

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

  
В.Ф. Головин

Лабораторный практикум

"ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ"

ТЗ-152

Учебно-методическое пособие

---

## Предисловие

В учебном пособии методические указания даны для пяти лабораторных работ, целью которых является изучение конструкции, принципа действия, режимов эксплуатации, программирования роботов: РМ-01, МП-9, Электроника-НЦТМ, ТУР-10, Учебный робот.

Выполнение экспериментальных работ с первыми тремя роботами - обязательное, с другими двумя - для желающих.

Желающим выполнить практическую часть углубленно, предлагается:

- для робота РМ-01 - силовое управление пальцем робота; система подготовки данных на персональном компьютере;
- для робота ТУР-10 - адаптивное управление с оптическим датчиком;
- для робота МП-9 - двухфазный асинхронный линейный двигатель;
- для робота "Электроника - НЦТМ" - разработка полной управляющей программы взаимодействия робота со станком и кассетой в режиме управления от СУ "Сфера - 36".

Автор выражает признательность дипломникам, которые разрабатывали эти вопросы - Левин А., Кудряков А., Дорощенко С., Пименов Д.

Для желающих углубленно изучать роботы предлагаются задачи и вопросы, отмеченные звездочкой.

Работы выполняются в три этапа. Первый - ознакомительный по программе "Подготовка", в конце - собеседование.

Второй этап - проведение экспериментов.

Третий этап - оформление и сдача зачета по программе "Защита". Порядок выполнения работ следующий:

1. Изучить по методичке и литературе, указанной в списке, принцип действия, конструкцию, режимы эксплуатации, программирование. Ответить на вопросы по программе "Подготовка", в тетради сделать необходимые рисунки, таблицы, подготовить программы для экспериментов.

2. Сдать собеседование по программе "Подготовка".

3. Допущенным к эксперименту посмотреть все наблюдаемые элементы данного робота и периферии, а также стенды и плакаты.

4. Ознакомиться по инструкциям с техникой безопасности, получить допуск у преподавателя.

5. Наблюдать порядок включения, выключения, режима работы, сделать записи. Включают привода роботов РМ-01, ТУР-10 и работают с включенными приводами только преподаватель, тьютер, лаборант. С остальными роботами могут работать студенты самостоятельно, получив на это разрешение.

6. Результаты экспериментов записывать каждому и на каждом занятии показывать преподавателю.

7. Оформление отчета. Несмотря на групповое проведение эксперимента отчет у каждого должен быть личным для всех лабораторных работ в одной тетради. Содержание отчета должно включать все задачи, рассмотренные в разделе "Порядок проведения" данной работы. Необходимо обозначить задачу, привести рисунок с обученными точками и траекториями, схему алгоритма, программу, данные измерений.

8. Подготовить вопросы по программе "Защита" и сдать зачет преподавателю.

### Промышленный робот РМ-01

#### Порядок выполнения работы

1. Наблюдая действия преподавателя, запишите порядок включения, калибровки, работу с пультом управления, выключение робота.
2. Нарисуйте кинематическую схему манипулятора.
3. В режиме JOINT с пульта ручного управления перемещайте звенья.

Скорость на ПРУ не более 3 единиц !!!

На клавиатуре наберите директиву WHERE#. Наблюдая изменение угловых координат, отметьте их положительное направление и начало отсчета на кинематической схеме.

4. Перейдите в режим WORLD (только под контролем преподавателя или лаборанта).

На планировке, где кроме робота обозначены стены и окна лаборатории, нарисуйте положительные направления осей X, Y, Z, связанных с роботом.

На клавиатуре наберите директиву WHERE. Наблюдая на мониторе реальные значения X, Y, Z, определите точку с координатами X=Y=Z=0 и нанесите ее на планировку.

Нажимая последовательно на 12 кнопок справа на пульте ручного управления (ПРУ), определите характер движения робота. Покажите эти движения на рисунке манипулятора.

5. Перейдите в режим TOOL#. Нажимая последовательно на 12 кнопок справа на ПРУ, определите характер движения робота. Покажите эти движения на рисунке манипулятора.

6. Нарисуйте переднюю панель ПРУ с обозначением всех кнопок.

7. На клавиатуре наберите директиву .GO READY (переведите манипулятор в исходное положение). Запишите значение координат этой точки в системах JOINT, WORLD.

8. Войдите в редактор и запишите тексты заранее подготовленных программ. Для следующих ниже задач запишите необходимые обученные точки, подставляя бумагу под карандаш в хвате и сделайте наброски траекторий перемещения.

а) перемещайте хват с карандашом через 3 точки плоскости (A1, A2, A3) по замкнутой траектории со скоростью  $v=50\text{ мм/с}$  с остановками в каждой точке - 2с. (одна программа - с GO, другая - с GOS);

б) аналогично а), но перемещение осуществляется по плавной траектории без остановок.

в) Составьте 4 программы с вариантами (GO, GOS;  $v=5$ ,  $v=100$ ).

г) аналогично а), но в точках A1 и A3 включить 1-ю и 3-ю выходные линии после сигналов разрешения с 2-й и 4-й входных линий. В конце программы обнулить 1-ю и 3-ю выходные линии с интервалом в 3с и выводить робот в исходное положение.

д) Сместите все точки программы на 40мм вправо.

е) Сместите точку A1 программы а) на 30мм влево.

ж) Для данной программы нарисуйте планировку и схему алгоритма также предполагаемую траекторию карандаша. Сколько точек он отметит на бумаге. Точку D обучите в плоскости с точками B1.

Программа PALLET

```

1. LOCATE B1=START
2. SET X=0
3. SET Y=0
4. 5. CALL JOY
5. GO D
6. SHIFT B1 = .50 , 0 , .0
7. SET X=X+1
8. IF X<3 THEN JUMP 5
9. SET X=0
10. SHIFT B1= -150,50,0
11. SET Y=Y+1
12. IF Y<4 THEN JUMP 5

```

program JOY

```

1. SPEED 30
2. GOSNEAR B1,5
3. GOS B1
4. DELAY 1
5. GONEAR B1,5
6. RETURN

```

ж)\* Составьте программу для измерения погрешности позиционирования при повторяемости (20 раз) подхода (легкого нажима) к щупу индикатора (точки C2) от точки C1, расположенного выше от C2 на 10 мм. В точке C2 сделайте задержку 5 сек. для наблюдения показаний индикатора и датчиков приводов (команда WH#).

з)\* Для определения погрешности от люфтов составьте программу, аналогичную ж), но с подходом к точке C2 сверху, а затем пройду ее примерно на 1 мм. отсюда к точке C3. Выделите дисперсию по измеренным результатам.

и)\* Подключите Сферу-36 к ПК. Используя мониторные команды продемонстрируйте работу манипулятора в режимах JOINT, WORLD, TOOL.

Создайте в МИКРОМИРЕ файл с программой: прохода схвата работа по траектории из 30 обученных точек. Пусть эти точки лежат на окружности через 12 градусов. На ПК создайте эти точки. Пр продемонстрируйте выполнение данной программы.

к)\* Определите старировочную характеристику датчика пальца. Составьте программу подхода пальца к заданной точке, нажатия на эту точку с усилием 5Н, затем задержка 3 сек., отход на 20 мм.

Отчет о выполненной работе должен содержать:

1. Для каждой задачи - планировку, схему алгоритма, текст программы, время цикла, все, что оговорено в опытах.
2. Рисунок системы координат TOOL с указанием всех шести координат.
3. Кинематическая схема, планировка с роботом в лаборатории.
4. Рисунок ПРУ с обозначением кнопок.
5. Значения координат точки, соответствующей директиве "GO READY" в системах JOINT, WORLD.
6. Систему команд, использованных в программах.
7. Структурная схема СУ "СФЕРА-36".

Вопросы для подготовки к работе:

1. В каких системах координат программируются перемещения в ПР РМ-01 ?
2. Какова система координат первых трех звеньев РМ-01 : цилиндрическая, сферическая?
3. Что такое обобщенные координаты? Назовите третью обобщенную координату робота РМ-01 ?
4. Как ориентирована система координат TOOL ?
5. Какими командами выполняются следующие действия?
  - открыть - закрыть схват;
  - перевести робот в исходное состояние;
  - калибровать робот;
  - увеличить скорость в ручном режиме;
  - перемещать второе звено;
  - смещать схват вертикально вверх;
  - обучать точки, массивы точек;
  - войти в редактор;
  - запустить, остановить, продолжить программу;
  - перемещаться в обученную заранее точку.

5. Что обозначают команды :

```
GO BOX      GOS A      GONEAR A,10      SP 20      .GO READY
:GOS V-     OPEN      CLOSE      OUT 3,-4,-2      WAIT IN 2,-3
JUMP 5      DELAY 8    SHIFT A = 10, 20, 30      BASE 20, 10, 5
HERE BOX    LTEACH A   WHERE      WHERE#      RUN JOY,-3
ABORT      EXIT      EDIT JOI
```

Вопросы к защите лабораторной работы.

1. Порядок действий при включении робота.
2. Порядок действий при редактировании программы и ее исполнении.
3. Порядок действий при обучении.
4. Характер движений при управлении с пульта ручного управления в режимах JOINT, WORLD, TOOL.
5. Программа точечной сварки (20 точек через 10мм в направлении оси X по прямой
  - а) все точки получены обучением,
  - б) только первая точка получена обучением.
6. Программа завинчивания 10 гаек на крышке гайковертом с использованием датчика усилия затяжки.
7. Как переместить в режиме ручного управления схват в точку с координатами X=Y=Z=200.
8. Как мониторной директивой или в программе учесть притупление сверла на 2мм?
9. Программа перехода из заданной точки (известны ее координаты) в другую (ее координаты тоже известны).
10. Какой вид интерполяции используется при выполнении команд GO A, GOS A ?
11. Чем отличается позиционная система управления от контурной? функции MAV, МПИ, MBV ?
12. Есть ли в "СФЕРЕ-36" параллельный интерфейс?
13. Каков тип датчиков в РМ-01 ?
  - потенциометрический,
  - фото-импульсный,
  - кодово-импульсный.
14. Чувствуют ли направление датчики РМ-01 ?
15. В чем состоит режим "калибровка"?
16. Как показать, что СУ "СФЕРА-36" имеет (не имеет) блоки решения прямой и обратной кинематических задач?
17. Записана программа дуговой сварки с обучением точкам. Как воспользоваться этой программой для изделия, смещенного параллельно вверх на 40мм?

- 18\*. Программа перехода из произвольной точки в заданную.
- 19\*. Программа дуговой сварки прямолинейного шва длиной 100мм со скоростью 10мм/с с наложенными колебаниями электрода (10 колебаний с амплитудой 10мм).
- 20\*. Каковы алгоритмы для реализации команд GO A; GOS A GONEAR A,50 SP 100; DEL 5; OUT 5; WAIT IN 3; BASE 10,20,30,45 ?

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Грузоподъемность	- 2,5 кг.
Количество степеней подвижности	- 6
Погрешность позиционирования	- 0,1 мм
Рабочее пространство	-сфера с радиусом 0,92
Скорость движения с максимальным грузом по свободной траектории	-не более 1,0

### Манипулятор

PM-01 представляет антропоморфный манипулятор с шестью звеньями (рис.1). Звенья соединяются друг с другом в суставах и вращаются вокруг осей, проходящих через центры суставов.

В состав каждого звена входит следящий привод,оснащенный двигателем постоянного тока с постоянным магнитом.

Текущее положение манипулятора определяется по отношению к известному абсолютному положению. Установка этого абсолютного положения (калибровка) осуществляется с помощью потенциометра. Калибровка выполняется каждый раз после включения приводов робота.

Для управления движением манипулятора необходимо постоянно контролировать положение и скорости перемещения звеньев. Для этого на валу каждого двигателя,установлены потенциметрический и фотоимпульсный датчики (в одном корпусе). Вращается датчик от вала двигателя через скользящую муфту.

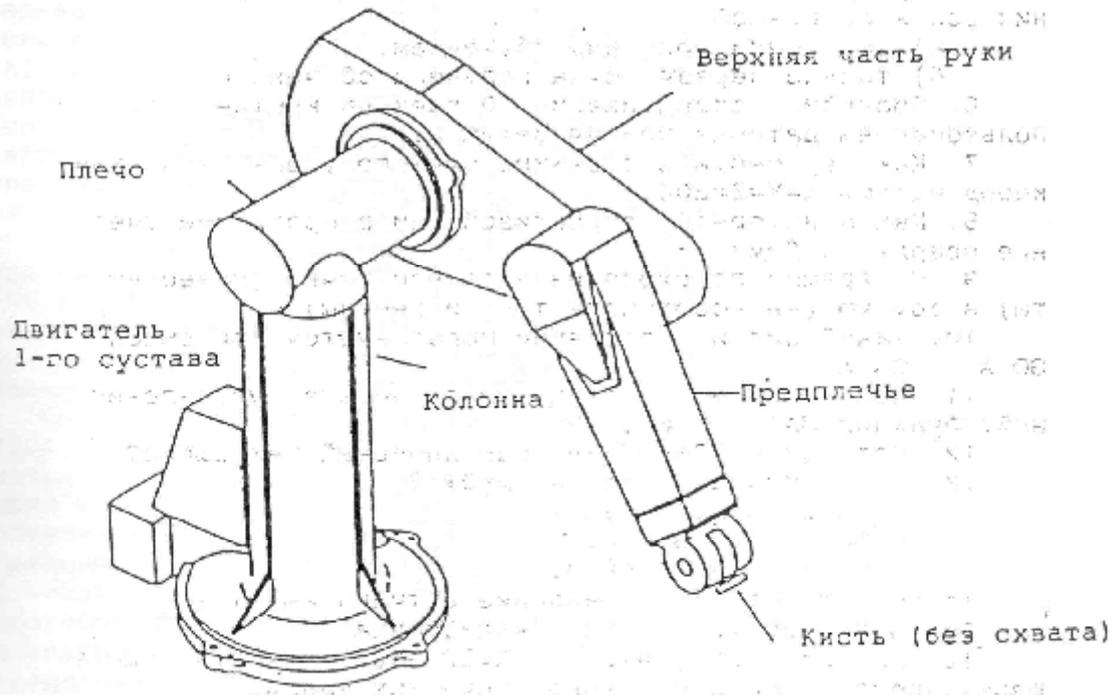


Рис. 1

Двигатели оснащены электромагнитными тормозами, которые включаются при выключении питания двигателей.

Двигатель первой степени подвижности установлен в коже вне нижней части колонны. На валу двигателя закреплено цилиндрическое зубчатое колесо, которое передает вращательное движение на зубчатый венец, соединенный со стволом колонны, осуществляя ее вращение.

Двигатель и зубчатые передачи второй степени подвижности установлены в задней части звена между плечем и локтем. Передача - двухступенчатая. Вал двигателя, на котором закреплена коническая шестерня, вращает ведомую шестерню, установленную на промежуточный вал. На другом конце промежуточного вала находится цилиндрическая шестерня, вращающая стационарно закрепленный на плече зубчатый венец. Двигатель третьей степени подвижности размещен рядом с двигателем второй степени между плечем и локтем. Передача двухступенчатая.

Двигатели четвертой, пятой и шестой степени подвижности размещены рядом в предплечьи у локтя. Передача от двигателя на шестерни кисти осуществляется через упругие муфты и промежуточные валы.

Стандартный хват снабжен пневмоцилиндром двойного действия, осуществляющим сжатие и раскрытие губок схвата.

### Система управления "Соера-36"

Центральная часть этой системы представляет собой многопроцессорное управляющее устройство, построенное по иерархическому принципу. Верхний уровень управления состоит из ОЗУ, ПЗУ и следующего модуля: центрального процессора (МЦП), последовательного интерфейса (МПИ), аналогового ввода (МВВ), ввода - вывода (МВВ), связи (МС). Нижний уровень управления состоит из модулей процессора привода (МПП), связанных с ним модулей управления приводом (МУП) и модулей широтно-импульсного питания (ШИП) электродвигателей (рис. 2).

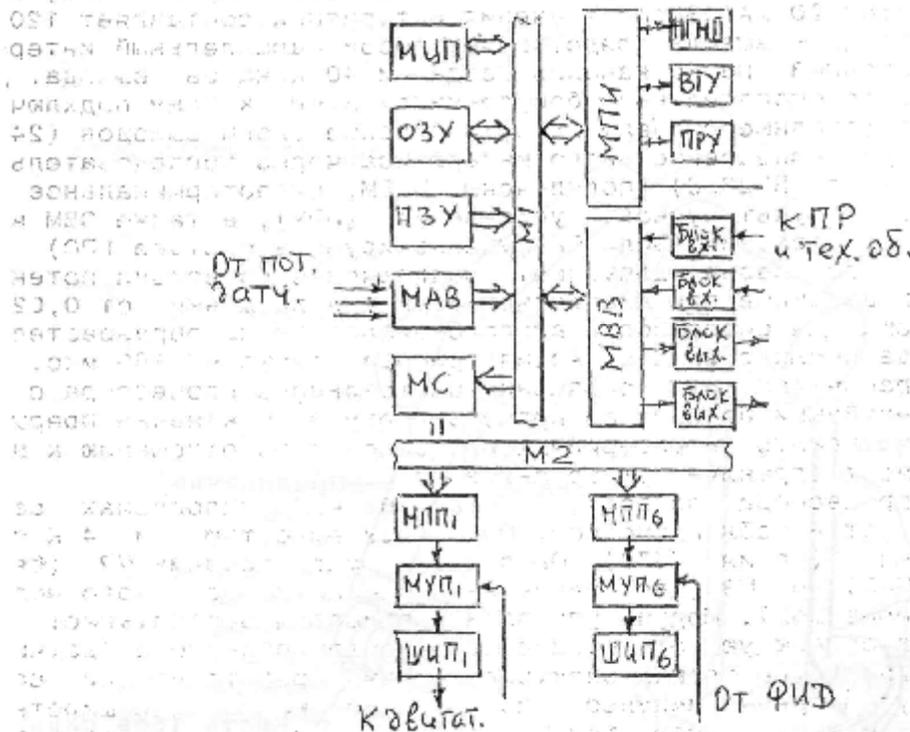


Рис. 2

Модули верхнего уровня объединены магистралью M1, аналогичной магистрали микроЭВМ "Электроника 80". На верхнем уровне происходит расчет траектории движения захватного устройства ПР, формирование программ движения каждого его звена, логическая обработка информации о состоянии устройств, входящих в состав РТК, диалоговый режим работы оператора через видеотерминальное устройство (ВТУ), обмен информацией с ЭВМ верхнего уровня, запись, чтение и хранение рабочих программ управления ПР в НГМД, управление ПР от пульта ручного управления (ПРУ), диагностика работы системы, калибровка местоположения звеньев ПР.

Нижний уровень управления предназначен для решения задачи регулирования параметров движения (положения, скорости) звеньев ПР в соответствии с программами движения, поступающими с верхнего уровня управления. Связь между процессором верхнего уровня и процессорами управления приводами осуществляется через модуль связи. При этом используется режим прямого доступа в память ОЗУ процессоров управления приводами.

Модули выполнены на печатных платах размерами 180\*320 мм. Модуль центрального процессора, построенный на основе микропроцессорного комплекта серии K1801, включает в себя однокристалльный процессор, регистр начального запуска, системное ОЗУ емкостью 32 16-разрядных слова, резидентное ПЗУ емкостью 4 К 16-разрядных слова, программируемый таймер. Время выполнения регистровых команд - 2 мкс.

Системное ОЗУ предназначено для временного хранения операндов и векторов текущего процессора при выполнении системной программы. Системное ПЗУ служит для хранения программ начального запуска пультных режимов. Программируемый таймер вырабатывает две последовательности импульсов для организации прерываний центрального (период 2 мс.) и периферийных процессоров (период 0.2 мс.). В ПЗУ хранятся операционная система и константы системы управления. ПЗУ емкостью 16 К слов собрано на микросхемах серии K573. ОЗУ имеет емкость 8 К слов. При выключении сетевого питания для сохранения информации ОЗУ подключается к батарейному источнику питания, потребляя при этом 20 мА. Время хранения информации составляет 120 ч.

Модуль ввода - вывода представляет собой параллельный интерфейс, рассчитанный на 40 каналов ввода и 40 каналов вывода. Для сопряжения с вспомогательным оборудованием и ПР к нему подключены блоки входов (входные сигналы 24 В) и силовые блоки выходов (24 В, 2 А). К модулю последовательного интерфейса через последовательные каналы (стандарт RS232C) подключены НГМД, видеотерминальное устройство (ВТУ), пульт ручного управления (ПРУ), а также ЭВМ верхнего уровня управления (если ПР функционирует в составе ГПС). Модуль аналогового ввода допускает подключение до восьми потенциометрических датчиков при диапазоне входных напряжений от 0,02 до 5,0 В. Разрешающая способность аналого-цифрового преобразователя - двенадцать двоичных разрядов, время преобразования - 160 мкс. Модуль связи рассчитан на сопряжение центрального процессора с семью периферийными по каналам прямого доступа и каналам прерываний. При этом память периферийных процессоров по отношению к центральному имеет ограниченную организацию.

Модуль процессора привода, собранный на микросхемах серии K1801, включает в себя процессор, ОЗУ и ПЗУ емкостью 1 и 4 К слов соответственно (серия K573). Он связан с магистралью M2 (связь через MC с МЦП) и M3 (для подключения специализированного модуля управления приводом). Модуль управления приводом обрабатывает информацию, поступающую от процессора и фотоимпульсного датчика, формируя сигнал управления электроприводом, представляющий собой широтно-модулированный импульс, поступающий на модуль широтно-импульсного питания с частотой 5 кГц. При этом скорость двигателя определяется частотой (периодом) импульсов, поступающих от фотоимпульсных датчиков. Напряжение, подаваемое на приводы, составляет 33 +/- 5 В. Максимальный ток двигателей первой - третьей координат ПР составляет 5, а четвертой - шестой - 2 А.

Система передачи данных от РС к СУ "Сфера-36"

Управляющая ЭВМ и персональный компьютер соединены через последовательный порт линией связи. Разработана программа, обеспечивающая максимальное быстродействие передачи данных на данной линии связи с указанными характеристиками :

- скорость обмена : 9600 бод;

- количество информационных бит : 7.

Полученная программа способна пересылать:

- тексты программ, написанных на языке ARPS;

- значения координат точек, записанных в формате ARPS;

- тексты программ и данных в восьмеричных кодах микропроцессора.

Для работы с системой передачи данных необходимо:

1) В выключенной СУ Сфера-36 к разъему МПИ вместо собственного терминала подключить разъем линии связи.

2) В РС вызвать программу MENU.EXE и в поле МОНИТОР выбрать опцию ДЛ.

3) В случае чтения программы на языке ARPS из ОЗУ Сферы-36 необходимо выбрать файл для записи в РС RECORDS0.TXT. Возможно формирование до 10 файлов (0-9), в которых будет записываться сеанс работы со Сферой-36. Устанавливается режим МОНИТОР, нажатием клавиши F2 обеспечивается режим записи из Сферы-36 в файл RECORDS0.TXT, и в дальнейшем этот файл будет в директории RECORDS.

4) В случае чтения восьмеричных кодов из Сферы-36 в РС необходимо в режиме МОНИТОР нажать F3 и выбрать начальный и конечный адреса. Далее клавишей F2 установить режим записи и клавишей F4 запустить пересылку. В РС записанные в кодах программы будут находиться в директории RECORDS.

5) В случае пересылки программ из РС в Сферу-36 необходимо выбрать имя файла с расширением PRG, например \$\$\$ .PRG. После нажатия ENTER появляется возможность перекачки файла \$\$\$ .PRG. В Сфере-36 этот файл должен находиться в директории PM01.PRG.

6) В случае пересылки точек из РС в Сферу-36 необходимо выбрать имя файла с расширением LOC, например GG.LOC. После нажатия ENTER появляется возможность пересылки GG.LOC в Сферу-36. Этот файл должен находиться в Сфере-36 в директории PM01.DAT.

7) В случае пересылки восьмеричных кодов из РС в Сферу-36 необходимо выбрать имя файла с расширением KOD, например TTT.KOD. После нажатия ENTER появляется возможность пересылки TTT.KOD в Сферу-36. Этот файл должен находиться в Сфере-36 в директории PM01.KOD.

Система силового управления пальцем ПР РМ-01

Для силового управления используется аналоговый дифференциально-трансформаторный датчик, сигнал с которого через АЦП поступает в группу технологических входов. Опрос датчика происходит с частотой около 1 кГц. Используемая система позволяет различать 256 уровней.

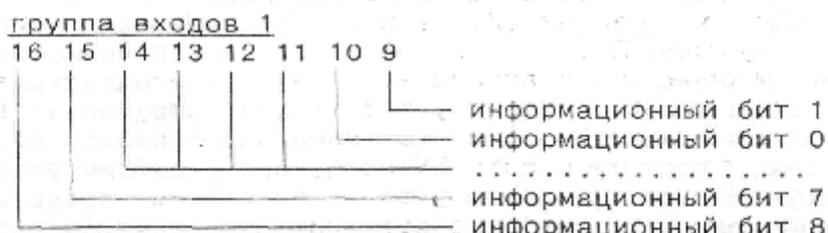


Рис. 3

Пример программы опроса состояния датчика:

1. SET X = INGROUP 1 / 256
2. PRINT "СОСТОЯНИЕ ДАТЧИКА", X

Пояснения к программе:

1. Переменной X присваивается значение первой группы входов с 8-го бита и старше. В данном примере 256 соответствует 8-му разряду.
  2. Нумерация битов и разрядов начинается с 1.
  3. Переменной X присваивается значение, соответствующее показаниям аналогового датчика.
- При работе с датчиком можно пользоваться программным опросом состояния и работой по прерыванию.

#### Описание систем координат и программирования ПР PM-01.

Система оперирует с целыми переменными, то есть с числами, которым присвоено имя. Переменные величины могут лежать в пределах от -32768 до +32767. Расстояния в рабочем пространстве ПР могут быть заданы в пределах 1023,99 мм (дискретность 0,01 мм). Угловые величины задаются в пределах 359,99° (дискретность 0,005°). Суставы ПР обозначаются термином JOINT и нумеруются от 1 до 6 (согласно степеням подвижности). В рабочей программе задаются сигналы на линии управления внешним оборудованием (всего 128 линий). При этом на линиях устанавливаются сигналы логической единицы (например, команда OUT 2 означает, что на линии 2 установлен сигнал логической единицы) или сигналы логического нуля (например, бит команды OUT-3 знак минус означает, что на линии 3 установлен сигнал логического нуля).

Точки внутри рабочей области ПР могут быть трех типов: координатные, комбинированные и прецизионные.

Прецизионная точка — это положение, определяемое абсолютными угловыми величинами суставов ПР, при котором достигается максимально возможная точность и однозначно определяются позиции ПР. Например, в PICK# символ # обозначает, что позиция PICK — прецизионная точка.

Координатная точка описывается тремя декартовыми координатами положения и тремя углами ориентации.

Структура системы координат робота "PM-01" содержит три набора координат: базовую (основную) систему координат WORLD, координатную систему инструмента TOOL и систему обобщенных координат JOINT. Базовая система координат зафиксирована и связана с основанием (неподвижным звеном) ПР. Она может быть перемещена инструкцией BASE. Инструментальная система координат также состоит из трех взаимно перпендикулярных осей ( $X^I, Y^I, Z^I$ ), центр которых совпадает с центром I монтажного фланца инструмента. При движении ПР перемещается инструментальная система координат  $X^I, Y^I, Z^I$  относительно базовой системы  $X, Y, Z$ . Кроме того, положение инструментальной системы координат относительно базовой характеризуется углами наклона  $O, A$  и  $T$ . Во время выполнения программы система управления на основе данных о позиции  $(X, Y, Z, O, A, T)$  рассчитывает координаты (углы) каждого сустава ПР.

Таким образом, величины  $X, Y, Z$  в системе координат WORLD определяют положение захватного устройства (инструмента) в пространстве (точка I), а углы  $O, A, T$  — его ориентацию. При этом угол  $O$  определяется как угол в плоскости  $XY$  между проекцией на эту плоскость оси  $Z^I$  и осью  $X$ . Угол  $A$  — это угол между осью  $Z$  и осью  $Z^I$ , а угол  $T$  — это угол между линией пересечения плоскостей  $XY$  и  $X^I Y^I$  и осью  $Y^I$  (рис. 4).

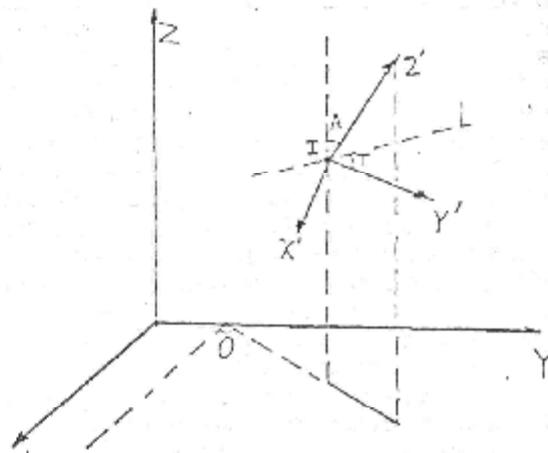


Рис. 4

В системе управления предусмотрено задание так называемых комбинированных точек, когда рабочие точки ПР определяются относительно некоторых других положений и рассматриваются как суммы. При формировании комбинированных точек в режиме обучения в первую очередь определяется исходное положение **HERE CORNER**, где **CORNER** – исходное положение. Затем захватное устройство переводится в заданную точку (точку **HOLE**) и подается команда **HERE CORNER (HOLE)**. Воспроизведение движения осуществляется программной инструкцией **GO CORNER (HOLE)**. **SHIFT** рассчитывает новое положение по известному положению со сдвигом по задаваемым в команде величинам  $dx, dy, dz$ .

Для задания перемещений наряду с описанными выше командами **GO**, **TRIGOS**, **GONEAR**, **GOSNEAR** используются команды позиционирования в основной системе координат на заданные величины (**MOVE**  $\langle dx \rangle, \langle dy \rangle, \langle dz \rangle$ ), перемещения по прямолинейной траектории (**MOVES**  $\langle dx \rangle, \langle dy \rangle, \langle dz \rangle$ ), аналогичные команды относительно системы координат захватного инструмента (**TMOVE, TMOVES**). Для управления отдельными суставами применяется команда **MOVE JOINT**, в которой указываются номер сустава и угол поворота. Предусмотрена также команда **ALIGN**, совмещающая ось **Z** инструментальной системы координат с ближайшей осью  $(X, Y, Z)$  основной системы координат. Движение в исходную позицию задается командой **GO READY**.

При управлении захватным устройством наряду с командами **OPEN** и **CLOSE** могут быть заданы команды на время их выполнения: **ODELAY**  $\langle$ время $\rangle$  при открытии и **CDELAY**  $\langle$ время $\rangle$  при закрытии. При отсутствии этих команд время выполнения операций составляет 0,2с. Команды управления захватным устройством могут быть заданы одновременно с командами на перемещение, например командами **GO CLOSE** или **GOS OPEN**. Поскольку в одно и то же положение захватное устройство может быть установлено при двух различных положениях звеньев руки, в рабочей программе предусматривается управление положением отдельных суставов (**J2 RIGHT, J2 LEFT, J3 UP, J3 DOWN, J5 PLUS, J5 MINUS**).

Задержка в выполнении движений по программе может быть задана командой **DELAY** с указанием времени с точностью до сотых долей секунды. Максимальная выдержка составляет 327,67с. Ветвление рабочей программы происходит по командам безусловного перехода (**JUMP**) к строке, указанной меткой, и условных переходов, задаваемых как **IF**  $\langle$ условие $\rangle$  **THEN JUMP**  $\langle$ метка $\rangle$ .

В качестве условий могут быть использованы сигналы на линиях ввода. Для перехода к подпрограмме используется команда **CALL**  $\langle$ имя подпрограммы $\rangle$ ; возврат из выполненной подпрограммы осуществляется командой **RETURN**.

В случае необходимости прерывания выполнения рабочей программы задается команда **STOP**; для продолжения программы оператор должен задать инструкцию **CONTINUE**. Команда **HALT** прекращает выполнение

программы без возможности ее продолжения. Команда EXIT останавливает выполнение программы по окончании главной программы. В системе предусмотрена возможность коррекции размеров вмонтированного в кисть ПР инструмента. При этом задаются команда TOOL и величины коррекции инструмента по осям X, Y, Z и углам  $\theta, \alpha, \tau$ .

Наряду с командами задания рабочей программы система управления выполняет целый ряд команд монитора, во многом похожих на команды монитора операционных систем мини-ЭВМ. К ним относятся прежде всего команды редактирования (режим редактирования задается командой EDIT), используемые при редактировании рабочих программ. С помощью этих команд можно удалить строки программы (D < число строк >), вставить строку (I), вывести строки на экран (P), заменить отдельные знаки в строке (R) и т.д.

При работе с гибким магнитным диском для записи, считывания и уплотнения программ, хранимых на диске, предусмотрены команды STORE, LOAD, FPACK. Для просмотра информации и программ, хранимых в ОЗУ системы управления, предусмотрены команды PLIST, LLIST, LIST, COMMANDS, LIST STATUS. Записанная на гибком магнитном диске и в ОЗУ информация удаляется с помощью команд LDEL (удаление положений из ОЗУ), FDEL (удаление файла с гибкого диска), ZERO DISC, ZERO MEMORY (удаление всей информации).

Для просмотра каталогов (имен, хранимых программ и файлов) используются команды FDIR (просмотр диска) и PDIR (просмотр ОЗУ). Вывод на экран местоположения захватного устройства производится командой WHERE, координат суставов - командой WHERE#. С помощью команд монитора можно приостановить (ABORT) и продолжить (CONTINUE) выполнение рабочей программы. Команда EXIT останавливает выполнение программы по концу главной программы, игнорируя заданное число циклов прохождения главной программы. Названия многих команд можно при задании сократить, например: CLOSE - CL, HERE - HE, HALT - HA, OPEN - OP и т.п.

Переключение в режим обучения происходит по команде LTEACH с помощью пульта ручного управления. При этом реализуется несколько режимов управления. В режимах WORLD и TOOL происходит управление движением ПР в соответствующих координатах, в режиме JOINT - отдельными суставами, а в режиме FREE ослабляет управление выбранным суставом от сервосистемы, причем оператор может изменить положение сустава вручную.

Ошибки, возникающие при каких-либо неисправностях системы управления, останавливают прохождение программы, а причины останова индицируются на экране. Кроме того, выявляются ошибки в действиях оператора при задании программы или ручном управлении ПР.

#### Пример программы

- |                    |                                |
|--------------------|--------------------------------|
| 1. GONEAR PART, 50 | приход в точку над деталью     |
| 2. GOS PART        | подход к детали                |
| 3. CLOSE           | закрытие захватного устройства |
| 4. GONEAR, 150     | подъем детали                  |
| 5. GONEAR BOX, 100 | перемещение в точку над целью  |
| 6. GO BOX          | перемещение в точку цели       |
| 7. OPEN            | открытие захватного устройства |
| 8. GONEAR, 100     | возврат в исходную точку       |

При этом PART - место, откуда забирается деталь; BOX - место, куда укладывается деталь; GONEAR - перемещение в позицию относительно какой-либо точки (50 мм над точкой PART, 100 мм над точкой BOX), GOS - перемещение в заданную точку по прямой; GO - позиционное перемещение; CLOSE - закрыть захватное устройство; OPEN - открыть захватное устройство.

Ввод координат требуемых точек может быть выполнен в режиме обучения путем подвода захватного устройства ПР в нужное положение (PART или BOX) и задания команды HERE PART (HERE BOX). Скорость движения ПР задается командой SPEED.

### Система команд ARPS

Знак < > означает указание необязательного аргумента.

Подчеркивание - означает минимально необходимое количество букв в команде.

#### Программные команды

GO READY - Перемещение в базовую точку (вертикально вытянутая рука), постоянно находящуюся в памяти робота.

GO имя точки - Движение по плавной (интерполированной в обобщенных координатах) траектории из текущего положения в данную предварительно обученную точку.

Пример :

GO a1

GOS имя точки - Движение по прямолинейной траектории.

Пример :

GOS b2

GONEAR <имя точки>, расстояние - Перемещение в положение, находящееся на заданном расстоянии от точки в направлении инструментальной оси Z.

SPEED <скорость> - Установка скорости в программе. Имеет более высокий приоритет, чем аналогичная мониторинговая директива (по умолчанию 100мм/с).

Пример :

SP 150 - Установка скорости 150мм/с.

SPEED% <скорость> - Установка масштабного коэффициента скорости.

Пример :

SP% 35 - Установить скорость в 35% от заданной ранее.

SPEED NEXT - Установка скорости движения манипулятора только на один следующий шаг программы.

Пример :

SP NEXT 50 - Движение по следующей команде со скоростью 50мм/с.

#### Команды управления схватом

OPEN - Открыть схват.

CLOSE - Закрыть схват.

#### Команды управления входами и выходами

OUT выход, <выход> , <выход> - Управление выходами.

Пример:

OUT 2,-3 - Включить выход 2, выключить выход 3.

OUT 1 - Включить выход 1.

WAIT IN вход, <вход>, <вход> - Ожидание указанного состояния входных линий.

Пример:

W IN 1,-3 - Ожидание, пока вход 1-й установится в "1", а вход 2-й в 0.

### Команды ветвления

JUMP метка - Выполняет ветвление в строке, задаваемой меткой.

IF IN <вход>, <вход>, <вход>, <вход> THEN JUMP метка - программа ветвится в сторону, указанную меткой, если корректно состояние входных линий.

Пример:

IF IN 2 THEN JUMP 10 - проверяется, находится ли входная линия 2 в состоянии "1", и если да, то управление передается на сторону с меткой 10.

Пример:

IF IN 3, -5 THEN JUMP 100 - проверяется, находится ли входная линия 3 в состоянии "1" и входная линия 5 в состоянии "0", и если находятся, то программа передается на сторону с меткой 100.

CALL программа - управление передается подпрограмме.

RETURN - возврат в программу.

### Задание колебаний

WEAVE амплитуда, <время одного колебания>, <задержка в крайних положениях> - Задание параметров колебаний.

GOS&WEAVE имя точки - Идти в точку с колебаниями, ранее заданными командой WEAVE.

Пример:

GOS&W home - Идти с колебаниями в точку home.

### Задержки

DELAY время - Задержка при выполнении программы.

Пример:

DEL 3 - Задержка 3 секунды.

ODELAY время - Устанавливает время пребывания схвата открытым.

### Команды аналитического программирования

SHIFT точка=<сдвиг по OX>, <сдвиг по OY>, <сдвиг по OZ>  
- сдвиг точки на расстояния, указанные в команде.

Пример:

SH fb1=20, , -10 - Координаты точки fb1 изменятся:  
X - увеличиваются на 20мм,  
Z - уменьшаются на 10мм, Y - не изменяется.

BASE <X>, <Y>, <Z>, вращение вокруг OZ - Сдвиг расположения основной системы координат (следовательно, местоположения всех точек).

Пример:

BASE 20, 10 - Сдвиг всей системы координат на 20мм по оси X, на 10мм по оси Y.

MOVE <dx>, <dy>, <dz> - Перемещение относительно основной системы координат по плавной траектории на величины dx, dy, dz.

Пример:

MOVE 10, 20, -35 - Переместиться из текущего положения на 10мм по оси X, 20мм по оси Y и на -35мм по оси Z.

MOVES <dx>, <dy>, <dz> - Аналогично MOVE, но по прямой.

**TMOVE** <dx>, <dy>, <dz> - Перемещение относительно системы координат инструмента по плавной траектории.

**TMOVES** <dx>, <dy>, <dz> - Относительно TMOVE, но не по прямой.

**MOVE JOINT** - Шарнир, угол-перемещение указанного отдельного привода на указанный в градусах угол.

**SET** переменная = <INGROUP> переменная1 <ариф. опер.> <INGROUP> <переменная2>

- Присваивание переменной значения арифметической операции между переменной 1 и переменной 2;

- переменная 1 - переменная или константа;

- переменная 2 - переменная или константа.

При наличии INGROUP переменные (константы) обозначают номера соответствующих входов.

<ариф. опер>	+	плюс
	-	минус
	*	умножить
	/	делить
	AND	логическое "и"
	OR	логическое "или"
	MOD	остаток от деления (деление по модулю)

Пример:

SET x = 0

SET x = x + 1

SET x = INGROUP 1 + x - К переменной "x" прибавляется значение первой группы входов.

SET x = 0 - 1 - Изменение знака "x".

**LOCATE** точка1 = <INVERSE> точка2 - Координаты точки2 присваиваются точке1.

**INVERSE** - Инверсия точки1 относительно основной системы координат.

Пример:

LOC A1 = A2 - координатная точка (определяемая в декартовых координатах);

LOC #A1 = #A2 - абсолютная точка (определяемая в обобщенных координатах);

LOC A1 = X(Y) - комбинированная точка Y, определенная относительно точки X.

### Мониторные команды

Перед командами, которые имеют одинаковое написание и в программном, и в мониторном режиме, при использовании их в мониторном режиме ставится точка.

Пример: .GO A  
.GO READY

**HERE** имя точки - Обучение точке.

Пример:

H box - Та точка, в которой находится манипулятор, будет запомнена под именем BOX.

**LTEACH** имя точки - Установка режима обучения точкам.

Пример:

LT a1 - После нажатия клавиши STEP на пульте ручного управления координаты манипулятора запишутся в память под именем точки A1, появятся на экране монитора, и робот будет готов к запоминанию следующей точки A2 (при следующем нажатии кнопки STEP на ПРУ).

Для выхода из режима обучения LTEACH необходимо набрать RETURN на клавиатуре.

Обучать можно и комбинированные точки, задаваемые относительно опорных точек.

Пример: HERE O - запоминается точка O;  
HERE O(a1) - запоминается комбинированная точка a1, определяемая относительно точки O;  
LTEACH O(H) - запоминается массив комбинированных точек H, определенных относительно точки O.

SPEED скорость - Директива задания скорости (мм/с).

Пример:  
SP 20 - Установка скорости 20 мм/с.

WHERE - Вывод на экран текущих декартовых координат робота.

Для выхода из режима необходимо набрать RETURN на клавиатуре!

Пример:

WH  
WHERE# - Вывод на экран текущих координат робота в углах поворота сочленений.

Для выхода из режима необходимо набрать RETURN на клавиатуре!

Для запуска программы:

RUN имя программы, <число повторений> - запуск программы.

Пример:

R prim - Программа PRIM будет выполнена.  
R primer,4 - Программа PRIMER будет выполнена 4 раза.  
R primer,-5 - отрицательное число повторений - бесконечный цикл.

Для останова программы:

EXIT - Директива останова в конце текущего цикла программы.

ABORT - Директива останова в конце текущего шага программы.

Кнопка OFF на пульте - немедленная остановка движения робота.

CONTINUE - Продолжение выполнения программы с прерванного шага.

Редактор:

EDIT <имя программы> - Переход в режим редактирования программы.

Пример:

ED ROB - Переход к редактированию программы ROB.

I - Вставка строк.

D - Удаление строк.

E - Выход из редактора.

PLIST <имя программы> - Получение листинга программы.

Пример:

PL - Листинг всех программ.

PL ko1y - Листинг программы KOLY.

LLIST <имя точки> - Вывод имени и координат точки.

Пример:

LL - Вывод всех точек.

LL A0 - Вывод точки A0.

РТК с роботами МП-9

Порядок выполнения работы:

1. На стенде найти и показать преподавателю: пневмоцилиндры руки и схвата, гидродемпферы, герконы, дроссели, пневмоклапаны, элементы системы пневмопитания.
2. Нарисовать кинематическую схему МП-9.
3. После включения преподавателем электро- и пневмопитания наблюдать в режиме ручного управления движения руки и схвата.
4. Наблюдать отработку заранее подготовленных программ, измерить время перемещений, подсчитать скорости для пяти планировок, рассмотренных ниже в разделе "Лабораторный стенд".
5. Измерить путь демпфирования при выдвижении руки, скорость в начале демпфирования, подсчитать ускорение и время демпфирования при гипотезе равнозамедленного движения.
6. Установить давление пневмосети. Динамометром измерить усилие выдвижения руки. Подсчитать также усилие выдвижения, если площадь поперечного сечения 3 см<sup>2</sup>.
- 7\*. Составить алгоритм измерения усилия ЛАД, развиваемого с деталями из различных металлов и различной формы. Выполнить измерения усилий, определить рабочую зону ЛАД.

Отчет по работе должен содержать следующее:

1. Для каждой экспериментальной задачи: рисунки планировок с указанием точек позиционирования, схемы алгоритмов, программы, время цикла, время отдельных движений.
2. Данные измерений и расчет ускорения демпфирования.
3. Данные измерений, расчет усилия выдвижения, сравнение расчетного и непосредственно измеренного усилий.

Вопросы для подготовки работы:

1. Почему МП-9 считается роботом с цикловой системой управления? Какая СУ называется цикловой?
2. Каково будет поведение МП-9 без демпферов?
3. Что нужно сделать, чтобы поднять груз на 10, 15, 50мм?
4. Что нужно сделать, чтобы установить скорости подъема: 50мм/с, 100мм/с?
5. Каков алгоритм расчета ускорения демпфирования и усилия выдвижения руки? (Использовать измеримые величины).

Вопросы к защите выполненной работы:

1. Можно ли с помощью МП-9. поднять, повернуть на 30град. или выдвинуть вперед груз массой 1кг?
2. Какова программа для периодического включения-выключения ЛЭД через 5с? 3. Какой командой отключается ЛЭД?
4. Будет ли ЛЭД перемещать железную или золотую деталь?
5. На какую деталь может не сработать оптический датчик - стеклянную, нагретую, деревянную?
- 6\*. Принцип действия ЛЭД.
7. Что такое работа по пути, по временным принципам?
8. Написать программу включения ЛЭД по сигналу оптического датчика.
9. Как регулируются в МП-9 усилия, скорости, временные задержки?

10. Нарисовать блок-схему управления привода МП-9 с участием геркона, программносителя.

11. Принцип действия ЭЦПУ-6030 и пневмосистемы.

12. Какие аппаратные связи и команды необходимы для перемещения детали на стенде по кругу в любую сторону?

13\*. Составить алгоритмы работы с одним и двумя прессами приблизительно к цеховым условиям.

14\*. Составить алгоритм и программу перемещения двух деталей друг за другом на стенде по кругу.

#### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Грузоподъемность		0.2 кг
Погрешность позиционирования		0.05 мм
Количество степеней подвижности		3
Транспортирующие перемещения:		
	ход	скорость
- вертикальное	30 мм	100 мм/с
- горизонтальное	150 мм	300 мм/с
- поворот	120 град.	120 град/0.8 с
Число переходов в цикле		30

#### Манипулятор ПР МП - 9

Механизм подъема манипулятора размещен в сварном корпусе 1 и приводится в действие пневмоцилиндром 11, гильза которого жестко связана с корпусом 1, а шток через кронштейн 10 - с втулкой 6. При подаче сжатого воздуха в нижнюю или верхнюю полость пневмоцилиндра 11 втулка 6 поднимается или опускается вместе с валом 5 и установленным на нем механизмом выдвижения схвата. От поворота втулка 6 удерживается направляющей 12, входящей в паз кронштейна 10 (рис.1).

Ход и точки позиционирования втулки 6 определяются соответствующей фиксацией перемещающихся по направляющей 12 упоров 8 и 14. Так как ход вертикального перемещения манипулятора сравнительно мал (30мм), деформирования в концах хода для этого перемещения не производится. Для подачи в устройство управления сигнала о достижении конечных положений манипулятора в кронштейне 10 установлен постоянный магнит 9, а на упорах 8 и 14 - датчики 7 и 13 с магнитоуправляемыми герметичными контактами (КЭМ-2А), срабатывающими в тот момент, когда кронштейн 10 касается упоров 8 и 14.

Механизм поворота манипулятора выполнен в виде реечной пары и состоит из корпуса 2 сдвоенного пневмоцилиндра, поршня-рейки 3 и шестерни 4. Корпус 2 прикреплен к втулке 6, а шестерня 4 жестко связана с вертикальным валом 5, к верхнему фланцу которого прикреплен механизм выдвижения схвата.

Диапазон поворота манипулятора регулируется перемещением двух жестких упоров 15 по верхнему фланцу втулки 6. В отличие от механизма подъема механизм поворота выполнен с деформированием в концах хода. Это достигается за счет составляющихся через дроссельное отверстие 41 во втулке 39 полостей В и Г в корпусе 16, заполненных маслом и закрытых поршнями 40, штоки которых в конце поворота манипулятора контактируют с упорами 15. Из одной полости в другую масло перетекает через дроссельное отверстие 41 во втулке 39. Дросселирование (степень торможения) регулируется винтом 38.

Как и в механизме подъема манипулятора, для подачи сигнала в устройство управления в концах поворота манипулятора на упорах 15 установлены датчики с магнитоуправляемыми герметичными контактами, а в корпус 16 встроены постоянные магниты.

Механизм выдвигания схвата состоит из стального корпуса 16, в который встроены пневмоцилиндр выдвигания со штоком 17. Выдвижение схвата составляет 150 мм. Кроме того, на корпусе закреплены направляющая гильза 18 и гильза 24 демпфера. По направляющей гильзе 18 перемещается труба 25, на которой закреплен схват манипулятора,

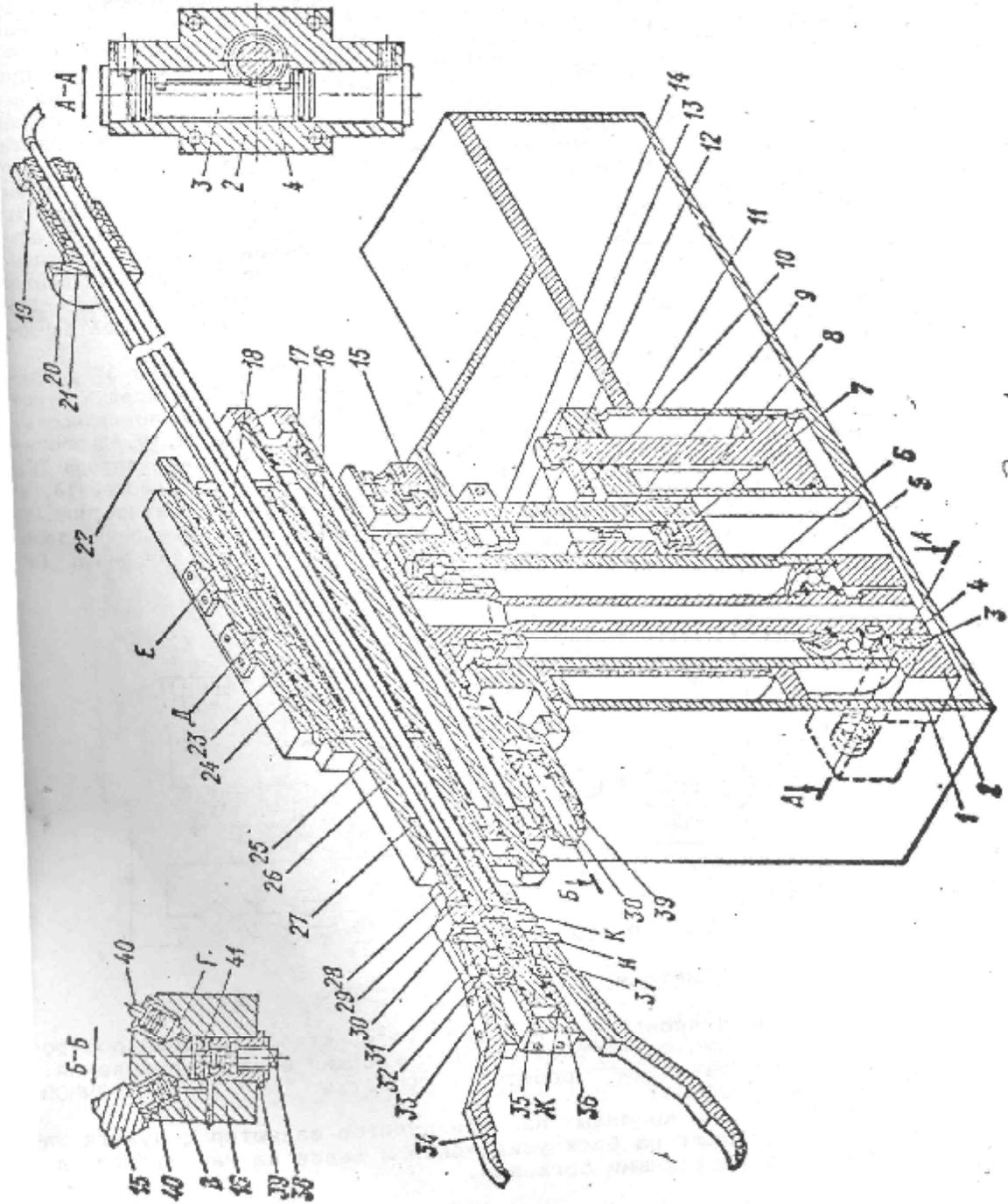


Рис. 1

На трубе 25 имеются корпуса упоров 21 и 26, определяющих выдвижение схвата и фиксирующихся на трубе 25 сжатием колец 20, 27 и гайками 19 и 28. На корпусе упора 26 закреплен шток 17 пневмоцилиндра выдвижения.

Демпфирование в конце хода выдвижения и втягивания схвата осуществляется следующим образом. В гильзе 24 находится плунжер 23 с конической шейкой в средней части. В корпусе 16 выполнены полости Д и Е заполненные маслом.

При нажатии упора 21 на правый конец плунжера 23 при выдвижении схвата плунжер 23 тоже перемещается. При этом объем полости Е уменьшается, а объем полости Д увеличивается, вследствие чего масло начинает перетекать из полости Е в полость Д. Однако по мере перемещения плунжера 23 кольцевой зазор между конической частью плунжера и гильзой 24 демпфера постоянно уменьшается. При этом масло дросселирует, поглощая кинетическую энергию выдвижения схвата.

К упорам 21 и 26 прикреплены постоянные магниты, а к корпусу 16 - датчики с магнитоуправляемыми контактами, дающими сигнал в устройство управления в концах хода выдвижения или втягивания схвата. В данной конструкции представлен вариант схвата для взятия и удержания деталей за наружную поверхность. Схват состоит из корпуса 30, прикрепляемого винтами 29 к трубе 25, и поршня 35 с выточкой в средней части, в которую заходят ролики 33 коромысел 31. К коромыслу 31 крепятся сменные пальцы 34. При подаче сжатого воздуха по трубке 22 по каналу К в полость Ж поршень движется вправо, увлекая за собой ролики 33. При этом коромысла 31 поворачиваются на осях 32 так, что пальцы 34 замыкаются, зажимая деталь. При сбросе давления воздуха в полости Ж раскрытие пальцев схвата происходит под действием возвратной пружины 37.

Если поршень 35 развернуть на 180 так, чтобы пружина 37 упиралась в крышку 36, и сменить пальцы 34, то, подавая воздух в полость И, можно захватывать полые детали за внутреннюю поверхность. При включении клапанов 8 - 13 воздух через клапаны 8, 10, 12 поступает соответственно к пневмоцилиндрам поворота манипулятора 16, подъема манипулятора 15, выдвижения захватного устройства 14, а через клапаны 9, 11, 13 и дроссели 6 стравливается в атмосферу. С помощью дросселей 6 регулируется скорость поршней пневмоцилиндров и, соответственно, звеньев манипуляторов. Пневматическая схема ПР МП-9 представлена на рис. 2.

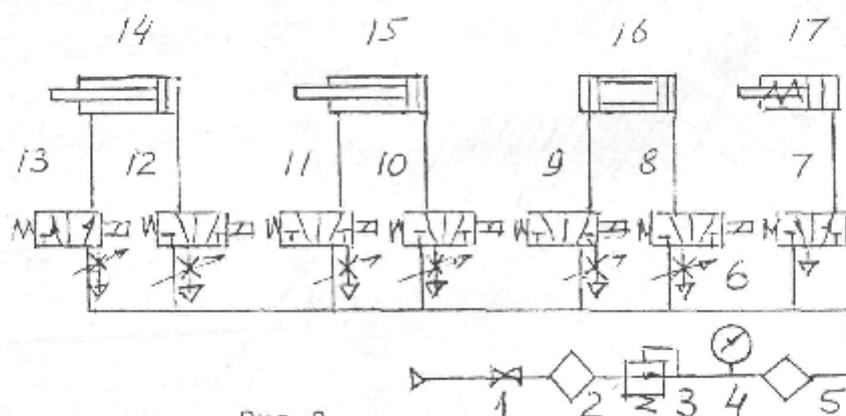


Рис. 2

Система управления ЭЦПУ-6030

Электронное цикловое программное устройство ЭЦПУ-6030 построено по принципу синхронного автомата с жестким циклом управления. Основными режимами работы устройства являются: РУЧНОЙ, КОМАНДА, ЦИКЛ, АВТОМАТ.

В ручном режиме команды на манипулятор задаются с пульта управления и поступают на блок усилителей и далее на манипулятор для управления его подвижными органами.



Линейный асинхронный двигатель\*

ЛАД лабораторного стенда представляет разомкнутый магнитопровод и подвижный элемент в виде детали. Принцип действия поясняется конструкцией из 4-х обмоток, питаемых переменным сетевым напряжением (рис.4).

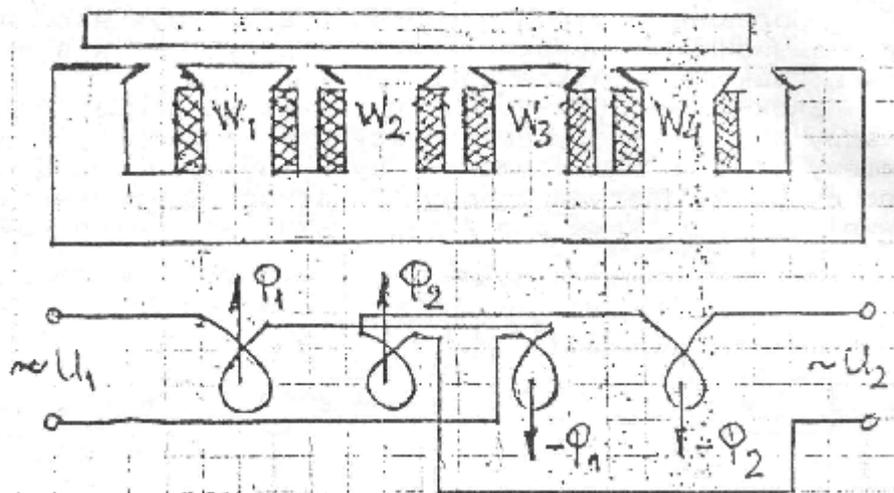


Рис.4

Соединение обмоток таково, что 1-я и 3-я обмотки создают встречные магнитные потоки  $\Phi_1$  и  $(-\Phi_1)$ , 2-я и 4-я обмотки создают встречные магнитные потоки  $\Phi_2$  и  $(-\Phi_2)$ :

Магнитные потоки создают вдоль оси X бегущую волну. На рис.5 для четырех моментов времени  $t_1, t_2, t_3, t_4$  построено распределение магнитных потоков. Значения потоков  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  в эти моменты времени взяты из графика изменения потоков во времени на рис.6. По фазе  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  должны быть сдвинуты на 90 град. На рис.5 видно смещение максимума магнитного потока вправо с ростом времени.



Рис.5

Бегающее электромагнитное поле модулировано частотой сети 50 Гц и создает вихревые токи в подвижном элементе. На рис.7 кружками выделены четыре участка электропроводного подвижного элемента.

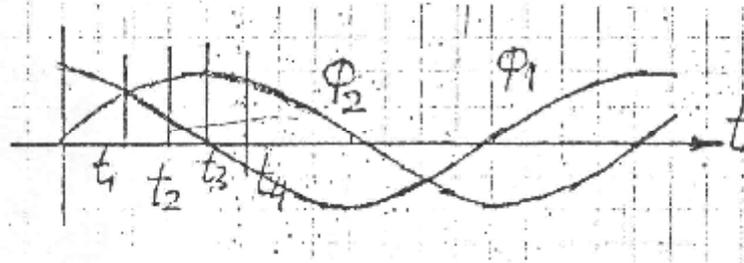


Рис. 6

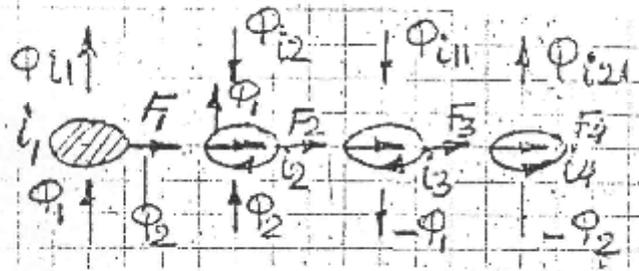


Рис. 7

Для момента  $t=t_1$

$$\begin{aligned} \Phi_1 > 0, \quad d\Phi/dt < 0 \\ \Phi_2 > 0, \quad d\Phi/dt > 0, \end{aligned}$$

Поэтому

$i_1$  – ток в подвижном элементе от уменьшающегося потока  $\Phi_1$ ;

$i_{11}$  – магнитный поток от тока  $i_1$  по Ленцу, стремящаяся компенсировать уменьшение  $\Phi_1$ ;

$F_1$  – сила Ампера, действующая на участок подвижного элемента с током  $i_1$  в зоне потока  $\Phi_2$ .

По аналогии с первым участком взаимодействие потоков с индуцированными токами таково, что вызывает силу, приложенную к подвижному элементу на всех участках вправо.

Чтобы обеспечить фазовый сдвиг в обмотках ЛАД, возможны следующие решения: на рис. 8, а схема с электронным фазовращателем, на рис. 8, б используются фазосдвигающий конденсатор С. Самой экономичной является схема на рис. 8, в. Напряжения в обмотке ЛАД подаются с фазы ОА и линии ВС, которые векторно расположены перпендикулярно.

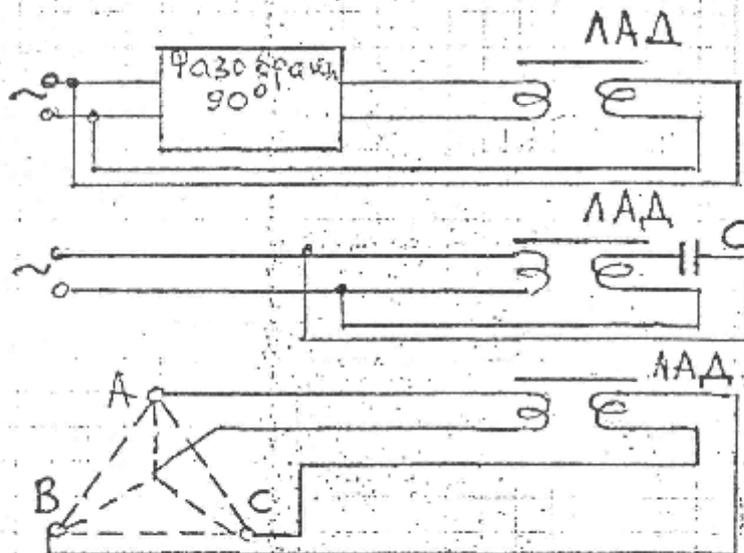


Рис. 8

На лабораторном стенде ЛАД имеет в качестве подвижного элемента электропроводную деталь и используется для транспортировки.

В промышленных роботах ЛАД может быть эффективен как исполнительный элемент телескопического привода.

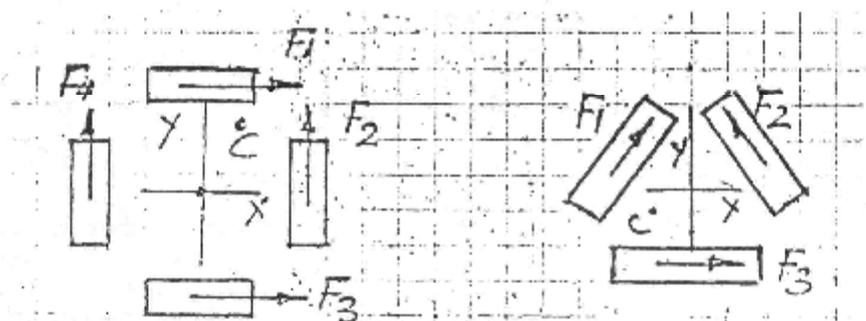


Рис. 9

Если расположить несколько ЛАД в плоскости (рис.9), можно обеспечить одновременное поступательное и вращательное движение, т.е. реализовать плоскостной привод с кинематической парой 3-го класса.

Таблица 1

Система команд

Команда			Код команды	
			Верхнее поле	Нижнее поле
Звено	1-1	выдвижение вперед	1	0
Звено	1-2	назад	2	0
Звено	2-1	поворот по час. стрелке	3	0
Звено	2-2	против час. стрелки	4	0
Звено	3-1	подъем	0	1
Звено	3-2	опускание	0	2
Звено	6-1	захватить	0	5
Звено	6-2	отпустить	0	6
Техкоманда	1	M1 включает ЛАД	9	1
Техкоманда	2	M1 включает M2	9	3
Техкоманда	3	M2 включает M1	9	1
Техкоманда	4	M1 включает TO1	5	0
Техкоманда	5	M2 включает TO2	5	0
Техкоманда	6	M1 выключает TO1	6	0
Техкоманда	7	M2 выключает TO2	6	0
Выдержка времени			0	9
M1 опрашив. опт. датчик			8	0
M2 опрашив. инд. датчик			0	7
M1 опрашивает M2			7	0
M2 опрашивает M1			7	0
Конец программы			0	0

Передача управления от первого манипулятора ко второму осуществляется через линию связи, соединяющую выходной регистр первого манипулятора с входным регистром второго. Так же осуществляется передача управления от второго робота к первому.

Индукционный датчик ВКБ-08

В корпусе датчика собран транзисторный генератор, обмотки которого находятся в области торца датчика. Когда металлическая пластина появляется вблизи торца, изменяется связь между обмотками, возникает генерация, увеличивается постоянная составляющая коллекторного тока транзистора и на выходе датчика появляется сигнал (не менее 23В ).

Оптический датчик

Оптический датчик представляет фотодиод, освещаемый источником света. Деталь, проходя над датчиком, закрывает световой луч перед фотодиодом. Фотодиод включен в схему порогового устройства, подключенного к одному из входов системы управления робота.

Лабораторный стенд

На рис.10 приведена планировка лабораторного стенда с двумя роботами МП-9. В определенных позициях роботов находятся оптический и индукционный датчики, линейный асинхронный двигатель (ЛАД). Стенд позволяет имитировать работу нескольких типов РТК, планировки которых даны на рис.11.

Условные обозначения на рисунке следующие :

М1, М2 - манипуляторы,

ЗАГ, ДЕТ - магазины заготовок и деталей,

ТО1,ТО2 - единицы технологического оборудования (например, прессы), обслуживаемые роботами,

Д1 - оптический датчик, подключенный к первому роботу,

Д2 - индуктивный датчик, подключенный ко второму роботу.

На планировке а) манипулятор М1 выполняет последовательность перемещения по схеме: ЗАГ -> ТО (Д1) -> ДЕТ.

На планировке б) манипуляторы последовательно обслуживают две единицы технологического оборудования по схеме:

ЗАГ -> ТО1 -> Д1 -> ТО2(Д2) -> ДЕТ.

На планировке в) передача детали, обработанной в ТО1, для обработки в ТО2 обеспечивается ЛАД по схеме

ЗАГ -> ТО1 (ЛАД) -> ТО2 -> ДЕТ.

На планировке г) деталь сначала обрабатывается в ТО2, затем через позицию Д1 передается для обработки в ТО1.

ЗАГ -> ТО2 (Д2) -> Д1 -> ТО1 (Д1) -> ДЕТ.

На стенде также можно реализовать алгоритмы: деталь перемещается по часовой стрелке, по кругу, манипуляторами и ЛАД по схеме:

1 -> 2 -> 3 -> 4 -> 5 -> 1.

Начальные положения звеньев обоих манипуляторов при включении пневматики следующие: рука находится внизу, вдвинута, хват открыт.

Начальное положение детали для последней задачи может быть в любой позиции: 1,2,3,4,5.

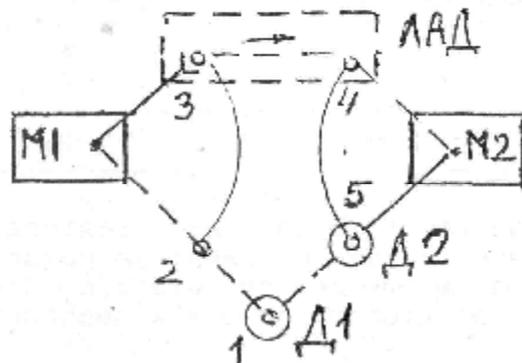


Рис.10

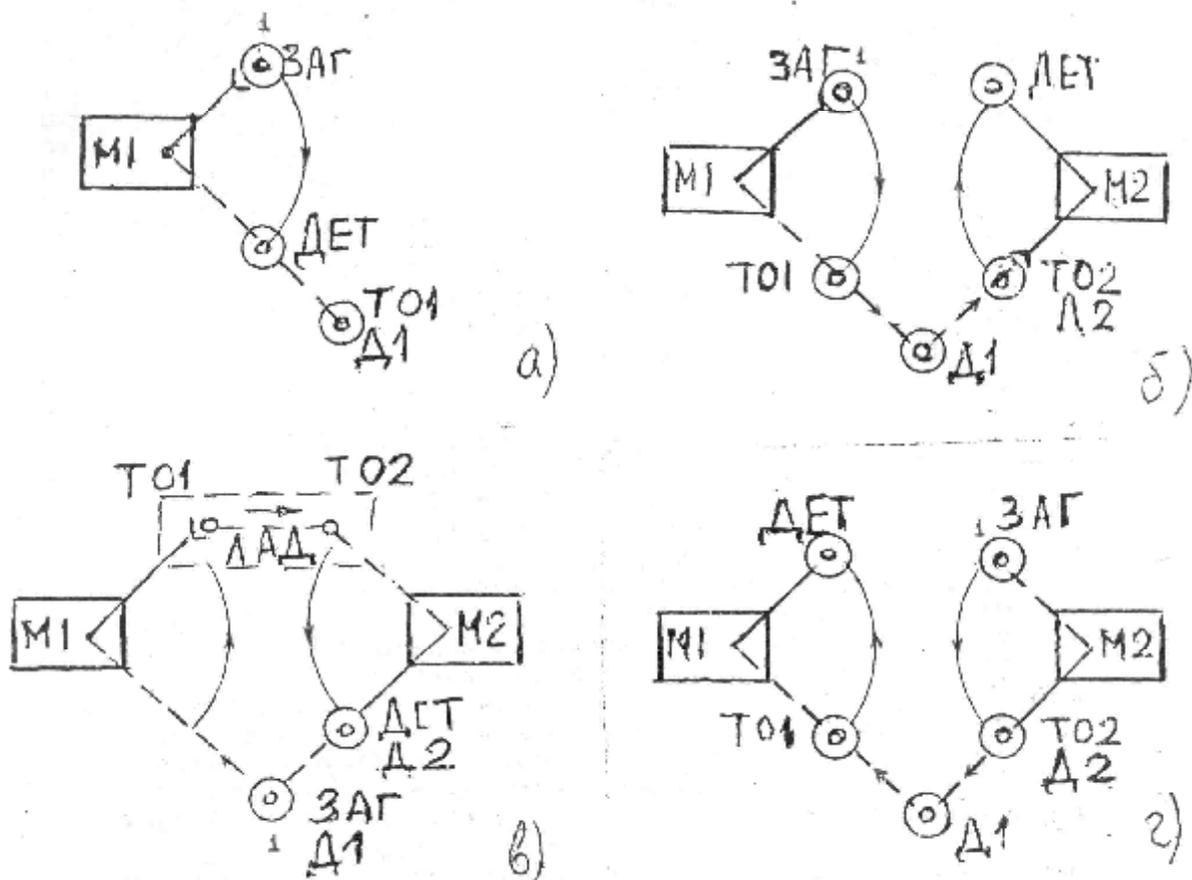
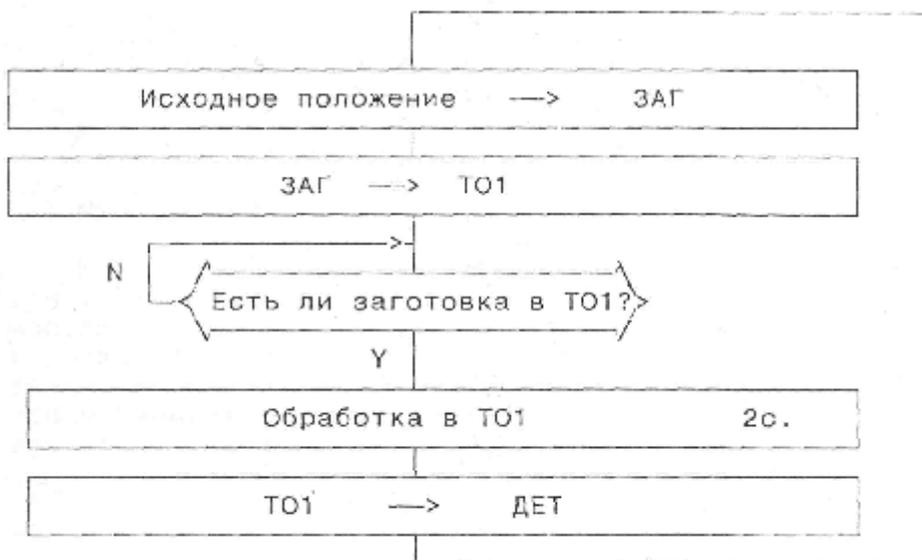


Рис. 11

Пример построения схемы алгоритма и программы для планировки а)

Схема алгоритма



Программа

Поворот против часовой стрелки к ЗАГ	4
Опускание	30
Захват заготовки	02
Подъем	05
Поворот по часовой стрелке	01
Выдвижение к ТО1	30
Опускание	10
Открыть схват	02
Поднять	06
Втянуть руку	01
Опрос оптического датчика	20
Включить ТО1	70
Задержка	50
Выключить ТО1	09
Выдвижение руки	60
Опустить	10
Закрыть схват	02
Поднять	05
Втянуть руку	01
Опустить	20
Открыть схват на ДЕТ	02
	06

Список литературы

1. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника.-М.:1989.
2. Шахинпур М. Курс робототехники.-М.:1990.
3. Асфаль Р. Роботы и автоматизация производства.-М.:1989.
4. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9-и книгах/Под ред.И.М.Макарова.-М.:1986.
5. Козырев Ю.Г.Промышленные роботы.Справочник.-М.:1986.
6. Робототизированные производственные комплексы/Под ред. Ю.Г.Козырева.-М.:1987.
7. Попов Е.П.,Письменный Г.В. Основы робототехники.-М.:1990.

Содержание

Предисловие	2
Промышленный робот РМ-01	3
Промышленный робот Электроника НЦТМ-01	17
Промышленный робот ТУР-10	35
РТК с роботами МП-9	50
Учебный робот	61
Список литературы	65