

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

ОСНОВЫ РОБОТОТЕХНИКИ

Электронный образовательный контент

Работа выполнена по мероприятию блока 1 «Совершенствование образовательной деятельности» Программы развития СГАУ на 2009 – 2018 годы по проекту «Разработка образовательных контентов в рамках мастер-класса по внедрению и использованию СЭДО в реальном учебном процессе» факультетов»

Соглашение № 1/27 от 3 июня 2013 г.
774049

САМАРА 2013

УДК621.6-52
О-624

Авт.-сост.: Илюхин Владимир Николаевич,
Михеев Владимир Александрович,
Грешняков Павел Иванович

Основы робототехники[Электронный ресурс]: электрон.образ. контент / к лаб. работам, практ. занятиям и курс. проектированию / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост.:В.Н. Илюхин, В.А. Михеев, П.И. Грешняков - Электрон. текстовые и граф. дан. (8,98 Мбайт). - Самара, 2013. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

В электронный образовательный контент входят: презентационный материал, методические указания к лабораторной работе, список рекомендуемой литературы.

Электронный образовательный контент является учебно-теоретическим изданием, необходимым для изучения основ мехатроники и робототехники по специальности 150802.65 Гидравлические машины, гидропроводы и гидропневмоавтоматика (сесестр 8) и по направлениям 151000.62 Технологические машины и оборудование (6 семестр), 141100.62 Энергетическое машиностроение (6 семестр), 150700.62 Машиностроение(6 семестр) и «Автоматика технологических процессов и производств» (6 семестр) и магистрантов по направлению 160700.68 «Двигатели летательных аппаратов» (семестр А) Лекционный материал целесообразно использовать при изучении дисциплины «Основы мехатроники». Целью работы является ознакомление студентов с основами мехатроники и робототехники, в том числе с робототизированными промышленными комплексами.

Разработано на кафедре АСЭУ

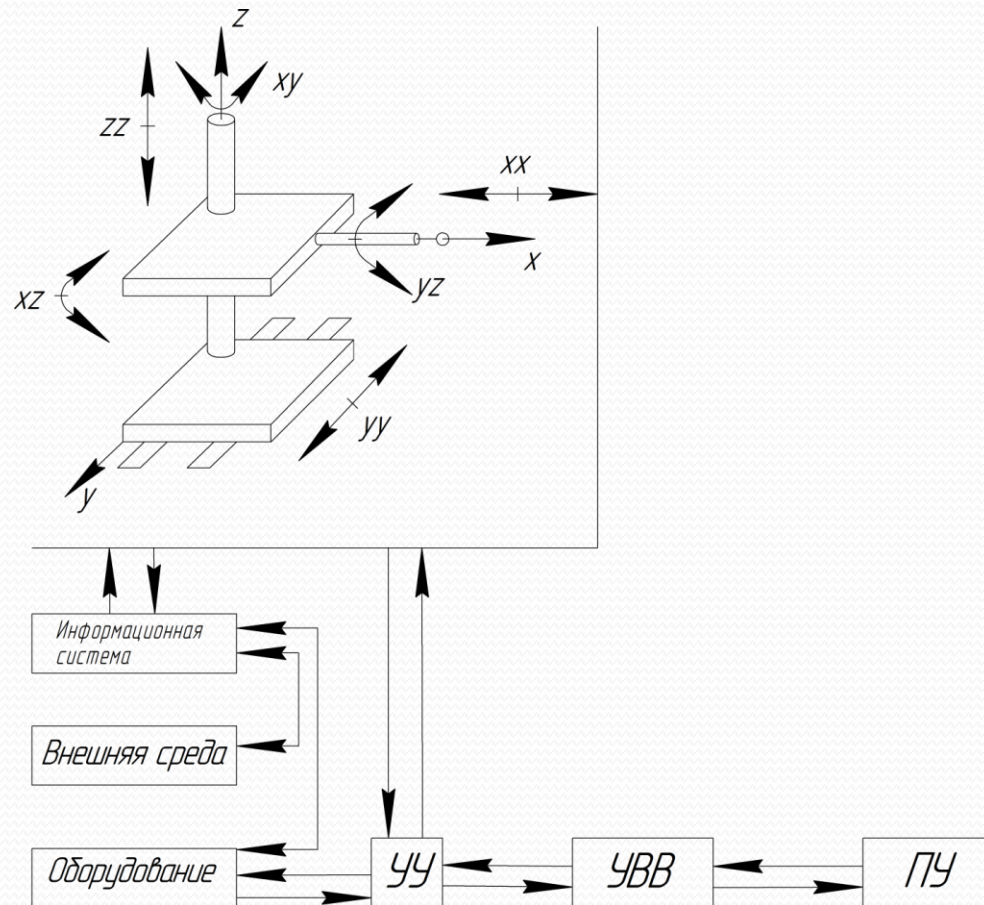
Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2013



ОСНОВЫ РОБОТОТЕХНИКИ

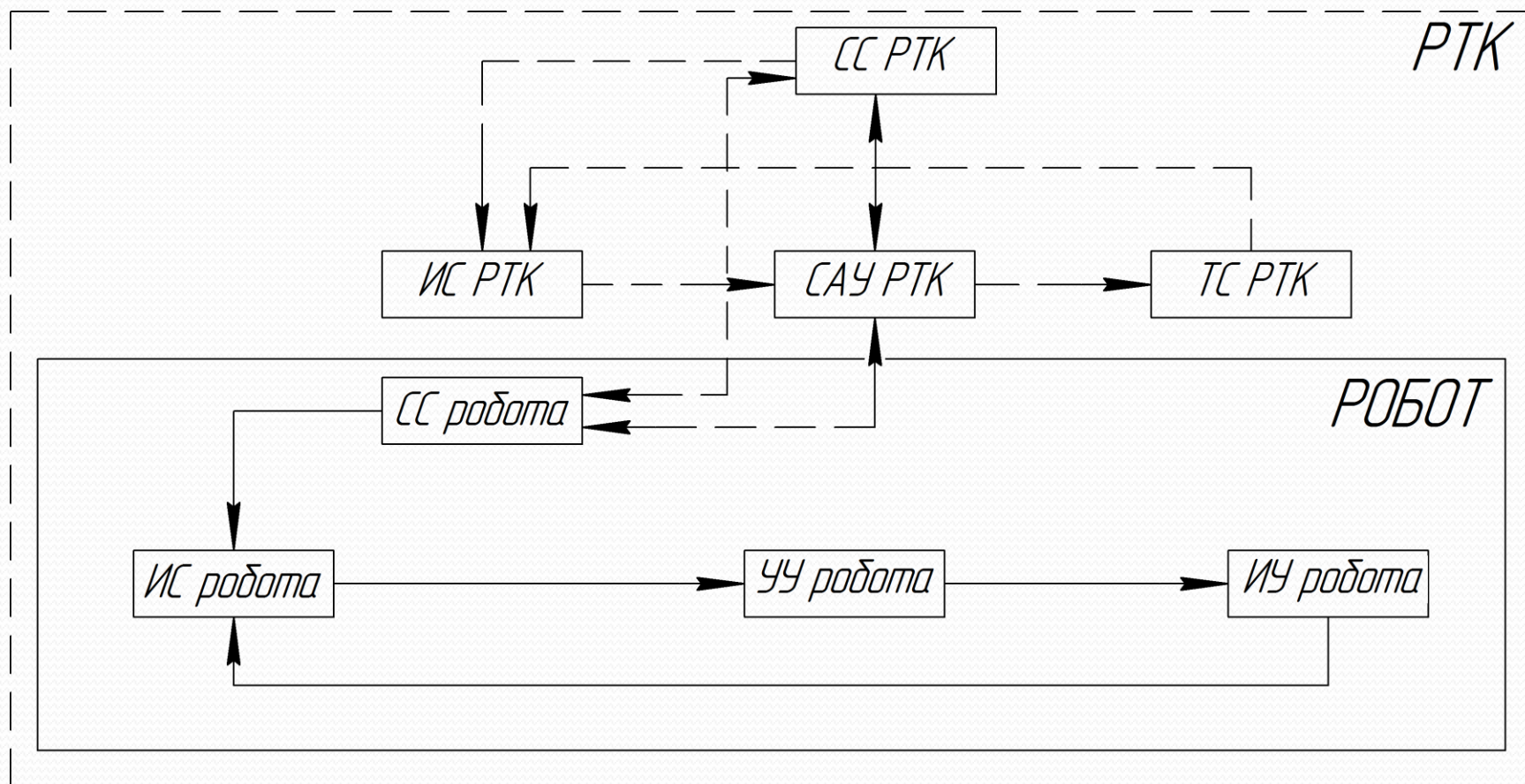
Разработали: Илюхин В.Н., Михеев В.А.

Структура и функции промышленных роботов

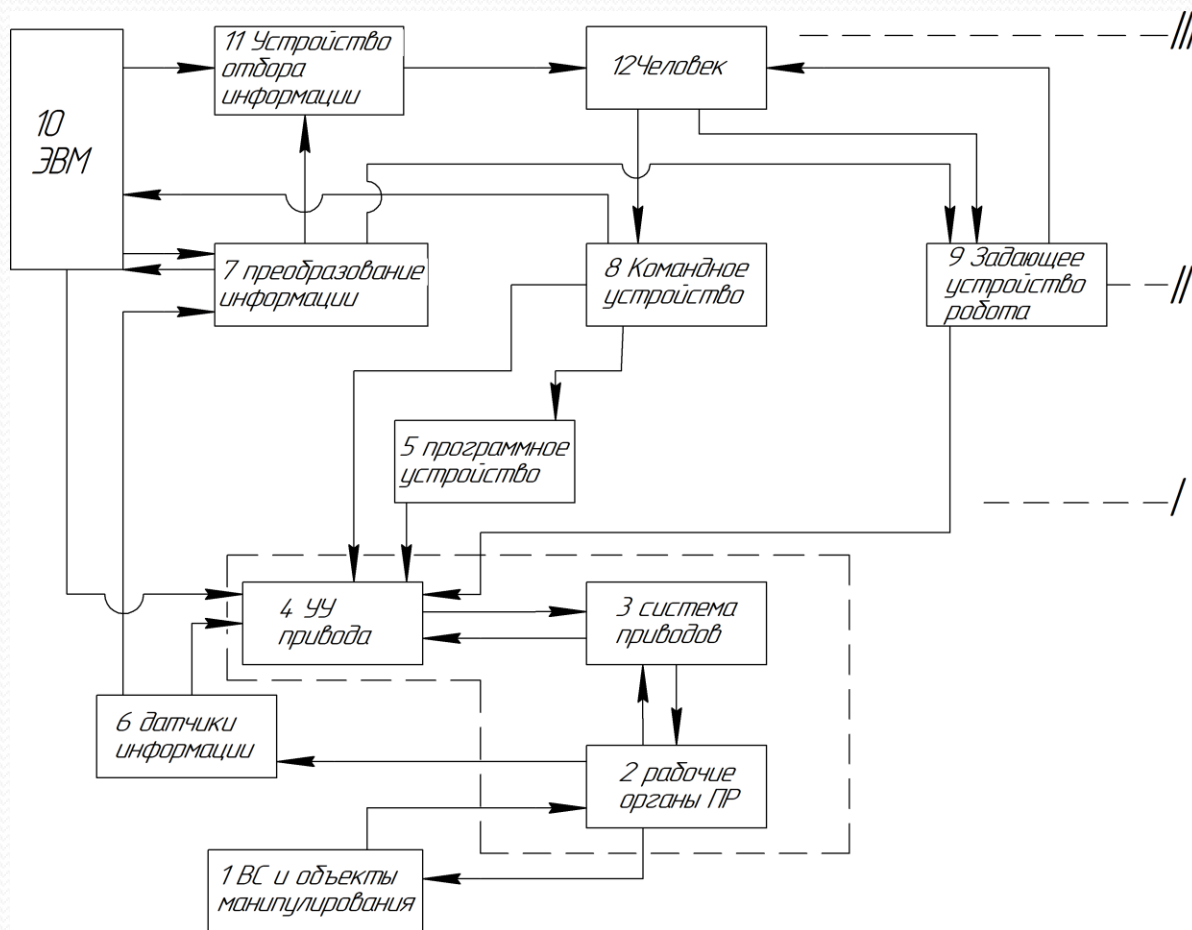


Структура промышленного робота и его рабочая зона

Структура и функции роботов в составе РТК



Обобщенная структурная схема промышленного робота



Этапы проектирования РТК

- Анализ технологических процессов изготовления деталей на РТК с целью подбора номенклатуры. Формируем предварительную номенклатуру.
- Выбор типовой структуры РТК.
- Разработка технологических требований.
- Проектирование (компоновка) РТК. В масштабе в двух проекциях (в плане и сбоку).
- Доработка технических средств.
- Создание системы датчиков.
- Построение циклической диаграммы. Этап нормирования, расчет времени.
- Нормирование штучного времени изготовления детали на РТК.
- Алгоритм управления.

ГПС штамповочного производства на базе учебного комплекса СГАУ.

Необходимо выполнить ряд задач:

- *1) изучить особенности учебно-производственного комплекса;*
- *2) провести цикловую апробацию, построить пневматические схемы и алгоритмы управления;*
- *3) разработать схему технологической подготовки для эффективного использования ГПС штамповки;*

Достоинства и недостатки гибкого производства:

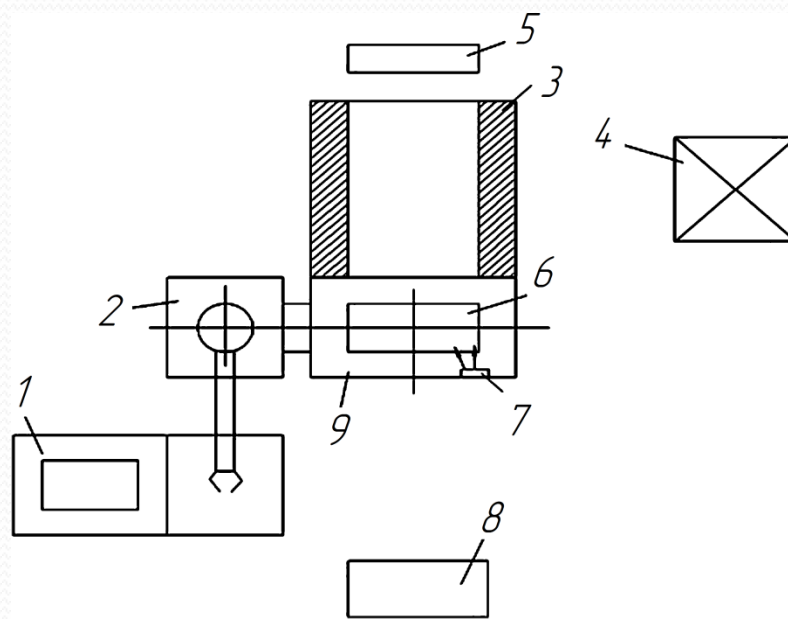
Преимущества:

- Сокращение объемов незавершенного производства в 2-2,5 раза;
- Повышение коэффициента загрузки оборудования до 0,8 – 0,9;
- Повышение мобильности производства;
- Повышение производительности труда
- Повышение качества продукции;
- Снижение затрат на производство

Недостатки:

- Большие первоначальные капитальные вложения, связанные с приобретением и пуском ГПС.
- Сложности при проектировании и внедрении системы управления;
- Проблемы подготовки кадров;
- Сложность проектирования ГПС и выполнения технико-экономического анализа;
- имеется мало поставщиков систем, которые могут поставлять сложные системы;

Структура, состав и компоновка РТК



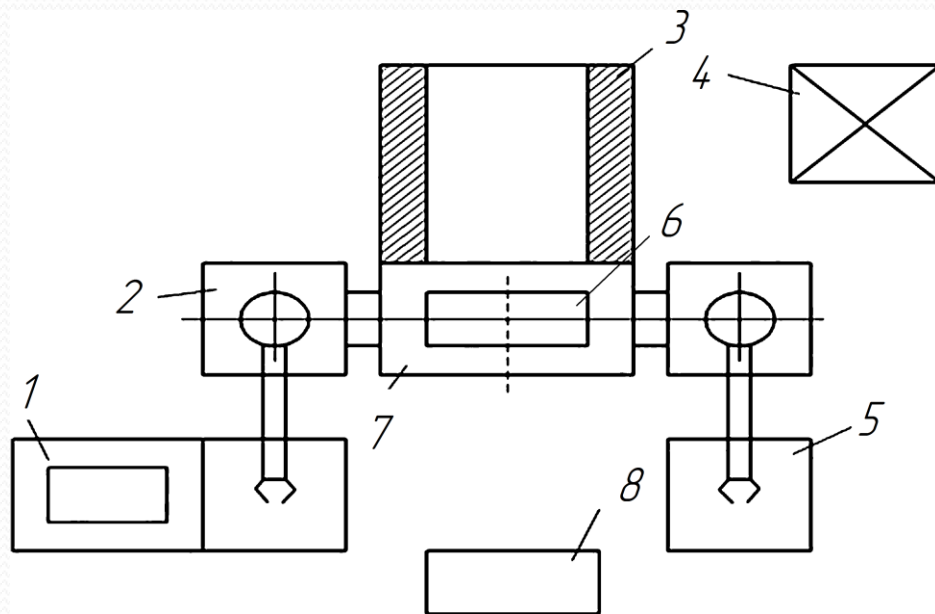
РТК с одним роботом:

1 – подающее устройство с нижней выдачей; 2 – робот однорукий;

3 – кривошипный пресс открытый двухстоечный; 4 – электрический шкаф пресса;

5 – тара для деталей; 6 – штамп; 7 – пневмофорсунка; 8 – пульт управления роботом.

Структура, состав и компоновка РТК



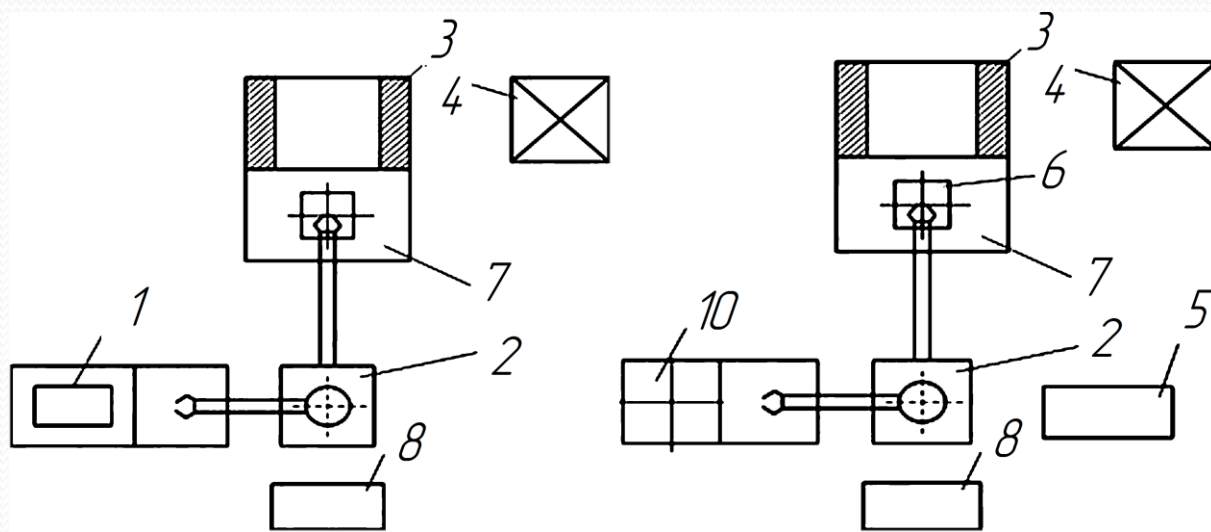
РТК с двумя роботами

1 – подающее устройство с нижней выдачей; 2 – робот однорукий;

3 – кривошипный пресс открытый двухстоечный; 4 – электрический шкаф пресса;

5 – тара для деталей; 6 – штамп; 7 – стол пресса; 8 – пульт управления роботом.

Структура, состав и компоновка РТК



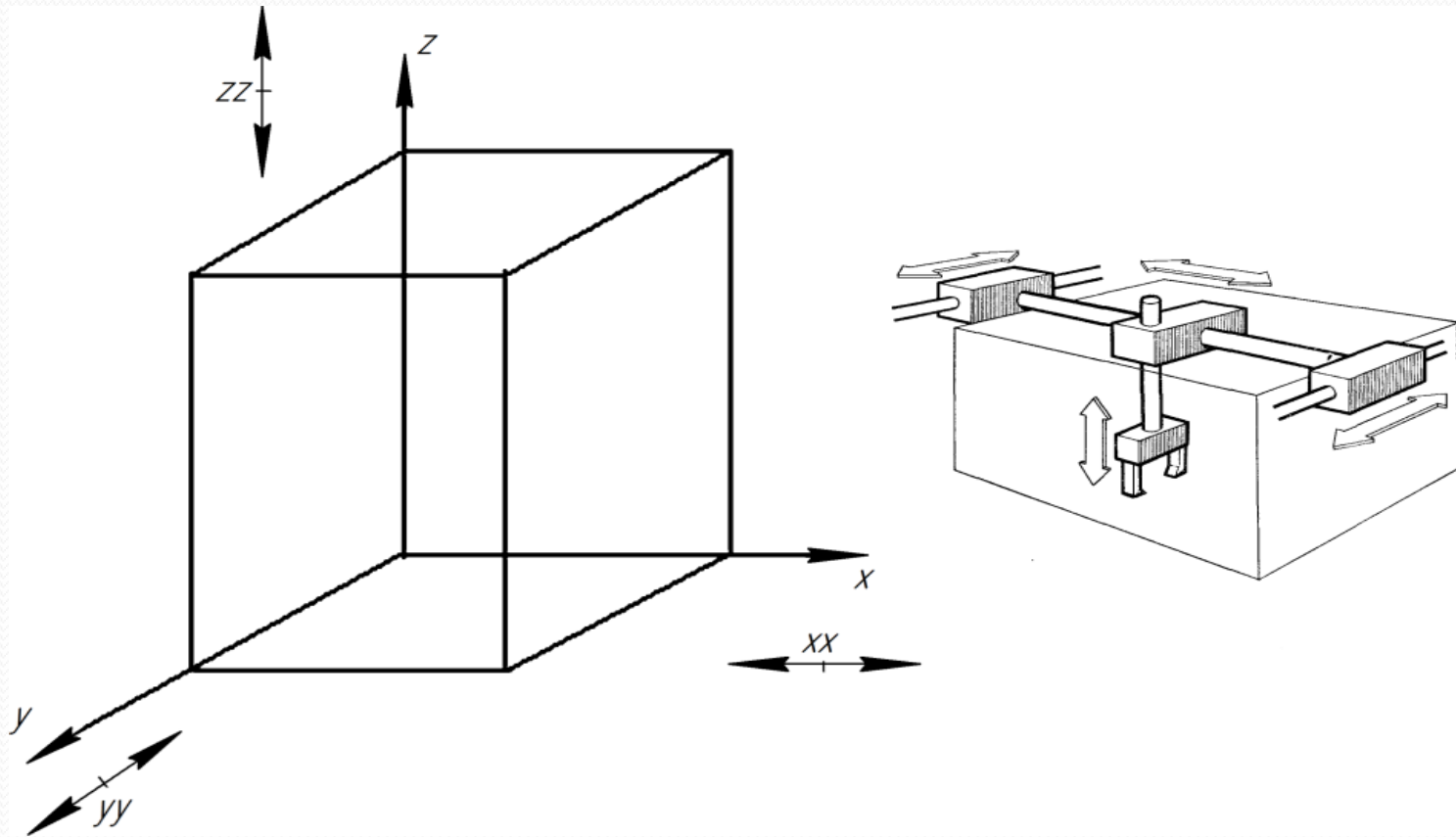
Роботизированная линия:

- 1 – подающее устройство с нижней выдачей;
- 2 – роботы двурукие;
- 3 – кривошипный пресс открытый двухстоечный;
- 4 – электрический шкаф пресса;
- 5 – тара для деталей;
- 6 – штамп;
- 7 – детали;
- 8 – пульт управления роботом;
- 9 – пневмофорсунка;
- 10 – передающее устройство, которое связывает два робота.

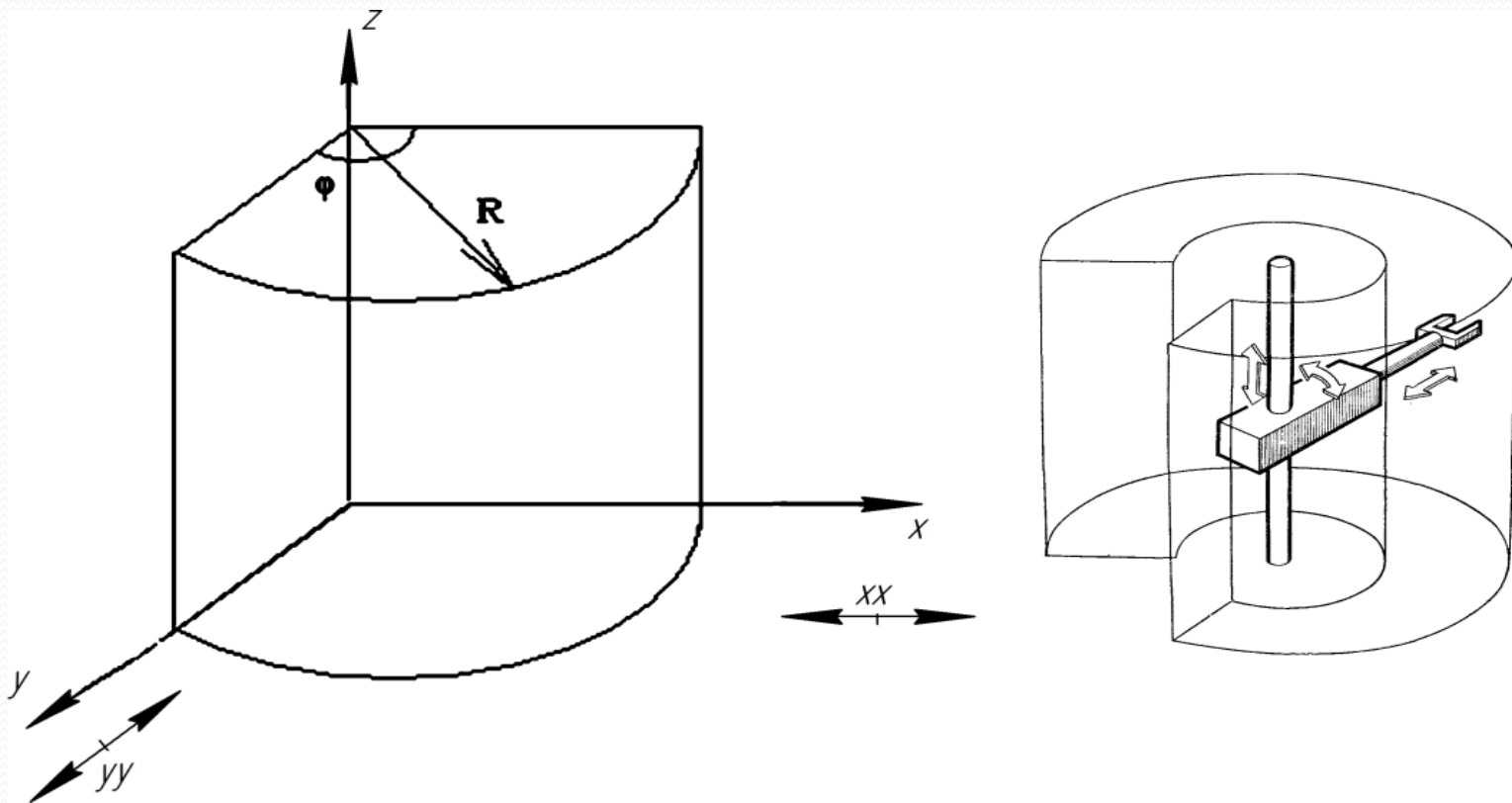
Технические характеристики промышленных роботов

- **1. Конструктивное исполнение манипулятора** (однорукий, двурукий; степень автономности; подвесной, напольный, подвижный, стационарный, встроенный в оборудование).
- **2. Номинальные параметры** (грузоподъемность, которая определяет тип привода, вес робота и габариты). Существуют типоразмерные ряды роботов:
 - Сверхлегкие: 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,69 кг – пневматические. Применяются в приборостроении в электротехнической и радиотехнической промышленности.
 - Легкие: 1,0; 1,25; 1,6; 4; 6,3; 10 кг. Применяются в машиностроении.
 - Средние: 16; 25; 40; 63; 100 кг. Применяются в машиностроении.
 - Тяжелые: 60; 250; 400; 630; 1000 т. Ковочных манипуляторы.
- **3. Системы координат**, в которой работает манипулятор робота. Зависит от кинематической схемы манипулятора и определяет рабочую зону робота.

Прямоугольная система координат

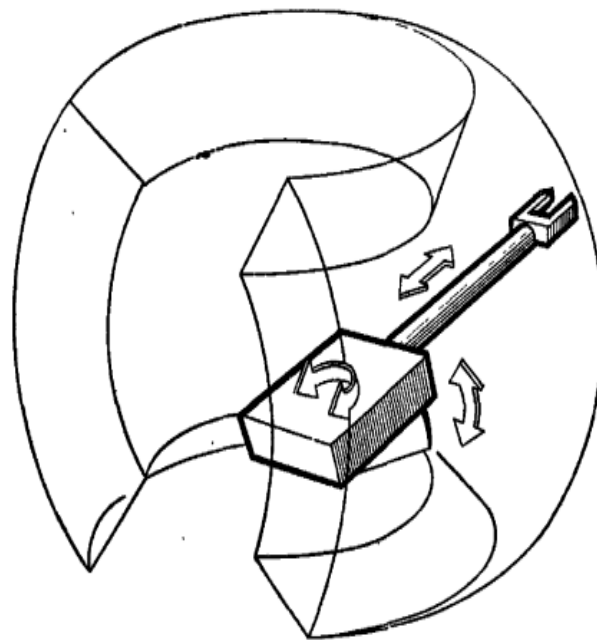
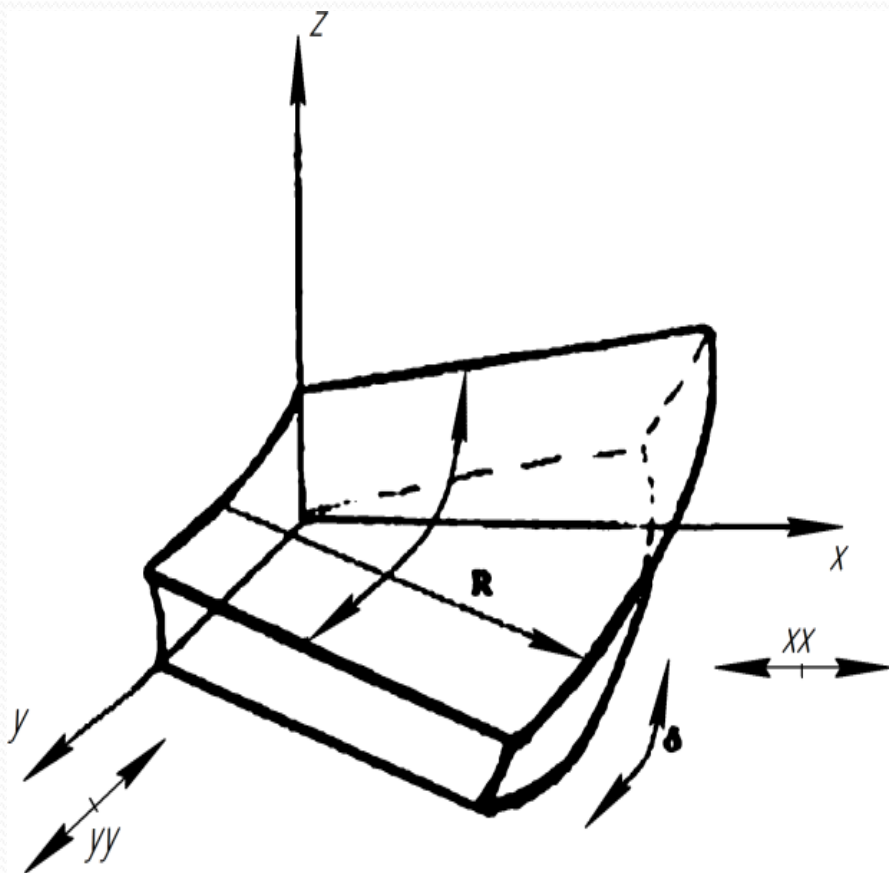


Цилиндрическая система координат: $m=n-2$

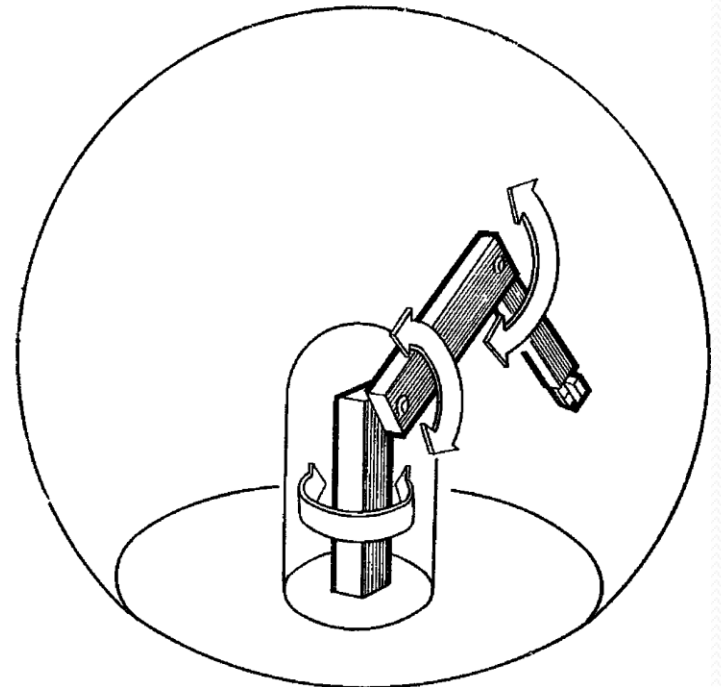
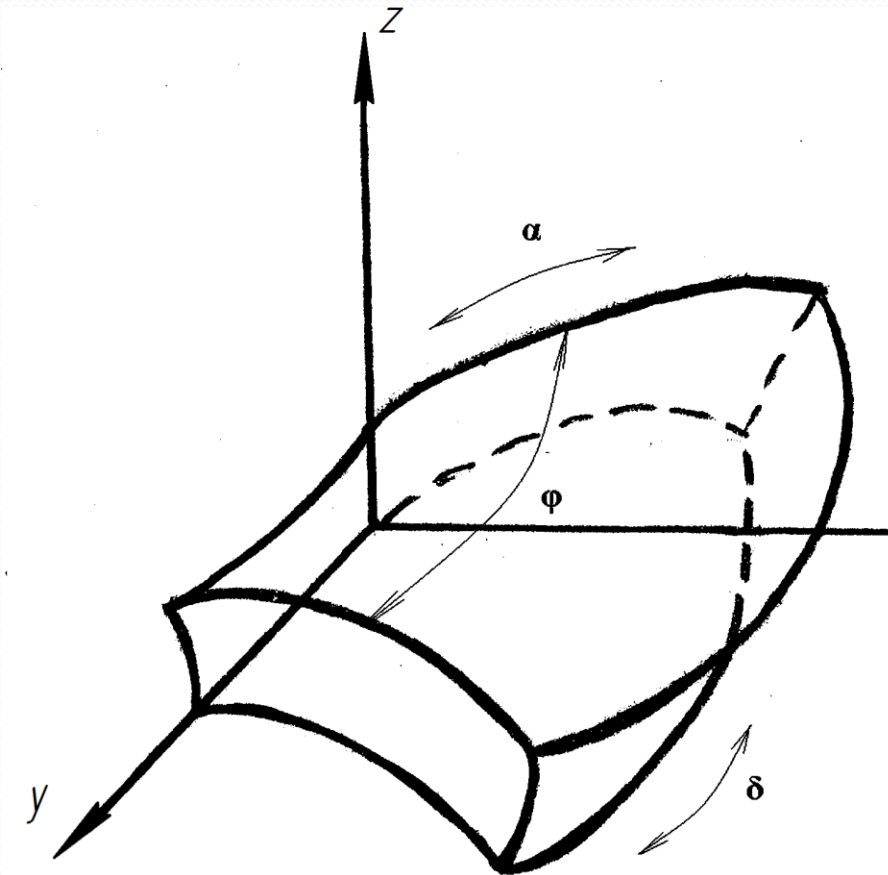


Сферическая система координат:

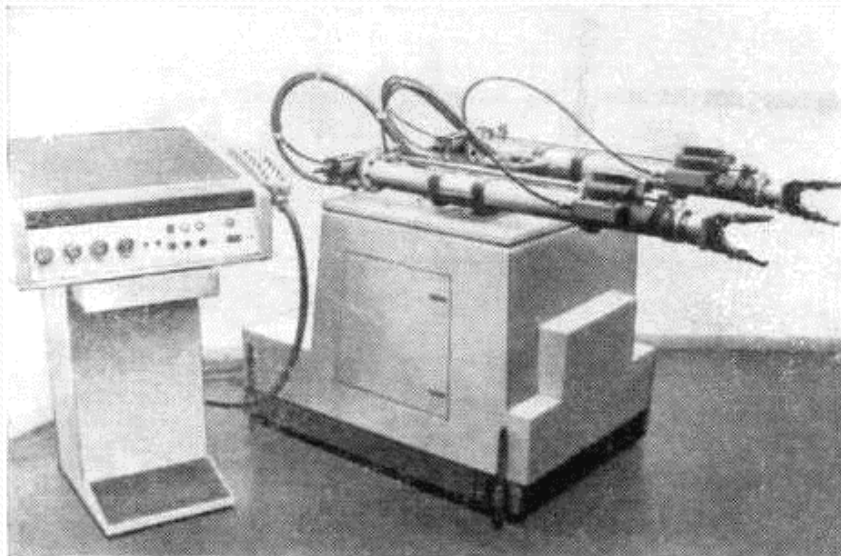
$$m=n$$



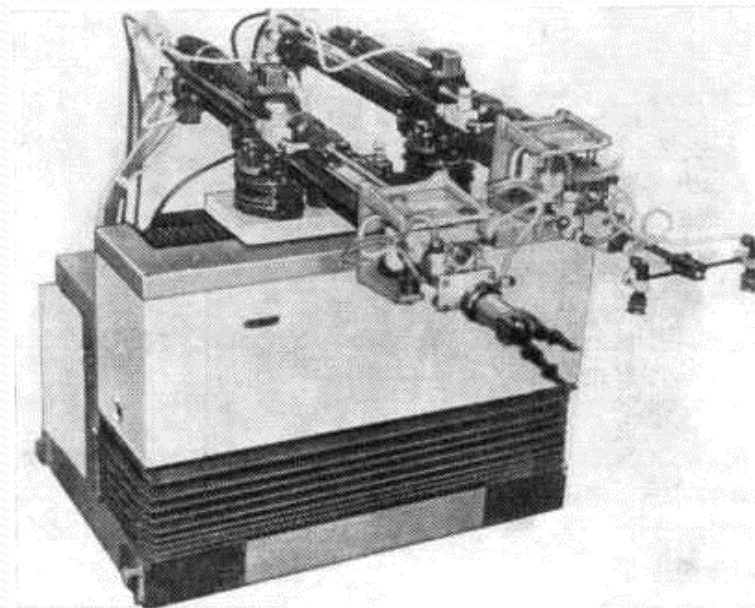
Угловая система координат: $m=n$



Напольные роботы с горизонтальной выдвижной рукой и консольным механизмом подъема



Промышленный робот модели
«Циклон-3.01»



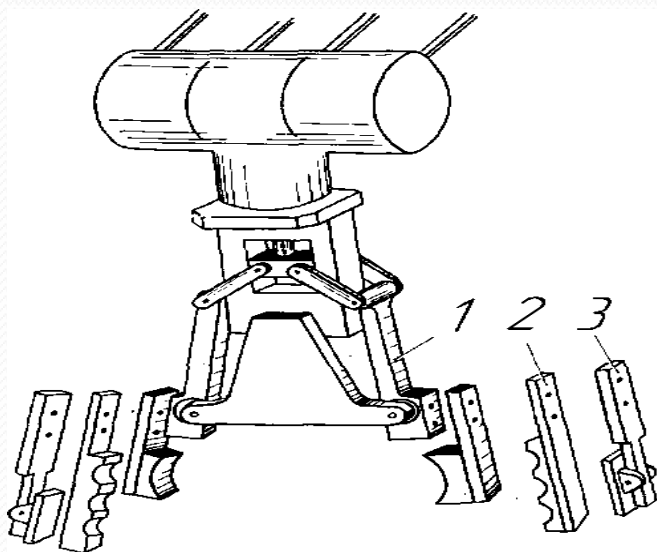
Промышленный робот модели
«Ритм-05.01»

Выбор захватного устройства промышленного робота

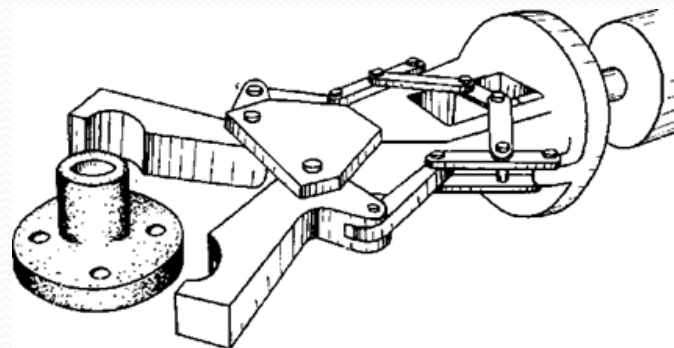
Общие сведения о схватах промышленных роботов:

- механические с жесткими или пружинящими губками;
- с вакуумными присосами;
- с электромагнитами;
- с сенсорными датчиками;
- прочие схваты, в том числе схваты, несущие инструмент.

Механические схваты

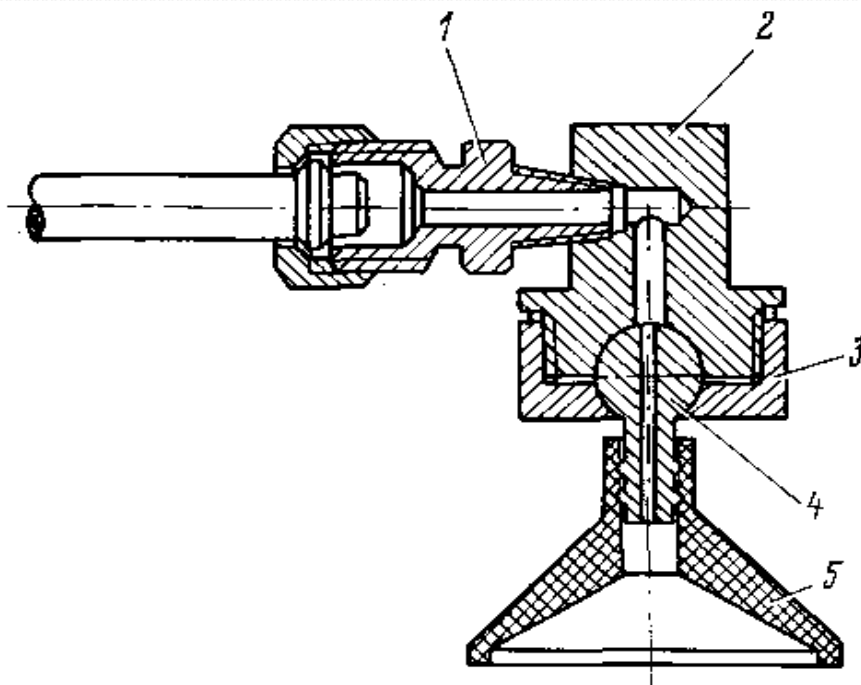


Охват с рычажно-кулисным приводом:
1 – рычаг; 2, 3 – губки



Схват широкоразводный

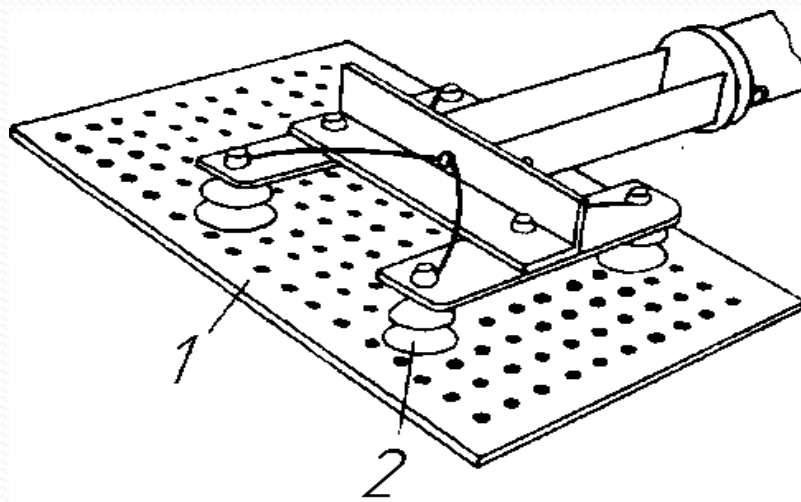
Вакуумные схваты



Вакуумный схват:

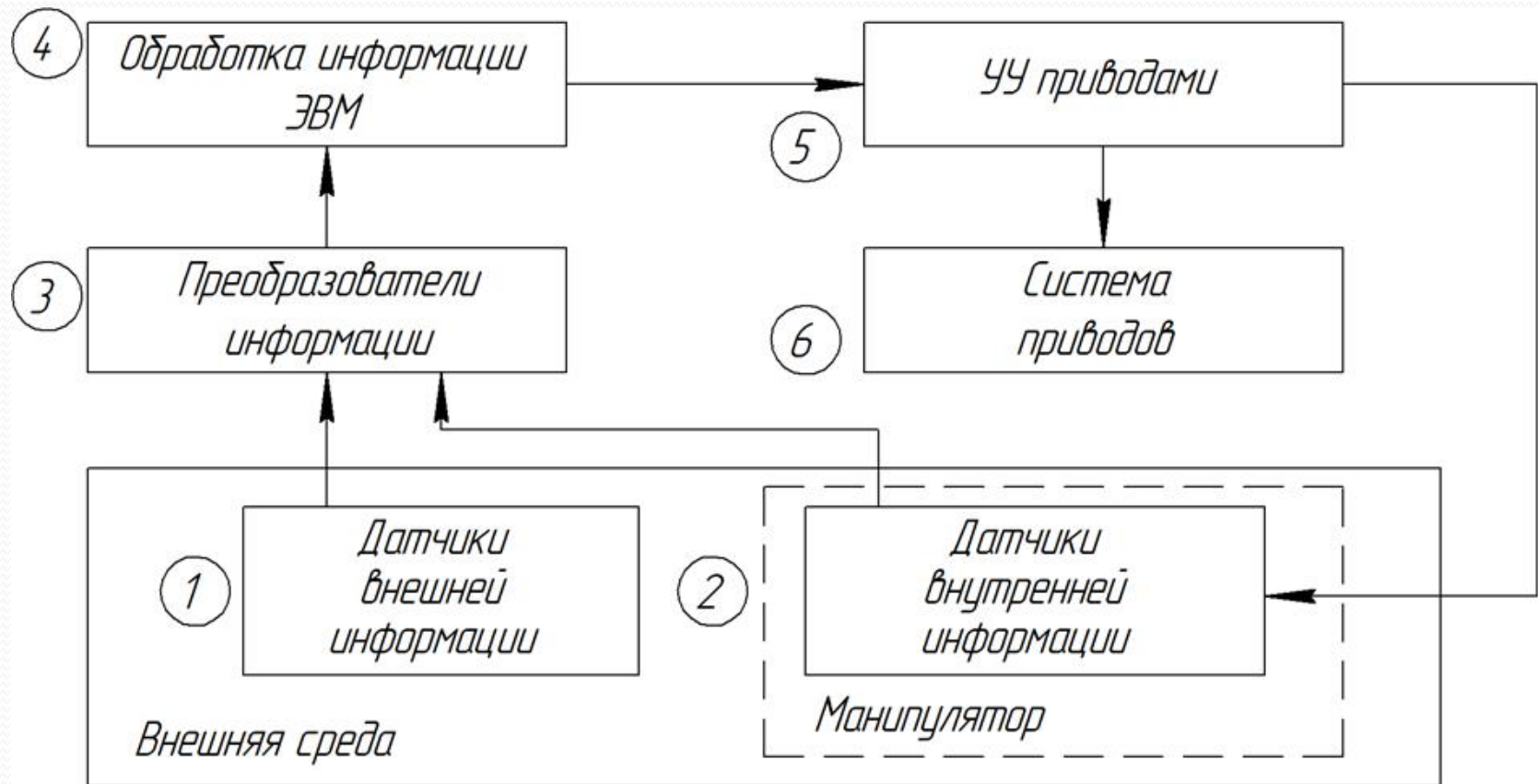
1 – штуцер; 2 – корпус; 3 – гайка; 4 – шарнир со штуцером; 5 – присоска

Электромагнитные захваты

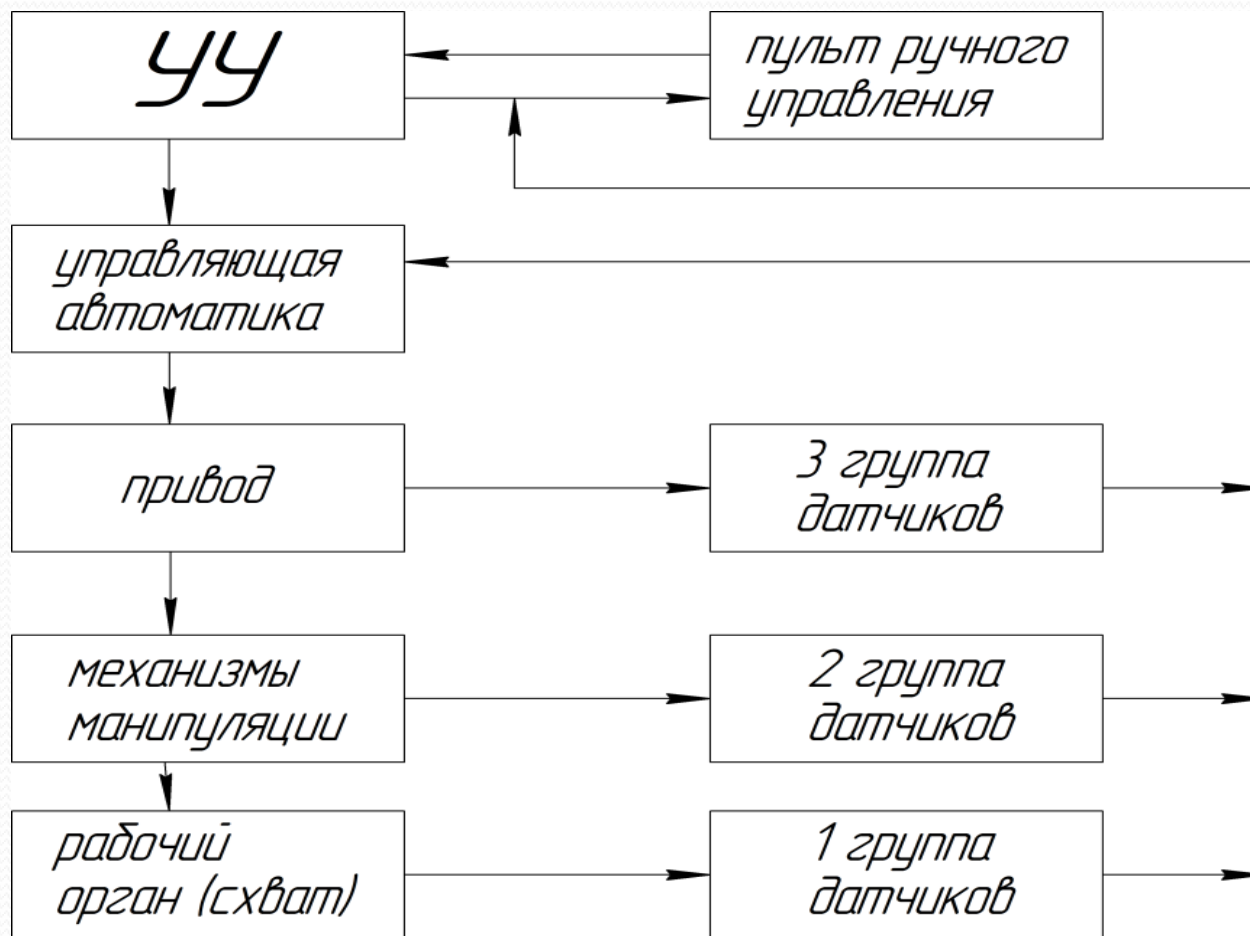


Схват электромагнитный с четырьмя магнитами:
1 – деталь; 2 – магнит

Информационная система РТК



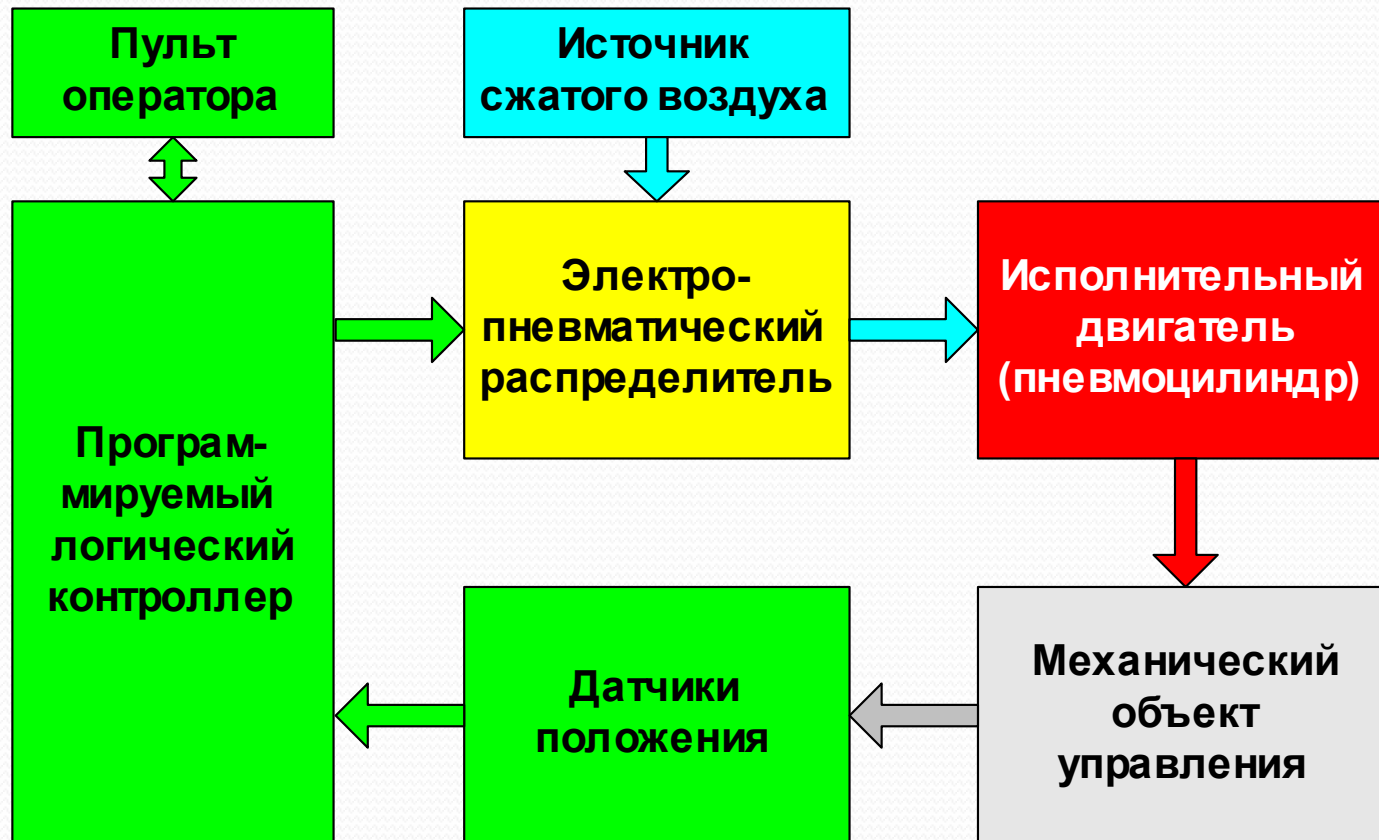
Общая структура системы управления РТК



УПРАВЛЕНИЕ ПНЕВМОПРИВОДАМИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ



ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПРИВОД С ПРОГРАММИРУЕМЫМ ЛОГИЧЕСКИМ КОНТРОЛЛЕРОМ



ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР

(PLC – Programmable Logic Controller)

микропроцессорное устройство с проблемно – ориентированным программным обеспечением для реализации алгоритмов логического управления комплексами приводов и устройств промышленной автоматике.

Наиболее распространённая группа программируемых логических контроллеров (ПЛК) – micro PLC.

Они характеризуются моноблочной конструкцией, неизменяемой конфигурацией и небольшим (до 100) количеством входов и выходов.

ОВЕН ПЛК 100, ПЛК 150 и ПЛК 154



Параметр	ПЛК 100	ПЛК 150	ПЛК 154
Общие характеристики			
Конструктивное исполнение	DIN-рейка, 105 мм		
Степень защиты IP, климатическое исполнение	IP20, -20...+70 °С		
Напряжение питания	U =24 В U ~220 В	U ~220 В	
Потребляемая мощность	6 Вт (без нагрузки)		
Индикация передней панели	светодиодная индикация питания, наличия связи со средой программирования и состояния дискретных входов и выходов		
Ресурсы			
Центральный процессор	32-х разрядный RISC-процессор 200 МГц на базе ядра ARM9		
Объем оперативной памяти	8 МБ		
Объем энергонезависимой памяти хранения программ и архивов	3 МБ		
Размер Retain-памяти	4 кБ (до 16 кБ)		

Параметр	ПЛК 100	ПЛК 150, ПЛК 154
Интерфейсы связи		
Интерфейсы	Ethernet 10/100 Mbit RS-485 RS-232 – 2 шт. USB-Device	Ethernet 10/100 Mbit RS-485 RS-232
Скорость обмена по интерфейсам RS-485 и RS-232	настраиваемая, до 115200 bps	
Протоколы	OBEH Modbus RTU, Modbus ASCII DCON Modbus TCP GateWay (протокол CoDeSys)	
Программирование		
Среда программирования	CoDeSys 2.3.9.6 Rus	
Размер пользовательской программы	ограничен только размерами свободной памяти (около 1 млн. инструкций)	
Интерфейс для программирования и отладки	RS-232, Ethernet, USB Device для ПЛК100	
Подключение при программировании	стандартным кабелем или кабелем, входящим в комплект поставки	

Параметр	ПЛК 100	ПЛК 150	ПЛК 154
Дискретные выходы			
Количество дискретных выходов	варианты исполнения: 6 э/м реле (220 В 8 А) 12 транзист. ключей	4 э/м реле (220 В 4 А)	
Гальваническая развязка дискретных выходов	1,5 кВ		
Аналоговые выходы			
Количество аналоговых выходов	нет	2	4
Тип выходного сигнала	–	варианты исполнения: 0(4)...20 мА 0...10 В универсальный: 4...20 мА или 0...10 В (переключаемый тип выходного сигнала)	
Встроенный источник питания аналоговых выходов	–	есть, гальванически развязанный (1,5 кВ) от остальной схемы	

Параметр	ПЛК 100	ПЛК 150	ПЛК 154
Дискретные входы			
Количество дискретных входов	8	6	4
Гальваническая развязка дискретных входов	на 1,5 кВ, групповая		
Максимальная рабочая частота дискретного входа	до 10 кГц		
Аналоговые входы			
Количество аналоговых входов	нет	4	
Предел основной приведенной погрешности	–	0,5 %	
Типы поддерживаемых датчиков и входных сигналов	–	<ul style="list-style-type: none"> термосопротивления Pt1000, Ni1000, Pt100, Cu50 (2-х проводная схема) ток 0(4)...20 мА, 0...5 мА напряжение 0...1 В, 0...10 В термопары J, K, L и т.д. 	

СОСТАВ КОНТРОЛЛЕРА

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПРОЦЕССОРНЫЙ БЛОК

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ

ЦИФРОВЫЕ ВХОДЫ И ВЫХОДЫ

КОММУНИКАЦИОННЫЙ ПОРТ

МОДУЛИ РАСШИРЕНИЯ

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДИСКРЕТНЫЕ ВХОДЫ И ВЫХОДЫ

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ АНАЛОГОВЫЕ ВХОДЫ И ВЫХОДЫ

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ В КОНТРОЛЛЕРЕ

Реализация функций управления достигается в результате взаимодействия **аппаратных средств** и **программного обеспечения (ПО)** контроллера.

Контроллер обрабатывает информацию.

Контроллер получает от внешних устройств, например от датчиков положения, **информацию**, содержащуюся в электрических сигналах, перерабатывает её в соответствии с заданным пользователем **алгоритмом** и выдаёт **команды** на исполнительные устройства в виде электрических напряжений.

Мельчайшая неделимая единица информации – бит. Один бит описывает два возможных состояния какого-либо объекта (1 или 0).

Состояние «1» может означать, что утверждение истинно, что-то присутствует, имеется. Например, есть избыточное давление воздуха.

Состояние «0» означает, что утверждение ложно, либо что-то отсутствует.

Байт – упорядоченный набор из 8 бит.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ В КОНТРОЛЛЕРЕ

Контроллер обрабатывает информацию в виде отдельных **битов**, **байтов**, **слов**, состоящих из двух байтов и **двойных слов**, образующихся из четырёх байтов.

С помощью одного бита можно описать $2^1 = 2$ состояния объекта.

С помощью одного байта можно описать $2^8 = 256$ состояний объекта.

С помощью одного 16-ти разрядного слова можно описать $2^{16} = 65536$ состояний объекта.

С помощью двойного (32-х разрядного) слова можно описать $2^{32} = 4294967296$ состояний объекта.

структура байта



структура слова



структура двойного слова

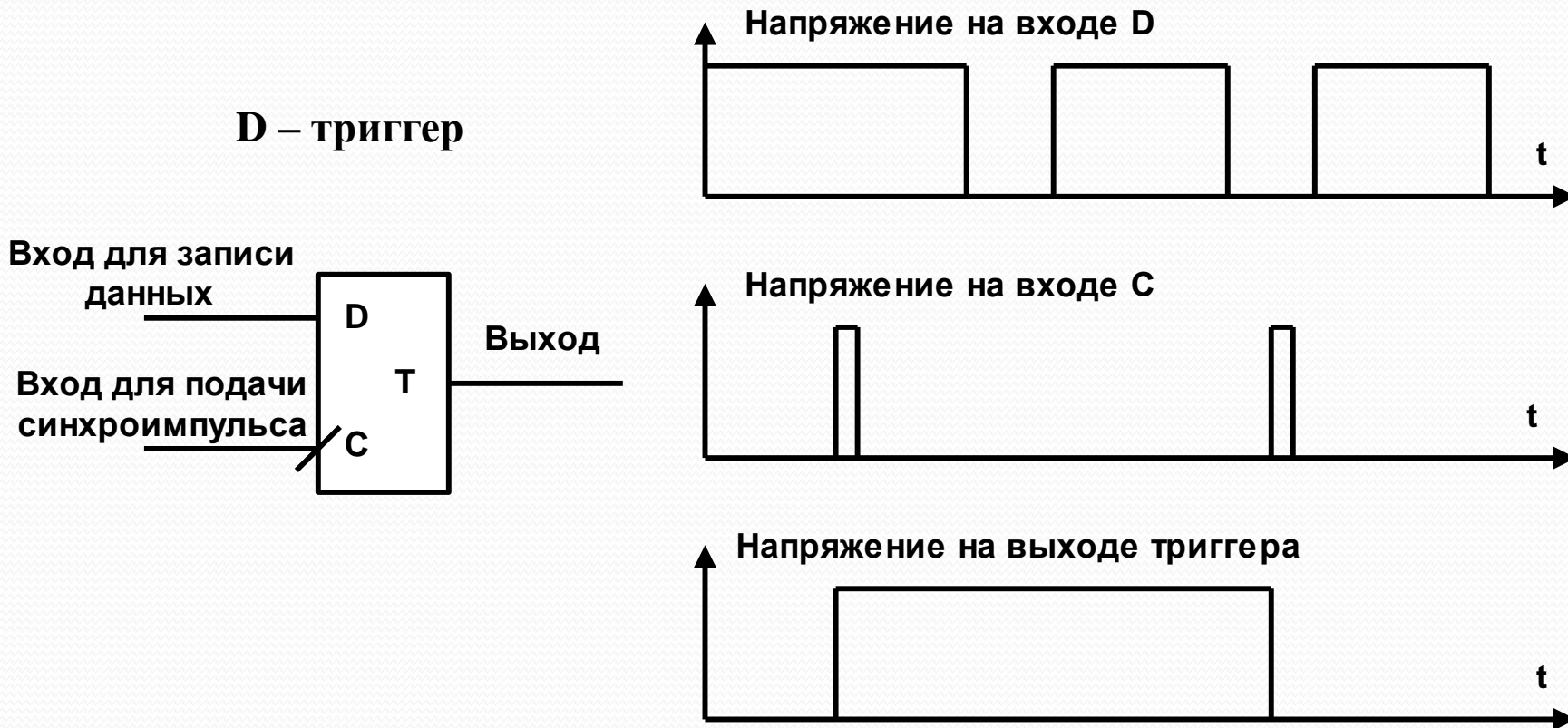


БАЗОВЫЕ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Для хранения в ЭВМ данных используются электронные устройства, называемые триггерами.

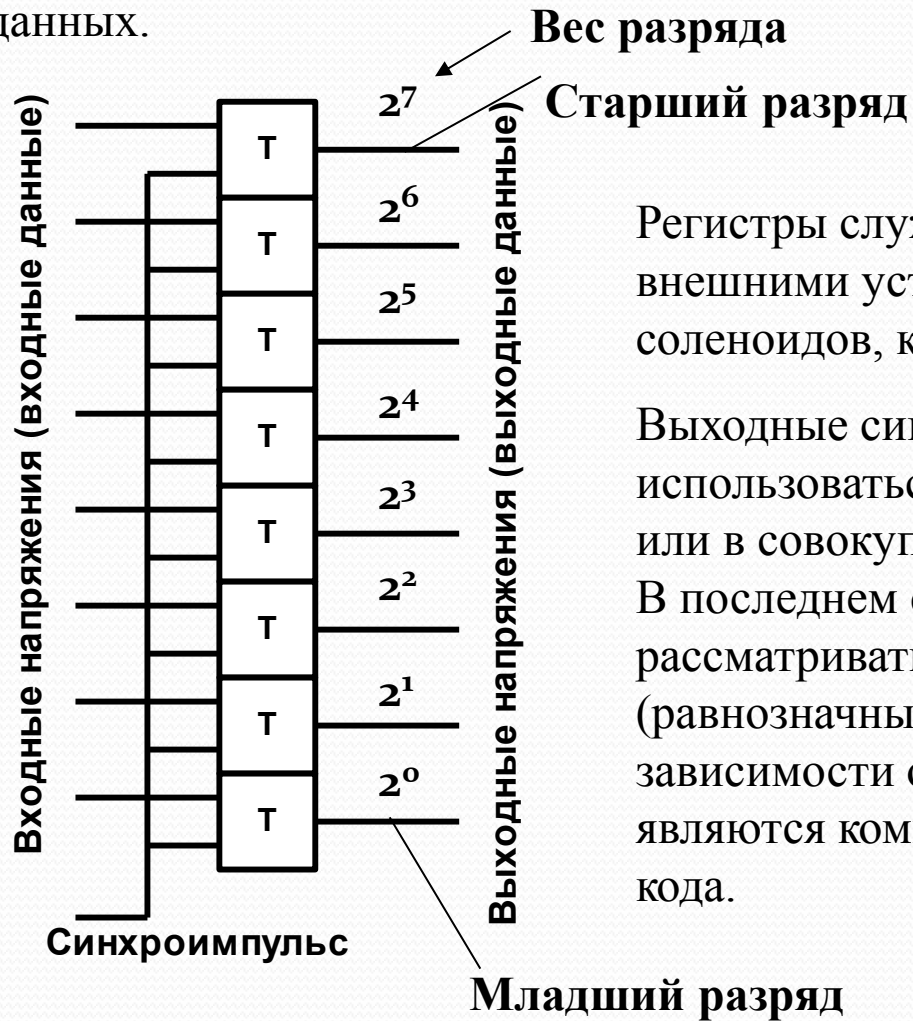
Триггер может находиться в одном из двух устойчивых состояний. В одном из них его выходное напряжение максимально. Это состояние соответствует логической единице (1). В другом состоянии выходное напряжение триггера минимально. Это состояние соответствует логическому нулю (0).

Триггер может хранить один бит информации.



БАЗОВЫЕ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Упорядоченная группа триггеров образует **регистр**. Например, 8 триггеров образуют 8-ми разрядный регистр. В регистре можно зафиксировать 1 байт данных.



Регистры служат для связи контроллера с внешними устройствами, например, с катушками соленоидов, кнопками и датчиками.

Выходные сигналы регистра в контроллере могут использоваться отдельно (поразрядно, побитно) или в совокупности, все одновременно.

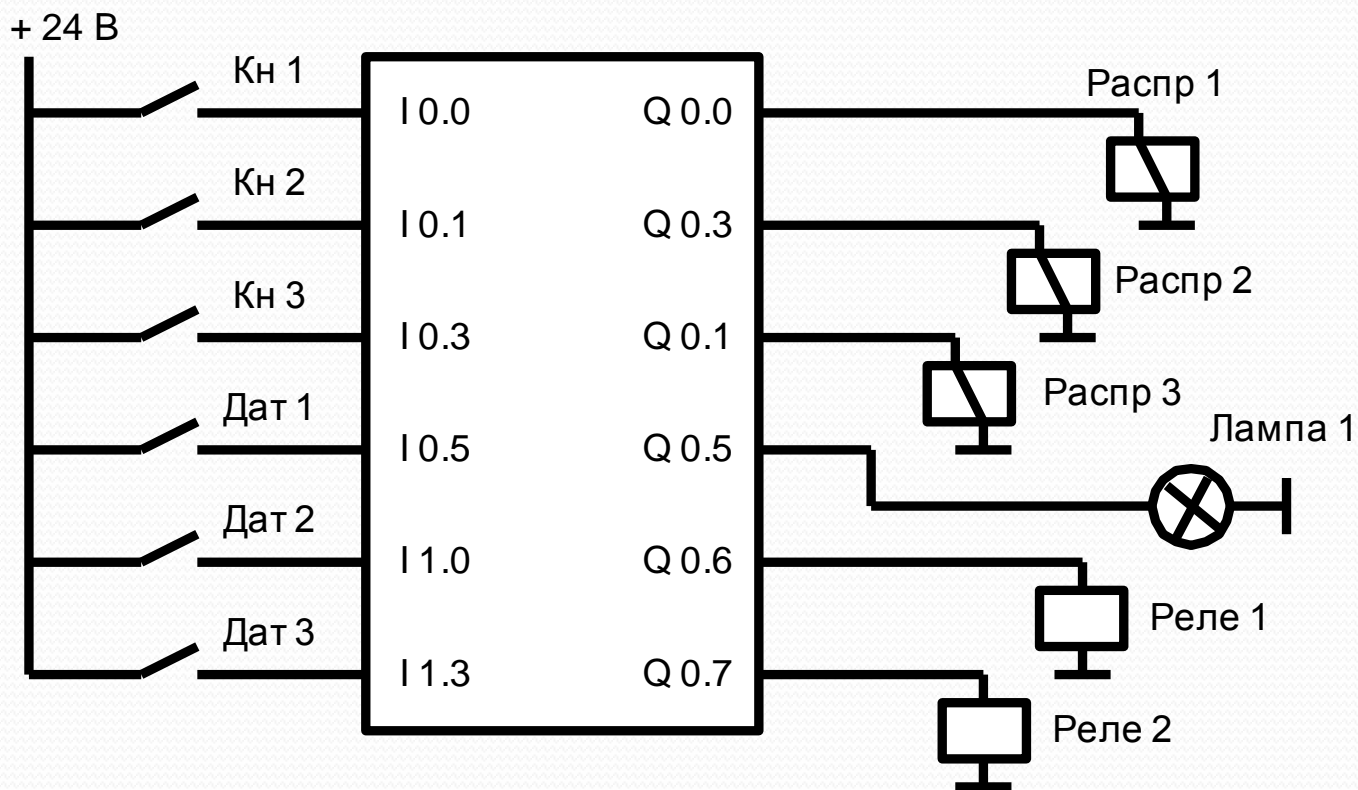
В последнем случае выходные сигналы могут рассматриваться либо как равноправные (равнозначные), либо как имеющие разный вес в зависимости от номера разряда. При этом они являются компонентами двоичного числового кода.

ЦПУ



СТРУКТУРА ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА

СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ВНЕШНИХ УСТРОЙСТВ К КОНТРОЛЛЕРУ



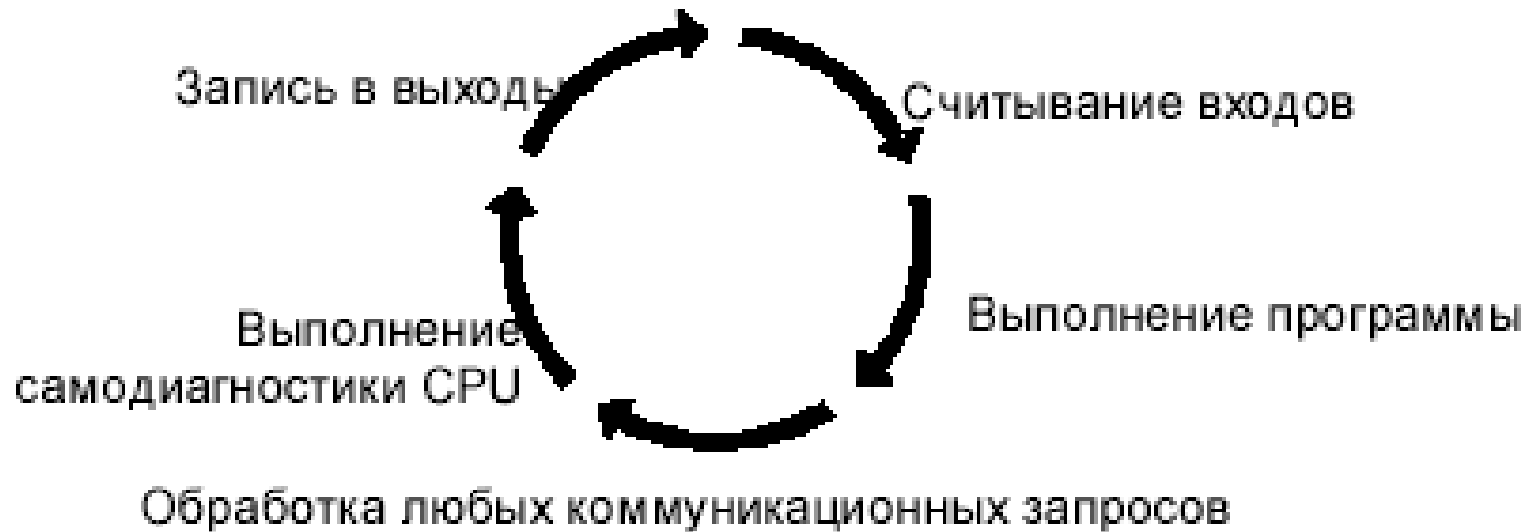
ПОДКЛЮЧЁННЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ И ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ АДРЕСА ВХОДОВ

№ п/п	Датчик	Адрес
1	Кнопка «ПУСК 1»	I0.0
2	Кнопка «ПУСК 2»	I0.1
3	Кнопка «СТОП 1»	I0.2
4	Кнопка «СТОП 2»	I0.3
5	Сигнализатор «Верхний уровень»	I0.4
6	Сигнализатор «Нижний уровень»	I0.5

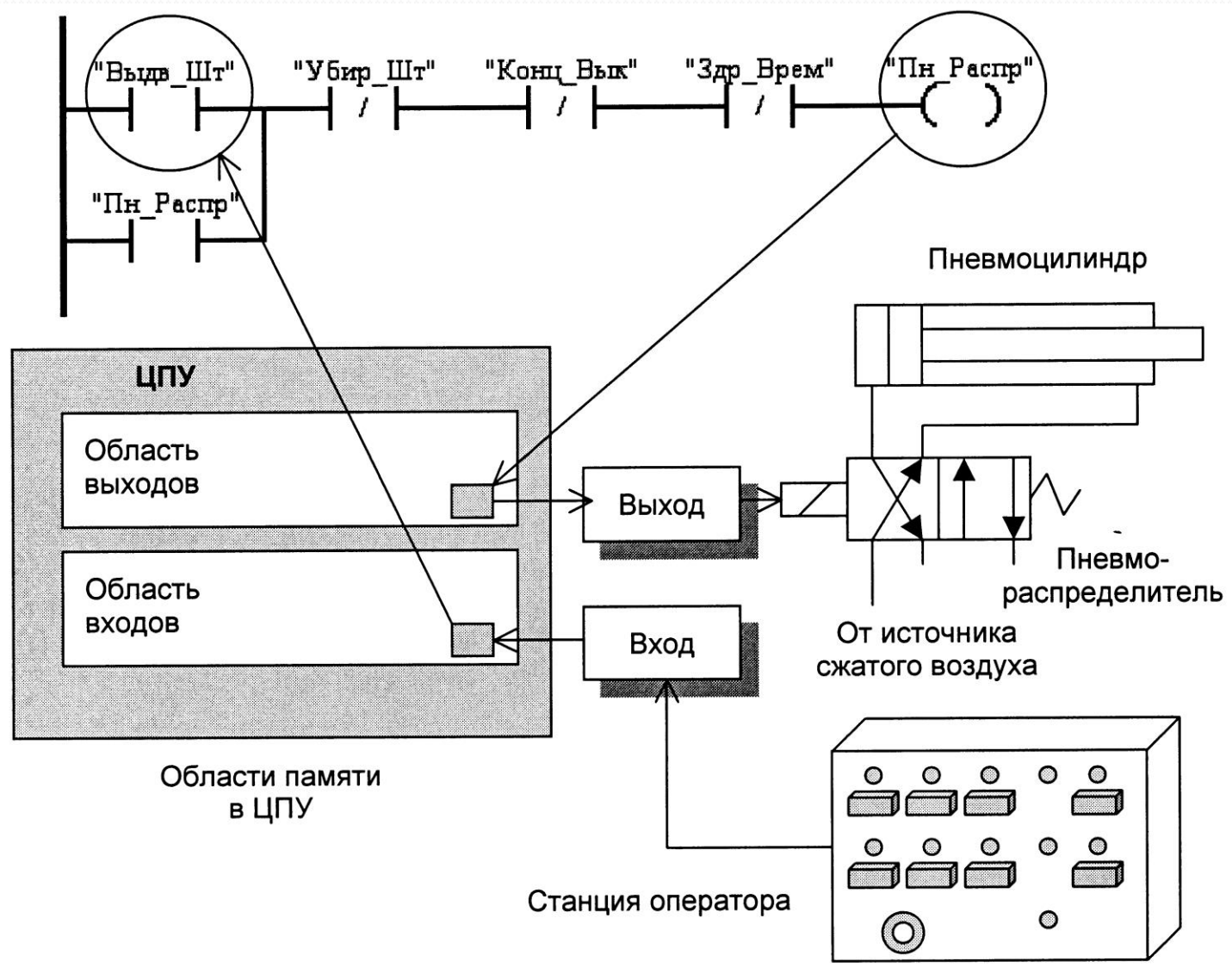
ПОДКЛЮЧЁННЫЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ АДРЕСА ВЫХОДОВ

№ п/п	Исполнительный механизм	Адрес
1	Насос Н1	Q0.0
2	Насос Н2	Q0.1
3	Мешалка	Q0.2
4	Паровой клапан	Q0.3
5	Сливной клапан	Q0.4
6	Сливной насос	Q0.5
7	Звонок	Q0.6

ЦИКЛ РАБОТЫ КОНТРОЛЛЕРА (ЦИКЛ СКАНИРОВАНИЯ)



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОГРАММЫ С ВНЕШНИМИ УСТРОЙСТВАМИ ЧЕРЕЗ ВХОДЫ И ВЫХОДЫ КОНТРОЛЛЕРА



ОБРАЗ ВХОДОВ КОНТРОЛЛЕРА

	7	6	5	4	3	2	1	0
I0		■	■	■			■	■
I1			■	■	■			
I2								
I3								
I4								
I13								
I14								
I15								

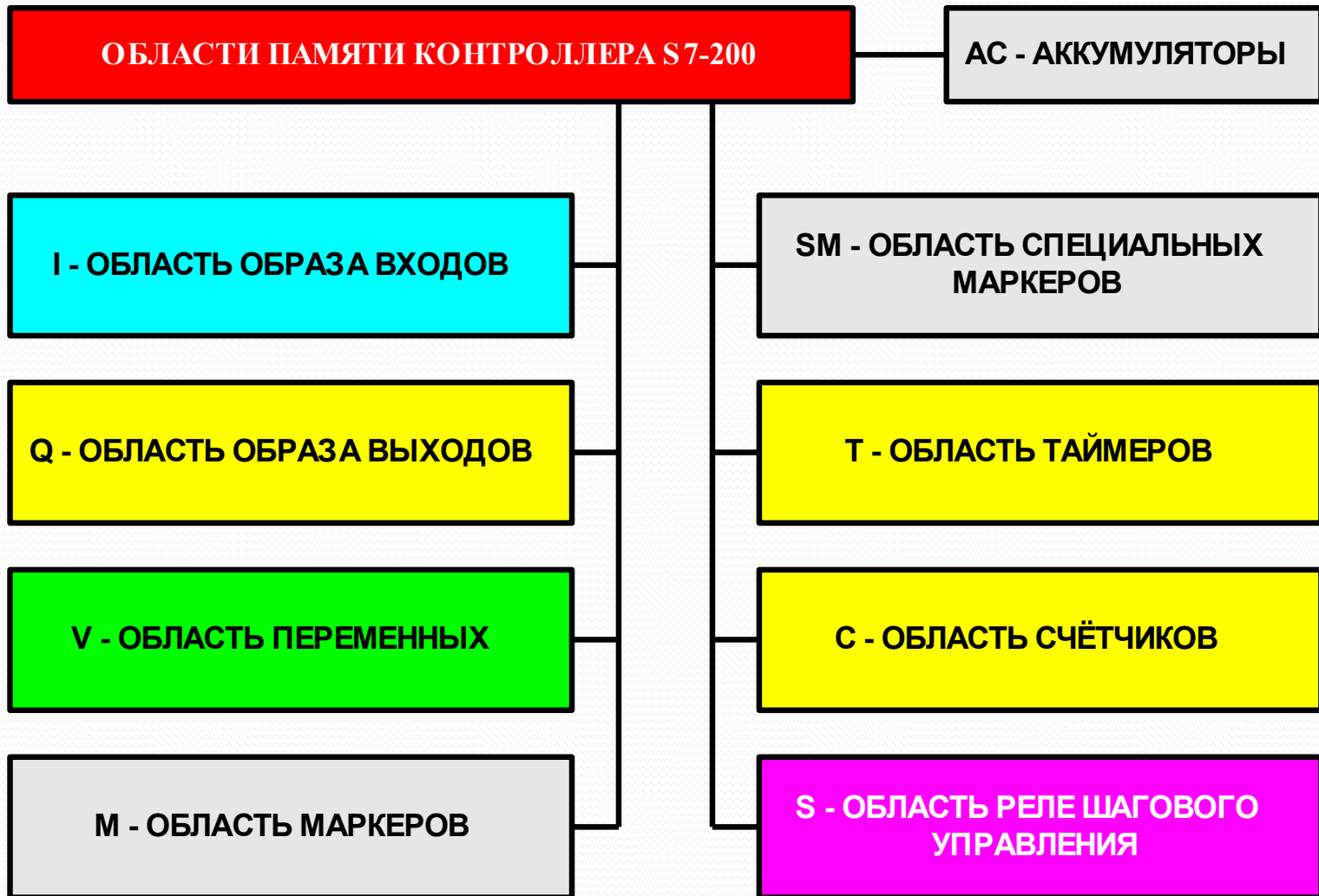


Бит входа установлен



Бит входа сброшен

ОБЛАСТИ ПАМЯТИ КОНТРОЛЛЕРА



Адресация регистра входов образа процесса (I)

Формат:

Бит	<i>I[адрес байта].[адрес бита]</i>	I0.1
Байт, слово, двойное слово	<i>I[размер][начальный адрес байта]</i>	IB4

Адресация регистра выходов образа процесса (Q)

Формат:

Бит	<i>Q[адрес байта].[адрес бита]</i>	Q1.1
Байт, слово, двойное слово	<i>Q[размер][начальный адрес байта]</i>	QB5

Адресация области памяти переменных (V)

Формат:

Бит	<i>V[адрес байта].[адрес бита]</i>	
	V10.2	
Байт, слово, двойное слово	<i>V[размер][начальный адрес байта]</i>	
	VW100	

CoDeSys

The screenshot displays the CoDeSys software interface for 'example.pro'. The background features an industrial setting with a 'power line' machine and various cables.

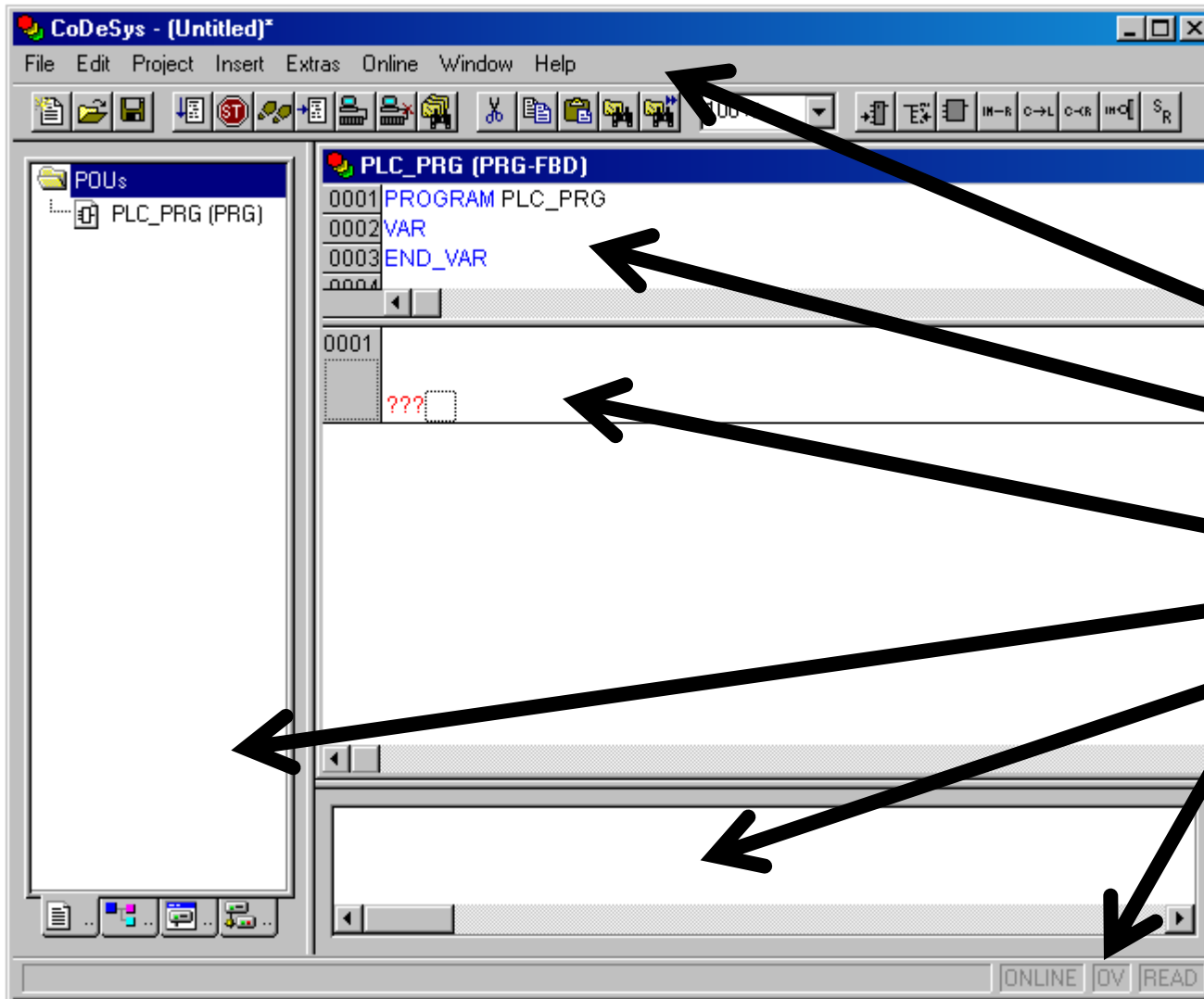
The interface includes a menu bar (Datei, Bearbeiten, Projekt, Einfügen, Extras, Online, Fenster, Hilfe) and a toolbar with icons for file operations and execution. A project tree on the left lists components like 'Bausteine', 'Beispiel Ordner', 'MainTask (PRG)', 'PointerP (PRG)', 'VISU_FEATURES (PRG)', 'CFC_EXAMPLE (PRG)', 'FBD_EXAMPLE (FUN)', 'IL_EXAMPLE (FB)', 'LD_EXAMPLE (PRG)', 'SFC_EXAMPLE (PRG)', 'SlowTask (PRG)', and 'ST_EXAMPLE (PRG)'. The 'CFC_EXAMPLE (PRG-CFC)' window shows a PID control block with parameters: 100 (ACTUAL), 0.3 (SET_POINT), 100 (LIMITS_ACTIVE), 25 (OVERFLOW), 100 (TN), 25 (TV), 0 (Y_OFFSET), 0 (Y_MIN), 0 (Y_MAX), 0 (MANUAL), and 0 (RESET). The 'LD_EXAMPLE (PRG-KOP)' window shows a ladder logic diagram with a timer T#0ms and a variable M = FALSE. The 'SFC_EXAMPLE (PRG-S)' window shows a state transition diagram with states 'Init', 'Step8', 'Parallel1', 'Parallel2', and 'Step9', and transitions 'Start_As', 'Testx', and 'Testy'. The 'FBD_EXAMPLE (FUN-FUP)' window shows a function block diagram with variables Var1=175, Var2=94, and logic involving MOD, LT, AND, and GT blocks. The bottom status bar indicates 'ONLINE SIM LAUFT BP FORCE UB LESEN'.

Что такое CoDeSys?

- Инструмент программирования
- Инструмент отладки
- Инструмент тестирования
- Инструмент создания визуализаций
- Инструмент документирования проектов

CoDeSys – пакет для создания программного обеспечения для ПЛК в соответствии со стандартом МЭК 61131-3

Первый запуск CoDeSys



Главное меню и панель инструментов

Область определения переменных

Редактор

Менеджер объектов

Окно сообщений


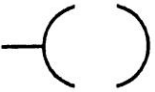
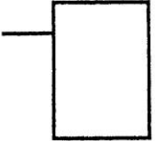
Строка статуса

Языки МЭК 61131-3

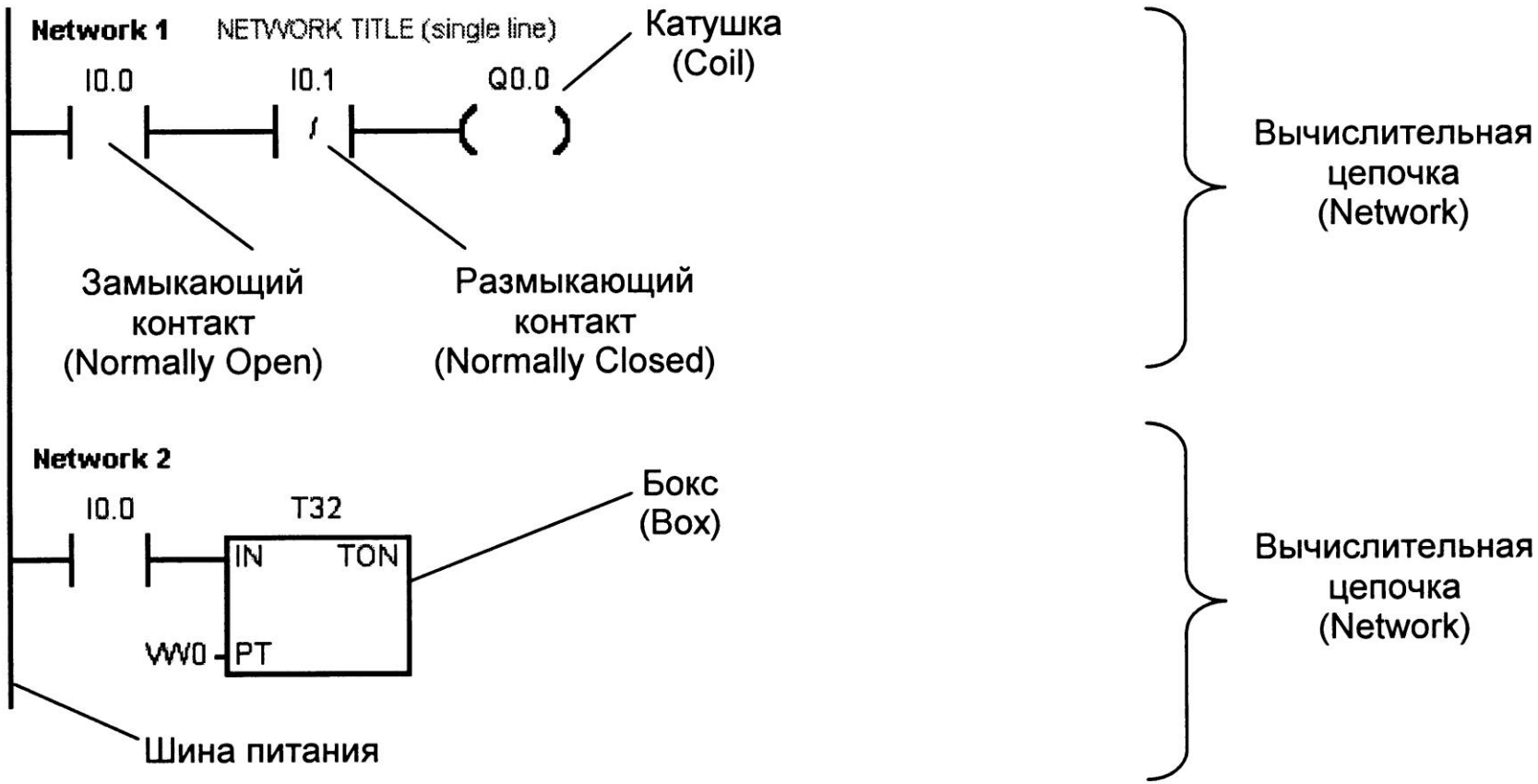
- Список инструкций (IL)
- Структурированный текст (ST)
- Язык функциональных блоковых диаграмм (FBD)
- Язык релейных диаграмм (LD)
- Язык последовательных функциональных схем (SFC)

ЯЗЫК РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНЫХ СХЕМ (Ladder Logic)

Табл. 2.3. Основные элементы языка релейно-контактных схем (LAD)

Элемент	Описание
	<p><i>Контакт.</i> Представляет собой переключатель, через который может проходить ток. Через <i>закрывающий</i> (нормально открытый) контакт ток проходит только тогда, когда контакт замкнут (логическое значение равно 1). Через <i>размыкающий</i> (нормально замкнутый) контакт ток проходит только тогда, когда контакт разомкнут (логическое значение равно 0).</p>
	<p><i>Обмотка.</i> Представляет собой выход релейного типа, активизирующийся при прохождении тока.</p>
	<p><i>Бокс.</i> Представляет собой функцию (например, функцию таймера, счетчика или математической операции), исполняемую при прохождении тока через бокс.</p>

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ЦЕПОЧКИ С БАЗОВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ЯЗЫКА LD



Программа
пользователя

Основная программа

Основная программа:
исполняется один раз за
цикл сканирования

Подпрограмма 0

Подпрограмма 1

...

Подпрограмма n

Подпрограммы:
исполняются по вызову
из основной программы

Программа обработки
прерываний 0

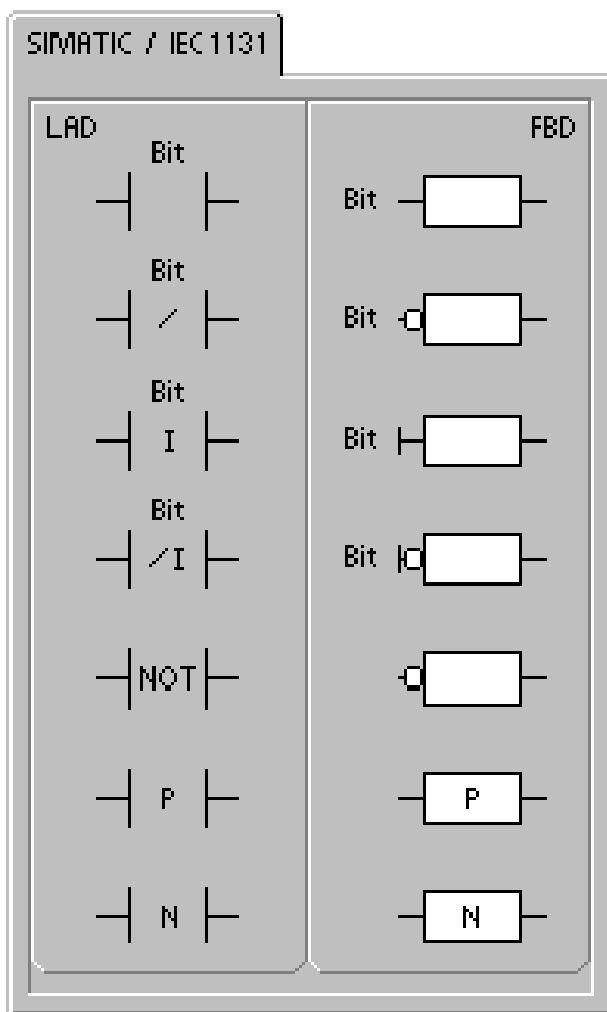
Программа обработки
прерываний 1

...

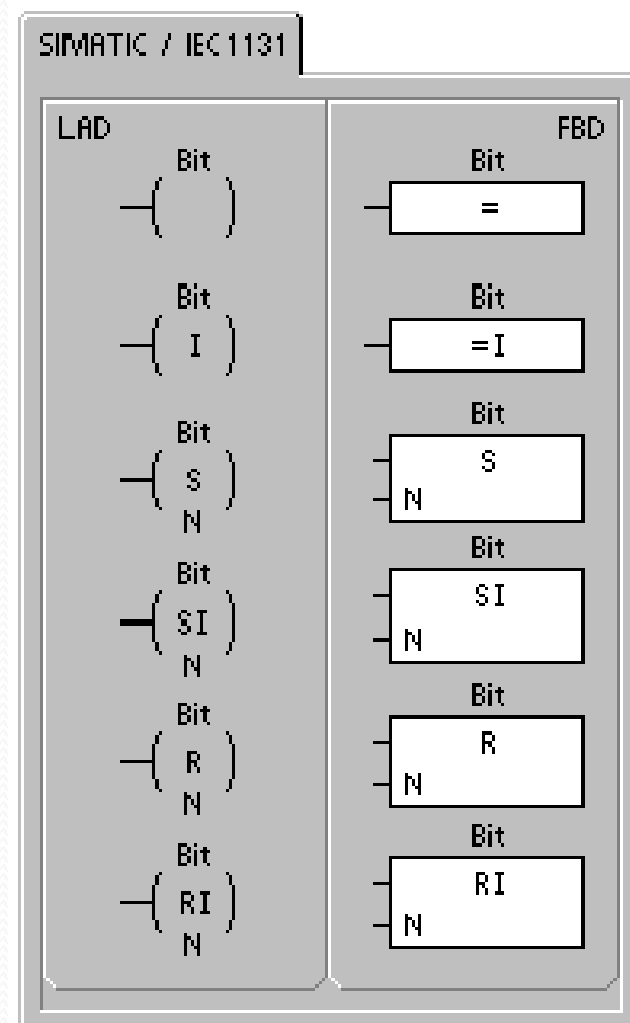
Программа обработки
прерываний n

Программы обработки
прерываний:
исполняются при
появлении запросов на
прерывание

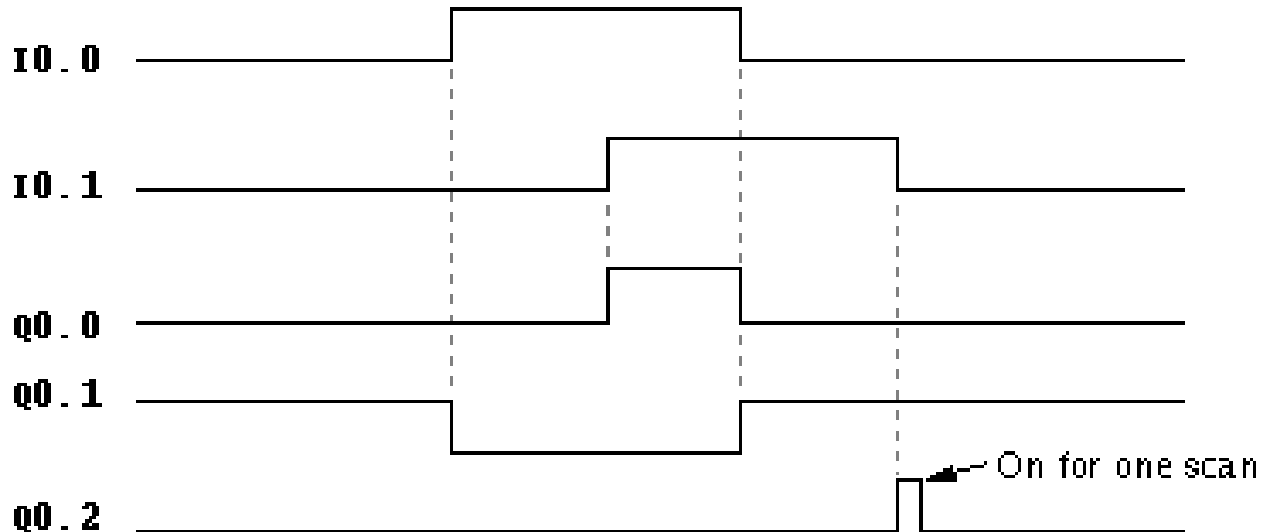
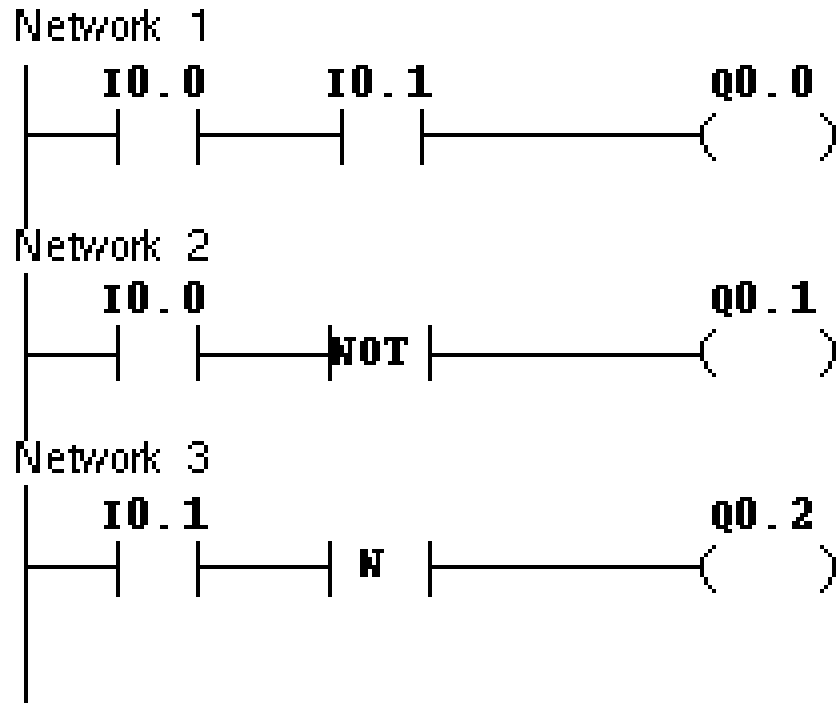
КОНТАКТЫ



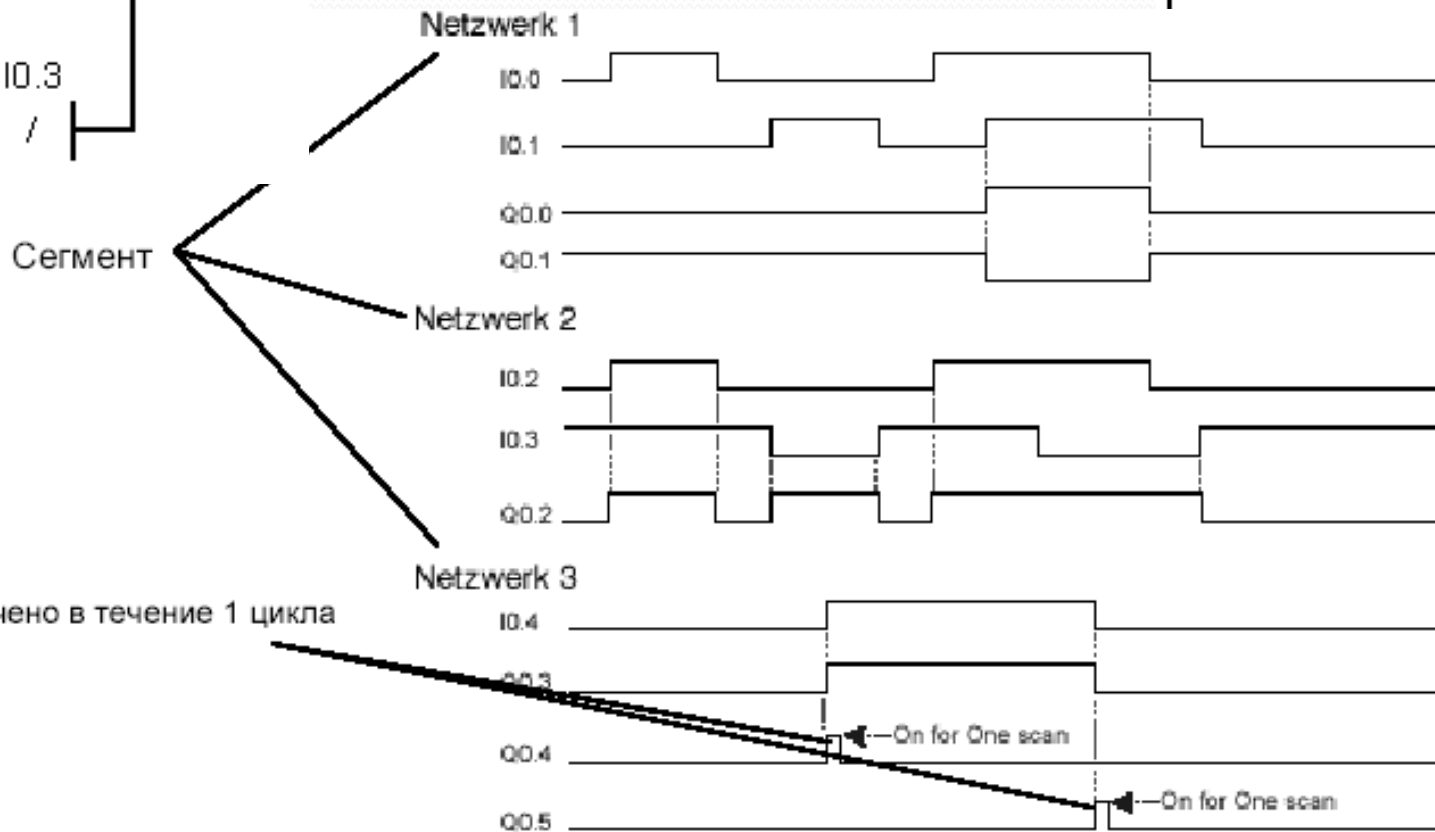
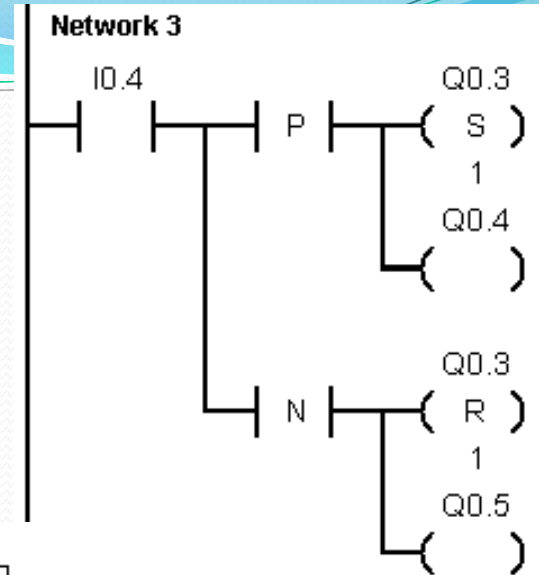
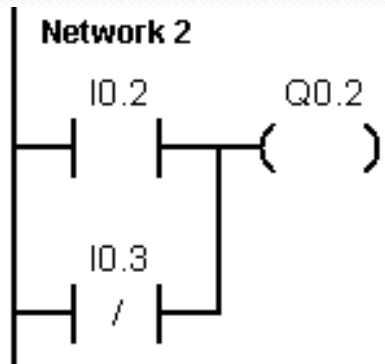
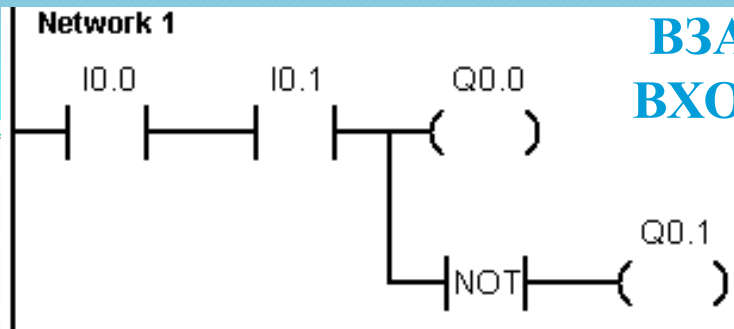
КАТУШКИ



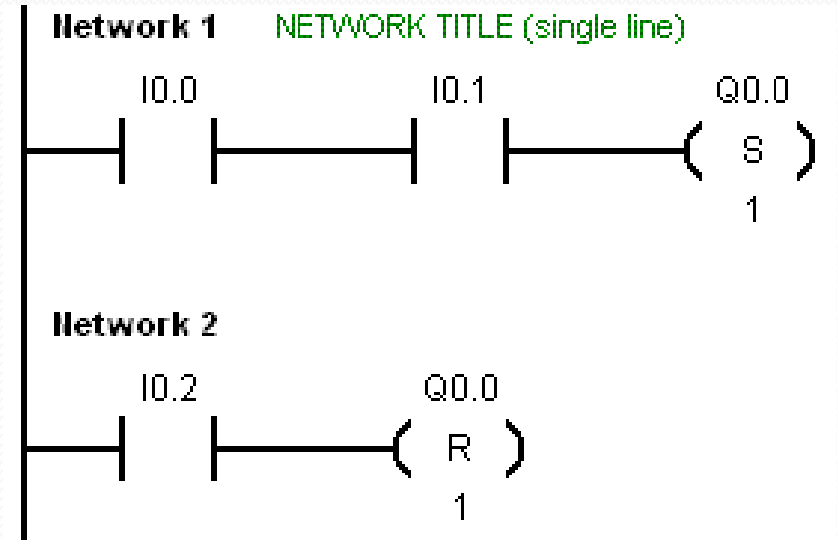
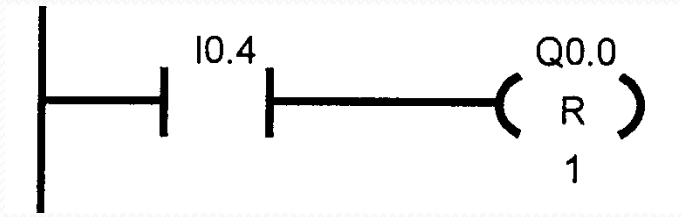
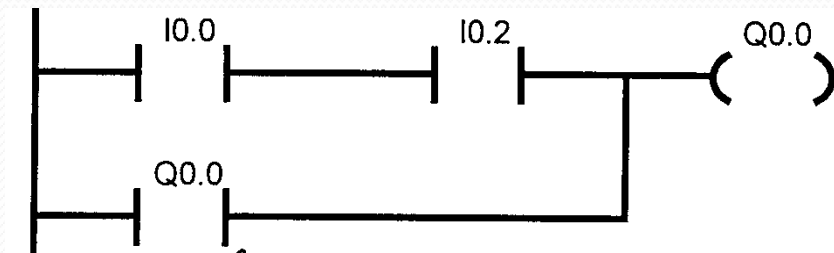
ПРИМЕР УПРАВЛЕНИЯ ВЫХОДАМИ КОНТРОЛЛЕРА



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВХОДОВ И ВЫХОДОВ



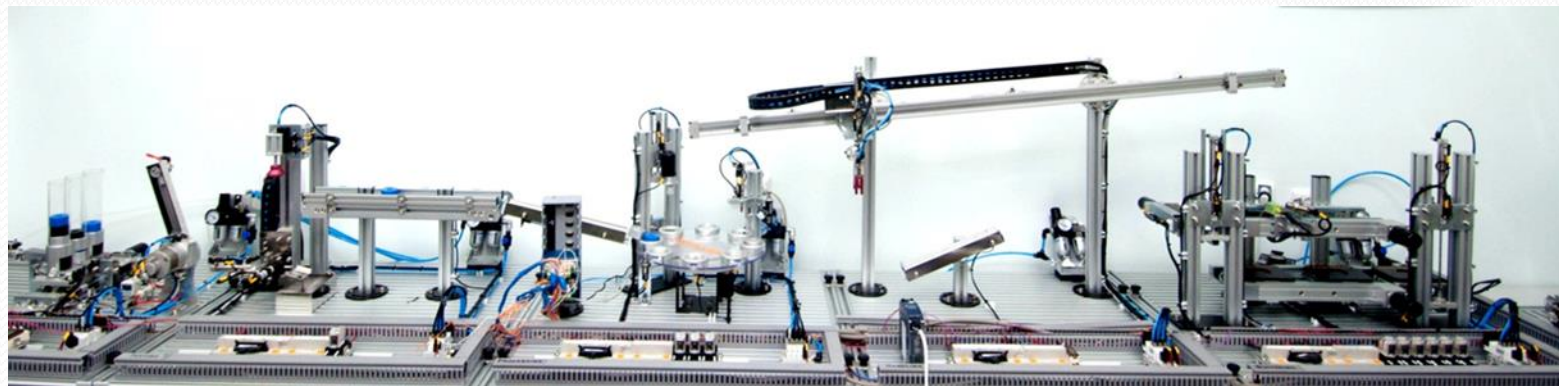
ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ «САМОПОДХВАТА» И СБРОСА



Конфигурирование ВХОДОВ/ВЫХОДОВ

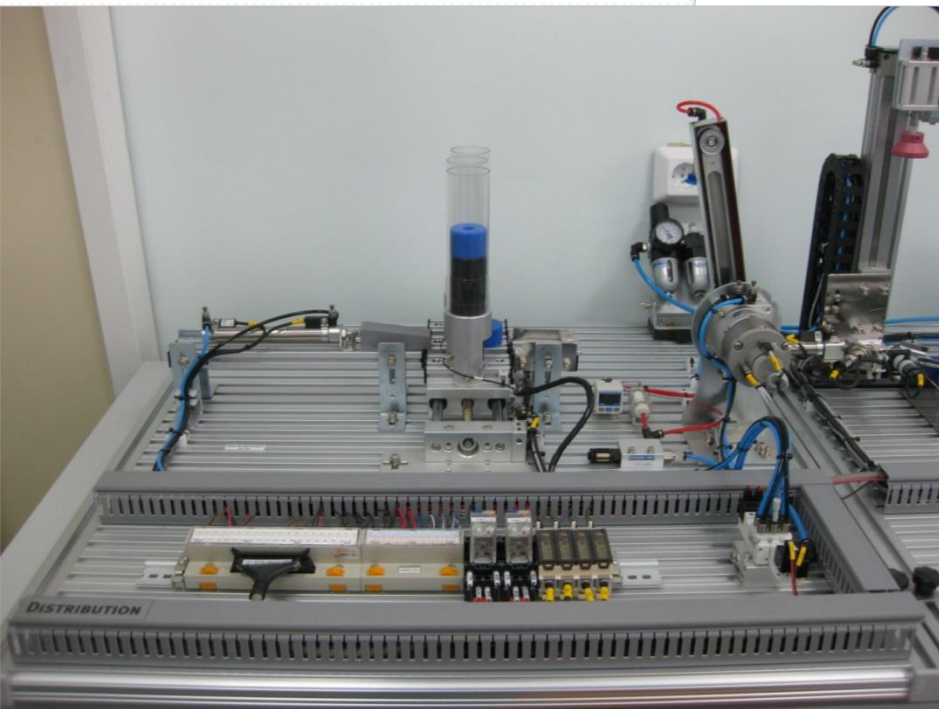
- Через ресурс PLC-configuration
- Прямая адресация
Например: **`%QX0.7 := (%IX0.3 AND %IX3.7) OR %IX3.0;`**
- Присвоение адресам имен
Например: **`xInput AT %IX0.7 : BOOL;`**

Гибкие производственные линии

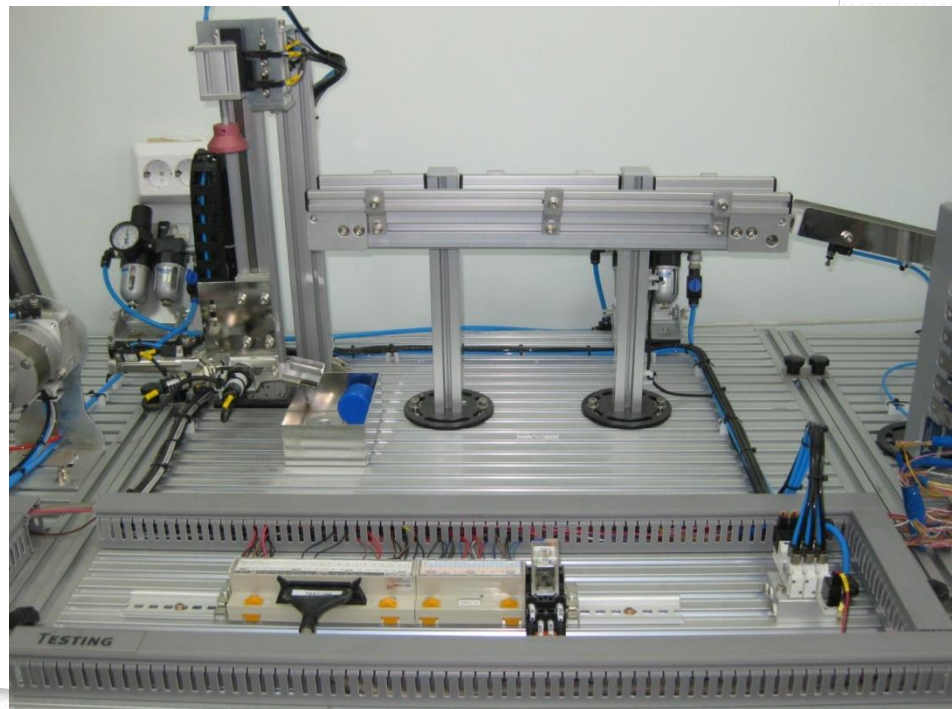


Применение робота в процессе штамповки на
базе ГПЛ

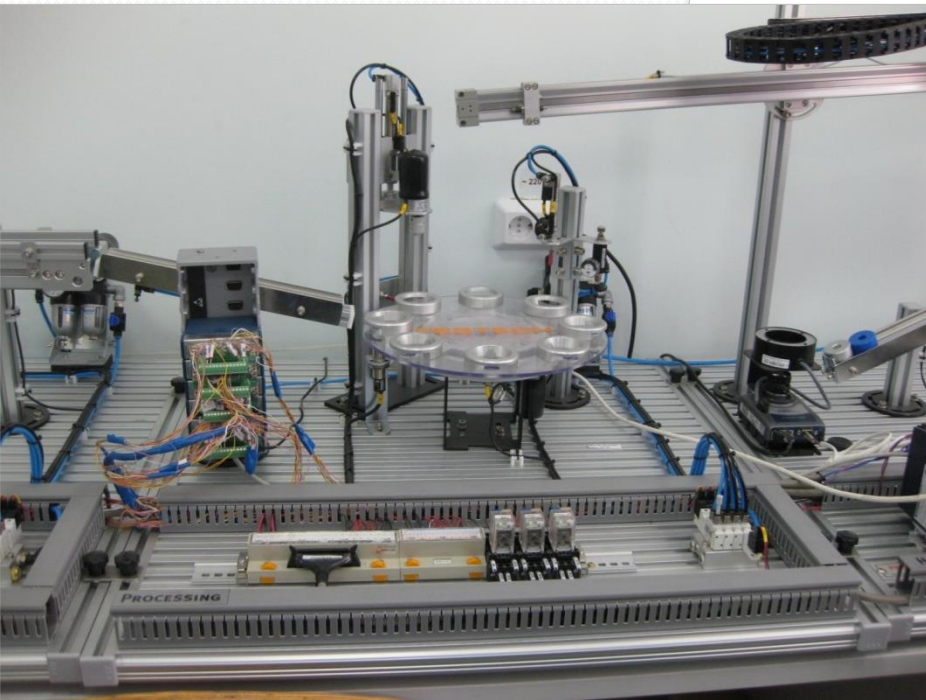
Модуль «Распределение»



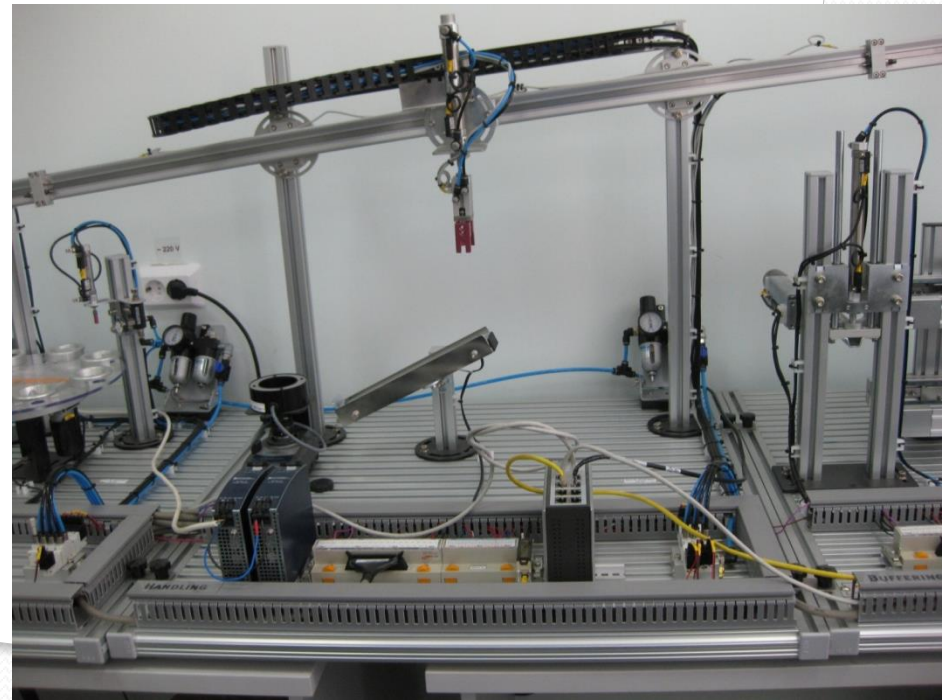
Модуль «Проверка»



Модуль «Обработка»

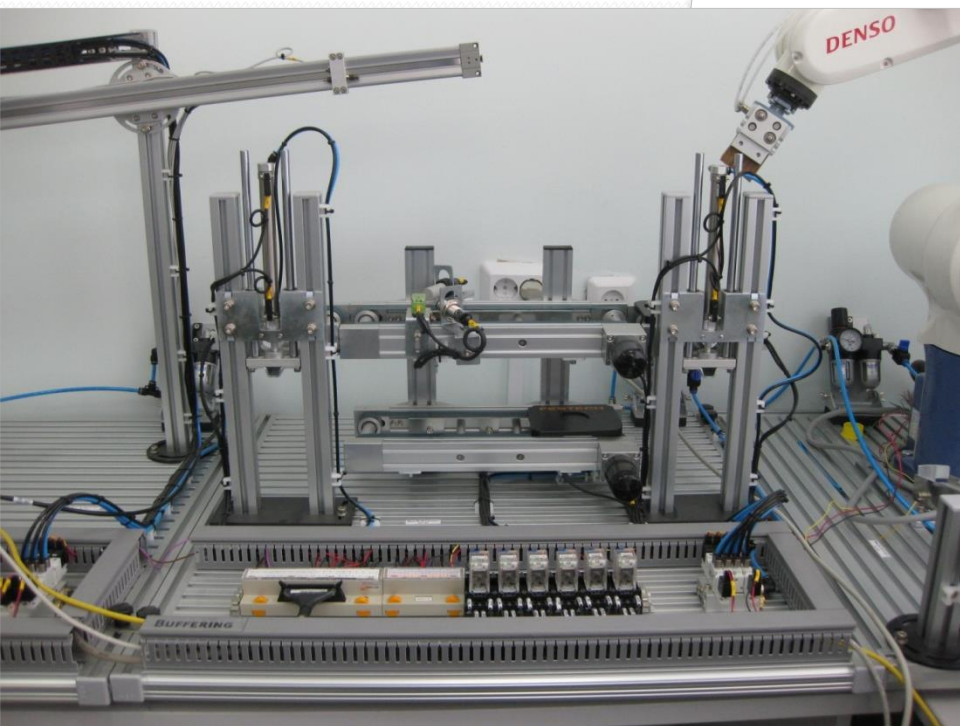


Модуль «Манипулирование»



Модуль «Робот-манипулятор»

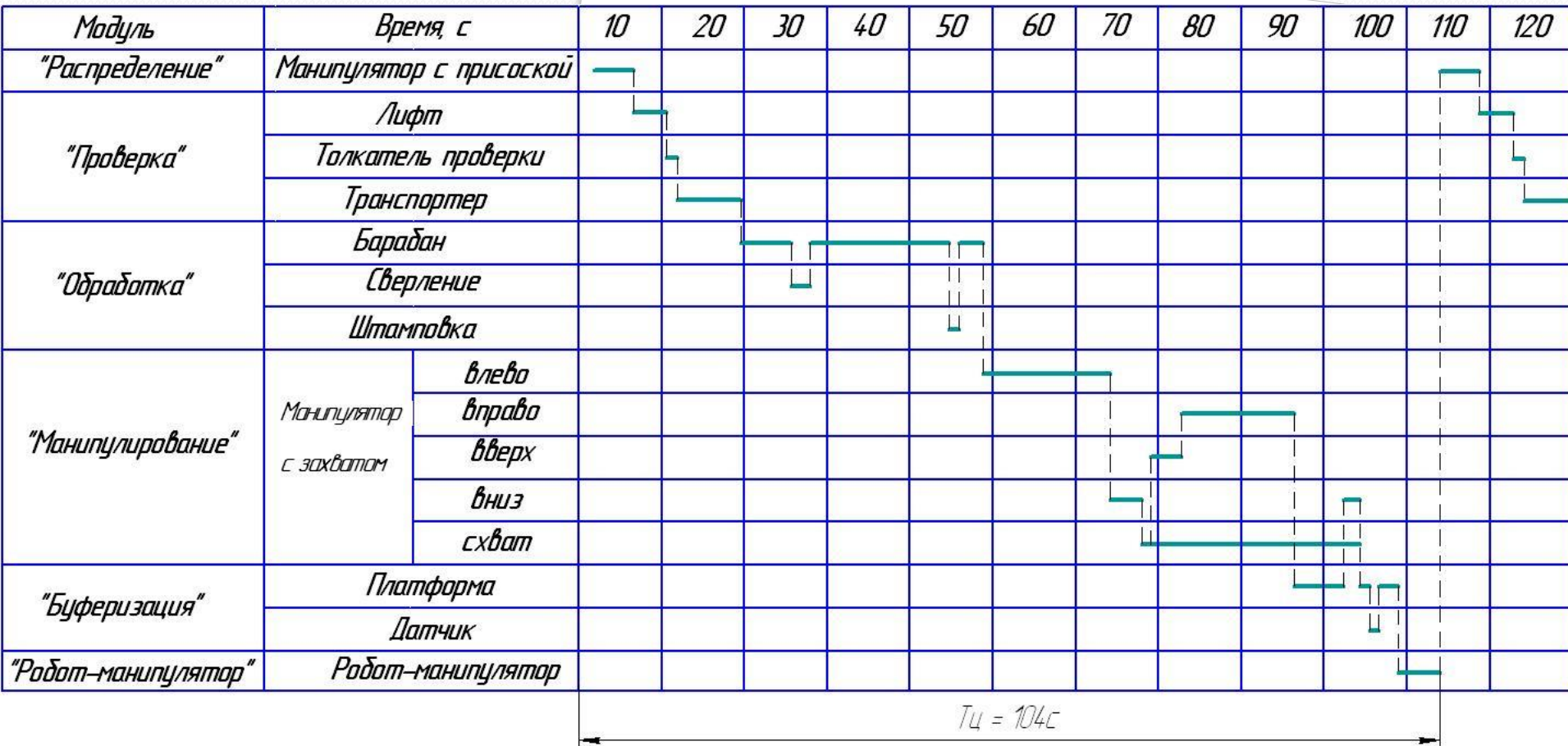
Модуль «Буферизация»



Хронометрия процессов

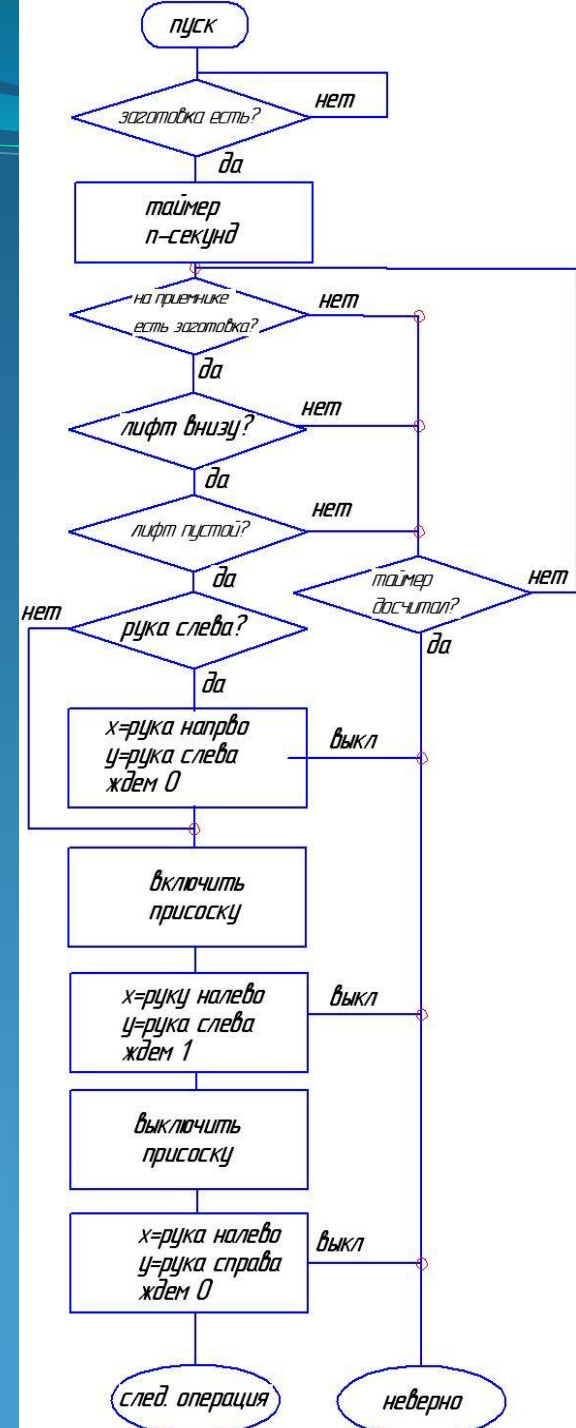
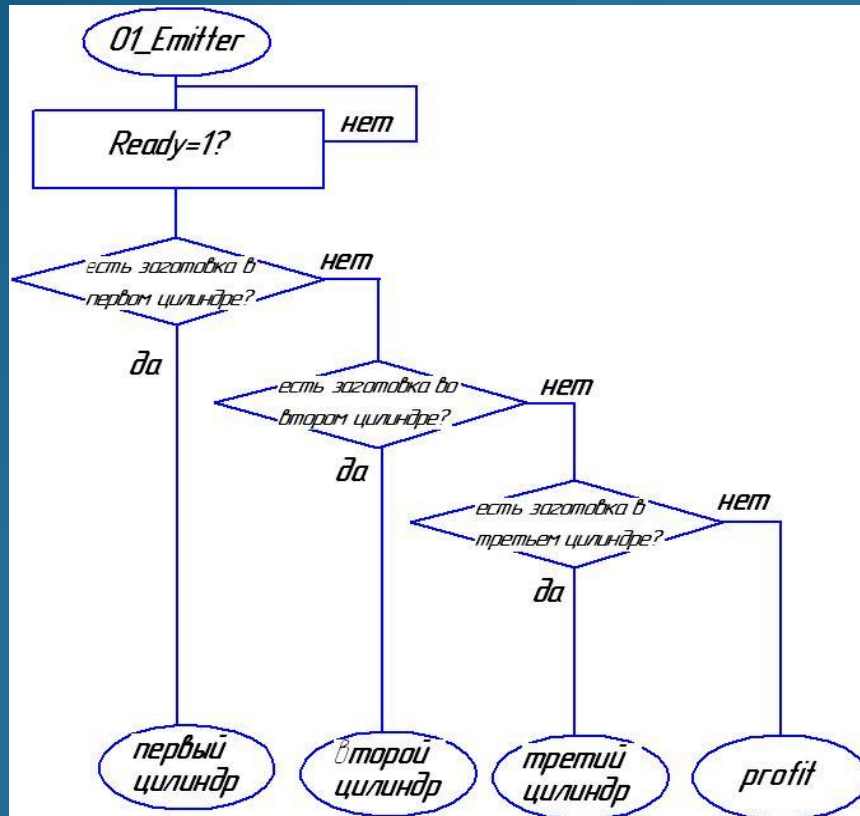
	Время, с		
Манипулятор с присоской	4,8		
Лифт	3,9		
Толкатель проверки	1,4		
Транспортер	7,6		
Барaban	6,1	16,8	2,9
Сверление	2,3		
Штамповка	4,2		
Манипулятор с захватом	Вправо	16,2	
	Влево	16,4	
	Вверх	4,0	
	Вниз	3,8	
	Схват	22,9	
Платформа	7,1	1,5	3,2
Датчик	1,4		
Робот манипулятор	5,1		

Построение цикловой диаграммы



Построение алгоритма управления

Модуль «Распределение»



Датчики, входящие в данную систему

Модуль «Распределение» («Distribution»)

№	Тип датчика	Расположение датчика
1	Фотодатчик F4	Ближний цилиндр с заготовками
2	Фотодатчик F3	Средний цилиндр с заготовками
3	Фотодатчик F2	Дальний цилиндр с заготовками
4	Фотодатчик F1	Приемник заготовок
5	Манометр M1	Присоска на манипуляторе
6	Магнитоконтактный (геркон) D1	Пневмоцилиндр толкателя, задвинутое состояние
7	Магнитоконтактный (геркон) D2	Пневмоцилиндр толкателя, выдвинутое состояние
8	Магнитоконтактный (геркон) D5	Направляющая блока цилиндров, ближнее положение
9	Магнитоконтактный (геркон) D6	Направляющая блока цилиндров, среднее положение
10	Магнитоконтактный (геркон) D7	Направляющая блока цилиндров, дальнее положение
11	Магнитоконтактный (геркон) D4	Манипулятор с присоской, правое положение
12	Магнитоконтактный (геркон) D3	Манипулятор с присоской, левое положение

Датчики, входящие в ГПС

Индуктивный датчик



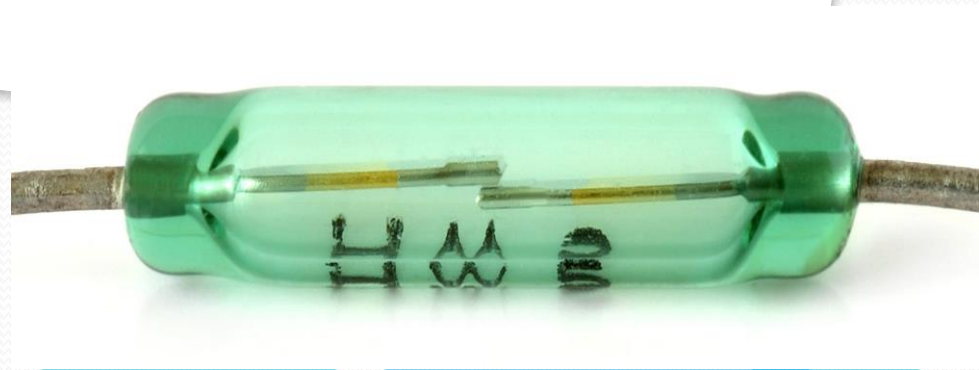
Фотодатчик



Емкостной датчик

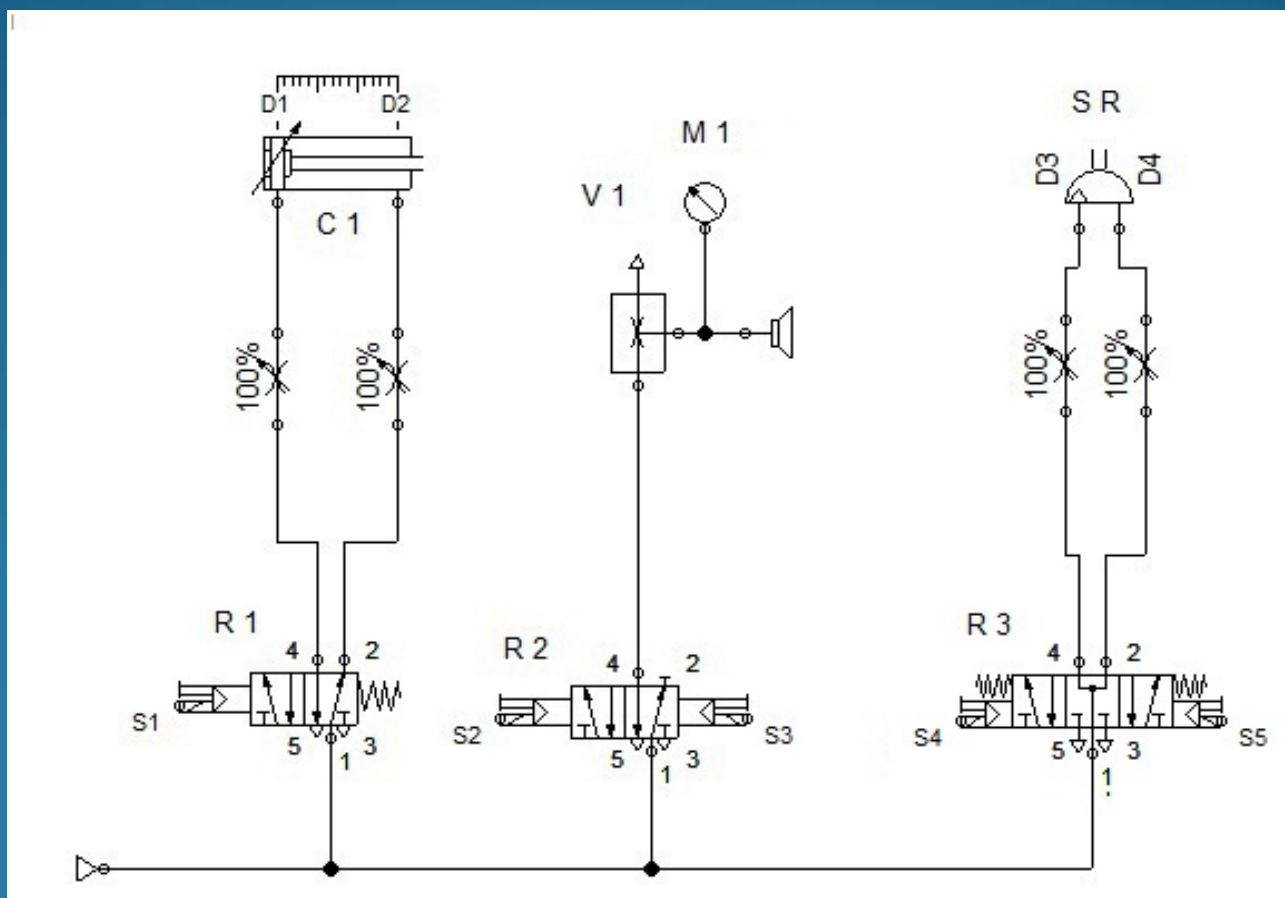


Геркон



Построение пневматической схемы

Модуль «Распределение»

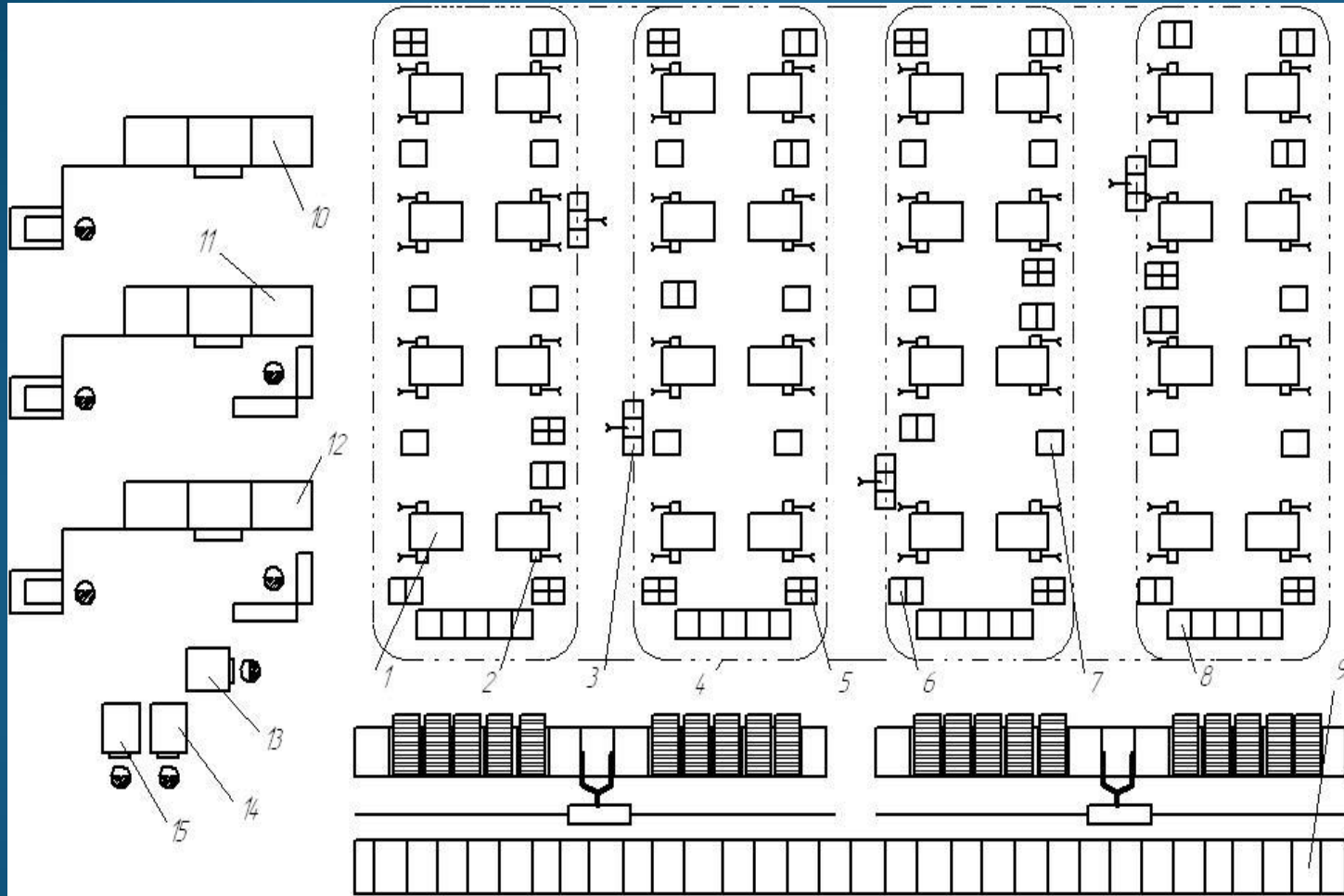


SCADA – это процесс сбора информации реального времени с удаленных объектов для обработки, анализа и возможного управления этими объектами.

В SCADA-системах реализованы основные принципы, такие, как работа в режиме реального времени, использование значительного объема избыточной информации, сетевая архитектура, принципы открытых систем и модульного исполнения, наличие запасного оборудования, работающего в «горячем резерве» и др.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) предназначена для разработки прикладного программного обеспечения для организации взаимодействия с измерительной и управляющей аппаратурой, сбора, обработки и отображения информации и результатов расчетов, а также моделирования, как отдельных объектов, так и автоматизированных систем в целом. Разработчиком LabVIEW является американская компания National Instruments.

Схема участка ГПС ХЛШ



1- прессы механические; 2 – промышленные роботы; 3 – транспортный подвижный ПР; 4 – трасса транспортного ПР; 5,6 – загрузочное и разгрузочное устройства; 7 – межоперационное ориентирующее устройство; 8 – приемопередающее устройство; 9 – роботизированный складской комплекс ; 10 – управляющая вычислительная машина; 11 – АРМ конструктора; 12 – АРМ технолога; 13 – микро-ЭВМ (оборудования); 14 – микро-ЭВМ (транспорта); 15 – микро-ЭВМ (склада)

Количество людей, занятых в промышленности

СТРАНА	Количество занятых в промышленности, млн. чел	
	В настоящее время	После сокращения на 66,6%
США	30,00	9,0
Япония	19,5	5,8
Италия	7,7	2,3
Франция	7,5	2,25
Великобритания	5,3	1,6
Швеция	1,35	0,4
Россия	0,8	0,267

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

Исследование характеристик робота-манипулятора

Электронные методические указания к лабораторной работе

САМАРА
2013

Содержание

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	3
Введение	4
1 Модуль «Робот-Манипулятор	5
2 Типы робототехники DENSO	7
2.1 Шестиосевые роботы DENSO	7
2.2 Характеристики робототехники DENSO	10
2.3 Спецификация робота	12
3 Механика электромеханических роботов	14
3.1 Уравнения кинематики исполнительного устройства робота	14
3.2 Кинетостатический расчет исполнительного устройства робота	16
3.3 Определение линейных скоростей и ускорений точек звеньев	19
3.4 Уравнения Лагранжа 2-го рода	19
3.5 Уравнения движения исполнительного устройства	19
Выводы	21
Список литературы	22
Приложение А	23

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ПР- промышленный робот

ЛСК – локальная система координат

БСК – базовая система координат

ХРТ – характеристическая рабочая точка

Введение.

Гибкая производственная линия имитирует различные производственные процессы и представляет собой законченный вариант автоматизированной производственной линии, на которой возможны перемещение, сортировка, контроль качества, имитация сверления и штамповки заготовок различного материала и цвета.

Данный учебный стенд состоит шести отдельных программно-аппаратных модулей, взаимодействующих между собой в режиме реального времени. Для каждого отдельного модуля в рамках лабораторной работы предусмотрены несколько задач различной сложности, рассчитанные на три уровня подготовленности студента.

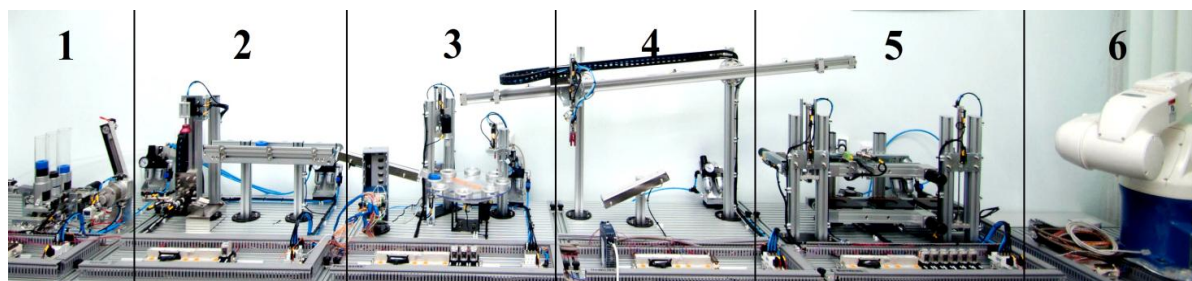


Рисунок 1 - Внешний вид гибкой производственной линии

- 1 – Модуль «Распределение» («Distribution»)
- 2 – Модуль «Проверка» («Testing»)
- 3 – Модуль «Обработка» («Processing»)
- 4 – Модуль «Манипулирование» («Handling»)
- 5 – Модуль «Буферизация» («Buffering»)
- 6 – Модуль «Робот-Манипулятор» («Robot Assembly»)

1 Модуль «Робот-Манипулятор» («Robot Assembly»)

Шестой модуль имитирует распределение готовой продукции в зависимости от ее типа.

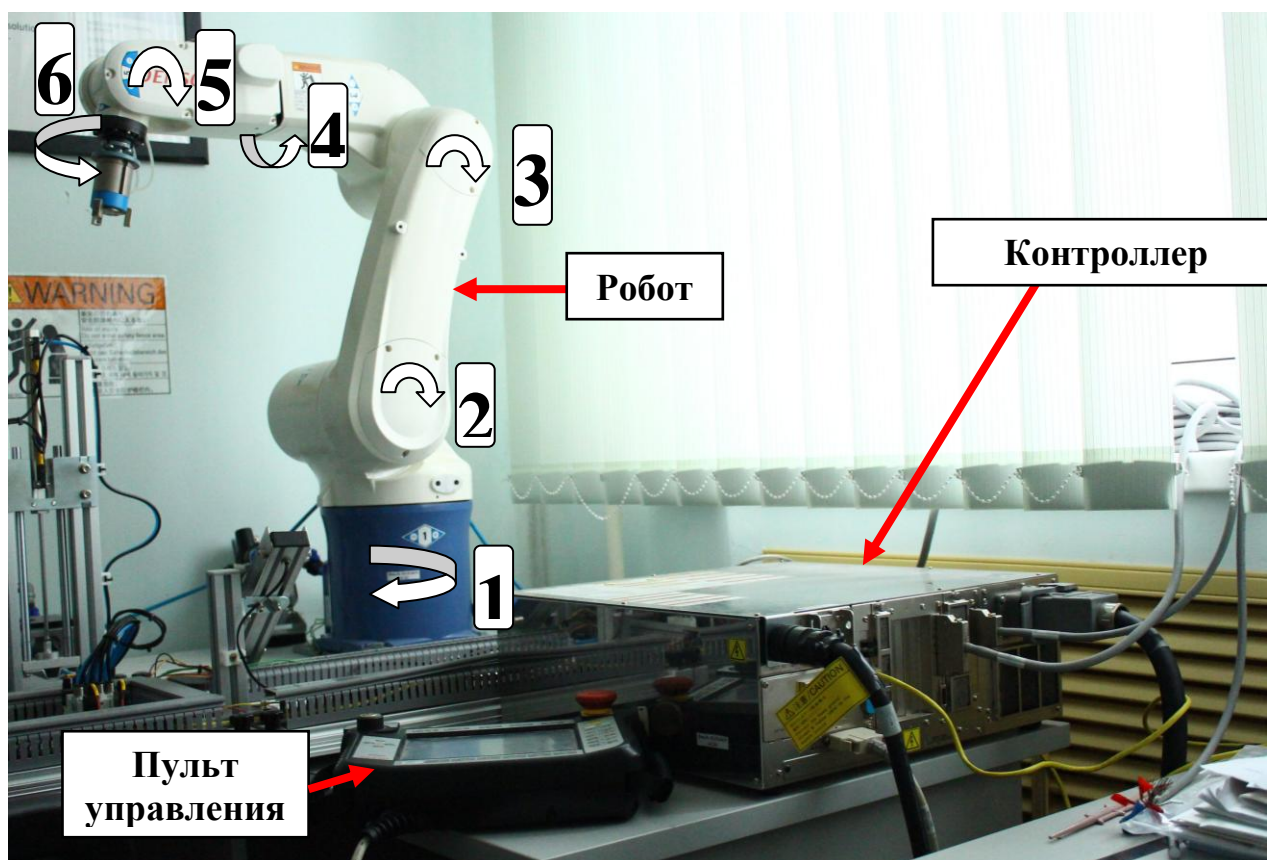


Рисунок 2 - Внешний вид модуля «Робот-Манипулятор»

Программа работы модуля состоит в следующем:

1. Приведение руки в исходное положение.
2. Ожидание сигнала о готовности с предыдущего модуля.
3. Захват детали.
4. Перенос детали на склад, соответствующий её типу.
5. Повторение цикла.

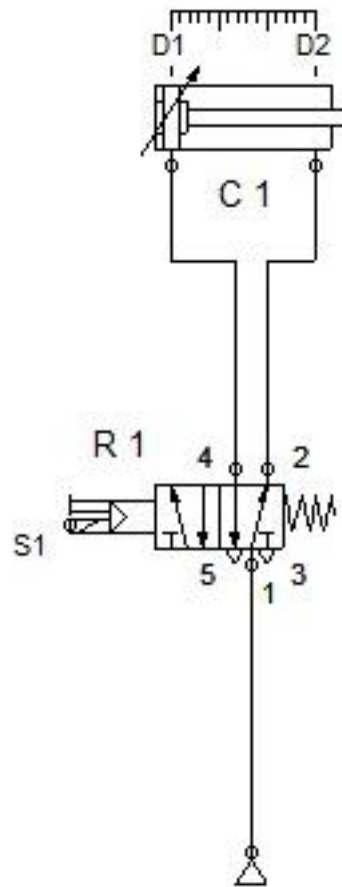


Рисунок 3 - Пневматическая схема модуля «Робот-Манипулятор»

Таблица 1 - Датчики модуля «Робот-Манипулятор»

№ п/п	Тип датчика	Расположение датчика
1	Фотодатчик F1	Датчик заполнения склада
2	Магнитоконтактный (геркон) D1	Захват
3	Магнитоконтактный (геркон) D2	Захват

Блок-схема работы модуля «Робот-Манипулятор» приведена в Приложении А.

2 Типы робототехники DENSO

DENSO предлагает широкий выбор роботов, каждый со своими сферами применения и преимуществами.

2.1 Шестиосевые роботы DENSO

Гамма шестиосевых роботов DENSO включает в себя серии VP, VS, VM, а также новые модели DENSO VS с короткой и длинной рукой.

Эти роботы обеспечивают большую гибкость и улучшенные эксплуатационные показатели по сравнению с четырехосевыми аналогами. Благодаря увеличенному размаху движения они обладают более широким диапазоном применений без ущерба для скорости и точности. Шестиосевые роботы DENSO обладают лучшими в этой отрасли спецификациями.

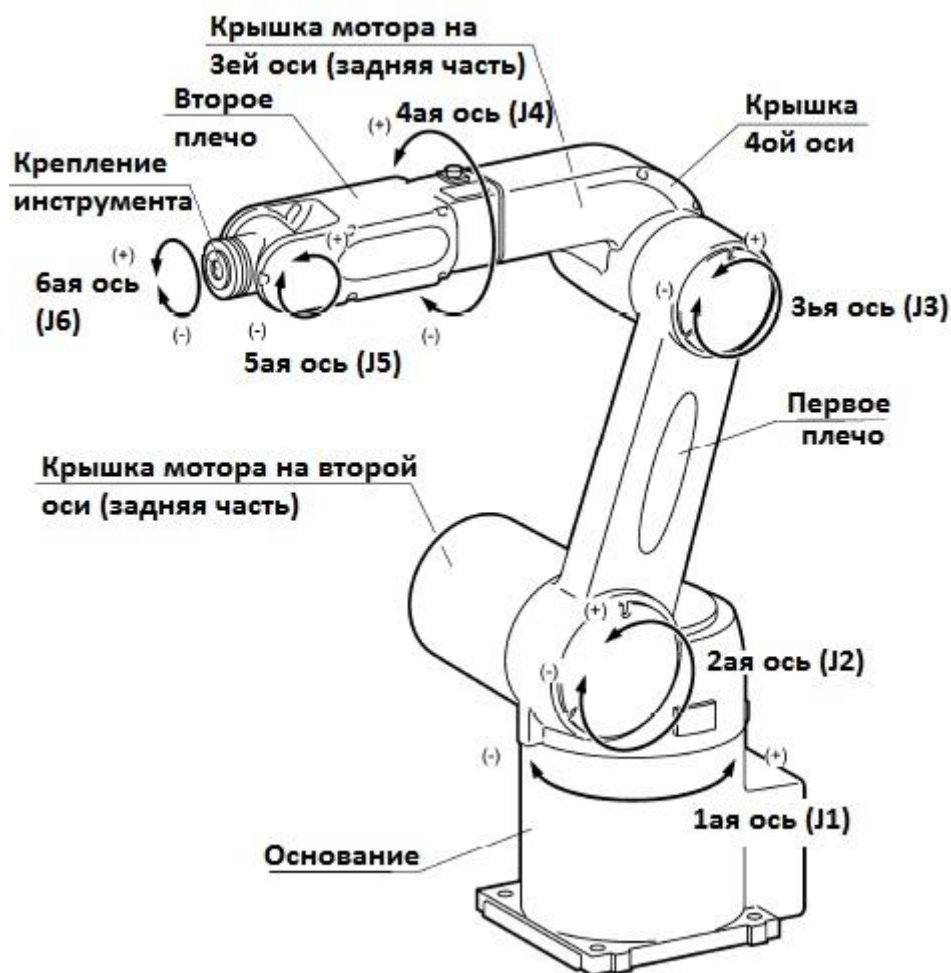


Рисунок 4 – Шестиосевой манипулятор DENSO

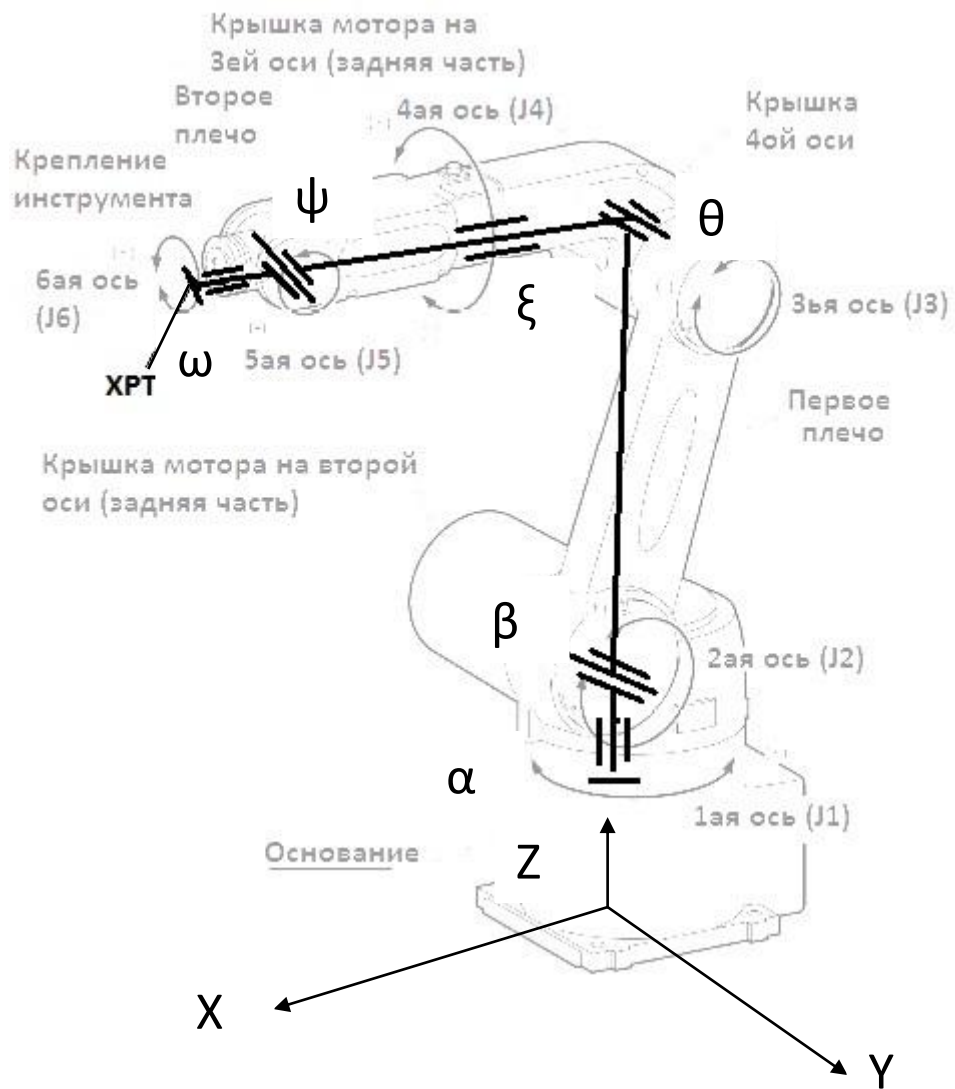


Рисунок 5 – Шестиосевой манипулятор DENSO (схематично)

Таблица 2 - Основные характеристики:

Период цикла	от 0.99 до 0.33 секунды
Постоянная точность	между ± 0.07 мм и ± 0.02 мм
Максимальная суммарная скорость	от 3 900 мм/сек до 11 000 мм/сек
Длина руки	между 430 мм и 1298 мм
Грузоподъемность	до 10 кг
Для максимальной эффективности в ограниченных пространствах все модели включают внутреннюю проводку и воздухопровод	

Новые шестиосевые роботы серии VS отличаются исключительными показателями:

- Скорость (до 11 000 мм/сек)
- Точность (± 0.03 мм и ± 0.02 мм)
- Универсальность (устанавливаются на полу, потолке и стенах)
- Исключительно узкая и компактная конструкция позволяет экономить установочное пространство
- Возможность расположить двигатель и кабель подключения энкодера под основанием робота
- Грузоподъемность до 7 кг обеспечивает максимально возможные эксплуатационные показатели

2.2 Характеристики робототехники DENSO

Кроме экономичности и простоты в эксплуатации, еще одним преимуществом этих роботов является то, что у них всего один тип контролера для всех моделей.

Роботы DENSO были разработаны для эксплуатации практически в любых условиях, включая пыль, влагу или сложные условия эксплуатации.

Классификация уровней защиты роботов:

- Стандартный
- Защищенный от пыли и брызг (IP65)

- Защищенный (IP67)
- Чистые комнаты класса 10 и 100
- Устойчивый к H₂O₂ (перекись водорода; обычно используется для стерилизации в фармацевтике и медицине)
- Спецификации UL (для США и Канады)

Для простоты все контролеры роботов DENSO имеют стандартное подсоединение к сети Ethernet для подключения к другому устройству, как, например, ПЛК или промышленному компьютеру.

Гибкий выбор различных методов ввода инструкций в робототехнику DENSO включает в себя следующее:

- **Сенсорный экран подвесного пульта обучения DENSO**
- **WINCAPS III**

Собственное программное обеспечение DENSO для автономного программирования, мониторинга и моделирования.

- **ORiN2**

Инновационное промежуточное программное обеспечение позволяет использовать существующие языки высокого уровня, такие как C++, C#, Visual Basic и Java для программирования роботов DENSO, что избавляет от необходимости учить язык программирования каждого нового робота.

2.3 Спецификация работа

Таблица 3 - Спецификация

Компонент	Спецификация	
	Стандартный тип (VM)	Защищенный от пыли и брызг (VM-W)
Номер робототехнического комплекса (Примечание 1)	VM-6083G	VM-6083GW
Серийный номер робота	VM-6083D/GM	VM-6083D/GM-W
Полная длина руки	385(первое плечо)+445(второе плечо)=830 мм	
Смещения руки	J1(сдвиг):180мм, J3 (переднее плечо): 100мм.	
Максимальное рабочее пространство	R=1,111 мм (посадочное место рабочего органа) R=1,021 мм (Позиция P: оси J4, J5, J6 в центре)	
Диапазон перемещения	J1: $\pm 170^\circ$, J2: $+135^\circ$, -90° , J3: $+165^\circ$, -80° J4: $\pm 185^\circ$, J5: $\pm 120^\circ$, J6: $\pm 360^\circ$	
Максимальная грузоподъемность	10 кг	
Максимальная составная скорость	8300 мм/с (в центре посадочного места рабочего органа)	
Точность позиционирования (Примечание 2)	В каждом из направлений, X,Y,Z: $\pm 0,05$ мм (в центре посадочного места рабочего органа)	
Максимально допустимый момент инерции	Вокруг J4 и J5: $0,36 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ Вокруг J6: $0,064 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$	
Измерение положения	Абсолютный датчик положения	
Привод мотора и тормоза	АС сервомоторы для всех узлов Наличие тормозов в узлах от J2 до J6	
Пользовательские пневмопровода (Примечание 3)	7 систем(ф 4x6, ф 6x1) Содержит 3 электромагнитных клапана (двух позиционные, бистабильные)	

Пользовательская сигнальная линия		10 (для приближенных сигналов с датчика и т.д.)	
Источник воздуха	Рабочее давление	0,10 ~ 0,39 МПа	
	Максимально допустимое давление	0,49 МПа	
Воздушный шум (уровень взвешенного эквивалентного продолжительного звукового давления)		80 дБ или меньше	
Степень защиты		IP40	IP54 (Рука: IP65)
Вес		Приблизительно 82 кг (180 фунтов)	Приблизительно 86 кг (189 фунтов)
<p>Примечание 1: Номер робототехнического комплекса является к серийным номером всего комплекса включая работа и контроллер.</p> <p>Примечание 2: Точность позиционирования указывается для постоянного диапазона рабочих температур</p> <p>Примечание 3: Только пневматическая система ф 4х6 может управляться с помощью встроенных электромагнитных клапанов</p>			

3 Механика электромеханических роботов

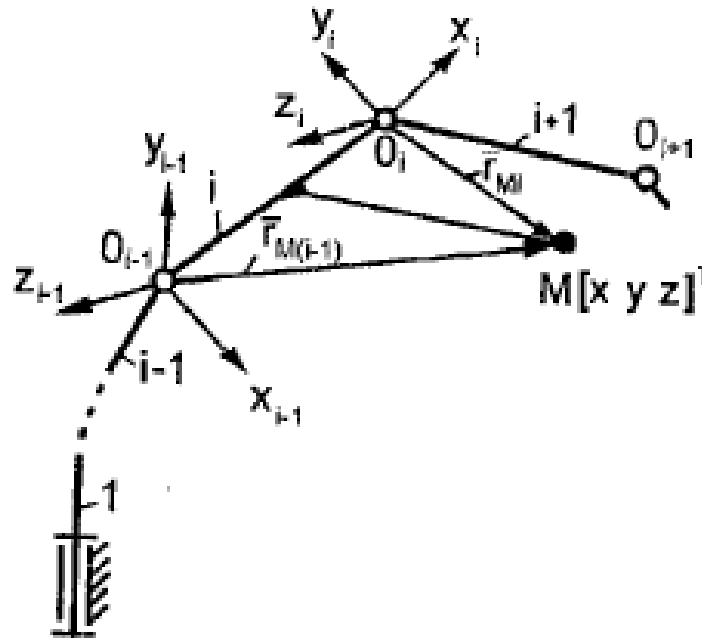


Рисунок 7 – Положение звеньев робота

3.1 Уравнения кинематики исполнительного устройства робота

Уравнения кинематики исполнительного устройства робота устанавливают связь между взаимным положением звеньев исполнительного устройства, их линейными и угловыми скоростями и ускорениями как в относительном, так и в абсолютном движении и обобщенными координатами обобщенными скоростями и обобщенными ускорениями ... ,

Соотношения между координатами центра рабочего органа и обобщенными координатами можно записать в виде:

$$\text{в системе декартовых координат: } \bar{r}_0 = A_N \cdot (q_1, \dots, q_N) \bar{r}_N + \bar{b}_N \cdot (q_1, \dots, q_N),$$

$$\text{в системе однородных координат: } \bar{r}_0 = B_N \cdot (q_1, \dots, q_N) \bar{r}_N, \text{ где:}$$

$$A_N(q_1, \dots, q_N) = \prod_{j=1}^N A_{j-1,j}(q_j),$$

$$\bar{r}_0 = A_N \cdot (q_1, \dots, q_N) \bar{r}_N + b_N \cdot (q_1, \dots, q_N),$$

$$\bar{b}_N = \sum_{j=1}^N A_1(q_1) \dots A_{j-1}(q_{j-1}) \bar{b}_j(q_j),$$

$$B_N(q_1, \dots, q_N) = \prod_{j=1}^N A_{j-1,j} \cdot (q_j).$$

Эти уравнения и представляют собой векторные уравнения кинематики исполнительного устройства робота, определяющие положение и ориентацию рабочего органа в пространстве.

в дальнейших расчетах будем пользоваться только системой однородных координат.

В системе однородных координат положение и ориентацию рабочего органа полностью определяет матрица B_N :

$$B_N = \prod_{j=1}^N A_{j-1,j} = \begin{bmatrix} \cos(x_N \wedge x_0) & \cos(y_N \wedge x_0) & \cos(z_N \wedge x_0) & b_1 \\ \cos(x_N \wedge y_0) & \cos(y_N \wedge y_0) & \cos(z_N \wedge y_0) & b_2 \\ \cos(x_N \wedge z_0) & \cos(y_N \wedge z_0) & \cos(z_N \wedge z_0) & b_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

где матрица 3×3 представляет собой матрицу направляющих косинусов, т.е. косинусов углов между соответствующими осями БСК и ЛСК рабочего органа.

Например, $\cos(y_N \wedge z_0)$ — угол между осью Z_0 БСК и осью Y_N ЛСК рабочего органа.

Вектор начала 0 ЛСК рабочего органа записывают в виде

$\bar{r}_N = [0 \ 0 \ 0 \ 1]^T$. Тогда положение ХРТ рабочего органа в БСК может быть определено радиус-вектором:

$$\bar{r}_0 = B_N \cdot \bar{r}_N = B_N \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ 1 \end{bmatrix},$$

где $\bar{r}_0 = [x_0 \ y_0 \ z_0 \ 1]^T$ — радиус-вектор ХРТ в БСК; $X_0 \ Y_0 \ Z_0$ проекции вектора r_0 на оси БСК O_0X_0, O_0Y_0, O_0Z_0 соответственно.

Тогда положение оси Z_N относительно осей БСК можно записать в виде:

$$\bar{n}_N = B_N \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(z_N \wedge x_0) \\ \cos(z_N \wedge y_0) \\ \cos(z_N \wedge z_0) \\ 0 \end{bmatrix},$$

где $\bar{n}_N = [n_{N_x} \ n_{N_y} \ n_{N_z} \ 0]^T$ - вектор ориентации оси Z_N относительно осей БСК.

Положение оси X_N относительно осей БСК определяют вектором:

$$\bar{m}_N = B_N \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(x_N \wedge x_0) \\ \cos(x_N \wedge y_0) \\ \cos(x_N \wedge z_0) \\ 0 \end{bmatrix},$$

где $\bar{m}_N = [m_{N_x} \ m_{N_y} \ m_{N_z} \ 0]^T$ — вектор ориентации оси X_N относительно осей БСК.

Векторы r_0, n_N, m_N полностью определяют положение и ориентацию рабочего органа в пространстве.

3.2 Кинестатический расчет исполнительного устройства робота

Кинестатический расчет исполнительного устройства робота заключается в определении реактивных сил и моментов в кинематических

парах при известных внешних нагрузках и инерционных силах и моментах. При решении задач кинестатики используют принцип Даламбера.

Реактивные силы и моменты в кинематических парах относятся к категории внутренних по отношению к исполнительному устройству в целом; по отношению к каждому звену в отдельности они являются внешними. Знание усилий в кинематических парах необходимо для расчетов звеньев исполнительного устройства на прочность, жесткость, виброустойчивость, износостойкость, для расчетов подшипников на долговечность, а также для выбора двигателя.

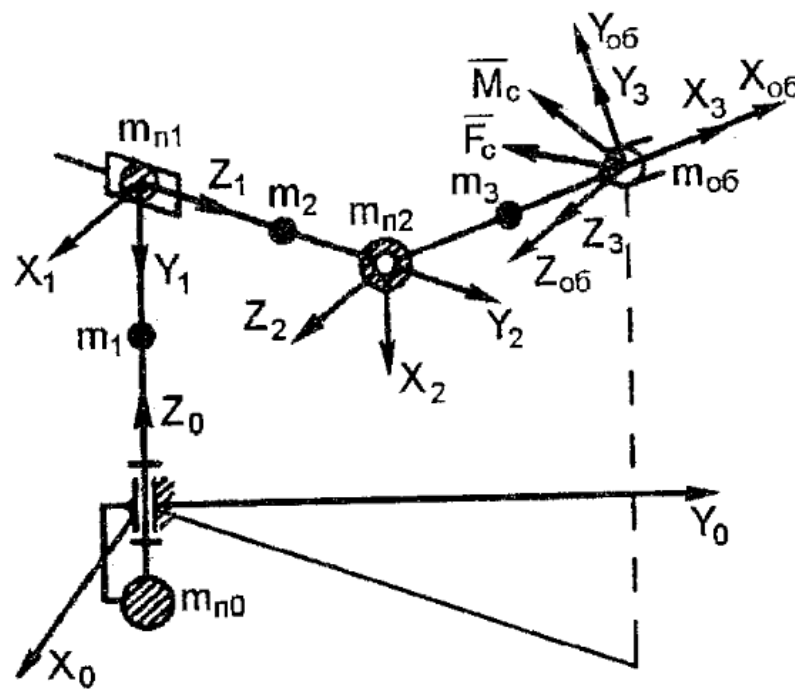


Рисунок 8 - Кинестатическая схема манипулятора

Выражения главного вектора \bar{F} внешних сил и главного момента \bar{M} действующих на это звено:

$$\begin{cases} \bar{F}_i = \bar{R}_{i-1,i} + \sum_{j=1}^n \bar{F}_{i,j} + \sum_{j=1}^n \bar{\phi}_{i,j} = 0 \\ \bar{M}_i = \bar{M}_{i-1,i} + \bar{M}_{i-1,j}^R + \sum_{j=1}^n \bar{M}_{i,j}^F + \sum_{j=1}^n \bar{M}_{i,j}^\phi + \sum_{j=1}^n \bar{M}_{i,j}^H = 0 \end{cases}$$

где n — число соответствующих силовых факторов, действующих на i -е звено; $R_{i-1,i}$ — главный вектор реактивных сил в k -ой кинематической паре, соединяющей $(i-1)$ -е и i -е звенья.

Таким образом в k -й поступательной кинематической паре главный вектор реактивных сил и главный вектор реактивных моментов будут равны:

$$R_{i-1,i}^k = \begin{bmatrix} R_{i-1,i}^{kx} \\ R_{i-1,i}^{ky} \\ R_{i-1,i}^{kz} + F_{i-1,i}^{kz} \end{bmatrix} = L_{oi}^T \begin{bmatrix} R_{i-1,i}^x \\ R_{i-1,i}^y \\ R_{i-1,i}^z \end{bmatrix}$$

$$M_{i-1,i}^k = \begin{bmatrix} M_{i-1,i}^{kx} \\ M_{i-1,i}^{ky} \\ M_{i-1,i}^{kz} \end{bmatrix} = L_{oi}^T \begin{bmatrix} M_{i-1,i}^x \\ M_{i-1,i}^y \\ M_{i-1,i}^z \end{bmatrix}$$

В k -й вращательной кинематической паре:

$$R_{i-1,i}^k = \begin{bmatrix} R_{i-1,i}^{kx} \\ R_{i-1,i}^{ky} \\ R_{i-1,i}^{kz} \end{bmatrix} = L_{oi}^T \begin{bmatrix} R_{i-1,i}^x \\ R_{i-1,i}^y \\ R_{i-1,i}^z \end{bmatrix}$$

$$M_{i-1,i}^k = \begin{bmatrix} M_{i-1,i}^{kx} \\ M_{i-1,i}^{ky} \\ M_{i-1,i}^{kz} + T_{i-1,i}^{kz} \end{bmatrix} = L_{oi}^T \begin{bmatrix} M_{i-1,i}^x \\ M_{i-1,i}^y \\ M_{i-1,i}^z \end{bmatrix}$$

Для нахождения реактивных сил и моментов во всех кинематических парах исполнительного устройства робота необходимо рассмотреть равновесие каждого его подвижного звена, начиная с последнего n -го.

3.3 Определение линейных скоростей и ускорений точек звеньев

В БСК положение точки М i-го звена:

$$\bar{r}_M = B_i \cdot \bar{r}_{i,M}$$

После дифференцирования найдем линейную скорость точки М i-го звена в БСК:

$$\bar{v}_M = \frac{d\bar{r}_M}{dt} = \frac{dB_i}{dt} \bar{r}_{i,M} = \sum_{j=1}^i B_i^j \cdot \bar{r}_{i,M} \cdot \dot{q}_j$$

Линейное уравнение точки М i-го звена определим, дифференцируя выражение:

$$\bar{a}_{i-1,M} = \frac{d\bar{v}_{i-1,M}}{dt} = D_i A_{i-1,i} \bar{r}_{i,M} \ddot{q}_i + D_i^2 A_{i-1,i} \bar{r}_{i,M} \dot{q}_i^2$$

В БСК линейное уравнение точки М i-го звена определим, дифференцируя выражение для линейной скорости:

$$\bar{a}_M = \frac{d\bar{v}_M}{dt} = \sum_{j=1}^i \frac{dB_i^j}{dt} \bar{r}_{i,M} \cdot \dot{q}_j + \sum_{j=1}^i B_i^j \cdot \bar{r}_{i,M} \frac{d\dot{q}_j}{dt} = \sum_{j=1}^i \sum_{k=1}^i B_i^{jk} \cdot \bar{r}_{i,M} \cdot \dot{q}_j \cdot \dot{q}_k + \sum_{j=1}^i B_i^j \cdot \bar{r}_{i,M} \cdot \ddot{q}_j$$

Если точка М совпадает с центром i-й кинематической пары или с характеристической рабочей точкой Р, то:

$$\bar{r}_{iM} = [0 \ 0 \ 0 \ 1]^T$$

3.4 Уравнения Лагранжа 2-го рода

Для описания динамики исполнительного устройства робота наиболее часто используют уравнения Лагранжа 2-го рода

Кинетическая энергия всего исполнительного устройства равна:

$$T = \sum_{i=1}^N T_i = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N tr(\dot{B}_i H_i \dot{B}_i^T)$$

Где H_i -матрица инерции i-го звена.

В правой части уравнения – матрица B_N , ее элементы заданы составляющими векторов r_0, p_N, m_N

Потенциальная энергия исполнительного устройства:

$$П = \sum_{i=1}^N m_i \cdot \bar{G}^T \bar{\rho}_i = \sum_{i=1}^N m_i \cdot \bar{G}^T B_i \bar{\rho}_i^i$$

Где m_i -масса i -го звена; $\bar{\rho}_i = [x_i \quad y_i \quad z_i \quad 1]^T$ –вектор центра масс i -го звена в системе координат i -го звена; $\bar{\rho}_i$ - вектор центра масс i -го звена в БСК; $\bar{G} = [g_x \quad g_y \quad g_z \quad 0]^T$ -вектор ускорения свободного падения.

3.5 Уравнения движения исполнительного устройства

Как было указано выше, для описания динамики исполнительного устройства робота наиболее часто используют уравнения Лагранжа 2-го рода.

Таким образом, окончательно уравнения движения исполнительного устройства робота записывают в виде:

$$tr \sum_{l=i}^N \sum_{j=1}^l B_l^j H_l B_l^{iT} \ddot{q}_j - tr \sum_{l=1}^N \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^l B_l^{jK} H_l B_l^{iT} \dot{q}_j \cdot \dot{q}_k + tr \sum_{l=i}^N \Phi_l B_l^{iT} = Q_{iП},$$

$i = 1, \dots, N$

Уравнения представляют собой идеализированную модель динамики исполнительного устройства. При выводе этих уравнений не учитывались силы сухого и вязкого трения в кинематических парах, моменты инерции роторов двигателей, гироскопические моменты, возникающие при перемещении вращающихся роторов, наличие люфтов и других нелинейностей. Все эти составляющие могут оказать существенное влияние на динамику, особенно силы трения и люфты.

Выводы

В результате проделанной работы мы познакомились с основными принципами моделирования сложного технического оборудования на примере робота DENSO.

Ознакомились с программными пакетами AMESim и MATLAB Simulink и возможностями их применения для моделирования сложных систем.

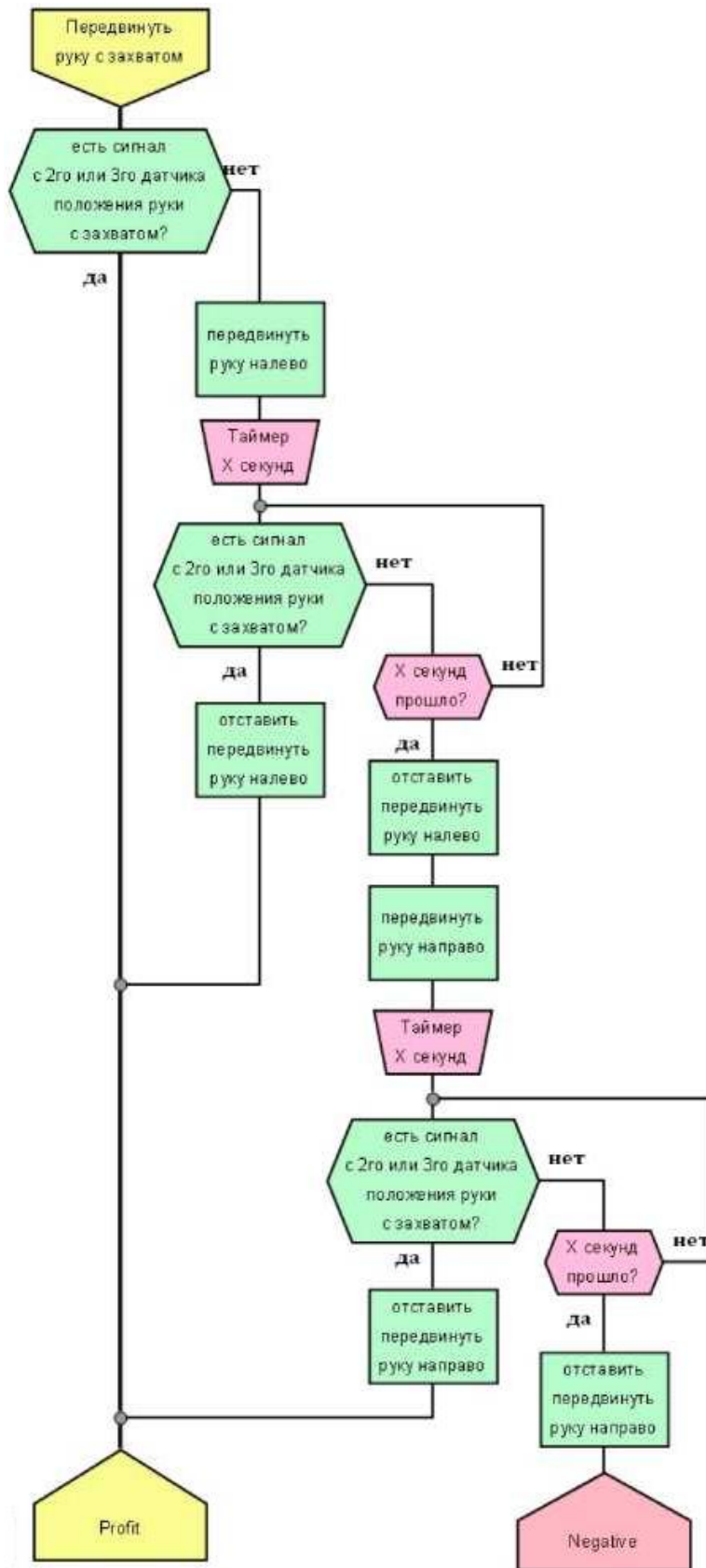
Ознакомились с основами программирования и управления промышленными манипуляторами в среде LabView.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дж. Трэвис, Дж. Кринг. *LabVIEW для всех*. ДМК Пресс: 2008. - 880 с.
2. Загидуллин Р.Ш. *LabVIEW в исследованиях и разработках*. – М.: Горячая линия - Телеком, 2005. - 352 с.
3. Егоров О.Д. *Механика электромеханических роботов*. – М.: ГОУ ВПО МГТУ «Станкин», 2009. - 339 с.

Приложение А

Блок-схема работы модуля «Робот-Манипулятор»



Список рекомендуемой литературы по курсу «Основы мехатроники»

1 Меньков А.В. Теоретические основы автоматизированного управления/А.В Меньков, В.А. Острейковский. - Учебник для вузов. - М.: Издательство Оникс, 2005. - 640 с.

2 Антонов В.А. Системный анализ. Методология. Построение модели: Учебное пособие.- Обнинск: ИАТЭ, 2001. - 272 с.

2 Гаскаров Д.В. Интеллектуальные информационные ситемы. - М.: Высш. шк., 2003.- 431 с.

3 Корячко В.П. Теоретические основы САПР: Учебник для вузов/ В.П. Корячко, В.М. Курейчик, И.П. Норенков.- М.: Энергоатомиздат., 1987. - 400 с.

4 Ковальчук Е.Р. Основы автоматизации производства: Учебник длявузов/ Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева. - М.: Машиностроение, 2001. - 312 с.

5 Круглов Г.А. Основы автоматизации производственных процессов. - М.: ТОО "Янус", 1995. - 52 с.

6 Бушуев С.Д. Автоматика и автоматизация производственных процессов: Учебник для вузов/ С.Д. Бушуев, В.С. Михайлов. - М.: Высш. шк., 1990. - 256 с.

7 Бруханов В.Н. Теория автоматического управления: Учебник для вузов/В.Н. Бруханов, М.Г. Косов, С.П. Протопопов и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева. - М.: Высш. шк., 2000 - 268 с.

8 Бруханов В.Н. Управление технологическими системами: Учеб. пособие/ В.Н. Бруханов, В.П. Протопопов, А.Г. Схиртладзе и др.- Тверь: Изд-во ТГТУ, 1995. - 264 с.

9 Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы. В 14 кн./ Практическое пособие/ Под ред. М.И. Черпаков. - М.: Высш. шк, 1989.

10 Белянин П.Н. Гибкие производственные системы: Учеб. пособие/ П.Н. Белянин, М.Ф. Идзон, А.С. Жогин. - М.: Машиностроение, 1988. - 256 с.

11 Головенков С.Н. Основы автоматики и автоматического регулирования станков с программным управлением: Учебник/ С.Н. Головенков, С.В. Сироткин. - М.: Машиностроение, 1988. - 288 с.

12 Келим Ю.М. Тепловые элементы систем автоматического управления: Учеб. пособие/ Ю.М. Келим. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2002. - 484 с.

13 Филипов Л.Г. Мини- и микроЭВМ в управление промышленными объектами/ Л.Г.Филипов, И.Р. Фрейдзон и др.; Под ред. И.Р. Фрейдзона.- Л.: Машиностроение. Ленинградское отд-ние, 1984. - 336 с.

14 Деменков Н.П. SCADA-системы как инструмент проектирование АСУТП: Учеб. пособие. - М.: изд-во МГТУ им. Н.Э Баумана, 2004. - 328 с.

15 Корнилов Р.В. Основы управления технологическим управлением и промышленными роботами: учебное пособие. - М.: изд-во МИЭТ, 1992. - 178 с.