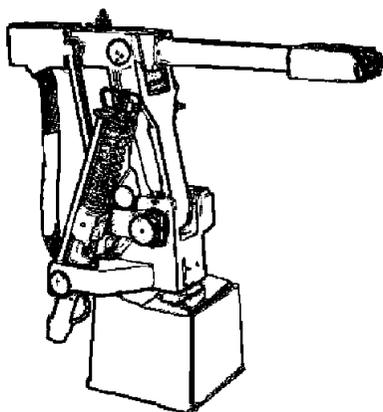


ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный  
технический университет»

Кафедра робототехнических систем

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам № 1-2  
по дисциплине "Основы мехатроники и робототехники"  
для студентов направления подготовки бакалавров 221000  
«Мехатроника и робототехника» (профиль «Промышленная  
и специальная робототехника») очной формы обучения



Воронеж 2012

Составитель канд. техн. наук В.А. Трубецкой

УДК 621.865.8

Методические указания к лабораторным работам № 1-2 по дисциплине «Основы мехатроники и робототехники» для студентов направления подготовки бакалавров 221000 «Мехатроника и робототехника» (профиль «Промышленная и специальная робототехника») очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. В.А. Трубецкой. Воронеж, 2012. 29 с.

Методические указания включают в себя описание лабораторных работ по изучению стационарных промышленных роботов с цикловым и позиционным управлением.

Предназначены для студентов I курса обучения.

Табл. 6. Ил. 8. Библиогр.: 2 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доц. А.К. Муконин

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. А.И. Шиянов

Печатается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный  
технический университет», 2012

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### ЦИКЛОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМ РОБОТОМ ВВЕДЕНИЕ

Лабораторная работа имеет своей целью закрепление и углубление теоретических сведений, излагаемых в лекционном курсе "Основы робототехники".

При выполнении лабораторной работы студенты изучают устройство и технические характеристики указанного промышленного робота, а также получают практические навыки по составлению и отладке управляющих программ, осваивают управление: включение, выключение, подготовку к работе, проверку работоспособности, реализацию заданного алгоритма управления.

Для выполнения лабораторной работы необходима предварительная подготовка, включающая в себя:

- ознакомление с целью, содержанием лабораторной работы и формой отчета;
- изучение назначения, устройства и технических характеристик оборудования, используемого в лабораторной работе;
- изучение правил техники безопасности;
- освоение методов алгоритмизации и программирования роботов.

Студент приступает к выполнению лабораторной работы только после изучения правил (инструкции) по технике безопасности, росписи в соответствующем журнале, а также получения у преподавателя допуска к работе и варианта задания.

#### ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

На первом лабораторном занятии студент изучает инструкцию по технике безопасности (ТБ) в учебной лаборатории, сдает зачет преподавателю и расписывается в журнале.

Перед выполнением лабораторной работы студент изучает инструкцию по ТБ на рабочем месте и сдает зачет преподавателю. Приступая к работе, необходимо ознакомиться с заданием, правилами безопасности работ, особенностями робототехнического оборудования, убедиться в исправности ограждений, предохранительных устройств заземления.

При работе в лаборатории студент обязан выполнять только то задание, которое ему поручено.

Включение, отладку управляющих программ и выключение студент обязан выполнять только под руководством или в присутствии преподавателя.

По окончании работы студент обязан привести в порядок рабочее место и сдать его либо преподавателю, либо ответственному по лаборатории инженеру.

При несчастных случаях лабораторное оборудование немедленно отключается, а пострадавшему оказывается квалифицированная помощь.

#### СТРОГО ВОСПРЕЩАЕТСЯ:

- находиться в зоне обслуживания манипулятора при включенном изделии;
- соединять и разъединять вилки и розетки разъемов, находящихся под напряжением;
- включать и выключать силовые и осветительные рубильники или включать и выключать автоматы без разрешения преподавателя.

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Изучение устройства и освоение управления промышленным роботом РФ-202М.

### 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

2.1. Техническое описание промышленного робота РФ-202М, варианты компоновок РТК, алгоритм управляющей программы, таблица классификации, таблица технических характеристик.

### 3. ЗАДАНИЕ

- 3.1. Изучить устройство и технические характеристики
- 3.2. Освоить режимы подготовки к работе, обучения и автоматической работы
- 3.3. Получить практические навыки по составлению и отладке управляющих программ робота.

### 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 4.1. Изучить правила техники безопасности.
- 4.2. Изучить техническое описание промышленного робота РФ-202М.
- 4.3. Получить у преподавателя допуск к выполнению работы и вариант задания.
- 4.4. Составить и заполнить таблицу классификации (с. 14).
- 4.5. Составить и заполнить таблицу технических характеристик (с. 15)
- 4.6. Разработать алгоритм управляющей программы для заданного варианта компоновки роботизированного технологического комплекса.
- 4.7. Включить и подготовить робот и РТК к работе. Ввести программу в устройство управления роботом (обучить робот).
- 4.8. Отладить управляющую программу.

4.9. В автоматическом режиме осуществить три цикла работы робота. Отключить робот.

4.10. Оформить и сдать преподавателю отчет по лабораторной работе.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

5.1. Заполненная таблица технических характеристик.

5.2. Заполненная таблица классификации.

5.3. Эскиз рабочей зоны робота с указанием размеров.

5.4. Алгоритм управляющей программы для заданного варианта компоновки РТК (каждый студент в бригаде выполняет свой вариант со 2 по 6).

## 6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА "РФ-202М"

### 6.1. Назначение

Промышленный робот РФ-202М предназначен для автоматизации процессов загрузки-разгрузки технологического оборудования: металлорежущих станков, конвейерных линий, литейных машин, прессов и т.д.

### 6.2. Техническое описание

РФ-202М работает при питании его электрическим током напряжением 220В частотой 50 Гц при давлении пневмосети 0,4-0,04 МПа.

Мощность, потребляемая от источников электропитания, не более 160 Вт.

Грузоподъемность каждой руки не менее 2Н.

Угол между осями установки рук регулируется в пределах (0-100)°.

Погрешность повторяемости позиционирования при одновременном управлении по всем координатам должна быть не более 0,05 мм.

Номинальная величина линейного перемещения каждой руки не менее 200 мм, величина регулировки этого перемещения 5 мм.

Номинальная величина вертикального перемещения колонны не менее 30 мм, величина регулировки этого перемещения 20 мм.

Номинальная величина поворота каждой руки относительно вертикальной оси 120°.

Номинальная величина ротации захвата (0-90)°, (0-180)°.

Номинальные скорости перемещений:

линейного каждой руки не менее 0,7 /с;

вертикального колонны не менее 0,2 м/с;

поворота каждой руки относительно вертикальной оси не менее 180°/с;

ротации схвата не менее 360 °/с.

Изделие перепрограммируется методом обучения путем пробного перемещения.

Количество каналов связи с внешним оборудованием - 7.

РФ-202М обеспечивает запись девяти программ и возможность перехода на программу по сигналу внешнего оборудования или выбору оператора, программирование времени выдержки захвата в точке от 0 до 9 с с дискретностью 1.

Обеспечивается блокировка работы РФ-202М по сигналу внешнего оборудования.

Изделие обеспечивает работу в режиме наладки.

При выключенном изделии обеспечивается сохранность информации.

### 6.3. Устройство и работа робота РФ-202М

Робот РФ-202М состоит из манипулятора (МА) и системы управления (СУ).

Манипулятор (рис.1) имеет модульную конструкцию и состоит из блока электроуправляемых клапанов 1, управляющих подачей сжатого воздуха к модулям манипулятора, модуля подъема 2; двух модулей горизонтального перемещения 4 с механизмом ротации 3, имеющих по две точки позиционирования, двух модулей захвата (МЗ) 5.

Модули подъема, поворота, горизонтального перемещения и механизмы ротации представляют собой пневмоцилиндры двухстороннего действия, а модуль захвата - пневмоцилиндр одностороннего действия с механическим возвратом поршня.

Положение модулей в точках позиционирования контролируется датчиками КЭМ-2А.

СУ предназначена для управления работой МА имеет 2 режима работы: режим обучения и режим автоматической работы.

В режиме обучения СУ обеспечивает:

программирование и управление движением подвижных звеньев МА. (максимальное количество управляемых координат, включая МЗ – 11, минимальное – 1);

выдачу и программирование команд на оборудование (максимальное количество одновременно выдаваемых и программируемых команд – 7, минимальное – 1, каждый канал обеспечивает выдачу одной прямой и прием одной отраженной команды);

программирование времени выдержки МЗ в точке позиционирования в диапазоне от 0 до 9 с с дискретностью 1 с или в диапазоне от 0 до 4,5 с с дискретностью 0,5 с (возможно масштабирование времени выдержки в пределах емкости ЗУ);

обучение и запись до 9 программ.

В режиме автоматической работы СУ обеспечивает:

отработку одного шага программы, записанного в режиме обучения, и переход к следующему шагу при условии наличия сигналов конца отработки по координатам, командам, выдержкам захватов в точке позиционирования;

циклическое воспроизведение любой из 9 записанных в ЗУ программ по желанию оператора или по командам с оборудования; возможность дистанционного управления и выдачу контрольной информации о состоянии изделия.

СУ обеспечивает:

возможность визуального контроля, информации, записываемой в ЗУ при обучении, и извлекаемой из ЗУ в автоматическом режиме;

автоматический поиск программы при переводе из режима обучения в автоматический режим;

при включении питания - автоматический поиск свободных ячеек памяти при переходе из автоматического режима в режим обучения.

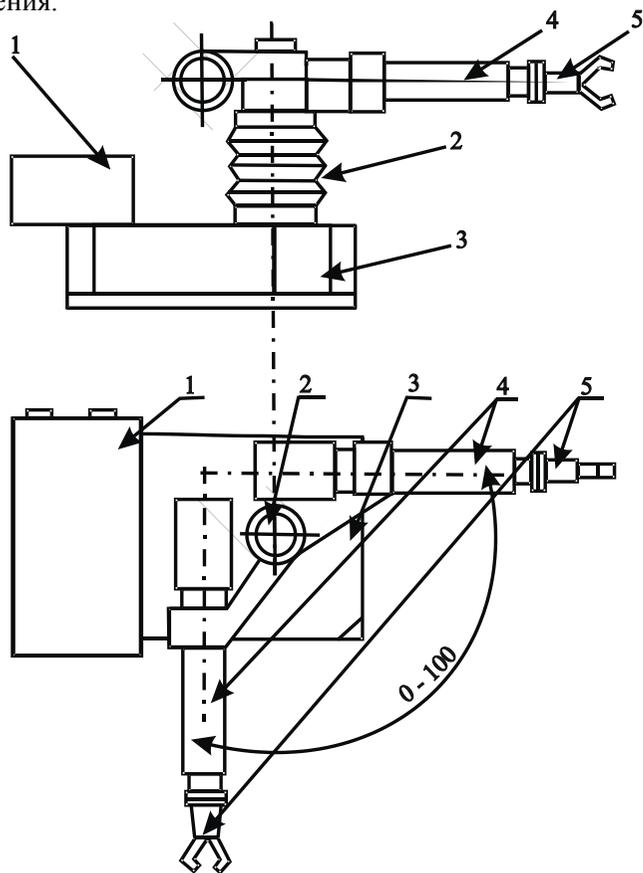


Рис. 1. Манипулятор робота РФ-202М

#### 6.4. Алгоритм обучения

Алгоритм обучения реализуется при обучении робота некоторой технологической программой. В этом случае на СУ устанавливается режим обучения и номер программы. При переходе в режим обучения автоматически находится свободное слово в ЗУ, с которого можно начинать обучение. Оператор записывает в ЗУ исходное положение МА, исходные команды на оборудование. Далее оператор с помощью органов управления координаты перемещает МА в следующую точку, необходимую для выполнения некоторой операции, и записывает переход в ЗУ. Обучение производится до завершения технологической программы, т. е. обучения необходимому количеству переходов. После этого процесс обучения заканчивается.

#### 6.5. Алгоритм автоматической работы

Для перевода СУ в автоматический режим работы оператор включает на панели управления кнопку АВТОМАТ. При этом СУ автоматически находит в ЗУ программу, запрошенную оборудованием. В случае если оборудованием не запрашивается ни одна из программ, записанных в памяти, СУ ищет программу, заданную набором номера программы на панели управления

#### 6.6. Устройство и работа узла задания программы

Узел задания программы (рис.2) предназначен для управления подвижными звеньями манипулятора и набора технологической информации в режиме обучения, управления режимами работы устройства управления, индикации различных режимов работы и информации о состоянии устройства управления.

Узел задания программы состоит из переключателей и органов индикации с соответствующей символикой. Значение органов управления приведено в табл.1.

Значение органов управления

Таблица 1

Номер поз.	Значение кнопки	Номер поз.	Значение кнопки
1	2	3	4
1,1	Рука 1 вперед	14,14	Рука 2 вперед
2,2	Поворот 1 вправо	15,15	Поворот 2 вправо
4,4	Ротация схвата вправо	17,17	Ротация схвата 2 вправо
5,5	Схват 1 сжат	18,18	Схват 2 сжат

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
6,6	Колонна вверх	19,19	Набор таймера
7,7	Обучение		
8,8	Рука 1 назад	20,20	Рука 2 назад
9,9	Поворот 1 влево	21,21	Поворот 2 влево
11,11	Ротация схвата 1 влево	23,23	Ротация схвата 2 влево
12,12	Схват 1 разжат	24,24	Схват 2 разжат
13,13	Колонна вниз	29	Сброс таймера
25	Начало программы	30	Масштаб таймера
26	Конец программы	31	Стирание ЗУ
27	Запись	32	Исправление программы
28,28	Автомат	33	Вкл. индикации
35	Индикация отработки координат	34	Индикация переполнения ЗУ
36	Индикация отработки команд	38-44	Программирование команд технологического оборудования
37	Индикация блокировки оборудования		

### 6.7. Подготовка к работе

Спустите конденсат, если он имеется, из фильтра влагоотделителя.

Установите давление пневмосети 0,25 МПа по манометру регуляторов давления,

Соедините клапаны КЛАПАН 1, КЛАПАН 2, ДАТЧИК 1, ДАТЧИК 2 на изделии СУ-202М с одноименными разъемами блока электроуправляемых клапанов.

Разъемы КОМАНДА 1...КОМАНДА 7 при необходимости соединить с технологическим оборудованием в соответствии с компоновкой РТК.

Органы управления СУ (кнопки, переключатели) приведите в исходное положение. Исходному положению кнопок соответствует их отжатое состояние, исходному положению программного переключателя НОМЕР ПРОГРАММЫ – нулевое положение.

Включите СУ, нажав кнопку ВКЛ на блоке электропитания. Проверьте нажатием кнопки КОНТРОЛЬ БАТАРЕЙ наличие питания ЗУ, при этом должен загореться соответствующий светодиод.

Нажмите кнопку 33 ВКЛ. ИНДИКАЦИИ на лицевой панели СУ, при этом должны загореться светодиоды, индицирующие ТАЙМЕР, НОМЕР ПРОГРАММЫ, режим обучения или автоматический режим.

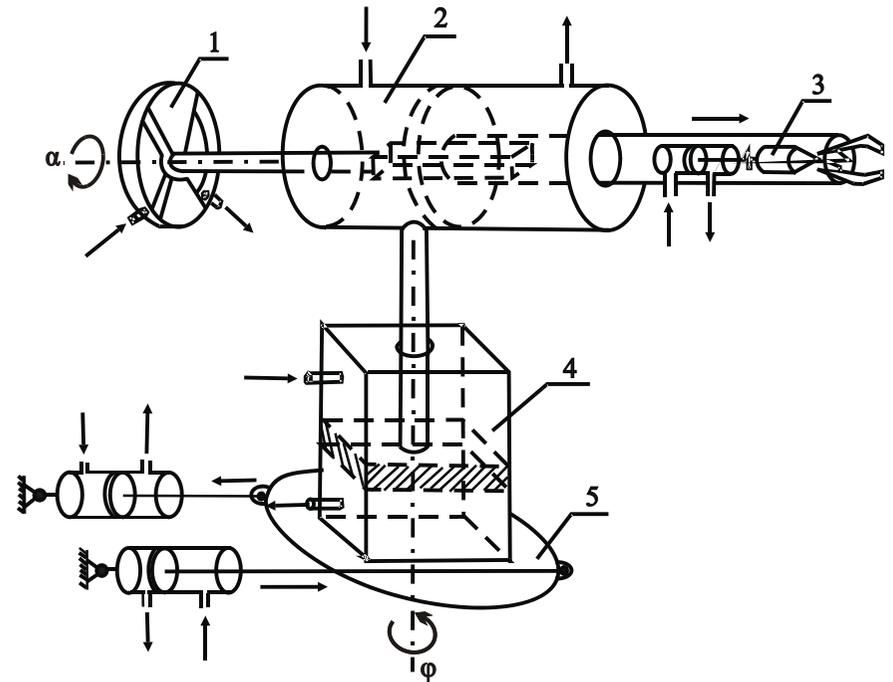


Рис. 2. Кинематическая схема пневматического робота РФ- 202М:

1 - гидромотор механизма ротации захватного устройства; 2 - силовой цилиндр механизма горизонтального перемещения; 3 - механизм захвата; 4 - силовой цилиндр механизма подъема; 5 - механизм поворота колонны робота с двумя силовыми цилиндрами.

Произведите стирание всей информации, ранее записанной в СУ: для этого при нажатой кнопке 31 СТИРАНИЕ нажмите и отпустите кнопку 27

Нажмите кнопку обучения 7 на лицевой панели, при этом загорается соответствующий этому режиму светодиод.

Нажмите кнопки 2 и 9, 15 и 21, убедитесь в исправности демфера (отсутствии ударов, сопровождаемых стуком - "отскоком") и постепенно доведите давление по манометру до 0,4 МПа.

Проверьте работу СУ в ручном режиме, для этого нажмите кнопки 1...23, соответствующие определенным координатам, при этом загорятся индицирующие светодиоды.

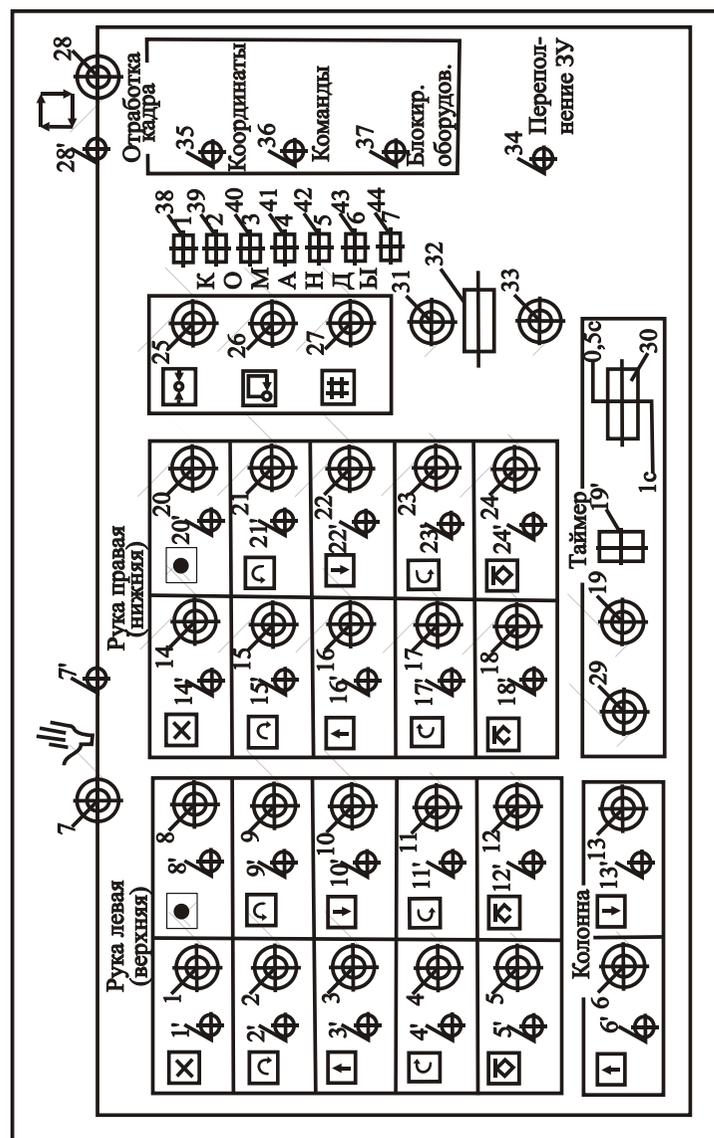


Рис.3. Узел задания программы робота РФ 202М

Проверьте работу индикаторов ТАЙМЕР в ручном режиме, нажмите кнопку 19 ТАЙМЕР необходимое число раз (от 1 до 9), установите время выдержки МЗ в точке позиционирования от 1 до 9 с при масштабе таймера 1 с; от 0,5 до 4,5 с при масштабе таймера 0,5 с. На индикаторе ТАЙМЕР должна высвечиваться цифра, соответствующая установленной величине времени. Масштабу таймера 0,5 с соответствует отжатое состояние кнопки, масштабу 1 с – нажатое состояние. Сбросьте на индикаторе цифру, соответствующую времени выдержки МЗ в точке позиционирования, нажав кнопку 29 СБРОС. Индикация ОТРАБОТКА КАДРА на лицевой панели СУ, состоящая из трех индикаторов – КООРДИНАТЫ, КОМАНДЫ, БЛОКИРОВКА ОБОРУДОВАНИЯ, предназначена для проверки контроля, отработки каждого шага программы в автоматическом режиме СУ:

индикатор 35 КООРДИНАТЫ включается при отработке координат МА;

индикатор 36 КОМАНДЫ включается в случае подключения технологического оборудования, при отработке команд, требующих подтверждения;

индикатор 37 БЛОКИРОВКА ОБОРУДОВАНИЯ включается при поступлении с технологического оборудования сигнала остановки отработки программы в связи с возникшей неисправностью. Когда кадр программы отработан, все три индикатора не должны гореть.

Индикатор 34 ПЕРЕПОЛН. ЗУ предназначен для индикации переполнения ЗУ, в случае отсутствия запрошенной в ЗУ программы в автоматическом режиме или отсутствия в ЗУ свободного слова в ручном режиме.

При программировании команд на технологическое оборудование следует учитывать то, что при поставке изделия внутри СУ запрограммированы команды, требующие подтверждения (отраженной команды). Отраженная команда - это сигнал с оборудования, который подтверждает отработку данной команды оборудованием.

#### 6.8. Режим обучения

Нажмите на лицевой панели изделия кнопку ВКЛ. ИНДИКАЦИИ.

При нажатой кнопке 31 СТИРАНИЕ на лицевой панели, нажмите и отпустите кнопку 27 ЗАПИСЬ.

Установите программный переключатель НОМЕР ПРОГРАММЫ в положение 1.

Нажмите кнопку обучения 7 на лицевой панели. При этом должны загореться соответствующий светодиод и цифра "1" на индикаторе НОМЕР ПРОГРАММЫ.

Выведите МЗ в исходную точку технологической программы, нажимая необходимые для этого кнопки на лицевой панели из набора кнопок 1...23, обозначающих координаты МА.

Запишите координаты исходной точки, для этого при нажатой кнопке 25 нажмите и отпустите кнопку 27 на лицевой панели.

Запишите, в случае необходимости, время выдержки МЗ МА в точке, нажав необходимое число раз (от 0 до 9) кнопку 19 ТАЙМЕР, что соответствует записи выдержки МЗ в точке от 1 до 9 с при масштабе таймера 0,5 с. Масштаб таймера не программируется, он устанавливается в автоматическом режиме работы.

Для записи какой-либо команды на технологическое оборудование нажмите соответствующую кнопку КОМАНДЫ на лицевой панели СУ. Затем нажмите и отпустите кнопку 27 ЗАПИСЬ.

Запишите второй шаг программы, нажимая нужные для этого кнопки из набора кнопок 1...23, выведите МЗ МА во вторую точку программы, затем нажмите кнопку 27 ЗАПИСЬ

В дальнейшем, выводя МЗ МА в следующую точку программы, нажимая кнопку 27, запишите каждый шаг технологической программы, кроме последнего шага.

Запишите последний шаг технологической программы, который должен соответствовать начальной точке программы. Выведите МЗ МА нажатием нужных кнопок 1...23 на лицевой панели в исходную точку программы и при нажатой кнопке 26 КОНЕЦ ПРОГРАММЫ нажмите и отпустите кнопку 27 ЗАПИСЬ

Для записи других программ произведите операции, аналогичные описанным выше, меняя положение программного переключателя НОМЕР ПРОГРАММЫ для каждой программы. Возможна запись девяти программ.

### 6.9. Исправление шагов записанной программы

Для исправления шага или шагов записываемой программы необходимо нажать соответствующее число раз кнопку ИСПРАВЛЕНИЕ. При этом счетчик адреса на узле адреса возвратится назад на число раз, соответствующее нажатию кнопки ИСПРАВЛЕНИЕ. Затем продолжить запись программы.

### 6.10. Режим автоматической работы

Установите программный переключатель НОМЕР ПРОГРАММЫ в изделии на необходимый номер программы.

Установите нужный масштаб таймера кнопкой 30 на лицевой панели изделия.

Нажмите кнопку автоматического режима работы. После этого должен загореться соответствующий светодиод, а на индикаторе НОМЕР ПРОГРАММЫ должна индицироваться цифра, соответствующая номеру, установленному на программном переключателе.

Нажмите кнопку ПУСК. СУ начнет автоматически воспроизводить записанную в ЗУ под соответствующим номером программу, при этом МА будет работать по записанной программе.

При записи нескольких программ возможна отработка любой из них в зависимости от положения программного переключателя НОМЕР ПРОГРАММЫ. Для прерывания отработки программы необходимо нажать кнопку СТОП и, если требуется возобновить отработку программы, нажмите кнопку ПУСК.

## 7. ВАРИАНТЫ КОМПОНОВКИ РТК

Схема компоновки оборудования РТК по первому варианту показана на рис. 3, где на позиции 1 находится питатель заготовок, на позиции 2 технологическое оборудование (пресс, станок), на позиции 3 приемник готовых деталей, на позиции 4 промышленный робот.

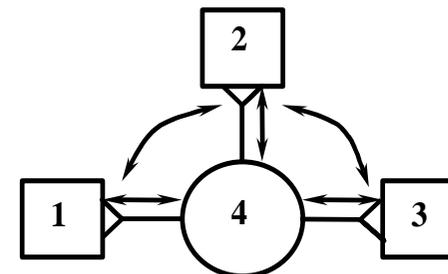


Рис. 4. Схема компоновки РТК

### Варианты заданий

Таблица 2

Вариант компоновки	Позиции оборудования РТК			
	Питатель заготовок	Технологическое оборудование	Приемник деталей	Робот
1	1	2	3	4
2	3	2	1	4
3	2	1	3	4
4	3	1	2	4
5	2	3	1	4
6	1	3	2	4

### 8. ПРИМЕР УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

Номер команды	Рука правая								Рука левая								Циклы
	↑	↓	×	•	↶	↷	∩	∪	↑	↓	×	•	↶	↷	∩	∪	
1	↑								↑								НАЧАЛЬНАЯ ЗАГРУЗКА ТО
2																	
3		↓								↓							
4								∩									
5	↑								↑								
6				•													
7					↶								↷				
8			×														
9		↓								↓							
10							∩										
11	↑								↑								
12				•													
13	ЗАДЕРЖКА (РАБОТА ТО)																
14						↶								↷		ПЕРВЫЙ ЦИКЛ	
15			×												×		
16		↓								↓							
17							∩								∩		
18	↑								↑								
19				•									•				
20						↶								↷			
21			×												×		
22		↓								↓							
23							∩								∩		
24	↑								↑								
25				•									•				
26	ЗАДЕРЖКА (РАБОТА ТО)																
27						↶								↷		ВТОРОЙ И Т.Д.	
28			×												×		
29																	
30																	
31	И так далее																

Управляющая программа составлена для первого варианта компоновки РТК. Исходное положение робота: руки втянуты и находятся в левом крайнем положении, колонна поднята, схваты открыты. Выдвижение и втягивание руки осуществляются только в верхнем положении колонны, а поворот руки только во втянутом положении. Если вместо схватов установлены вакуумные присоски, то данное положение соответствует отсутствию откачки воздуха. В этом случае ротация схвата отсутствует.

Классификация робота

Таблица 3

Вопрос	Ответ (правильный отметить)	Вопрос	Ответ
Поколение робота	Первое	Тип привода	Электрический
	Второе		Пневматический
	Третье		Гидравлический
Специализация робота	Универсальный	Вид управления	Автоматическое
	Специализированный		Ручное
	Специальный		Дистанционное
Грузоподъемность	Сверхлегкий	Способ управления	Цикловое
	Легкий		Позиционное
	Средний		Контурное
	Тяжелый		Адаптивное
Число степеней подвижности	Две	Способ программирования	Аналитическое
	Три		Обучением
	Четыре и т.д.		
Мобильность	Стационарный	Система координат	Прямоугольная
	Подвижный		Полярная (цилиндрическая)
Способ установки	Напольный		Ангулярная (сферическая)
	Подвесной		
	Встроенный и т.д.		

## Технические характеристики

Таблица 4

Вопрос	Ответ	Вопрос	Ответ
Грузоподъемность, кг		Размеры захватываемого объекта, мм	
Точность позиционирования, мм		Число одновременно управляемых степеней подвижности	
Размеры рабочей зоны, мм			Напряжение питания, В
Максимальная скорость: а) линейная, мм/с б) вращения, град/с		Давление воздуха, МПа	

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### ПОЗИЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМ РОБОТОМ

#### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Изучение устройства и освоение управления промышленным роботом "Электроника НЦТМ-01М".

#### 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

2.1. Техническое описание робота НЦТМ-01М, вариант задания траектории движения робота, формат адресного слова.

#### 3. ЗАДАНИЕ

3.1. Изучить устройство манипулятора и системы управления, освоить включение, подготовку к работе и выключение робота, реализовать движение отдельных механизмов робота.

## 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Изучить техническое описание промышленного робота "Электроника НЦТМ-01М".

4.2. Изучить правила техники безопасности (МУ к ЛР № 1, с.1, 2).

4.3. Получить у преподавателя допуск к выполнению работы и вариант задания.

4.4. Составить и заполнить таблицу классификации (МУ к ЛР № 1, с.14).

4.5. Составить и заполнить таблицу технических характеристик (МУ к ЛР № 1, с.15).

4.6. Включить и подготовить к работе робот.

4.7. Проверить работу всех механизмов робота и реализовать заданный преподавателем вариант движения отдельных механизмов робота.

4.8. Отключить робот.

4.9. Оформить и сдать преподавателю отчет по лабораторной работе.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

5.1. Заполненная таблица технических характеристик робота.

5.2. Заполненная таблица классификации робота.

5.3. Эскиз рабочей зоны с указанием размеров.

5.4. Перечень и последовательность команд по реализации заданных преподавателем перемещений механизмов робота.

## 6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА "ЭЛЕКТРОНИКА НЦТМ-01М"

### 6.1. Назначение

Робот предназначен для обслуживания металлорежущих станков, а именно для загрузки и выгрузки деталей типа "тело вращения" диаметром от 9 до 150 мм, длиной от 5 до 300 мм, массой до 6,3 кг.

### 6.2. Основные технические характеристики

Робот имеет 5 степеней подвижности: четыре переносных для доставки детали в любую точку зоны обслуживания и одну локальную, ориентирующую захват.

Горизонтальное перемещение по оси X не менее 820 мм со скоростью не менее 200 мм/с.

Горизонтальное перемещение схватов по оси Y не менее 300 мм со скоростью не менее 200 мм/с.

Вертикальное перемещение по оси Z не менее 220 мм со скоростью не менее 90 мм/с.

Максимальный поворот робота в горизонтальной плоскости на угол  $90^{\circ}$ .

Максимальная угловая скорость поворота хватного устройства в горизонтальной плоскости не менее  $60^{\circ}/с$ .

Рабочее перемещение каждого кулачка механизма захвата детали не менее 5 мм.

Робот обеспечивает непрерывную работу в автоматическом режиме в течение 50 ч, погрешность позиционирования не более 0,5 мм.

Позиционная система управления обеспечивает стандартный цикл манипулирования заготовками и деталями.

Номинальная грузоподъемность робота 6,3 кг.

Максимальная электрическая мощность, потребляемая роботом, не более 0,7 кВА. Точность позиционирования 0,5 мм.

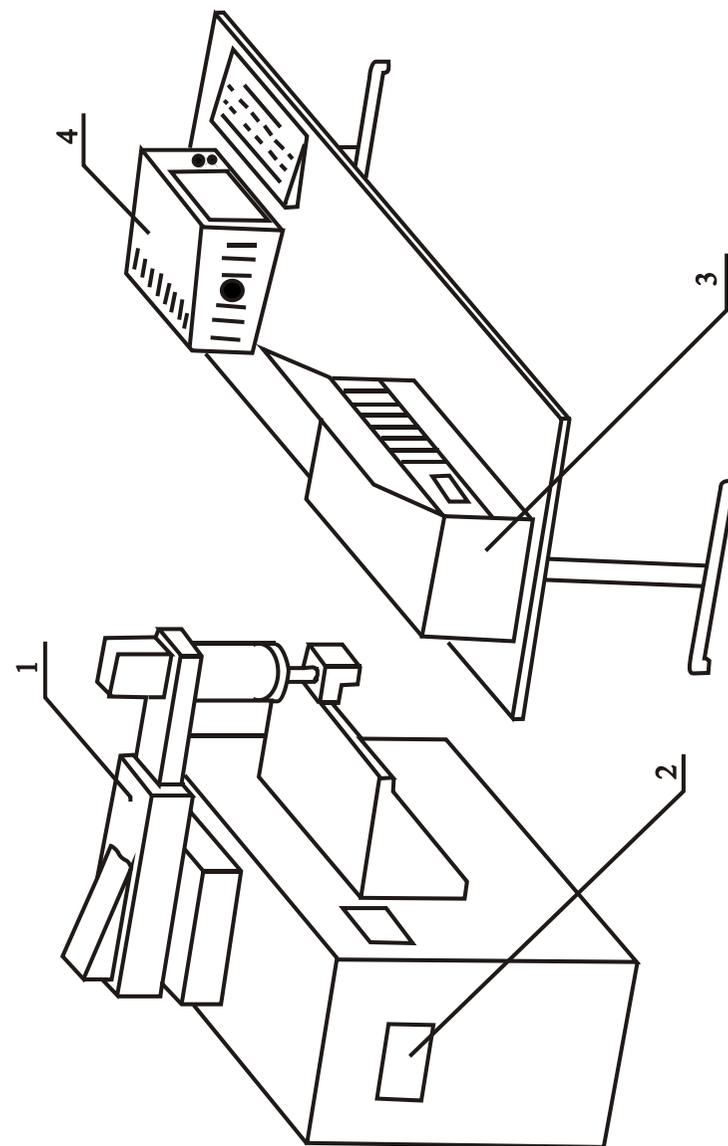


Рис. 1. Компоновка робота "Электроника НЦТМ-01П"

### 6.3. Устройство и работа робота

Робот состоит из манипулятора электромеханического 1, блока подготовки воздуха 2 и системы управления 3 этими механизмами, дисплея 4.

Манипулятор электромеханический имеет 5 степеней подвижности, два захватных устройства, расположенных под углом  $90^\circ$ . Приводы по степеням подвижности электромеханические, привод захватного устройства пневматический

Система управления выполнена на базе микроЭВМ "Электроника 12.01". Система управления запрограммирована на стандартный цикл манипулирования деталями; вводятся только переменные данные, характеризующие новую партию деталей: тип вкладыша, число позиций в ряду кассет; число деталей в кассетах.

Информация о партии деталей, поступивших на обработку, вводится с клавиатуры дисплея, либо поступает в блок управления через устройство управления от системы управления высшего уровня. Программное обеспечение робота обеспечивает самообучение по первой детали, "дожим" заготовки в патрон станка и прекращение движения при соприкосновении с препятствием.

### 6.4. Устройство и работа составных частей робота

Блок подготовки воздуха (рис.2) предназначен для очистки, насыщения парами масла и регулирования давления поступающего из магистрали сжатого воздуха. Для очистки воздуха применяется фильтр-влагоочиститель 1, для насыщения сжатого воздуха парами масла – маслораспылитель 2, для регулирования давления сжатого воздуха – регулятор давления 3. Для визуального наблюдения за величиной давления сжатого воздуха служит манометр 4. Вся пневмоаппаратура смонтирована на металлическом каркасе и соединена между собой трубопроводом.

Кинематическая схема манипулятора электромеханического представлена на рис. 3. Конструктивно манипулятор состоит из следующих основных узлов:

- механизма поворота 2;
- механизма горизонтального перемещения 9 по оси Y;
- механизма вертикального перемещения 13 по оси Z;
- механизма захвата детали 20;
- механизма горизонтального перемещения 1 по оси X.

### 6.4.1. Механизм горизонтального перемещения 1 по оси x (обозначение механизма. - А)

Исполнительный привод: два электродвигателя постоянного тока типа ДПМ-35-Н2-0,2 ОСТ 160.515.022-76; напряжение питания - 24В, режим работы - реверсивный, управление обеспечивает два уровня скорости, торможение - электрическое (динамическое), обеспечиваемое транзисторным ключом, и механическое (статическое), обеспечиваемое двумя фрикционными электромагнитными тормозами.

Датчики: датчик начального положения  $A_n$ , датчик конечного положения  $A_k$ , импульсный датчик пути  $A_n$  - с дискретностью 0,4 мм/имп.

Механизм горизонтального перемещения 1 служит основанием робота и состоит из корпуса, в котором закреплены цилиндрические направляющие перемещения каретки 33, которое осуществляется от электропривода 35 через зубчатую передачу и шариковинтовую пару 34.

### 6.4.2. Механизм поворота 2 (Обозначение механизма - В)

Исполнительный привод: электродвигатель постоянного тока ДПМ-35-Н2-0,2 ОСТ 160.515.022-76, напряжение питания - 24В, режим работы – реверсивный, торможение: электрическое (динамическое), обеспечиваемое транзисторным ключом и механическое (статическое) - выдвигаемым фиксатором.

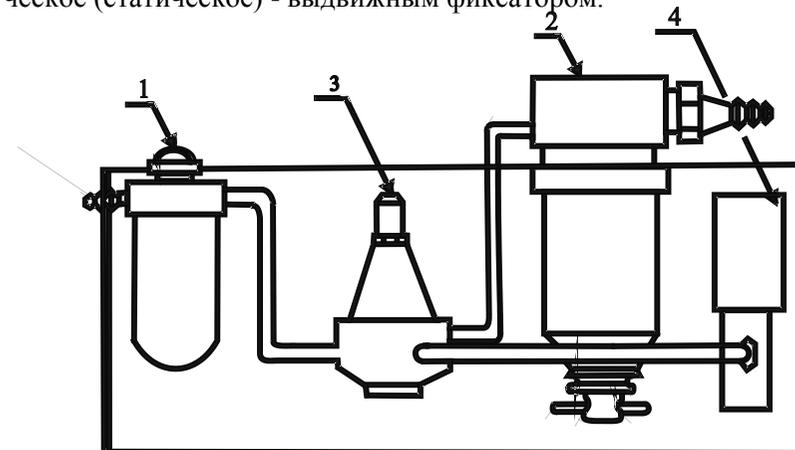


Рис. 2. Общий вид блока подготовки воздуха

Датчики: датчик начального положения –  $B_n$ , датчик конечного положения –  $B_k$ . Последовательно с датчиком  $B_k$  установлен микропереключатель.

Механизм поворота закреплен на каретке 33 механизма горизонтального перемещения 1 и состоит из корпуса, на котором закреплен электропривод 3 конической зубчатой передачи 4, 5, водила 32 и мальтийского креста 31. На мальтийском кресте установлен стакан 30. Вращение водила 32 осуществляется от привода 3 через коническую передачу. Для фиксации мальтийского креста в крайних положениях используют выдвижной фиксатор, управляемый кулачком, кинематически жестко связанный с водилом 32.

#### 6.4.3. Механизм горизонтального перемещения 9 по оси Y (обозначение механизма - C)

Исполнительный привод: два электродвигателя постоянного тока типа ДПМ-35-Н2-0,2 ОСТ 160.515.022-76 напряжение питания - 24В, режим работы – реверсивный. Управление обеспечивает два уровня скорости, торможение электрическое (динамическое), обеспечиваемое транзисторным ключом, и механическое (статическое), обеспечиваемое двумя фрикционными электромагнитными тормозами.

Датчики: датчик начального положения  $C_n$ , датчик конечного положения  $C_k$ ; импульсный датчик пути  $C_n$ , дискретность - 0,4 мм/имп.

Механизм горизонтального перемещения 9 закреплен на верхнем конце стакана 30 механизма поворота 2 и состоит из корпуса 11, в котором расположен ползун 10 с направляющими. Направляющие перемещаются на шарикоподшипниках, расположенных в корпусе 11. Перемещение ползуна осуществляется от электропривода 7 через коническую передачу 6 и шариковинтовую пару 8.

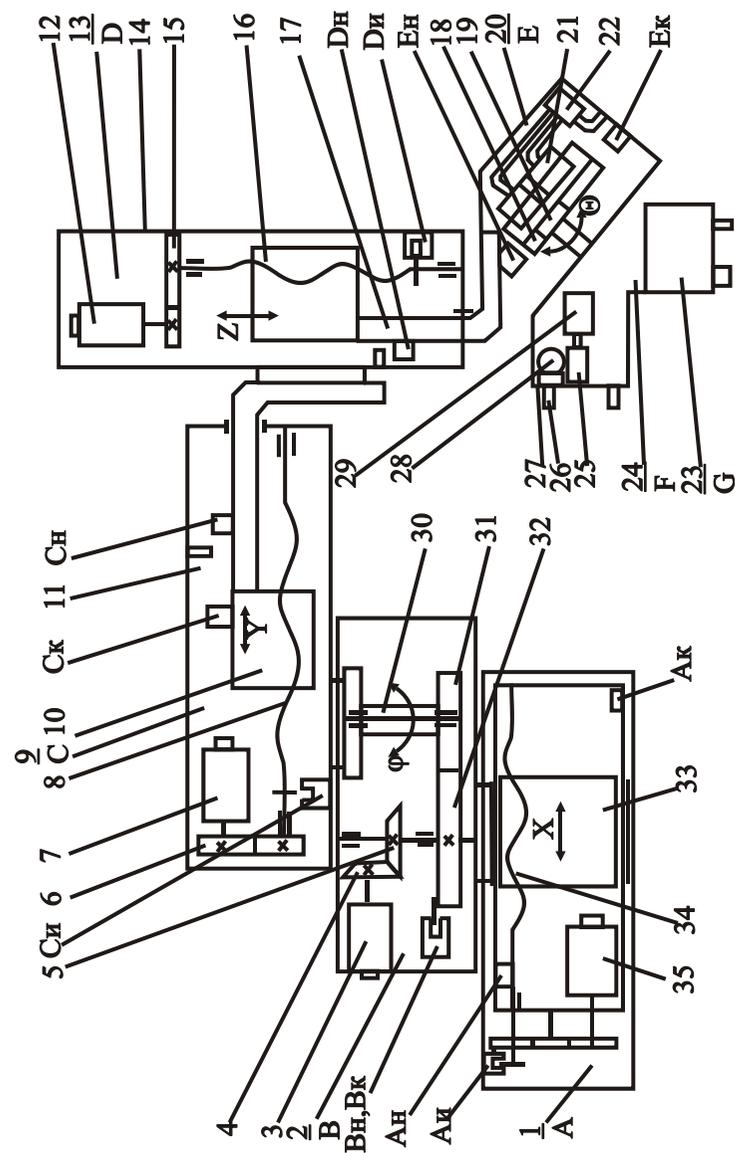


Рис.3. Кинематическая схема промышленного робота "Электроника НЦТМ-01"

#### 6.4.4. Механизм вертикального перемещения 13 по оси Z (обозначение механизма - Д)

Исполнительный привод: два электродвигателя постоянного тока ДПМ-35-Н2-02 ОСТ 160.515.022-76, напряжение питания -24 В, режим работы - реверсивный, управление обеспечивает два уровня скорости, торможение: электрическое (динамическое), обеспечиваемое транзисторным ключом, и механическое (статическое), обеспечиваемое двумя фрикционными электромагнитными тормозами.

Датчики: датчик исходного положения  $D_{и}$ , импульсный датчик пути  $D_{п}$ , дискретность - 0,4мм/имп.

Механизм подъема 13 закреплен на переднем конце ползуна 10 механизма горизонтального перемещения 9 и состоит из корпуса 14 цилиндрической формы, в котором расположена штанга 17, перемещающаяся в шариковой втулке, закрепленной на нижнем конце механизма подъема 13. Вертикальное перемещение штанги осуществляется от привода 12 через зубчатую передачу 15 и шариковинтовую пару 16.

#### 6.4.5. Механизм захвата

Механизм захвата детали состоит из двух схватов 23, 24 и устройства ротации схватов 20. Закреплен на ползуне 17 механизма подъема 13.

#### 6.4.6. Устройство ротации схватов 20 (обозначение механизма - Е)

Исполнительный привод: пневмоцилиндр 21, управляемый распределителем электропневматическим 22, имеющим напряжение питания 24 В, скорость поворота регулируется дросселями.

Датчика: датчик начального положения  $E_{н}$ , датчик конечного положения  $E_{к}$ .

Схват 24 (обозначение F) имеет исполнительный орган - пневмоцилиндр 29, управляемый распределителем электропневматическим.

Схват 23 (обозначение G) имеет исполнительный орган - пневмоцилиндр, управляемый распределителем электропневматическим.

#### 6.4.7. Система управления

Система управления состоит из блока управления (рис. 4) и микропроцессорной управляющей вычислительной системы 21. Блок управления состоит из блока трансформаторов 4, ячейки стабилизации 7, ячейки инвертирования 8, 9, 10, транзисторных ключей 12, 13, 14, 15, коммутатора 11, ячеек усилителей 16, 17, 18. Блок трансформаторов предназначен для подачи сетевого напряжения на ПР. При включении выключателя автоматического А-63МГУЗ 20 подается напряжение 220 В из промышленной сети на обмотки пускателей схемы защиты от внезапного исчезновения напряжения и разъем ХТ2 питания ЭВМ. Кнопкой РАБОТА 5 подается напряжение переменного тока 10 В из блока трансформаторов на ячейку стабилизации, загорается лампочка СЕТЬ на ячейке стабилизации 7 и включается вентилятор. Кнопкой РАБОТА 6 подается напряжение постоянного тока 15 В и 24 В из блока трансформаторов на схему управления. Кнопкой 3 снимается напряжение переменного тока 10 В, постоянного тока 15 В и 24 В. Ячейка стабилизации 7 предназначена для подачи стабилизированного напряжения 5 В постоянного тока на схему управления.

Ячейки инвертирования 7, 8, 10 выполнены на микросхемах серии К155 и предназначены для инвертирования информационных сигналов в системе управления. Ячейка состоит из 22 независимых каналов, каждый из которых имеет индикацию, выполненную на светодиодах.

Транзисторные ключи 12, 13, 14, 15 предназначены для коммутации двигателей постоянного тока напряжением 24 В, мощностью до 48 Вт с динамическим торможением. На входы транзисторного ключа подаются сигналы с микросхем серии К155.

Коммутатор 11 служит для переключения подаваемого на коммутатор напряжения (40 В, 12 В) по четырём независимым каналам.

Ячейки усилителей предназначены для коммутации управляющих цепей напряжением 24 В постоянного тока, мощности более 20 Вт. Ячейка имеет 8 независимых усилителей постоянного тока, последний каскад которых выполнен на транзисторах с открытым коллектором. На лицевой панели имеется индикация работы каждого усилителя, выполненная на светодиодах.

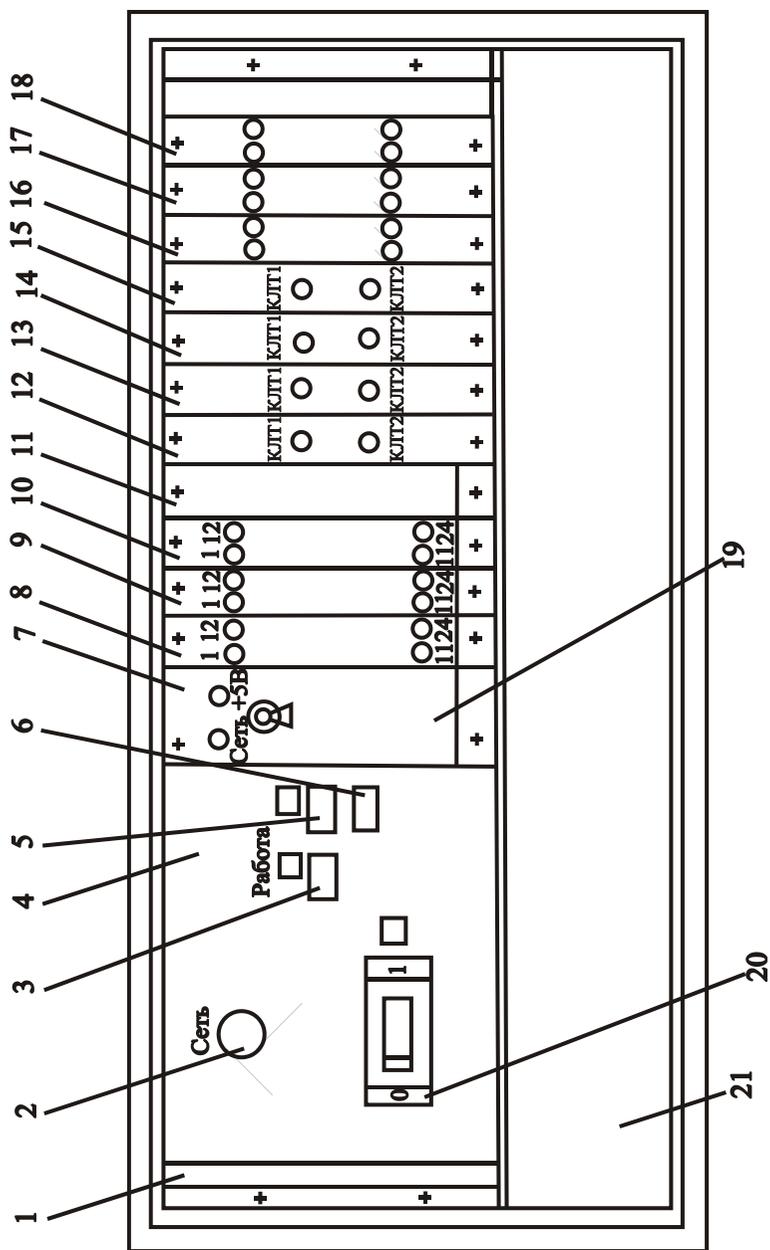


Рис. 4. Блок управления роботом НЦМ-01

#### 6.4.8. Подготовка к работе

Произвести внешний осмотр робота и убедиться в отсутствии видимых дефектов и повреждений.

Установить вручную все механизмы манипулятора в исходное положение:

механизм поворота 2 (обозначение - В) должен быть повернут под углом  $90^\circ$  к оси шпинделя станка;

каретка Г горизонтального перемещения по оси Х должна находиться в крайнем правом положении;

ползун 9 механизма горизонтального перемещения по оси Y должен находиться в крайнем втянутом положении, а штанга механизма вертикального перемещения по оси Z - в крайнем верхнем положении;

через блок подготовки воздуха подать из магистрали в манипулятор сжатый воздух. Отрегулировать величину давления сжатого воздуха регулятором давления расположенным на блоке подготовки воздуха. Давление должно быть в пределах 0,3-0,6 Мпа;

подключить вилки ЭВМ блока управления и дисплея к сети 220 В, 50 Гц, должна загореться лампа 2 СЕТЬ на блоке трансформаторов 4;

включить тумблер СЕТЬ на ячейке стабилизации 7;

установить микропереключатель на механизме горизонтального перемещения по оси Х промышленного робота в положение РАБОТА;

подать в робот сжатый воздух, открыв вентиль пневмосети;

включить дисплей клавишей СЕТЬ. На дисплее загорится светодиод СЕТЬ. При нажатии клавиши РЕД ДУП, ЛИН на клавиатуре, загорятся лампы РЕД, ДУП, ЛИН;

на блоке управления включить автоматический выключатель СЕТЬ 20;

на блоке питания ЭШ поставить левую клавишу ЭВМ ПИТАНИЕ в верхнее положение. Загорится левая лампа ПИТАНИЕ;

на блоке питания ЭВМ поставить среднюю клавишу ЭВМ ПРОГРАММА в верхнее положение и нажать кнопки 5 "РАБОТА 1" и 6 "РАБОТА 2" на блоке трансформаторов 4. Включится вентилятор, на ячейке стабилизации 7 загорятся светодиоды СЕТЬ и +5 В. На экране дисплея появится 1316.

## 7. УПРАВЛЕНИЕ РОБОТОМ

Управление роботом осуществляется путем реализации движений от механизмов в программном режиме в соответствии с форматом выходного слова.

Таблица 1

Формат выходного слова

Разряд	Формат выходного слова с адресом 167762	Формат выходного слова с адресом 167772	Код опера-
ВД15	Дверь станка открыть	Схват F(G) заготовки разжать	100000
ВД14	Дверь станка закрыть	Схват F(G) заготовки зажать	40000
ВД13	Обдув патрона	Схват G(F) детали разжать	20000
ВД12	Пуск шпинделя	Схват G(F) детали зажать	10000
ВД11	Пуск программы станка	Переключение скорости механизма В	4000
ВД10	Деталь зажать	Свободный разряд	2000
ВД09	Деталь разжать	Свободный разряд	1000
ВД08	Свободный разряд	Свободный разряд	400
ВД07	Свободный разряд	Обдув детали станка	200
ВД06	Механизм Д назад (вверх)	Переключение скорости механизма С	100
ВД05	Механизм Д вперед (вниз)	Механизм С вперед	40
ВД04	Свободный разряд	Механизм С назад	20
ВД03	Схват от станка (ротация)	Механизм В (торможение)	10
ВД02	Схват к станку (ротация)	Переключение скорости механизма А	4
ВД01	Механизм В от станка (назад)	Механизм А назад	2
ВД00	Механизм В к станку	Механизм А вперед	1

Для реализации движения отдельных механизмов робота необходимо набрать на клавиатуре дисплея последовательность команд. В табл. 2 приведен пример управляющей программы для перемещения механизма С промышленного робота соответственно вперед и назад.

Таблица 2

Пример управляющей программы

Команда	Действия робота
1000/12737	Движение механизма С вперед быстро
1002/40	
1004/167772	
1006/12700	Команды ветвления и выдержки времени на длительность движения механизма С
1010/17777	
1012/77001	
1014/12737	Останов механизма С
1016/0	
1020/167772	
1022/12737	
1024/20	Движение механизма С назад быстро
1026/167772	
1030/12700	
1032/17777	Команды ветвления и выдержки времени на длительность движения механизма С
1034/77001	
1036/12737	
1040/0	Останов механизма С
1042/167772	
1044/0	
1046/137	Останов процессора
1050/1000	
	Ветвление на указанный № строки (1000) в начало программы и повторение процесса

## 8. ОТКЛЮЧЕНИЕ РОБОТА

Нажать кнопку 3 РАБОТА 0 на блоке управления, должны погаснуть лампы СЕТЬ и +5 В на ячейке стабилизации.

Опустить вниз клавишу блока питания ЭВМ ТАЙМЕР.

Опустить вниз клавишу блока питания ЭВМ ПРОГРАММА.

Опустить вниз клавишу блока питания ЭВМ ПИТАНИЕ.  
Должна погаснуть лампа ПИТАНИЕ.

На блоке управления отключить автоматический выключатель 20 СЕТЬ.

Отключить дисплей, нажав клавишу СЕТЬ.

Отключить подаваемый из магистрали сжатый воздух с избыточным давлением.

Вынуть вилки из розетки, отключив тем самым питание 220 В 50 Гц.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юревич Е.И. Основы робототехники: учеб. пособие / Е.И. Юревич. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 368 с.
2. Конюх В.Л. Основы робототехники / В.Л. Конюх. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 281 с.

#### СОДЕРЖАНИЕ

- |    |  |    |
|----|--|----|
| 1. | Лабораторная работа № 1. Цикловое управление промышленным роботом    | 1  |
| 2. | Лабораторная работа № 2. Позиционное управление промышленным роботом | 15 |

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам № 1-2  
по дисциплине "Основы мехатроники и робототехники"  
для студентов направления подготовки бакалавров  
221000 «Мехатроника и робототехника»  
(профиль «Промышленная и специальная робототехника»)  
очной формы обучения

Составитель Трубецкой Виктор Александрович

В авторской редакции

Компьютерный набор В.А. Трубецкого

Подписано в печать 12.12.2012.

Формат 60×84/16. Бумага для множительных аппаратов.  
Уч. печ. л. 1,9. Уч.-изд. л. 1,7. Тираж \_\_\_ экз. "С"

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»  
394026 Воронеж, Московский просп., 14