавать из этого запаса детали через магазин. Кассеты и поддоны также могут использоваться отдельно, как самостоятельная накопительная система.

2 Тактовые столы для хранения и поштучной выдачи заготовок в зону захвата ПР. Тактовый стол (рисунок 9.3) предназначен для хранения заготовок и подачи их в зону захвата промышленного робота. Заготовку можно устанавливать непосредственно на пластину стола, если форма и размеры заготовки позволяют это сделать, либо на специальные приспособления-спутники, которые крепят к пластинам тактового стола.

Готовую деталь можно ставить на тактовый стол или в специальную тару.

Характеристики тактовых столов серии СТ представлены в таблице 9.1.

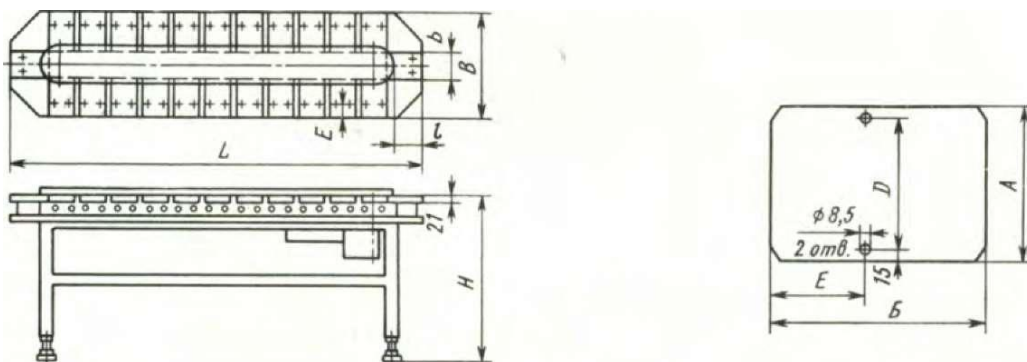


Рисунок 9.3 -Тактовый стол

Таблица 9.1 - Основные характеристики тактовых столов

Модель стола	Габаритные размеры стола, мм			Грузоподъем ность одной пластины, кг	Число пластин	Размеры пластин, мм
	L	B	H			
СТ-150, СТ- 150.01	2250	650	700-850 300-365	10	24	150x225
СТ-220, СТ- 220.01	3260	700	700-850 300-365	10	24	220x252
СТ-350	3350	950	700-850	20	12	350x382

3 Конвейеры.

Отличительной особенностью многих конструкций конвейеров, наряду с выполнением функций по перемещению заготовок, является возможность образования небольших межоперационных заделов, обеспечивающих независимую работу нескольких станков в составе линий. Имеются конструкции конвейеров, которые при транспортировании производят распределение заготовок на несколько потоков.

По способу транспортирования конвейеры делят на конструкции непрерывного и прерывистого (дискретного) действия. Конвейеры непрерывного действия практически невозможно использовать в РТК, включающих металлообрабатывающее оборудование дискретного действия, поэтому в данном пособии они не рассматриваются.

Конвейеры дискретного действия имеют несколько разновидностей:

- шаговые конвейеры с убирающимися собачками;
- шаговые конвейеры с поворачивающимися захватными устройствами;
- перекладывающие планочные конвейеры;
- пилообразные конвейеры;
- гребенчатые конвейеры;

е) шаговые конвейеры (накопители с управляемыми собачками).

Среди конвейеров прерывистого действия наиболее распространены шаговые. На рисунке 9.4 представлен шаговый конвейер-накопитель с управляемыми собачками, который помимо перемещения деталей выполняет функцию их накопления [3].

Он включает две направляющие 3, по которым движутся детали 7 с помощью двойной штанги 1 с собачками 11 (действующими от гидроцилиндра 9), размещаемой между направляющими. На одной из направляющих 3 на осях 14 установлены поворотные рычаги 5 контроля наличия заготовки 7. При отсутствии заготовки короткий конец рычага поднимается, а длинный опускается.

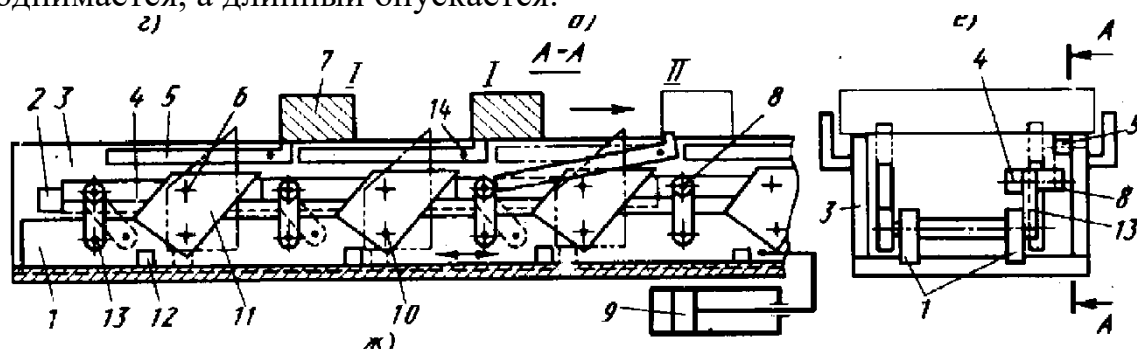


Рисунок 9.4 - Шаговый конвейер-накопитель

Собачки на штанге закреплены на осях 10. Над одной штангой установлены планки 4, каждая из которых шарнирно через ось 6 связана с собачкой 11, а также со штангой 1 через звено 13, несущее ролик 8. Такое соединение образует систему параллелограммов, обеспечивающих управление положением собачек. При движении штанги 1 влево крайняя левая планка 4, наталкиваясь на неподвижный упор 2 на направляющей 3, поворачивает все звенья 13 и собачки 11 (по часовой стрелке) в нерабочее положение. При перемещении штанги вправо ролик 8 звена 13 одного из параллелограммов наталкивается на опущенный длинный конец рычага 5 на свободной позиции II. В результате этого при дальнейшем передвижении штанги происходит поворот звена 13 и собачки 11 данного параллелограмма, а также (через планки 4) звеньев и собачек последующих параллелограммов против часовой стрелки. Собачки, опираясь на упоры 12, принимают рабочее положение, показанное штриховой линией. Штанга, двигаясь вперед, захватывает на позиции I собачками заготовки 7, расположенные на позиции II, и перемещают их на шаг. Если позиция II окажется занятой, то постепенно весь конвейер заполнится заготовками. При освобождении позиции II все заготовки на конвейере передвинутся на шаг.

Наибольшее распространение конвейеры получили в РТК, входящих в состав гибких автоматизированных линий.

4 Загрузочные устройства бункерного и магазинного типов.

Бункерные загрузочные устройства (БЗУ) применяют преимущественно для загрузки мелких, сравнительно легко ориентируемых, изделий, допускающих активное ворошение при их хаотичном размещении.

Разновидности бункерных загрузочных устройств [3]:

- а) ковшеобразные бункеры;
- б) цилиндрические с предбункером;
- в) ящичные ковшеобразные для стержневых заготовок;
- г) ящичные бункеры для плоских заготовок;
- д) цилиндрические бункеры для плоских заготовок;
- е) автоматические бункеры с дисковым захватным устройством;
- ж) автоматические бункеры с ножевым захватным устройством.

В качестве примера на рисунке 9.5 приведена схема вибрационного загрузочного устройства со спиральным лотком [24], которое включает в себя чашу 1; три якоря 3; три электромагнитных вибратора 4, закрепленных на стойках 5; три подвески (пружины) 6, которые закреплены на кронштейнах 7. Конусное дно 2 выполнено из текстолита. Стойки 5 с вибраторами 4 и кронштейны 7 закреплены на массивном основании 8. Все устройство расположено на резиновых амортизаторах 9. Изменяя число подвесок 6, можно менять собственную частоту колебаний системы. Зазор между якорем и электромагнитом вибратора изменяется путем перемещения стойки 5 относительно основания. Питание электромагнитов осуществляется через выпрямитель 10.

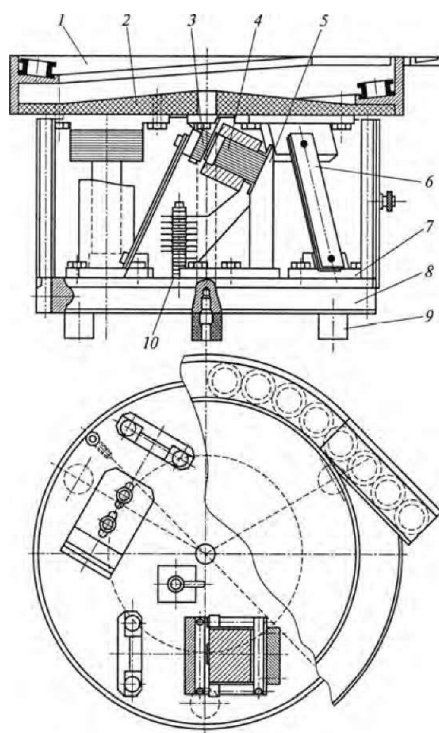


Рисунок 9.5 - Бункерное загрузочное устройство

Бункерные загрузочные устройства при всех их преимуществах (возможность загрузки деталей в неориентированном состоянии, высокая

производительность и др.) не применимы для накопления средних и крупных деталей, имеют сравнительно малый диапазон регулирования скорости. Они наиболее рациональны для автоматизации технологических операций с малой длительностью цикла при достаточно большом выпуске изделий (в крупносерийном и массовом производстве), поэтому для загрузки металлообрабатывающего оборудования используются редко.

Магазинные загрузочные устройства используют при производстве средних и мелких изделий, ориентация которых затруднена из-за формы, геометрических размеров и массы. Магазины загружаются изделиями в ориентированном положении вручную. Они отличаются простотой конструкции и высокой универсальностью.

Виды магазинных загрузочных устройств [3]:

- а) магазины со спиральным лотком;
- б) многодисковые магазины для колец, фланцев;
- в) зигзагообразные магазины;
- г) спиральные магазины;
- д) стержневые магазины;
- е) лотковые магазины для колец, фланцев;
- ж) магазины с барабанным захватным устройством для валиков.

Для примера на рисунке 9.6 показан магазин-накопитель спирального типа [3]. Он представляет собой каркас, сваренный из четырех швеллеров 8, основания 9 и двух дисков 1, 4. На дисках жестко укреплены вертикальные стяжки 2 с кронштейнами 6, несущими один или несколько наклонных спиральных лотков 3, образующих одно- или многозаходную спираль (по числу лотков). На лотке предусмотрен отсекающий 7 для поштучной выдачи деталей 5.

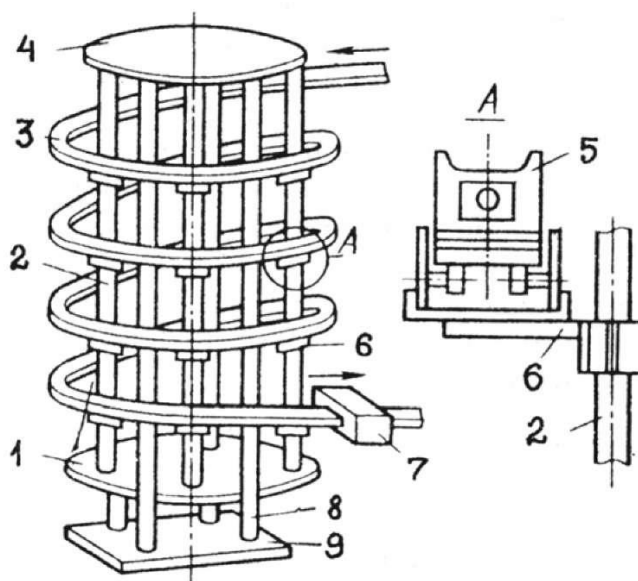


Рисунок 9.6 - Схема магазинного загрузочного устройства

Магазины-накопители в роботизированном производстве используются наиболее часто ввиду более высокой универсальности

(гибкости). Их конструкция определяется, прежде всего, конфигурацией заготовок и методом их транспортирования посредством лотков различных видов. Угол наклона лотков для заготовок, перемещающихся скольжением, должен составлять не менее $25...30^0$, перемещающихся качением - не менее $7...10^0$ [24].

Описание различных конструкций и расчет загрузочных устройств бункерного и магазинного типов приведены в специальной литературе [3; 9].

Как уже отмечалось, для подачи произвольно ориентированных заготовок непосредственно из транспортно-складской тары ограниченное применение находят роботы с адаптивной системой управления.

Выбор загрузочных и транспортно-накопительных устройств производится с учетом формы и размеров заготовок, длительности цикла изготовления деталей, сложности и трудоемкости переналадки, универсальности. Важнейшей характеристикой рассматриваемых устройств является вместимость (емкость), которая определяет время автоматического функционирования роботизированного комплекса, конструкцию и размеры устройств.

При определении емкости накопительных устройств приходится решать противоречивую задачу. С одной стороны, для повышения гибкости производства, времени автономной работы, а также коэффициента использования оборудования требуется большой запас заготовок. С другой стороны, наличие заготовок у станков, ожидающих очереди на обработку, увеличивает объем незавершенного производства, что экономически нецелесообразно, увеличивает размеры накопителей, требует увеличенной производственной площади. В основу определения емкости накопителей роботизированных технологических комплексов заложен принцип непрерывной автономной работы комплекса в автоматическом режиме не менее половины смены, т.е. четырех часов:

$$E_H \geq 0,5 Q_{\text{см}} \quad (9.1)$$

где E_H - емкость РТК, шт.; $Q_{\text{см}}$ - сменная производительность, деталей (изделий) в смену.

Поскольку

$$Q_{\text{см}} = \frac{60T}{T_{\text{ц}}}$$

где T - продолжительность рабочей смены в часах, $T = 8$ ч; $T_{\text{ц}}$ - длительность (время) цикла, мин, то окончательно получим:

$$E_H \geq \frac{240}{T_{\text{ц}}} \quad (9.2)$$

При разработке загрузочных и транспортно-накопительных устройств необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- габаритные размеры устройств должны допускать их стыковку с основным оборудованием и роботом;
- устройства должны иметь датчики, позволяющие производить контроль наличия заготовок, их положения и других параметров, а также их привязку к общей электрической схеме РТК;
- устройства должны обеспечивать надежную фиксацию заготовок, их рациональное перемещение, ориентацию, поштучную выдачу;
- должна быть учтена возможность сопряжения устройств с цеховым транспортом.

Контрольные вопросы и задания

1. Транспортно-накопительные и загрузочные устройства, назначение.
2. Требования к вспомогательному оборудованию, включаемому в состав РТК.
3. Разновидности и устройства загрузочных и транспортно-накопительных устройств.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10 РАСЧЕТ МАГАЗИНА-НАКОПИТЕЛЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Овладеть навыками расчета магазина-накопителя для РТК.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Приведем расчет магазина-накопителя с зигзагообразным лотком-скатом, расчетная схема которого представлена на рисунке 10.1 с условными обозначениями:

H_3 - высота одного наклонного участка лотка;

H_2 - общая высота зигзагообразных участков лотка;

$H_{\min}$ - минимальное расстояние от механизма поштучной выдачи заготовок (отсекателя) до пола цеха;

H - полная высота магазина-накопителя;

L - длина магазина-накопителя;

γ - угол наклона зигзагообразной части лотка.

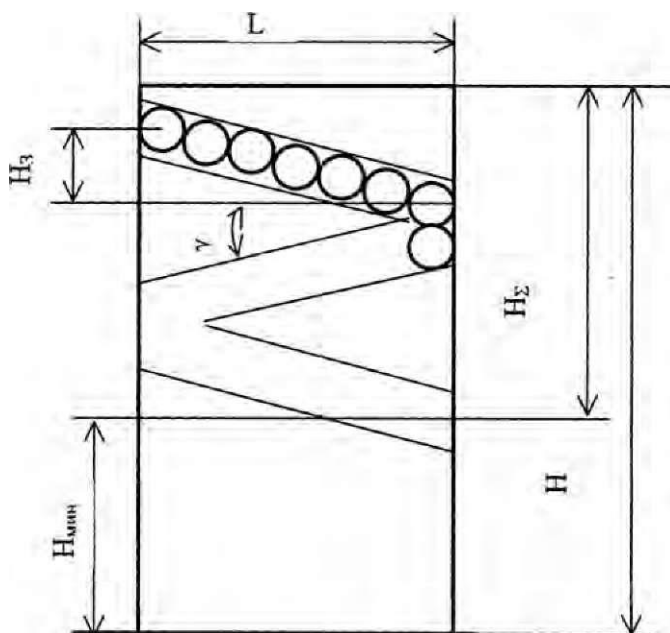


Рисунок 10.1 - Расчетная схема магазина-накопителя с зигзагообразным лотком-скатом

Одной из главных характеристик лотка, определяющих его работоспособность и габаритные размеры, является угол наклона g , величина которого может быть найдена из условия беспрепятственного качения заготовки по наклонной плоскости:

$$\operatorname{tg} \gamma \geq f_k \quad (10.1)$$

где f_k - коэффициент трения качения.

Оптимальный угол лотка-ската можно принимать в пределах $7...10^\circ$ [24].

Следовательно, на одном наклонном участке лотка может разместиться Z заготовок:

$$Z = \frac{H_3}{D_3 \cdot \sin \gamma} \quad (10.2)$$

где D_3 - наружный диаметр заготовки.

При требуемой емкости E_{MH} магазина-накопителя количество зигзагообразных участков КЗ составит:

$$K_3 = \frac{E_{MH}}{Z} = \frac{E_{MH}}{H_3} D_3 \cdot \sin \gamma \quad (10.3)$$

Общая высота зигзагообразных участков НЗ составит:

$$H_\Sigma = K_3 \cdot H_3 = E_{MH} \cdot D_3 \cdot \sin \gamma. \quad (10.4)$$

Полная высота магазина-накопителя

$$H = H_{мин} + E_{MH} \cdot D_3 \cdot \sin \gamma. \quad (10.5)$$

Отметим, что при позиционной системе управления промышленным роботом можно использовать сдвоенные, строенные и тому подобные лотки-скаты, что при прочих равных условиях позволяет уменьшить высоту магазинов-накопителей.

По такой же методике приведем расчет магазина-накопителя со спиральным лотком-склизом.

Расчетная схема магазина-накопителя представлена на рисунке 10.2 с условными обозначениями:

S_c - шаг спиральной части лотка;

$H_{мин}$ - минимальное расстояние от механизма поштучной выдачи заготовок (отсекателя) до пола цеха;

H - полная высота магазина-накопителя;

R - средний радиус спиральной части магазина-накопителя;

γ - угол наклона спирали лотка.

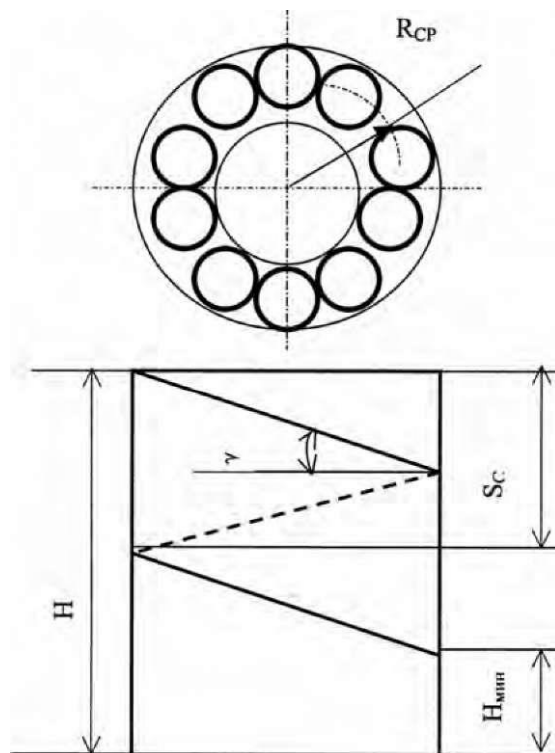


Рисунок 10.2 - Расчетная схема магазина-накопителя со спиральным лотком-склизом

Угол наклона γ спирали лотка находится из условия беспрепятственного скольжения заготовки по наклонной плоскости:

$$\operatorname{tg} \gamma \geq f_c, \quad (4.8)$$

где f - коэффициент трения скольжения.

По данным технической литературы оптимальный угол лотка-склиза составляет $20 \dots 25^\circ$.

$$S_c = 2\pi R_{cp} \cdot \operatorname{tg} \gamma. \quad (4.9)$$

Определим количество заготовок, располагающихся на одном витке спирали лотка:

$$Z = \frac{2\pi R_{cp}}{D_3} \quad (4.10)$$

где D_3 - наружный диаметр заготовки.

При требуемой емкости E_H магазина-накопителя количество спиральных участков K_3 составит:

$$K_3 = \frac{E_H}{Z} = \frac{E_H}{2\pi R_{cp}} D_3 \quad (4.11)$$

Общая высота спиральных участков H_3 составит:

$$H_3 = K_3 \cdot S_c = \frac{E_H}{2\pi R_{cp}} D_3 \cdot S_c = E_H \cdot D_3 \cdot \operatorname{tg} \gamma \quad (4.12)$$

Полная высота магазина-накопителя

$$H = H_{мин} + E_H \cdot D_3 \cdot \operatorname{tg} \gamma. \quad (4.13)$$

Контрольные вопросы и задания

1. Каким основным требованиям должно удовлетворять основное технологическое оборудование в составе РТК?
2. По каким параметрам производится выбор станков для роботизированного производства?
3. Какие компоновки промышленных роботов наиболее пригодны для загрузки станков?
4. По каким параметрам производится выбор промышленных роботов?
5. Назвать требования к захватным устройствам ПР.
6. Дать классификацию захватных устройств промышленных роботов.
7. Какие функции выполняют в РТК транспортно-накопительные и загрузочные устройства?
8. Перечислить основные разновидности транспортно-накопительных и загрузочных устройств РТК.
9. Дать характеристику бункерным и магазинным загрузочным устройствам РТК.
10. Перечислить преимущества и недостатки в использовании тактовых столов.
11. На чем основан расчет емкости накопительных устройств РТК?
Шаг спиральной части лотка приближенно равен:
12. Перечислить основные требования к транспортно-накопительным и загрузочным устройствам при проектировании РТК.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РТК

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Освоить методику оценки робототехнического комплекса.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Производительность РТК преимущественно оценивается через длительность производственного цикла:

$$Q_{цн} = \frac{T_k}{T_{ц}} \quad (11.1)$$

где $Q_{цн}$ - номинальная цикловая производительность;

T_k - календарное время, за которое определяется производительность (час, смена, сутки и т.д.);

$T_{ц}$ - длительность производственного цикла изготовления изделия в РТК.

Фактическую цикловую производительность можно определить умножением номинальной производительности $Q_{цн}$ на коэффициент использования оборудования $\eta_{исп}$:

$$Q_{цф} = \frac{T_k}{T_{ц}} \eta_{исп} \quad (11.2)$$

Для проектных расчетов можно воспользоваться методикой, по которой простои оцениваются с помощью трех коэффициентов [1]:

$$\eta_{исп} = \eta_{тех} \cdot \eta_{пер} \cdot \eta_{орг} \quad (11.3)$$

где $\eta_{тех}$ - коэффициент, учитывающий простои по техническим причинам (обнаружение и устранение отказов, ремонт и профилактика оборудования, время на замену и регулирование инструмента и т.п.);

$\eta_{пер}$ - коэффициент, учитывающий потери времени на переналадку оборудования;

$\eta_{орг}$ - коэффициент потерь по организационным причинам (отсутствие заготовок, вспомогательных материалов, ожидание наладчиков и др.). Ориентировочные значения коэффициентов:

$$\eta_{тех} = 0,75 \dots 0,85; \quad \eta_{пер} = 0,94 \dots 1,00; \quad \eta_{орг} = 0,80 \dots 0,95$$

При определении длительности цикла в РТК учитывается перекрытие времени, для чего разрабатывается алгоритм функционирования комплекса и строится циклограмма работы.

Алгоритм работы комплекса отражает последовательность выполнения движений ПР, работу основного и вспомогательного оборудования, выполнение команд на включение и отключение тех или иных устройств и механизмов.

Время выполнения каждой команды или движения робота (округленное с точностью до секунды) определяется либо из технической характеристики ПР, либо рассчитывается, исходя из величин требуемых перемещений и скоростей рабочего органа ПР:

$$t = \frac{L}{V} \quad (11.4)$$

где L - величина перемещения (по соответствующей координате) рабочего органа ПР, выраженная в линейных (мм), либо в угловых (радианах, градусах) единицах; определяется из планировочной схемы РТК;

V - скорость линейного (мм/с) либо углового (рад/с, град/с) перемещения, определяемая по технической характеристике ПР.

Перемещение L рабочего органа робота можно разбить на три участка: а) L_p - участок разгона; б) L_o - участок равномерного движения; в) L_t - участок торможения. Принимая с достаточной для практики точностью $L_p = L_t$ и считая движение на этих участках равномерно переменным, найдем длину участка S_y и время t_y ускоренного перемещения при прямолинейном движении:

$$S_y = \frac{V^2}{2a}; \quad t_y = \frac{S_y}{V} \quad (11.5)$$

где V - скорость перемещения; a - ускорение.

Аналогично время равномерного перемещения:

$$t_o = \frac{S_o}{V} \quad (11.6)$$

где S_o - длина участка равномерного движения.

Таким образом, время полного перемещения рабочего органа робота:

$$t = 2t_y + t_o = \frac{4S_y + S_o}{V} \quad (11.7)$$

или:

$$t = \frac{V}{a} + \frac{L}{W} \quad (11.8)$$

Приводы современных промышленных роботов, по данным [20], обеспечивают ускорение до 5g и выше.

Например, для значений $L = 0,6$ м; $V = 2$ м/с; $a = 2g \sim 20$ м/с² получим: $t = 0,1 + 0,3 = 0,4$ с.

Применяя аналогичные рассуждения, получим время полного перемещения рабочего органа робота при вращательном движении:

$$t = \frac{W}{\varepsilon} + \frac{L}{W} \quad (11.9)$$

где W - угловая скорость перемещения; ε - угловое ускорение.

Например, для значений $L = \pi = 90^\circ$; $W = \pi$ рад/с = 180 °/с; $\varepsilon = 6\pi$ рад/с² получим: $t = 0,17 + 0,5 = 0,67$ с.

Для упрощения в расчетах времени перемещений можно не учитывать время разгона и торможения, принимая вместо максимальных пониженные значения скоростей и используя формулу (11.4).

Так, по исходным данным предыдущих примеров, принимая $V = 0,75$ $V_{\max} = 1,5$ м/с и $W = 0,75$ $W_{\max} = 0,75 \pi$ рад/с = 135 °/с, получим для прямолинейного перемещения $t = 0,6$ м : 1,5 м/с = 0,4 с, а для вращательного перемещения $t = 90^\circ : 135^\circ/\text{с} = 0,67$ с.

При расчете времени цикла перемещения нужно учитывать возможность движения рабочего органа ПР по нескольким координатам одновременно. Следовательно, длительность выполнения цикла должна определяться по лимитирующему (наибольшему) времени перемещения по одной координате.

Время выполнения остальных приемов и действий, не связанных с перемещениями робота (время открытия ограждения станка, зажима (разжима) заготовки в приспособлении, быстродействие захватного устройства), берется из паспортных данных соответствующего оснащения.

Фактическую производительность следует сравнить с требуемой производительностью, для чего предварительно определяется такт выпуска по формуле:

$$\tau_B = \frac{60F_d}{N_\Sigma} \quad (11.10)$$

где F_d - эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч;

N_{Σ} - суммарный объем выпуска по всей номенклатуре деталей, закрепленных за РТК.

Требуемая производительность

$$Q_{\text{тр}} = \frac{T_K}{\tau_B} \quad (11.11)$$

Если фактическая производительность $Q_{\text{цф}}$ выше требуемой $Q_{\text{тр}}$, роботизированный комплекс справляется с выполнением производственной программы. В противном случае РТК ни при каком режиме работе не обеспечивает требуемой производительности. Возможные пути решения проблемы:

- оптимизировать время выполнения технологических операций;
- вместо одного принимать два РТК;
- сокращать номенклатуру закрепленных за комплексом обрабатываемых деталей.

Для сокращения времени обслуживания станка роботы оснащают двумя схватами или одним двухпозиционным захватным устройством.

Для оптимизации рабочего цикла системы машин во времени составляют циклограмму, отражающую моменты начала и окончания рабочих и холостых операций (ходов), а также их взаимное расположение во времени (цикле). Сокращение цикла путем максимального совмещения времени рабочих и холостых ходов является одной из целей составления циклограммы. На основании циклограммы можно координировать работу как отдельных узлов и механизмов станка, так и совокупности станков и вспомогательного оборудования, входящих в автоматизированную систему.

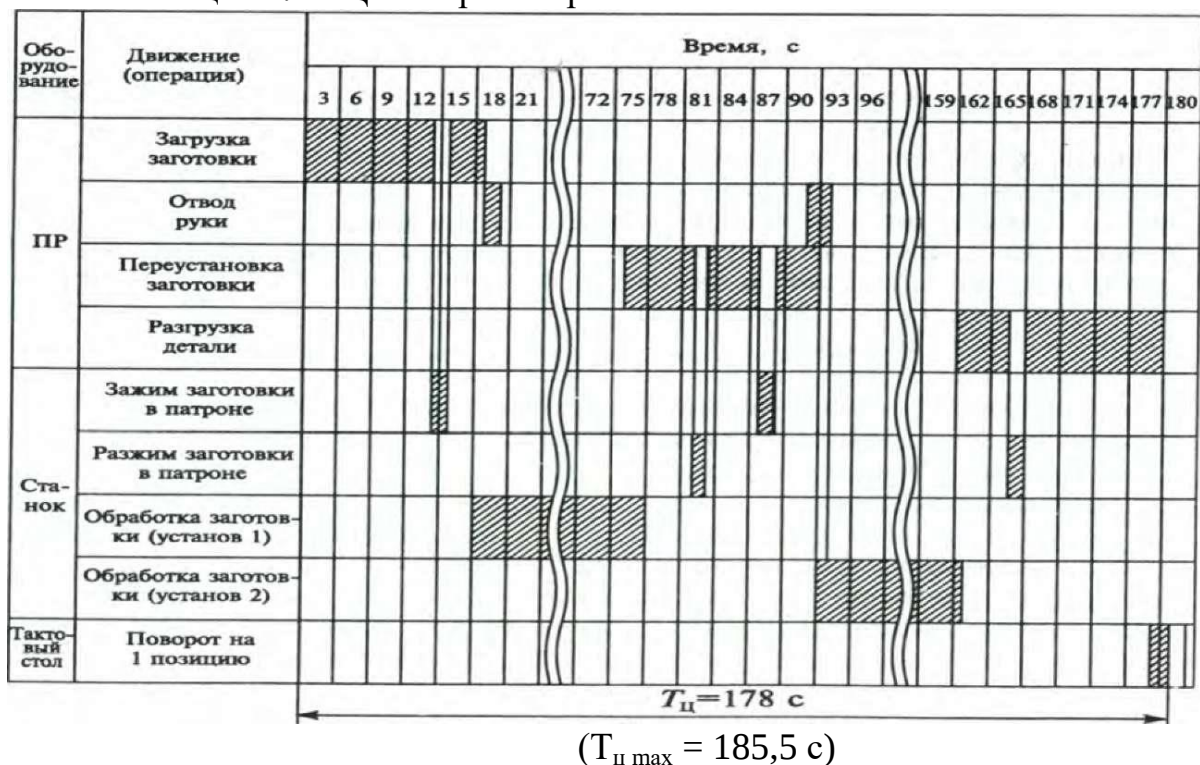
Применительно к роботизированным комплексам циклограмма должна включать в выбранной последовательности все основные и вспомогательные приемы (переходы) при изготовлении изделия.

Для построения циклограммы необходимо [1]:

- 1) проанализировать компоновку РТК и определить все движения (переходы) основного и вспомогательного оборудования (робота, станка, накопителя), необходимые для выполнения заданного цикла обработки детали;
- 2) определить (составить перечень) всех механизмов основного и вспомогательного оборудования, участвующих в формировании заданного цикла.

Вариант построения циклограммы РТК обработки деталей на токарном полуавтомате модели 16К20Ф3 (таблица 11.1) представлен в учебнике [1]. Загрузку-разгрузку и переустановку деталей осуществляет ПР М20П40.01, оснащенный однопозиционным ЗУ. В состав РТК входит накопитель для деталей и заготовок - тактовый стол.

Таблица 11.1 - Циклограмма работы РТК



Исходное положение оборудования и его механизмов:

- патрон станка разжат, ограждение открыто;
- суппорт станка находится в исходной позиции, в резцовой головке установлен необходимый комплект инструментов для обработки заданной детали, т.е. для выполнения заданного цикла обработки, линия центров станка выше уровня расположения заготовок на тактовом столе;
- ЗУ работа разжато, ось детали, первоначально зажимаемой в схвате, горизонтальная; рука втянута и повернута к тактовому столу, рука робота - на уровне расположения заготовок на тактовом столе, заготовка расположена на тактовом столе в призмах против схвата ПР.

Для выполнения заданного цикла обработки детали за два установа необходимы следующие движения (переходы):

- загрузка заготовки в патрон станка; зажим заготовки в патроне; отвод руки ПР; обработка детали (установ 1);
- переустановка детали в патроне станка, отвод руки ПР; обработка детали (установ 2);
- разгрузка детали из патрона станка на тактовый стол, перемещение тактового стола на один шаг (на одну позицию).

Контрольные вопросы и задания

1. Какими показателями оценивается производительность РТК?

2. В чем отличие номинальной и фактической производительности РТК?
3. Перечислите основные положения методики расчета производительности РТК.
4. Обоснуйте необходимость учета коэффициента использования оборудования при расчете производительности РТК.
5. Для чего строится циклограмма работы РТК?
6. В каких случаях расчета производительности РТК можно обойтись без построения циклограммы?
7. Как рассчитываются элементы времени цикла работы РТК?
8. Приведите примеры перекрытия элементов времени цикла работы РТК.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12

ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ РТК НА БАЗЕ ТОКАРНЫХ ПОЛУАВТОМАТОВ С ЧПУ И ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА ПОРТАЛЬНОГО ТИПА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки проектирования РТК.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

12.1 Сведения о детали-представителе:

- деталь типа вала с габаритными размерами: $D=42$ мм, $L=384$ мм;
- масса детали - 3,65 кг;
- масса заготовки - 5,23 кг;
- годовой объем выпуска - 1500 шт.

Суммарный годовой объем выпуска всей номенклатуры деталей - 30000 шт. В соответствии с маршрутной технологией обработка вала с двух сторон в центрах производится на двух токарных полуавтоматах с ЧПУ. Машинное время обработки: $T_{м1} = 4,2$ мин; $T_{м2} = 6,3$ мин.

12.2 Выбор основного технологического оборудования

С учетом конструктивно-технологических параметров обрабатываемых деталей выбираем токарный обрабатывающий центр модели 1715 в комплектации для патронно-центровых работ с 12-ти позиционной револьверной головкой [6]:

наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной, мм	210
наибольшая длина обрабатываемого изделия в центрах, мм	500
габаритные размеры станка, мм	
длина	2990
ширина	1735
высота	1820

12.3 Выбор промышленного робота

При выборе ПР в первую очередь следует учитывать соответствие технологических возможностей робота схеме манипуляций по обслуживанию станков, а также соответствие грузоподъемности массе объекта.

Для обслуживания двух и более станков можно выбрать ПР подвешенного (портального) типа. Робот, установленный на портале, может обслуживать несколько станков, не занимает больших производственных площадей, обеспечивает полный доступ к обслуживаемым станкам.

Для определения требуемой грузоподъемности ПР нужно знать массу объекта манипулирования и массу захватного устройства. Для повышения быстродействия выбираем двухпозиционное захватное устройство. Таким образом, с учетом массы двух объектов (2х5,23 кг) и самого захватного устройства (ориентировочно не менее 8 кг) нужно выбрать ПР с номинальной грузоподъемностью 20 кг.

Для проектируемого РТК выбираем ПР модели Fanuc M-16iB/20T портального типа с основными техническими характеристиками [27]:

число степеней подвижности	6
номинальная грузоподъемность, кг	20
максимальные перемещения	
J 1, мм	10 000
J 2, градусов	300
J 3, градусов	595
J 4, градусов	400
J 5, градусов	290
J 6, градусов	900
максимальные скорости перемещения	
J 1, мм/с	1600
J 2, градусов /с	165
J 3, градусов /с	175
J 4, градусов /с	350
J 5, ° градусов /с	360
J 6, ° градусов /с	550

12.4 Разработка компоновки РТК

В состав комплекса входят (рисунок 12.1):

- два токарных обрабатывающих центра модели 1715 (позиция 1);
- промышленный робот M-16iB/20T портального типа (позиция 2);
- устройство поштучной выдачи заготовок - магазин-накопитель (позиция 3);
- промежуточный накопитель заготовок (позиция 4);
- устройство приема готовых деталей - тара (позиция 5).

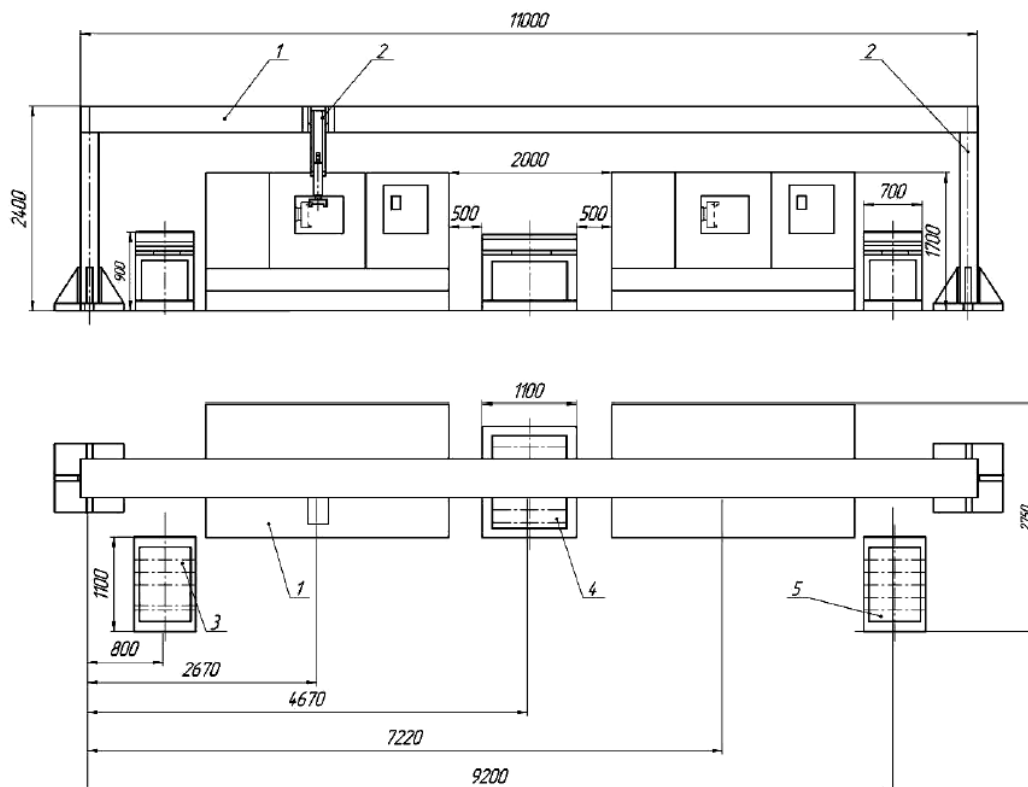


Рисунок 12.1 – Компоновочная схема РТК на базе ПР портального типа

Главным фактором, определяющим компоновочную схему РТК, является расположение станков относительно ПР.

Робот 2 перемещается по монорельсу. Он обеспечивает загрузку и разгрузку станков 1, межстаночное транспортирование деталей. Заготовки в магазине-накопителе 3 устанавливаются в ориентированном виде и подаются роботом на первый станок. Для исключения простоев станков в РТК предусмотрен промежуточный накопитель 4 деталей, прошедших обработку на первом станке, на котором выполняется первая токарная операция. Из этого накопителя производится загрузка второго станка, выполняющего вторую токарную операцию. Готовые детали со второго станка роботом сбрасываются в тару 5.

12.5 Выбор конструкции и расчет загрузочно-накопительных устройств

Для поштучной выдачи заготовок на первый станок в данном РТК используется магазин-накопитель с зигзагообразным лотком-скатом.

В основу определения емкости накопителей РТК заложен принцип непрерывной автономной работы комплекса в автоматическом режиме не менее половины смены, т.е. четырех часов:

$$E_n > 0,5 \cdot Q_{cm}, \quad (12.1)$$

где Q_{cm} - сменная производительность.

$E_n = 0,5 \times 57 = 28,5$ шт. $\rightarrow 29$ шт. (см. п. 12.7).

Принимаем угол наклона лотка по рекомендации [24] $\gamma = 10^0$. Установим длину магазина-накопителя $L=1000$ мм. Диаметр заготовки $D_3=48$ мм.

Полная высота магазина-накопителя:

$$H = H_{мин} + E_n \cdot B_3 \cdot \sin \gamma. \quad (12.2)$$

Примем $H_{мин}=1300$ мм (ориентировочная высота от пола до оси шпинделя станка).

Тогда $H = 1300 + 29 \cdot 48 \cdot \sin 10^0 = 1542 \rightarrow 1550$ мм.

12.6 Разработка алгоритма управления РТК

Алгоритм работы (управления) определяет взаимодействие всех элементов комплекса в виде последовательности команд цикла. Для удобства последующих расчетов все действия ПР, станков и других элементов РТК разбиваем на элементарные приемы. Алгоритм работы роботизированного комплекса приведен в таблице 6.1. Поскольку $T_{м2} > T_{м1}$, то для сокращения длительности цикла работу комплекса следует начать с разгрузки второго станка.

Таблица 12.1 - Алгоритм работы роботизированного комплекса РТК 1

Команды	Действия	Время, с
Исходное положение: рука ПР в верхнем положении располагается над рабочей зоной станка 2, в захватном устройстве ЗУ1 находится заготовка, взятая из промежуточного накопителя, захватное устройство ЗУ2 разжато		
1 Останов станка 2, открытие ограждения	Снятие детали со станка 2	4
2 Опускание руки на линию центров станка (ввод в рабочую зону станка)		1
3 Зажим ЗУ2		1
4 Отвод задней бабки станка, разжим поводкового патрона		1
5 Сдвиг каретки ПР вправо на 50 мм		1
6 Подъем руки ПР (вывод из рабочей зоны станка)		1
7 Ротация ЗУ (поворот на 180°)	Установка на станок 2 заготовки	1
8 Опускание руки на линию центров станка		1
9 Сдвиг каретки ПР влево на 50 мм		1
10 Подвод задней бабки станка, зажим поводкового патрона		1
11 Разжим ЗУ 1		1
12 Подъем руки ПР (вывод из рабочей зоны станка)		1
13 Пуск станка 2		T _{м2}
14 Поворот руки к накопителю заготовок	Укладка детали в тару	1
15 Ротация ЗУ		1
16 Сдвиг каретки ПР вправо на 1980 мм		
17 Опускание руки		1
18 Разжим ЗУ2		1
19 Подъем руки ПР		1
20 Ротация ЗУ		1
21 Сдвиг каретки ПР влево на 8400 мм	Взятие новой заготовки из накопителя	
22 Опускание руки		1
23 Зажим ЗУ1		1
24 Подъем руки ПР		1
25 Сдвиг каретки ПР вправо на 1870 мм		2
26 Поворот руки к станку 1	Установка на станок 1 заготовки	1
27 Повторение команд №1-12		15
28 Пуск станка 1		T _{м1}

Продолжение таблицы 12.1

29 Останов станка 1, открытие ограждения	Снятие детали со станка 1	4
30 Повторение команд №2-7		6
31 Сдвиг каретки ПР вправо на 2000 мм	Укладка заготовки на промежуточный накопитель	2
32 Опускание руки		1
33 Разжим ЗУ 2		2
34 Подъем руки ПР		1
35 Ротация ЗУ	Взятие заготовки из промежуточного накопителя	1
36 Опускание руки		1
37 Зажим ЗУ1		1
38 Подъем руки ПР		1
39 Сдвиг каретки ПР вправо на 2550 мм	Подготовка к началу следующего цикла	2

Пояснения к таблице 12.1:

1 Захватное устройство представляет собой конструкцию с двумя парами зажимных губок призматической формы, расположенных параллельно, поэтому смена (ротация) ЗУ1 и ЗУ 2 происходит путем поворота вокруг оси руки робота (координата J6) на 180^0 . С учетом длины объекта (заготовки вала) ротация должна происходить вне рабочей зоны станка.

2 Время на выполнение команд перемещений робота рассчитано в соответствии с ранее приведенными соображениями. Поскольку перемещение руки робота от одной точки к другой производится путем одновременных поворотов исполнительного устройства робота (по управляемым координатам J2 - J6), то время перемещения может быть определено по угловому повороту одного звена. В этом случае любое перемещение робота в плоскости, перпендикулярной оси вращения шпинделя, ограничивается поворотом любого звена на угол, не более 45^0 . Тогда соответствующее время при угловой скорости 0,75 от максимальной не превышает одной секунды.

Расчетное время перемещений округлено до целых секунд.

3 Время на перемещение каретки робота по оси J1 рассчитывается аналогично.

Время на выполнение команд исполнительных органов станков принято:

- на открытие и закрытие ограждения рабочей зоны - 4 с;

- на зажим/разжим поводкового патрона и подвод/отвод задней бабки - 1 с.

Для определения длительности цикла работы комплекса с учетом перекрытия (совмещения) времени выполнения отдельных приемов и действий необходимо построение циклограммы работы РТК.

Таблица 12.2 – Циклограмма работы РТК 1

Время, с	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65		300	305		320	325	330		390	395	400			
Загрузка/ разгрузка станков	15 с			36 с																23 с							
Работа станка 1											T _{м1} =4,3 мин=252 с																
Работа станка 2				T _{м2} =6,3 мин=378 с																							
	Полная длительность цикла T _п = 393 с = 6,6 мин																										

12.7 Расчет производительности комплекса

Зная длительность цикла обработки детали, найдем сменную производительность комплекса:

$$Q_{qH} = T_k / T_{\Sigma} = 480 / 6,6 = 72,7 \text{ шт. Принимаем } 72 \text{ шт.}$$

Фактическую сменную производительность определим путём умножения номинальной производительности на коэффициент использования

($\eta_{ис} = 0,7 \dots 0,8$):

$$Q_{цф} = 72 \times 0,8 = 57,6 \text{ шт.} \rightarrow 57 \text{ шт.}$$

Сравним полученный результат с требуемой производительностью, для чего предварительно определим такт выпуска по формуле:

$$\tau = 60 F_d / N$$

где N - суммарный объем выпуска по всей номенклатуре деталей, закрепленных за РТК, $N=30000$ шт.; F_d - эффективный годовой фонд времени работы оборудования.

Тогда для двухсменного режима работы РТК ($P_d = 3470$ ч):

$$\tau = 6,94 \text{ мин.}$$

Требуемая производительность при двухсменном режиме работы:

$$Q_{тр2} = T_k / \tau = 480 / 6,94 = 69,3 \text{ шт. Принимаем } Q_{тр2} = 70 \text{ шт.}$$

Проверяем соблюдение условия: $Q_{цф} \geq Q_{тр}$.

Данное условие не выполняется. Проверим возможность выполнения производственной программ при трехсменном режиме работы.

$P_d = 5120$ ч - для трехсменной работы РТК.

Тогда:

$t = 10,24$ мин;

$Q_{трз} = 480/10,24 = 46,9$ шт. Принимаем $Q_{трз} = 47$ шт.

В данном случае для обеспечения требуемой производительности достаточно одного РТК.

Контрольные вопросы и задание

По заданию преподавателя выполнить проектирование РТК.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13

ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ РТК НА БАЗЕ ТОКАРНЫХ ПОЛУАВТОМАТОВ С ЧПУ И ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА НАПОЛЬНОГО ТИПА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки проектирования РТК.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

13.1 Сведения о детали-представителе:

- деталь типа фланца с габаритными размерами: $D = 146$ мм, $L = 90$ мм;
- масса детали - 2,2 кг;
- масса заготовки - 3,4 кг;
- годовой объем выпуска - 3000 шт.

Суммарный годовой объем выпуска всей номенклатуры деталей - 55000 шт. В соответствии с маршрутной технологией обработка фланца с двух сторон производится в одной операции на токарном двухшпиндельном станке с ЧПУ (обрабатывающем центре) с ЧПУ. Машинное время первого установа $T'_m = 3,9$ мин; машинное время второго установа $T''_m = 4,7$ мин. На обоих установках заготовка базируется в трехкулачковом самоцентрирующем патроне.

13.2 Выбор основного технологического оборудования

С учетом конструктивно-технологических параметров обрабатываемых деталей выбираем токарный обрабатывающий центр модели МК7130Ф3 [6]:

наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм	275
наибольшая длина изделия, мм	100
количество шпинделей	2
количество револьверных головок	2
габаритные размеры станка, мм, не более	
длина	2650
ширина	2650
высота	2200

13.3 Выбор промышленного робота

Для обслуживания одного станка выбираем ПР напольного типа, оснащенный однопозиционным захватным устройством.

С учетом массы заготовки (3,4 кг) и самого захватного устройства (ориентировочно не менее 5 кг) нужно выбрать ПР с номинальной грузоподъемностью 10 кг.

Для проектируемого РТК выбираем ПР модели Kawasaki FS10E напольной установки с основными техническими характеристиками [16]:

число степеней подвижности	6
номинальная грузоподъемность, кг	10
максимальные перемещения, градусов	
J 1	±160
J 2	+140/-105
J 3	+120/-155
J 4	±270
J 5	±145
J 6	±360
максимальные скорости перемещения, градусов/с	
J 1	200
J 2	140
J 3	200
J 4	360
J 5	360
J 6	600

13.4 Разработка компоновки РТК

В состав комплекса входят (рисунок 13.1):

- токарный обрабатывающий центр модели МК1730Ф3 (позиция 1);
- промышленный робот Kawasaki FS10E напольного типа (позиция 2);
- магазин-накопитель заготовок и готовых деталей (позиция 3).

В РТК принят магазин-накопитель кассетного типа. Использование такого устройства позволяет совместить устройства поштучной выдачи заготовок и приема готовых деталей. Заготовка, взятая из определенного места накопителя, после обработки устанавливается роботом на прежнее место. Для более свободного манипулирования в зоне обслуживания, с учетом максимального вылета руки основание робота смонтировано на подставке коробчатого типа. На ней же устанавливаются кассеты с заготовками.

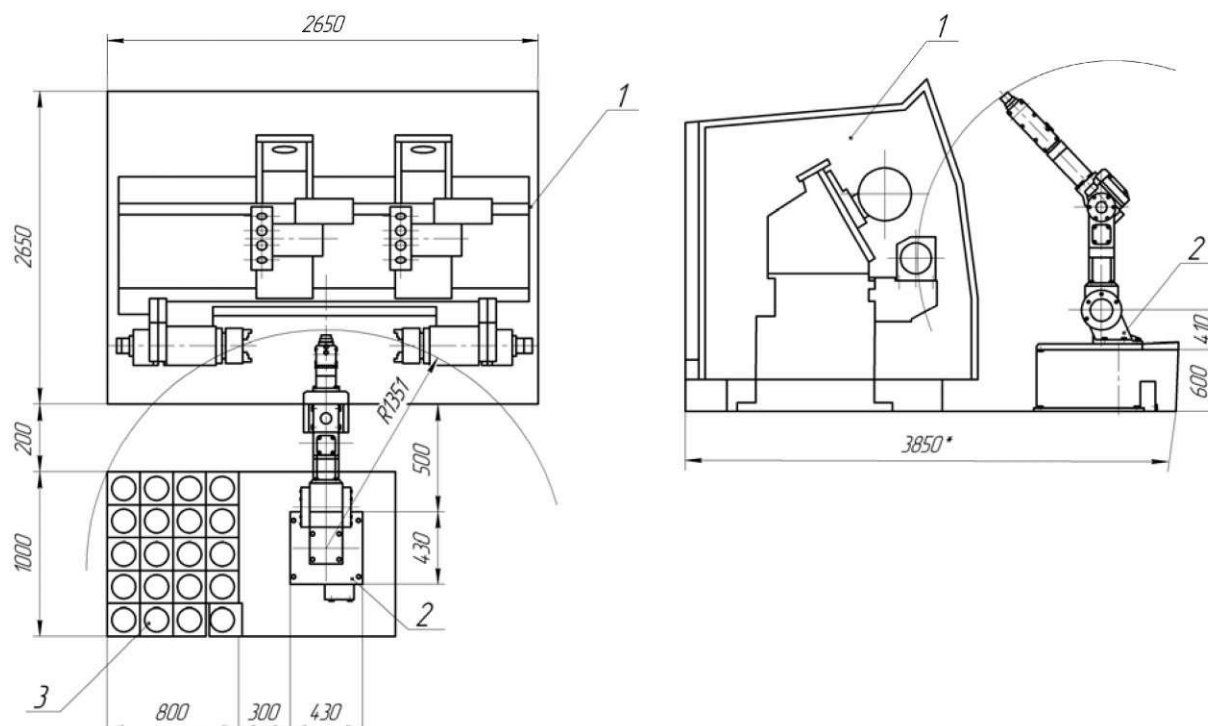


Рисунок 13.1 - Компонировочная схема РТК на базе ПР напольного типа

13.5 Выбор конструкции и расчет загрузочно-накопительных устройств

Для поштучной выдачи заготовок и приема готовых деталей решено использовать кассетный магазин-накопитель.

Примем габаритные размеры магазина-накопителя $L=1000$ мм, $B=800$ мм. Заготовки в накопителе устанавливаются в ориентированном виде с вертикальным расположением осей вращения. Для возможности легкого захвата заготовок предусмотрено расстояние между ними в пределах 50 мм. Диаметр заготовки $D_z = 150$ мм, следовательно, при симметричном расположении по длине будет размещено $1000 : (150+50) = 5$ заготовок, а по ширине: $800 : (150+50) = 4$ заготовки, всего - $5 \times 4 = 20$ шт.

Емкость накопителя должна быть не менее половины сменной производительности, т.е. $E_n > 0,5 \times 79 = 40$ шт. Таким образом, для обеспечения автономной работы РТК потребуется накопитель, состоящий из двух кассет.

13.6 Разработка алгоритма управления РТК

Алгоритм работы (управления) определяет взаимодействие всех элементов комплекса в виде последовательности команд цикла. Для удобства последующих расчетов все действия ПР, станков и других элементов РТК разбиваем на элементарные приемы. Алгоритм работы роботизированного комплекса приведен в таблице 13.1.

Таблица 13.1 - Алгоритм работы роботизированного комплекса РТК 2

Команды	Действия	Время, с
Исходное положение: рука ПР располагается перед рабочей зоной станка захватное устройство ЗУ разжато		
1 Останов станка, открытие ограждения	Снятие детали со станка	4
2 Ввод руки в рабочую зону станка		1
3 Зажим ЗУ обработанной детали, находящейся в правом шпинделе		1
4 Разжим кулачков патрона		1
5 Отвод руки робота влево (для вывода детали из кулачков патрона) на 80 мм		1
6 Вывод руки из рабочей зоны станка		1
7 Пуск станка (для продолжения технологической операции автоматической переустановки и обработки детали в правом шпинделе)		T _м
8 Поворот робота против часовой стрелки на 90° к кассетному накопителю	Укладка детали в свободную позицию накопителя	1
9 Поворот ЗУ на 90°		1
10 Опускание руки ПР		1
11 Разжим ЗУ		1
12 Подъем руки ПР	Взятие из накопителя новой заготовки	1
13 Смещение руки ПР к соседней позиции накопителя (для взятия заготовки)		1
14 Опускание руки ПР		1
15 Зажим ЗУ		1
16 Подъем руки ПР		1
17 Поворот робота по часовой стрелке на 90° к станку	Установка заготовки на станок	1
18 Поворот ЗУ на 90°		1
19 Ввод руки в рабочую зону станка к левому шпинделю		1
20 Отвод руки робота влево (для ввода заготовки в патрон)		1
21 Зажим кулачков патрона		1
22 Отвод руки робота вправо		1
23 Вывод руки из рабочей зоны станка		1
24 Пуск станка (начало технологической операции обработки детали в левом шпинделе)		T _м

Пояснения к таблице:

1 Т.к. станок оснащен двумя шпинделями и двумя револьверными головками, возможна одновременная обработка двух деталей. Следовательно, снятие готовой детали с правого шпинделя будет производиться после окончания обработки на втором установе.

2 При установке заготовки на станке ее ось совпадает с осью вращения шпинделей и горизонтальна; в кассетном накопителе заготовки ориентированы с вертикальным расположением их осей. В связи с этим, при перемещении заготовки от накопителя к станку и обратно захватное устройство с заготовкой требуется поворачивать на 90^0 (команды № 9, 18).

3 Время на выполнение команд перемещений робота рассчитано по аналогии с предыдущим примером.

Для определения длительности цикла работы комплекса с учетом перекрытия (совмещения) времени выполнения отдельных приемов и действий необходимо построение циклограммы работы РТК (таблица.6.4).

Таблица 13.2 - Циклограмма функционирования РТК 2

Время, с	5	10	15	20	25	30					250	255	260				290	295
Загрузка/разгрузка станка	9 с		16 с															
Первый установ (левый шпиндель)						T _м ' = 3,9 мин = 234 с												
Второй установ (правый шпиндель)			T _м '' = 4,7 мин = 282 с															
	T _п = 291 с = 4,85 мин																	

13.7 Расчет производительности комплекса

Найдем сменную производительность комплекса:

$$O_{\text{цн}} = T_k / T_{\Sigma} = 480 / 4,85 = 99,0 \text{ шт. Принимаем } 99 \text{ шт.}$$

Фактическая сменная производительность:

$$Q_{\text{цф}} = 99 \times 0,8 = 79,2 \text{ шт. Принимаем } 79 \text{ шт.}$$

Сравним полученный результат с требуемой производительностью, для чего предварительно определим такт выпуска $\tau = 3,79 \text{ мин}$.

$$Q_{\text{тр}2} = 480 / 3,79 = 126,6 \text{ шт. Принимаем } Q_{\text{тр}2} = 127 \text{ шт.}$$

Проверяем соблюдение условия: $Q_{\text{цф}} \geq Q_{\text{тр}}$

Данное условие не выполняется. Проверим возможность выполнения производственной программы при трехсменном режиме работы.

$\tau = 5,59$ мин.

$Q_{\text{трз}} = 480 / 5,59 = 85,9$ шт. Принимаем $Q_{\text{трз}} = 86$ шт.

Условие $Q_{\text{цф}} \geq Q_{\text{тр}}$ также не выполняется. Возможны следующие варианты.

1 Учитывая незначительную разницу в расчетной и требуемой производительности при трехсменном режиме работы, следует рассмотреть структуру операции на предмет сокращения времени цикла (например, за счет применения более производительного метода обработки или инструмента с повышенными режущими свойствами, переноса отдельных переходов с второго установа на первый и т.п.).

2 Несколько уменьшить производственную программу за счет сокращения номенклатуры закрепленных за РТК деталей.

Наоборот, расширением номенклатуры закрепленных за РТК деталей увеличить производственную программу, которую можно выполнить установкой второго роботизированного комплекса.

Контрольные вопросы и задание

По заданию преподавателя выполнить проектирование РТК.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №14

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ РОБОТОМ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение систем управления ПР, алгоритма управления промышленным роботом, а также рассмотрение устройств с адаптивным управлением.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Системы управления роботов строятся по трем основным направлениям:

- полное автоматическое управление;
- дистанционное полуавтоматическое;
- дистанционная интерактивная система.

Классификация устройств:

- по способу управления движением;
- по количеству совместно управляемых роботов;
- по характеру участия в управлении человека-оператора;
- по виду движения по отдельным степеням подвижности.

По виду движения, по отдельным степеням подвижности устройства управления подразделяются на: цикловые, контурные, универсальные, устройства управления от ЭВМ.

Цикловые устройства характеризуются ограниченным числом программируемых точек – обычно начальной и конечной. В них величины перемещения исполнительных элементов ограничиваются перенастраиваемыми упорами с электрическим контролем, а роль программносителя часто выполняет командоаппарат.

Позиционные устройства имеют дискретный вид управления и могут обеспечивать от десятка до сотни программируемых точек по каждой координате. Они более совершенные, чем цикловые; ими оснащают ПР, обслуживающие металлорежущие станки.

Контурные устройства имеют непрерывный вид управления. Движение по каждой степени подвижности у них осуществляется часто в виде непрерывной траектории. Контурные устройства управления применяются для управления ПР, используемые при нанесении покрытий, выполнении сварки и резки металла.

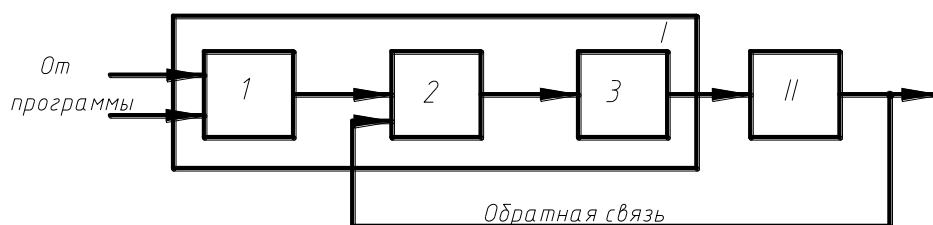
Универсальные устройства имеют сложную структуру, включая в себя позиционные и контурные устройства.

Управление ПР от ЭВМ. Управление производится от одной или нескольких ЭВМ по нескольким уровням. Верхний уровень управления отводится человеку-оператору, который придает работе более интеллектуальные возможности и осуществляет общий контроль за

процессом функционирования робота в целом. Человек-оператор может связываться с другими уровнями управления. Режим управления, при котором человек-оператор взаимодействует на верхнем и соседнем ему уровнях управления роботом, называется супервизорным. От ЭВМ может управляться группа ПР.

Робот-система обучаемая. Необходимую информацию (знания и навыки) можно передавать роботу в режиме обучения как непосредственным её занесением в память управляющей системы, так и воздействием через сенсорную систему (например, показ объектов). В процессе обучения управляющая система изменяет свои параметры и структуру.

На рисунке 2.1 показана структурная схема устройства программного управления роботом первого поколения.



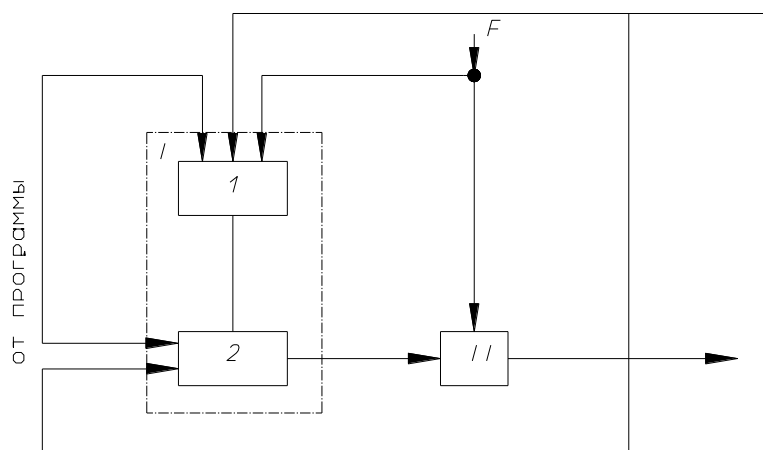
I – управляющее устройство;

II – объект управления.

Рисунок 2.1

Управляющее устройство обеспечивает требуемый закон изменения входной величины, заданной в виде программы управления и состоит из: 1 – программно-временного устройства, в которое вводится программа управления; 2 – преобразователя, преобразующего входные сигналы, удобные для передачи в исполнительное устройство; 3 – исполнительное устройство.

На рисунке 2.2 показана структурная схема устройства с адаптивным управлением.



I – управляющее устройство;
II – объект управления.

Рисунок 2.2

Устройство с адаптивным управлением имеет два уровня управления. Первый уровень управления образует основная система, а второй – контур адаптации. Основная система управления включает в себя основное управляющее устройство 2, а контур адаптации – управляющее устройство 1. Под влиянием устройства 1 устройство 2 может менять свою структуру, значение настраиваемых параметров и программу управления с изменением внешних условий. F – вектор внешних возмущений – изменяющаяся *среда*.

Контрольные вопросы

1. Наименование узлов; характеристика устройства управления.
2. Схема устройства управления с указанием числовых значений перемещений.
3. Описание устройства управления данного ПР.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РОБОТА №15

Параллельные и движущиеся роботы. Принципы действия, структурные схемы и кинематика

Цель работы: изучить конструктивные особенности параллельных и движущихся роботов.

Порядок выполнения работы

Параллельные роботы являются одной из современных разновидностей манипуляторов [1,3,4].

Классические структуры роботов копируют структуру и кинематику движения руки человека. Они имеют ряд достоинств: небольшая величина рабочего пространства; гибкость элементов ПР, позволяющая осуществлять сложные движения ; возможность различного исполнения.

Однако, для определенных условий производства появилась необходимость в ПР, имеющих более высокие показатели кинематических характеристик (скорость движения и ускорение перемещения); точности позиционирования; отношения массы перемещаемых грузов к массе ПР; а также наиболее простую кинематику и приводные механизмы.

Это обусловило появление (в конце 40-х) и производство (в конце 80-х годов) «**параллельных**» роботов. Кинематика этих роботов основана на анализе кинематики движений и условий равновесия тел животных, имеющих несколько лап, точно определяющих положение тела относительно окружающей среды.

Параллельные роботы (в отличии от серийных) имеют большее количество кинематических связей между основанием ПР и его управляемой платформой рис.2.1.

Преимущества параллельных роботов:

- Высокие кинематические характеристики (скорость перемещения, ускорения, достигающие 22 g);
- Возможность упрощения кинематической цепи и исключения передаточных механизмов из привода;
- Высокая точность позиционирования (до 0,01 мм) при использовании высоких скоростей перемещения управляемой рабочей площадки;
- Идентичность конструкций параллельных кинематических пар.

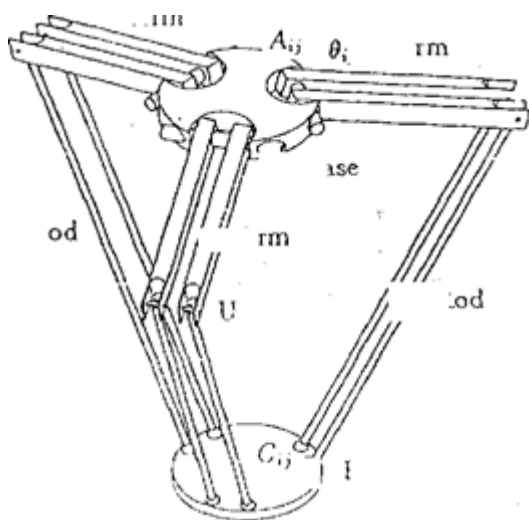


Рис. 2.1 Кинематическая схема параллельного робота «Гекса»

Недостатки параллельных роботов:

- Ограничение возможности подхода рабочего органа к труднодоступным элементам объекта;
- Увеличенная площадь размещения робота;
- Необходимость в сложных расчетах «обратных» задач кинематики движений.

Количество параллельных структур (имеющееся в настоящее время) можно разделить на три класса, рис.2.2 :

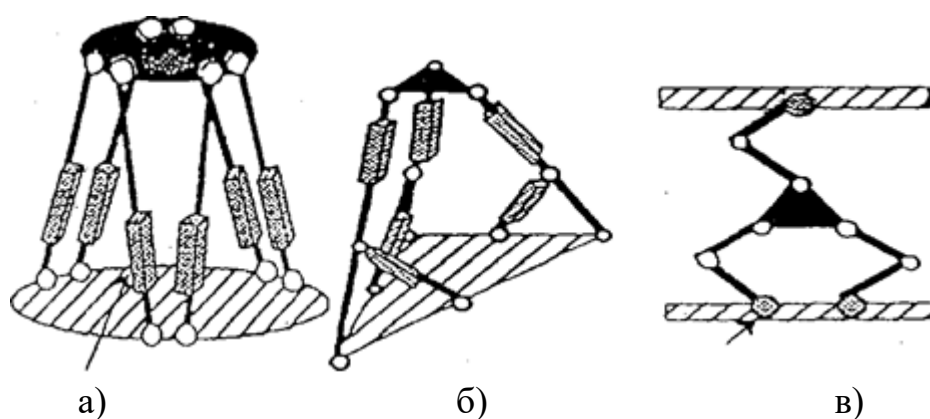


Рис.2.2 Основные виды параллельных структур: а) полностью параллельные с приводом поступательного движения, б) смешанные, в) полностью параллельные с приводом вращательного движения.

Примером таких роботов может служить робот «Дельта» (серийно выпускаемый с 1988г.), рис.2.3. Он выполнен из сверхлегких металлов и

синтетических материалов, имеет значительную резонансную частоту (около 100 Гц), низкий коэффициент трения в сочленениях и простоту конструкции

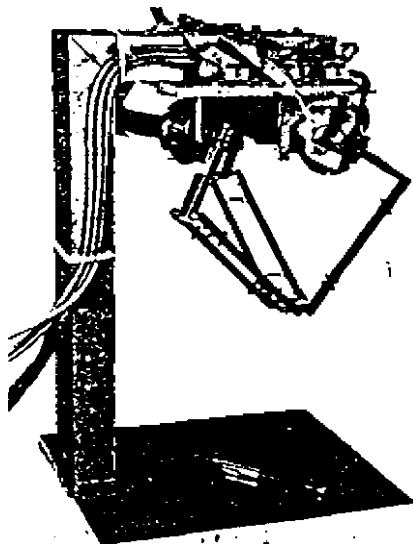


Рис. 2.3 Вид робота «Дельта»

Кинематика робота приведена на рис. 2.4. Роботы «Ария», «Рекса» и «Гекса» имеют аналогичную кинематическую схему.

На рис. 2.5 приведена схема конструкции параллельного робота для микромонтажа (например, для установки нити стекловолокна в микросхему сенсора). Робот снабжен пассивным сочленением кинематических звеньев с приводами и рабочей платформой. Это позволяет повысить точность позиционирования схвата (микрогейфера). В качестве привода робота могут быть использованы гидро-, пневмо- и электромеханический приводы. Конструкции параллельных роботов могут использовать интегрированные элементы памяти формы положения кинематических звеньев

Конструкции роботов могут использовать устройства передвижения (от наземных колесных и гусеничных до предназначенных для передвижения в воде, глубинах земли, в воздухе и космосе). Для перемещения роботов по пересеченной местности разработаны разнообразные конструкции механизмов, например на гусеничном ходу (рис.2.6). Устройство имеет рамную конструкцию 2, содержащую замкнутую траковую цепь 3. Цепь находится в контакте с 2 ведущими зубчатыми колесами 1 и 6. Конструкция имеет колесо 5, которое может изменять свое положение в пространстве благодаря двухзвенному рычажному механизму 4. Такая конструкция

устройства позволяет преодолевать препятствия без дополнительных приспособлений.

2.2 Перемещающиеся роботы

В настоящее время ведутся разработки **шагающих** роботов (которые начаты в конце 60-х в университете штата Огайо (США)). Такие роботы могут использоваться при авариях на АЭС, химическом производстве, для выполнения планетарных миссий . Шагающие роботы являются более сложными мехатронными системами (по сравнению с катящимися устройствами передвижения), поскольку в них решается ряд задач: координация движения органов передвижения, обработка сигналов сенсоров двигательной системы, использование экономичных приводных систем и компактных и энергоемких источников питания ,планирование движений, статическая и динамическая устойчивость, выбор точек опоры.

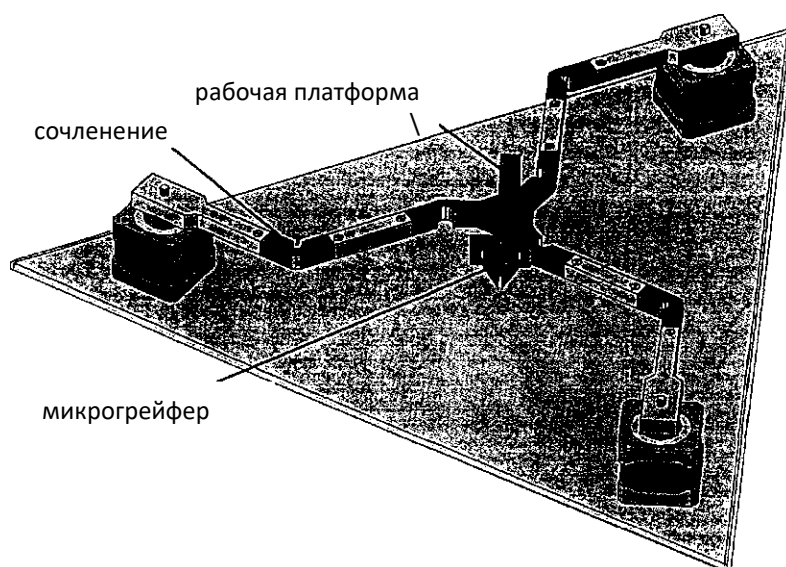


Рис.2.5 Схема конструкции параллельного робота - микрогрейфера

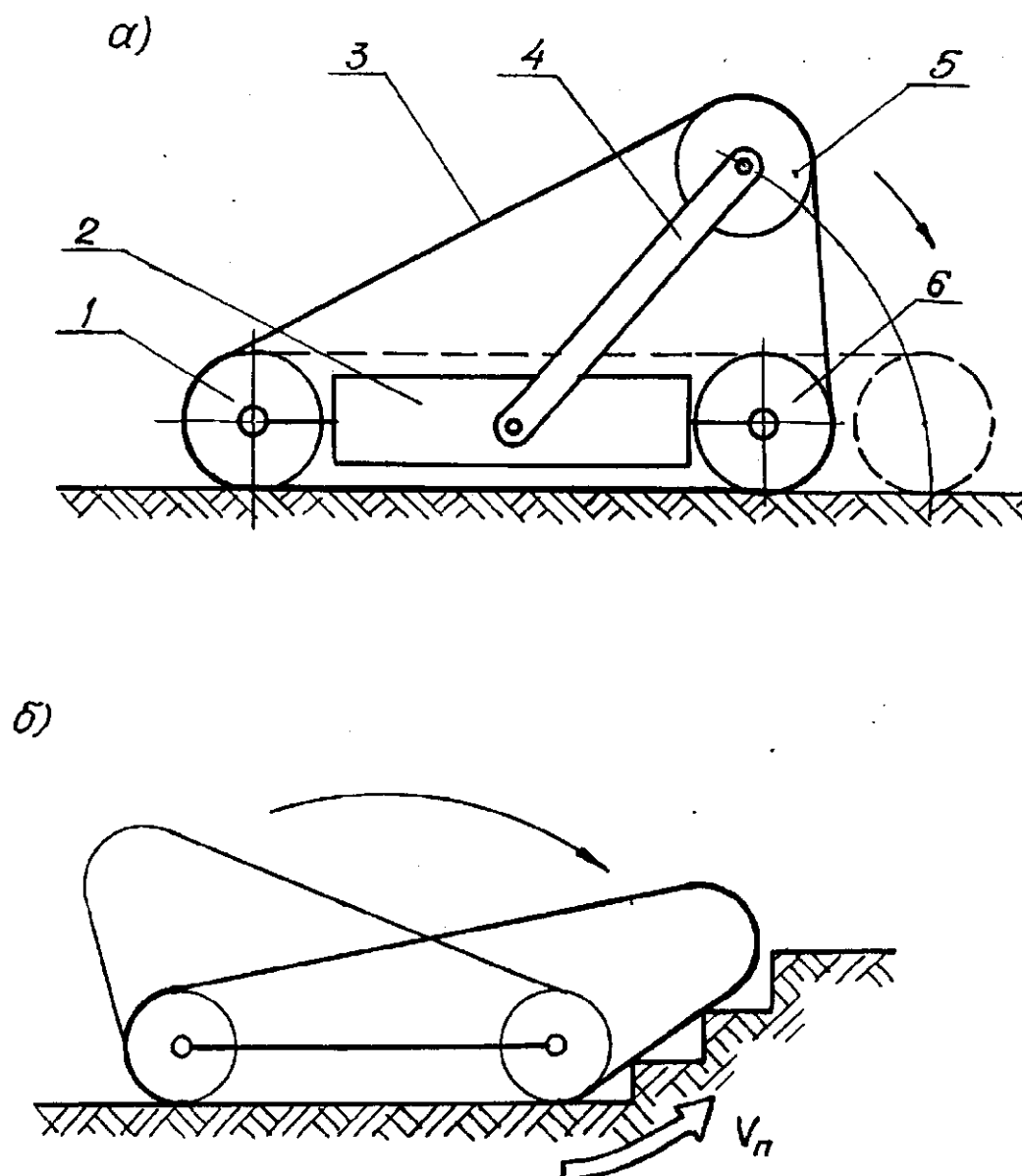


Рис 2.7 Вид самоходной тележки робота

Так, например, роботы «Маг» и «Катарина», рис.2.8, снабжены специальной платформой с видеодатчиками и сложной адаптивной системой регулирования и координации движения ног. Система состоит из приводных электродвигателей с редукторами, трехкомпонентными сенсорами для измерения усилий, рис.2.9, индивидуального контроллера и центрального процессорного устройства управления

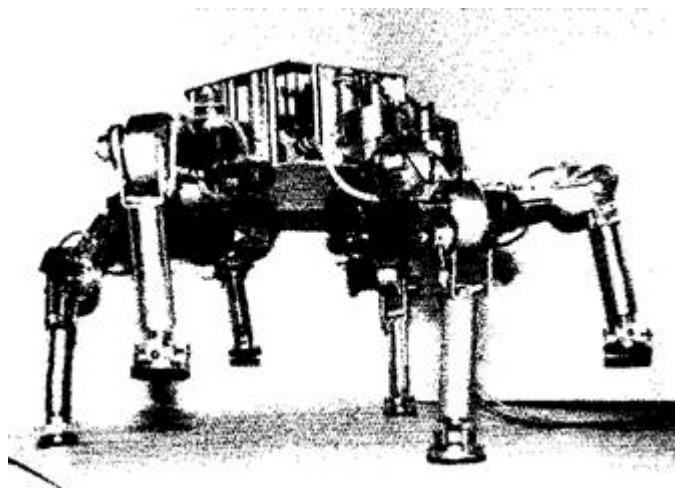


Рис.2.8 Вид шагающего робота «КАТАРИНА»

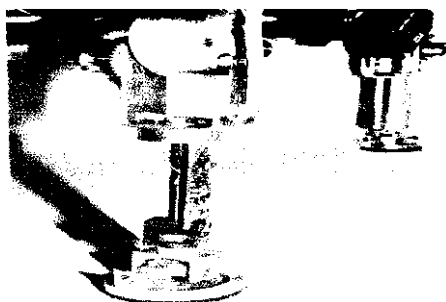


Рис.2.9 Вид ноги робота

Основные технические характеристики робота «Маг» : Полная масса робота - 21 кг, габариты ноги - 405 мм, масса ноги - 2,8 кг, масса перемещаемого груза - 5 кг, максимальная потребляемая мощность - 130 Вт, максимальная скорость перемещения - 0,4 км/ч. На рис.5.10 приведена структурная схема робота.

Контрольные вопросы

1. Классификация параллельных роботов
2. Структурные схемы параллельных роботов.
3. Достоинства и недостатки параллельных роботов.
4. Использование параллельных роботов.
5. Перемещающиеся роботы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 16

СИЛОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Цель: приобретение навыков определения типоразмеров роботов по силовым характеристикам промышленного робота. Расчет приводов, составление основных параметров.

Порядок выполнения

Промышленные роботы характеризуются весом поднимаемых деталей и величиной раскрытия захватов (таблица 16.1).

Таблица 16.1

Показатели	Типоразмер робота					
	I	II	III	IV	V	VI
Вес поднимаемых деталей, кг	до 1	от 1 до 10	от 10 до 40	от 40 до 100	от 100 до 200	свыше 200
Величин раскрытия схвата, мм	>>50	50...100	150...300	300...400	свыше 400	—

Важное значение имеют такие параметры ПР как подъем и выдвижение руки (таблица 16.2).

Таблица 16.2

Показатели	Типоразмер робота					
	I	II	III	IV	V	VI
Подъем руки, мм	от 500 до 800	от 800 до 1200	от 1200 до 1500	от 1500 до 2000	Свыше 2000	
Выдвижение руки, мм	от 400 до 600	от 600 до 800	от 800 до 1200	от 1200 до 1500	Свыше 1500	

По грузоподъемности (главному параметру) ПР подразделяются на следующие группы:

- сверхлегкие до 1 кг;
- легкие от 1 до 10 кг;
- средние от 10 до 200 кг;
- тяжелые от 200 до 1000 кг;
- сверхтяжелые свыше 1000 кг.

Под номинальной грузоподъемностью понимается наибольшее значение массы предметов или технологической оснастки, при котором гарантируется их захватывание и удержание.

В технической характеристике ПР даются следующие показатели (ГОСТ 25378-82).

Показатели захватного устройства:

- номинальная грузоподъемность m_n , кг;
- усилие захватывания $t_{зах}$, с;
- время отпущения $t_{отп}$, с.

Характерные размеры захватываемого предмета:

- максимальный диаметр d_{max} , мм;
- минимальный диаметр d_{min} , мм

Контрольные вопросы

1. Схема расположения приводов ПР.
2. Расчет рабочего усилия каждого привода.
3. Описание работы приводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Автоматизация производственных процессов в машиностроении [Текст] : учебник для вузов / Н. М. Капустин [и др.] ; под ред. Н. М. Капустина - М. : Высш. шк., 2007. - 415 с.
- 2 Белянин, П. Н. Робототехнические системы для машиностроения [Текст] / П. Н. Белянин. - М. : Машиностроение, 1986. - 256 с.
- 3 Власов, С. Н. Транспортные и грузозахватные устройства и робототехника [Текст] : учебник для техникумов по специальности «Монтаж и эксплуатация металлообрабатывающих станков и автоматических линий» / С. Н. Власов [и др.]. - М. : Машиностроение, 1988. - 144 с.
- 4 Волжский машиностроительный завод [Электронный ресурс] / ООО «Волжский машиностроительный завод». - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.vmztit.ru>, свободный. - Загл. с экрана. - Сведения собраны за февраль-май 2013 г.
- 5 Выжигин, А. Ю. Гибкие производственные системы [Текст] / А. Ю. Выжигин. - М. : Машиностроение, 2009. - 288 с.
- 6 Давыдова, М. В. Технические характеристики металлообрабатывающих станков с ЧПУ: Станки токарной группы [Текст] : справочное пособие / М. В. Давыдова, А. М. Михалев, Ю. И. Моисеев. - Курган : Изд-во КГУ, 2010. - 84 с.
- 7 Давыдова, М. В. Технические характеристики металлообрабатывающих станков с ЧПУ: Фрезерные станки, обрабатывающие центры сверлильно-фрезерно-расточной группы [Текст] : справочное пособие / М. В. Давыдова, А. М. Михалев, Ю. И. Моисеев. - Курган : Изд-во КГУ, 2010. - 128 с.
- 8 Довбня, Н. М. Роботизированные технологические комплексы в ГПС [Текст] / Н. М. Довбня, А. Н. Кондратьев, Е. И. Юревич. - Л. : Машиностроение, 1990. - 303 с.
- 9 Иванов, А. А. Гибкие производственные системы в приборостроении [Текст] / А. А. Иванов. - М. : Машиностроение, 1988. - 304 с.
- 10 Идеи. Технологии. Качество [Электронный ресурс] / ЗАО «Белробот».
- 11 Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.belrobot.by>, свободный. - Загл. с экрана. - Сведения собраны за февраль-май 2013 г.
- 12 Козырев, Ю. Г. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов [Текст] : учебное пособие / Ю. Г. Козырев. - М. : КноРус, 2011. - 312 с.
- 13 Козырев, Ю. Г. Применение промышленных роботов [Текст] : учебное пособие / Ю. Г. Козырев. - М. : КноРус, 2011. - 488 с.
- 14 Кузнецов, Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ [Текст] : справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. И. Байков. - М. : Машиностроение, 1990.

- 512 с.

15 Кузнецов, Ю. И. Технологическая оснастка для станков с ЧПУ и промышленных роботов [Текст] : учебное пособие для машиностр. техникумов / Ю. И. Кузнецов. - М. : Машиностроение, 1987. - 112 с.

16 Мрочек, Ж. А. Основы технологии автоматизированного производства в машиностроении [Текст] : учебное пособие / Ж. А. Мрочек, А. А. Жолобов, Л. М. Акулович. - Минск : Техноперспектива, 2008. - 303 с.

17 Online каталог - промышленные роботы. Актуальная информация о роботах и технологиях [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.vseroboti.ru>, свободный. - Загл. с экрана. - Сведения собраны за февраль-май 2013 г.

18 Проектирование машиностроительного производства [Текст] : учебник для вузов / В. П. Вороненко, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе; под ред. чл.-корр. РАН Ю. М. Соломенцева. - М. : Дрофа, 2006. - 380 с.

19 Промышленные роботы в машиностроении: Альбом схем и чертежей [Текст] : учебное пособие для технических вузов / Ю. М. Соломенцев [и др.] ; под общ. ред. Ю. М. Соломенцева. - М. : Машиностроение, 1986. - 140 с.

20 Промышленные роботы осваивают российский рынок [Электронный ресурс] / ООО «Квадрат СГ». - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.bestrobots.ru>, свободный. - Загл. с экрана. - Сведения собраны за февраль-май 2013 г.

21 Рахманов, К. И. Промышленные роботы [Текст] / К. И. Рахманов // Главный механик. - 2011. - №2. - с.52-61.

22 Роботизированные технологии, которые мы предлагаем [Электронный ресурс] / Международный холдинг «Белфингрупп». - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.belfingroup.com>, свободный. - Загл. с экрана. - Сведения собраны за февраль-май 2013 г.

23 Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: Альбом схем и чертежей [Текст] : учебное пособие для вузов / Ю. М. Соломенцев [и др.]; под общ. ред. Ю. М. Соломенцева. - М. : Машиностроение, 1989. - 192 с.

24 Технологические основы гибких производственных систем [Текст] / В. А. Медведев [и др.] ; под ред. Ю. М. Соломенцева. - М. : Высш. шк., 2000. - 255 с.

25 Черпаков, Б. И. Техническая оснастка [Текст]: учебник для студентов учреждений ср. проф. образования / Б. И. Черпаков. - М. : Издательский центр «Академия», 2007. - 288 с.

26 Шандров, Б. В. Технические средства автоматизации [Текст] : учебник для студентов высш. учебных заведений / Б. В. Шандров, А. Д. Чудаков. - М. : Издательский центр «Академия», 2007. - 368 с.

27 Шишмарев, В. Ю. Автоматизация технологических процессов [Текст] : учеб. пособие для студентов сред. проф. образования / В. Ю. Шишмарев. - М. : Издательский центр «Академия», 2005. - 352 с.

28 Fanuc. Welcome to the yellow world [Электронный ресурс] / ООО «Фанук Роботикс Россия». - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.fanucrobotics.ru>, свободный. - Загл. с экрана. - Сведения собраны за февраль-май 2013 г.

29 Gudel. Robotics: Industrial robots and gantry robot systems [Электронный ресурс] / Gudel AG. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.gudel.com>, свободный. - Загл. с экрана. - Сведения собраны за февраль-май 2013 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по организации самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
«Основы роботизированного производства в машиностроении»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

Методические указания разработаны для организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Основы роботизированного производства в машиностроении» для бакалавров направления подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Методические указания содержат:

-общую характеристику самостоятельной работы студента при изучении дисциплины, включающую цель и задачи каждого вида самостоятельной работы студента, предусмотренного учебным планом и рабочей программой дисциплины и формируемые данным видом деятельности компетенции;

-план-график выполнения самостоятельной работы;

- виды отчетности;

-методические рекомендации по изучению теоретического материала – рекомендации по организации работы с литературой.

Составитель: доцент, Костенко К. В.

Рецензент: канд. техн. наук, доцент, Сидоренко С.А.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общая характеристика самостоятельной работы	5
2 План-график выполнения самостоятельной работы	6
3 Аттестация и виды отчетности к ней	7
4 Типовые контрольные задания	8
5 Рекомендации по организации работы с литературой	11
6 Список рекомендуемой литературы	13

ВВЕДЕНИЕ

Освоение программы дисциплины предполагает освоение теоретических знаний и формирование навыков их практического применения.

Самостоятельная работа студентов – важнейшая составная часть занятий, необходимая для полного усвоения программы курса.

Целью самостоятельной работы является закрепление и углубление знаний, полученных студентами на лекциях, подготовке к текущим практическим занятиям, промежуточным формам контроля знаний и к итоговому контролю.

Дидактические цели самостоятельных занятий:

- формирование профессиональных умений;
- формирование умений и навыков самостоятельного умственного труда;
- мотивирование регулярной целенаправленной работы по освоению дисциплины;
- развитие самостоятельности мышления;
- формирование убежденности, волевых черт характера, способности к самоорганизации.

Методическое обеспечение самостоятельной работы дисциплине состоит из:

- определения учебных вопросов, которые студенты должны изучить самостоятельно;
- подбора необходимой учебной литературы, обязательной для проработки и изучения;
- поиска дополнительной научной литературы, к которой студенты могут обращаться по желанию, если у них возникает интерес в данной теме;
- определения контрольных вопросов, позволяющих студентам самостоятельно проверить качество полученных знаний;
- организации консультаций преподавателя со студентами для разъяснения вопросов, вызвавших у студентов затруднения при самостоятельном освоении учебного материала.

Самостоятельная работа студента – это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как: уяснение цели и поставленной учебной задачи; четкое и системное планирование самостоятельной работы; поиск необходимой учебной и научной информации; освоение собственной информации и ее логическая переработка; проведение самоанализа и самоконтроля.

Основные виды самостоятельных работ по учебной дисциплине: работа с понятийным аппаратом; поисковая работа с различными источниками; составление аннотированного списка литературы по проблеме.

Контроль знаний студентов включает формы текущего и итогового контроля.

Текущий контроль осуществляется в процессе изучения курса и включает в себя оценку работы студентов на практических занятиях.

1 Общая характеристика самостоятельной работы

Целью изучения дисциплины является формирование набора профессиональных компетенций бакалавров направления подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Задачи дисциплины:

- изучение конструкции промышленных роботов;
- изучение методики разработки и внедрения промышленных роботов;
- комплексная автоматизация на промышленных предприятиях;
- перераспределение функций между человеком и машиной;
- существенное повышение производительности труда.

Цели и задачи самостоятельной работы: Самостоятельная работа направлена на решения ряда задач, к которым относятся:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умения использовать справочную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов;
- творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Актуальность: Работа выпускника в современных условиях обуславливает необходимость изучения принципиальных подходов к изучению дисциплины. Знания полученные в рамках изучения дисциплины необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

Виды самостоятельной работы

Рабочей программой по дисциплине предусмотрено самостоятельное изучение материалов по темам практических работ. Для успешного выполнения данного вида работ, необходимо самостоятельно детально изучить материалы по представленным темам по рекомендуемым источникам информации:

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации:

При изучении материалов по каждой теме необходимо составить краткий конспект наиболее важной информации.

Работа с конспектом лекций.

Просмотрите конспект сразу после занятий. Отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания.

Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.

Каждую неделю отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам и тестам.

Помимо самостоятельного изучения материалов по темам к самостоятельной работе студентов относится подготовка к практическим занятиям по результатам которой студент представляет отчет преподавателю и проходит собеседование.

При самостоятельной подготовке к практическому занятию студент:

- организует свою деятельность в соответствии с методическим руководством по выполнению практических работ;
- изучает информационные материалы;
- подготавливает и оформляет материалы практических работ в соответствии с требованиями.

2 План-график выполнения самостоятельной работы

Правильная организация самостоятельной работы и ее систематичность, позволяет развивать умения и навыки; проводить систематизацию полученных знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Срок изучения материалов
1	Тема 1. Современное состояние и перспективы развития робототехники.	1 неделя
2	Тема 2. Классификация промышленных роботов.	2 неделя
3	Тема 3. Технологические роботы. Вспомогательные роботы. Универсальные роботы. Адаптивные и интерактивные роботы.	3 неделя
4	Тема 4. Общая характеристика промышленных роботов и их физическая сущность.	4 неделя
5	Тема 5. Общие сведения о конструкции роботов.	5 неделя
6	Тема 6. Приводы промышленных роботов. Захватные устройства промышленных роботов.	6 неделя
7	Тема 7. Системы управления роботов.	7 неделя
8	Тема 8. Унифицированные системы управления промышленными роботами.	8 неделя
9	Тема 9. Программирование промышленных роботов.	9 неделя
10	Тема 10. Роботизированные технологические комплексы.	10 неделя

11	Тема 11. Гибкие производственные системы: задачи, структура, основные характеристики.	11 неделя
12	Тема 12. Автоматизация операций и повышение эффективности производственных процессов.	12 неделя
13	Тема 13. Промышленные роботы в литейном производстве.	13 неделя
14	Тема 14. Промышленные роботы в автоматизации процессов нагрева и термообработки. Автоматизация кузнечно-прессового оборудования.	14 неделя
15	Тема 15. Автоматизация сварки промышленными роботами.	15 неделя
16	Тема 16. Обслуживание металлорежущих станков. Автоматизация сборочных операций.	16 неделя
17	Тема 17. Автоматизация нанесения защитных покрытий. Роботизированный технический контроль. Автоматизация транспортно-складских работ.	17 неделя
18	Тема 18. Оценка экономической эффективности промышленных роботов.	18 неделя

3. Аттестация и виды отчетности к ней

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме экзамена предусматривает проведение обязательной экзаменационной процедуры.

Текущая аттестация студентов проводится преподавателями, ведущими практические занятия по дисциплине, в форме собеседования проводимого по результатам выполнения практических работ. Допуск к защите практических работ происходит при наличии у студентов выполненного задания.

Защита отчета проходит в форме собеседования по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Максимальное количество баллов студент получает, если задание соответствует установленным требованиям, а ответы на задаваемые вопросы полностью раскрывают суть работы.

Основанием для снижения оценки являются:

- бессистемность и разрозненность теоретических знаний;
- реализация типовых ситуаций с ошибками.

Отчет может быть отправлен на доработку в следующих случаях:

- допущения при выполнении работы некритических ошибок.

Критерии оценивания компетенций указаны после каждого вида самостоятельной работы

4. Типовые контрольные задания и иные материалы, характеризующие этапы формирования компетенций

Вопросы к экзамену

Базовый уровень

1. Основные направления развития робототехники.
2. Поколения промышленных роботов.
3. Классификация промышленных роботов.
4. Принципы классификации.
5. Назначение технологических роботов.
6. Назначение вспомогательных роботов.
7. Рабочая зона промышленных роботов.
8. Степень подвижности.
9. Конструкция промышленных роботов.
10. Манёвренность промышленных роботов.
11. Типы приводов промышленных роботов.
12. Расчет приводов.
13. Классификация СУ роботов.
14. Виды систем управления роботами.
15. Принципы программирования промышленных роботов.
16. Программы для программирования промышленных роботов.
17. Принципы создания РТК.
18. Меры безопасности при работе на РТК.
19. Задачи и структура гибких производственных систем.
20. Основные характеристики гибких производственных систем.
21. Литейные роботизированные комплексы.
22. Основные характеристики ГПС.
23. Роботизация операций в литейном производстве.
24. Литейные роботизированные комплексы.
25. Автоматизируемые виды сварки.
26. Технология, оборудование и приспособления роботизированной сварки.
27. Технология, оборудование и оснастка.
28. Станочные РТК и ГПМ :основные типы, примеры применения.
29. Виды и способы автоматизированной сборки.
30. Технологичность конструкций изделий и деталей при сборке.
31. Автоматизация лакокрасочных работ.
32. Обслуживание ванн гальванопокрытий.
33. Качество продукции и технический контроль.
34. Примеры систем технического контроля.
35. Промышленные роботы как объект оценки экономической эффективности.
36. Оценка экономической эффективности проекта роботизации производства и его экономическое обоснование.

Повышенный уровень

1. Перспективы развития робототехники.
2. Классификация в соответствии с ГОСТ 25685-83 Роботы промышленные.
3. Назначение Адаптивных и интерактивных роботов.
4. Характеристика промышленных роботов. Повторяемость.
5. Системы координат промышленных роботов.

6. Классификация захватных устройства промышленных роботов.
7. Унифицированные системы управления промышленными роботами.
8. Виды программирования промышленных роботов.
9. Примеры использования машинного зрения совместно с роботизированными комплексами.
10. Автоматизация операций и повышение эффективности производственных процессов.
11. Проблемы и перспективы гибкой автоматизации в литейном производстве.
12. Роботизированные технологические комплексы кузнечно-прессового оборудования.
13. Роботизированные сварочные комплексы.
14. Какие требования предъявляют к деталям, обрабатываемым на металлорежущих станках, обслуживаемых промышленными роботами?
15. Роботизированные комплексы и программно-управляемые сборочные системы.
16. Конструктивные особенности роботов для обслуживания автоматических линий гальванопокрытий.
17. Функции и задачи службы контроля качества продукции. примеры систем автоматического контроля.
18. Методы оценки экономической эффективности роботизации производства.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если студент имеет глубокие знания, умения, навыки, демонстрирует полное понимание сущности рассматриваемых вопросов.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если студент имеет полные знания, умения, навыки, демонстрирует понимание сущности рассматриваемых вопросов в целом, однако показывает недостаточно уверенное владение некоторыми теоретическими и практическими положениями дисциплины.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если студент имеет низкий уровень знаний, умений, навыков, демонстрирует частичное понимание сущности рассматриваемых вопросов.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если студент имеет пробелы в знаниях, умениях, навыках, демонстрирует непонимание сущности рассматриваемых вопросов.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения экзамена осуществляется в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации, обучающихся по образовательным программам высшего образования в СКФУ.

В экзаменационный билет включаются 2 вопроса. Ответ повышенного уровня отличается от ответа базового уровня многовариантностью рассматриваемых ситуаций и необходимостью выполнить качественный и количественный анализ при обоснование принятых решений. При ответе повышенного уровня, как правило, должна быть использована информация из специальной и научной литературы.

Для подготовки по билету отводиться 30 минут.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования любыми источниками.

3. Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1 _{ПК-8} , ИД-2 _{ПК-8}	степень усвоения программного материала	
	полнота ответа на поставленный вопрос;	
	способность ориентироваться при ответе на полученные навыки работы в изучаемом программном продукте;	
	возможность описать словесно алгоритм работы в программном продукте в рамках задаваемого вопроса.	
	правильность речи в быстром или умеренном темпе	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

Темы докладов

Базовый уровень

1. Роботизированные комплексы по плазменной резке
2. Роботизированные комплексы по гидроабразивной резке
3. Роботизированные комплексы, предназначенные для сварки деталей крупногабаритных грузовых машин
4. Роботизированные комплексы для гибки листового металла
5. Роботизированные комплексы выполняющие сборочные операции
6. Роботизированные комплексы для сварки MIG/MAG
7. Роботизированные комплексы для сварки TIG
8. Роботизированные комплексы выполняющие паллетирование грузов
9. Роботизированные комплексы, выполняющие окраску и нанесение покрытий
10. Роботизированные комплексы, выполняющие обслуживание станков
11. Роботизированные комплексы, предназначенные для упаковки готовых изделий
12. Роботизированные комплексы, выполняющие сортировку и манипулирование грузов
13. Роботизированные комплексы для литейного и кузнечного производства
14. Роботизированные комплексы для укладки готовой продукции в коробки

Повышенный уровень

1. Роботизированные комплексы для обеспечения контроля качества изделий
2. Роботизированные комплексы для обеспечения процесса шлифования и полирования материалов
3. Роботизированные комплексы для обеспечения процесса фрезерования
4. Роботизированная загрузка прессов
5. Работа роботизированных комплексов для обслуживания ЧПУ станков
6. Работа промышленных манипуляторов с крупногабаритными заготовками

1. Критерии оценивания компетенций*

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий, при ответе на вопрос привлечены дополнительные источники информации, в том числе и многовариантный анализ ситуации, что свидетельствует о повышенном уровне усвоения компетенций.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение

информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно, что свидетельствует о базовом уровне усвоения компетенций.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками, что свидетельствует о частичном усвоении базового уровня усвоения компетенций.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если знания, умения и навыки отсутствуют, что свидетельствует о недостаточном уровне усвоении компетенций.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: подготовку доклада на заданную тему и публичное выступление по представлению полученных результатов. Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции ИД-1_{ПК-8}, ИД-2_{ПК-8}.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо провести всесторонний анализ литературных источников на заданную тему, сформировать план доклада, подготовить презентационный материал и текст доклада.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования планом доклада, текстом доклада, подготовленным презентационным материалом.

При проверке задания, оцениваются:

- последовательность повествования;
- умение использовать презентационное оборудование и вспомогательные материалы;
- полнота раскрытия темы;
- умение работать в группе.

5 Рекомендации по организации работы с литературой

При изучении дисциплины у студентов должен вырабатываться рационально-критический подход к изучаемым проблемам и явлениям. Это включает понимание того, что со временем ряд информационных и теоретических материалов устаревает, требуя критического отношения. С другой стороны, каждый текущий вопрос имеет свою историю, которую тоже полезно знать.

Чтобы понять содержание материала, нужно уметь его прочитывать. Начинать следует с предварительного просмотра, в ходе которого ознакомиться с названием работы, с аннотацией, оглавлением, предисловием. Часто замысел работы ясен уже при ознакомлении с ее названием. Но особенно интересен просмотр оглавления, в результате которого становится ясным развитие мысли автора. Неплохо было бы появившиеся при этом мысли зафиксировать на бумаге.

Просматривая текст оглавления, нужно остановиться на тех главах, которые представляют для вас особенный интерес, бегло ознакомиться с ними, составляя в общих чертах свое представление о них. Цель этого

действия – найти места, относящиеся к искомой теме, определив при этом, что ценного в каждом из них.

Следующий этап – прочтение выделенных мест с фиксацией самых главных сведений. При этом надо четко и ясно осознавать цель чтения, постоянно держа ее перед собой: по какому вопросу нужна информация, для чего нужна, ее характер и т.д. необходимо менять режим чтения – от беглого вдумчивого – в зависимости от ценности информации, останавливаясь там, где это требуется для глубокого понимания текста.

Следует научиться определять структуру текста по соподчиненности его частей, учитывая взаимосвязь текста с рисунками, сносками, примечаниями и таблицами. Все это поможет пониманию текста при беглом ознакомлении с ним. Так вырабатывается способность при прочтении сразу понимать смысл и значение новой информации.

Многие книги и статьи имеют в своем аппарате списки литературы, которые дают возможность пополнить информационную осведомленность о дополнительной литературе по данному вопросу.

Отдельный этап прочтения – ведение записей прочитанного. Существует несколько видов записей: план, выписки, тезисы, аннотация, резюме, конспект.

Планом удобно пользоваться при подготовке к устному выступлению по выбранной теме. Каждый пункт плана должен раскрывать одну из сторон избранной темы, а весь план должен охватывать ее целиком.

Тезисы предполагают сжатое изложение основных положений текста в форме утверждения или отрицания. Они являются более совершенной формой записей и представляют основу для дискуссии. К тому же их легко запомнить.

Аннотация – краткое изложение содержания – дает общее представление о работе.

Резюме кратко характеризует выводы, главные итоги произведения.

Конспект является наиболее распространенной формой ведения записей. Основную ткань конспекта составляют тезисы, дополненные доказательствами и рассуждениями. Конспект может быть текстуальным, свободным или тематическим. Текстуальный представляет собой цитатник с сохранением логики работы и структуры текста. Свободный конспект основан на изложении материала в том порядке, который более удобен автору. В этом смысле конспект представляет собрание воедино мыслей, разбросанных по всей книге. Тематический конспект может быть составлен по нескольким источникам, где за основу берется тема, интерпретируемая по-разному.

Экономия времени дает использование при записях различного рода сокращений, аббревиатуры и т.д. многие используют для регистрации исследуемых тем систему карточек. Преимущество карточек в том, что тема там излагается очень сжато, и они очень удобны в использовании, т.к. их можно разложить на столе, перегруппировать и без труда найти искомую тему.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить следующие виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1	Подготовка к практическим занятиям	1, 2	1, 2	1,2	1-3
2	Подготовка к лекционным занятиям	1, 2	1, 2, 3	1,2	1-3
3	Самостоятельное изучение литературы	1, 2	1, 2, 3	1,2	1-3
4	Подготовка доклада	1, 2	1, 2, 3	1,2	1-3
5	Подготовка к экзамену	1, 2	1, 2	1,2	1-3

6. Список рекомендуемой литературы

Основная литература	1. Пахомова, Л. В. Промышленные роботы и робототехнические системы : учебное пособие / Л. В. Пахомова. — Новосибирск : СГУВТ, 2022. — 78 с. — ISBN 978-5-8119-0933-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/293405 2. Макаров, А. М. Исследование роботизированной ячейки на базе промышленного робота KUKA : учебное пособие / А. М. Макаров, А. К. Иванюк, С. Г. Поступаева. — Волгоград : ВолгГТУ, 2021. — 128 с. — ISBN 978-5-9948-4106-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/288512
Дополнительная литература	1. Методы и средства управления промышленными роботами : учебное пособие / М. Е. Вильбергер, И. И. Сингизин, Н. С. Попов, Г. С. Сидоров. — Новосибирск : НГТУ, 2022. — 72 с. — ISBN 978-5-7782-4616-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/306518 (дата обращения: 07.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 2. Серебрянный, В. В. Программирование промышленных роботов версии KRC4 на языке KRL : учебное пособие / В. В. Серебрянный, И. Л. Ермолов. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. — 56 с. — ISBN 978-5-7038-5292-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/205562 3. Климов, А. С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке : учебное пособие для вузов / А. С. Климов, Н. Е. Машнин. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 236 с. — ISBN 978-5-507-50440-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/433208

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

1. Рукопись методических указаний по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Основы роботизированного производства в машиностроении" для студентов направления подготовки 15.03.05.
2. Рукопись методических указаний по выполнению практических работ по дисциплине "Основы роботизированного производства в машиностроении" для студентов направления подготовки 15.03.05.
3. Рукопись методических указаний к самостоятельной работе по дисциплине "Основы роботизированного производства в машиностроении" для студентов направления подготовки 15.03.05.
4. Конспект лекций по дисциплине "Основы роботизированного производства в машиностроении" для студентов направления подготовки 15.03.05 (рукопись).

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля):

1. [http:// biblioclub.ru/](http://biblioclub.ru/) Университетская библиотека онлайн.
2. <http://www.rsl.ru> – Российская государственная библиотека.
3. <http://www.i-mash.ru> – ресурс машиностроения, каталог стандартов ЕСКД.