

**Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А.»**

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

**Методические указания
к выполнению практических занятий по дисциплине
"Автоматизация штамповочного производства"
для студентов направления**

**(15.03.05) «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»**

очной и заочной форм обучения

Практическая работа

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

Цель работы: изучение состава и работы робототехнического комплекса (РТК) на основе промышленного робота ПМР-0,5-200КВ, составление и отладка программы работы робота.

Задание:

- ознакомиться с особенностями применения промышленных роботов (ПР) и с оборудованием, входящим в состав роботизированного листоштамповочного комплекса;
- изучить кинематическую схему манипулятора промышленного робота ПМР-0,5-200КВ;
- составить алгоритм работы РТК (в соответствии с заданием преподавателя);
- составить и набрать программу работы РТК, проверить ее выполнение, построить циклограмму работы комплекса;
- оптимизировать программу, проверить ее выполнение, построить циклограмму оптимизированного варианта;
- составить отчет о проделанной работе.

1. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Промышленные роботы находят все более широкое применение, заменяя человека на участках с опасными, вредными для здоровья, тяжелыми или монотонными условиями труда. Особенно важно, что промышленные роботы можно применять для выполнения работ, которые не могут быть механизированы или автоматизированы традиционными средствами. Они создают предпосылки для перехода к качественно новому уровню автоматизации - созданию автоматических производственных систем, работающих с минимальным участием человека.

Одно из основных преимуществ ПР – возможность быстрой переналадки для выполнения задач, различающихся последовательностью и характером манипуляционных действий. Поэтому применение ПР наиболее эффективно в условиях частой смены объектов производства, а также для автоматизации ручного низкоквалифицированного труда.

В основном на машиностроительных заводах ПР используются для обслуживания кузнечно-прессового и литейного оборудования, а также металлорежущих станков. Также они применяются на операциях сварки, окраски и сборки.

2. СОСТАВ И РАБОТА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

В состав РТК для листовой штамповки из штучных заготовок (рис. 1) входят: кривошипный пресс 1, промышленный мини-робот (ПМР-0,5-200КВ) 2, электронное цикловое программное устройство (ЭЦПУ-6030) 3, ориентирующее устройство магазинного типа 4.

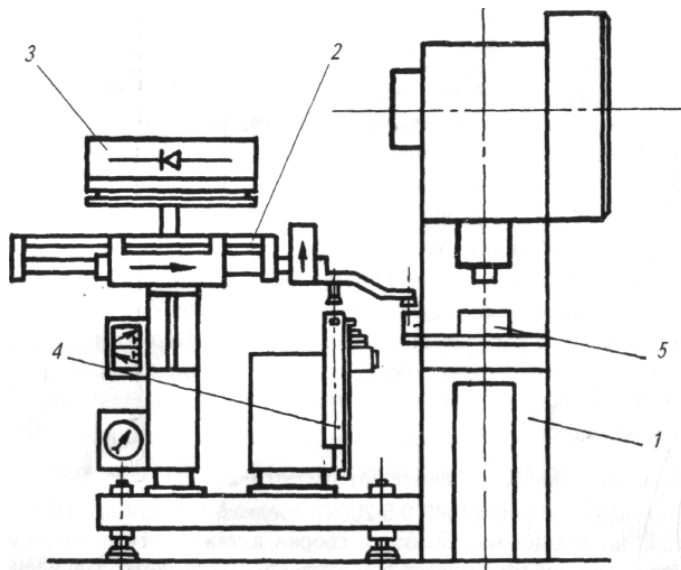


Рисунок 1. Состав роботизированного комплекса: 1- кривошипный пресс; 2- промышленный мини-робот; 3- электронное цикловое программное устройство; 4- ориентирующее устройство магазинного типа; 5- штамп

В операциях ОМД промышленные роботы используются, в основном, для загрузки заготовок на позицию штамповки, удаления готовых деталей и отходов, а также в качестве транспортных средств для передачи заготовок с одной позиции штамповки на другую.

В рассматриваемом РТК промышленный робот берет заготовки на позиции выдачи (ориентирующее устройство 4), переносит ее на позицию штамповки (штамп 5). Затем следует технологическая операция штамповки, по окончании которой робот удаляет отштампованную деталь в тару или переносит ее на следующую операцию обработки. После этого цикл повторяется. Управление работой РТК осуществляется с пульта циклового управления ЭЦПУ-6030 путем задания программы.

3. ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ, ВХОДЯЩЕГО В СОСТАВ РТК

3.1 Пресс К2114 (К2118Б)

Пресс К2114 (К2118Б) является однокривошипным прессом простого действия с наклоняемой станиной. Он предназначен для различных операций холодной штамповки: вырубки, пробивки отверстий, гибки, неглубокой вытяжки, просечки и других холодноштамповочных операций. По универсальности пресс применяется почти во всех областях промышленности.

Конструктивные особенности прессы:

- а) наклоняемая станина;
- б) регулируемый ход ползуна;
- в) централизованная система смазки;
- г) предохранительные устройства: по крутящему моменту - муфта, по усилию - ломкий предохранитель в ползуне.

Таблица 1. *Краткие характеристики прессы К2114 (К2118Б)*

Наименование параметров	Единица измерения	Модель прессы
		К2114 (К2118Б)
1. Номинальное усилие прессы	тс	2,5 (6,3)
2. Ход ползуна:		
наибольший	мм	30 (45)
наименьший	мм	4 (5)
3. Число ходов ползуна в минуту		200;270;340;400 (150;200;250)
4. Размеры стола:		
- слева - направо	мм	260 (300)
- спереди – назад	мм	170 (200)
5. Размеры отверстия в столе:		
- слева - направо	мм	- (150)
- спереди – назад	мм	- (100)
- диаметр	мм	90 (120)
6. Размеры отверстия в ползуне под хвостовик штампа:		
- диаметр	мм	25 ^{+0,045} (32 ^{+0,045})
- глубина	мм	50 (55)
7. Расстояние от оси ползуна до станины (вылет)	мм	95 (110)
8. Наибольшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении:		
- при наибольшем ходе	мм	150 (170)
- при наименьшем ходе	мм	163 (190)
9. Ход выталкивателя в ползуне	мм	5 (6)
10. Высота стола над уровнем пола	мм	810 (850)
11. Размеры ползуна:		
- слева - направо	мм	110 (170)
- спереди – назад	мм	80 (135)
12. Наибольшая толщина вырубki листа с пределом прочности 50 кгс/мм ² :		
- при непрерывных ходах	мм	0,5 (0,8)
- при одиночных ходах	мм	1,0 (1,6)

13. Наибольшая полезная работа на пластическую деформацию:		
– при непрерывных ходах и наибольших числах ходов в минуту	кгс/см	0,7 (2,8)
– при одиночных ходах и наименьших числах ходов в минуту	кгс/см	1,4 (5,6)
Расстояние между стойками станины	мм	90 (120)
14. Регулировка расстояния между столом и ползуном	мм	25 (32)
15. Толщина штамповой плиты	мм	25 (32)
16. Габариты пресса:		
- слева – направо	мм	515 (590)
- спереди – назад	мм	800 (915)
- высота	мм	1535 (1795)
17. Вес пресса	кг	450 (570)

3.2. Промышленный мини-робот ПМР-0.5-200КВ

Промышленный робот ПМР-0,5-200КВ предназначен для автоматизации операций штамповки, мехобработки, сборки, а также других технологических процессов, где необходимо осуществлять захват, перенос и установку детали на технологическое оборудование.

Мини-робот ПМР-0,5-200КВ (рис. 2) имеет модульную конструкцию. В его состав входят: модуль поворота (В-240) 1; стойка (СК-8А) 2, предназначенная для закрепления манипулятора и распределения сжатого воздуха; пневмоцилиндр манипулятора (ПД-200) 3; кисть для вертикального перемещения рабочих органов робота (К-25) 4; захватное устройство (двух типов - клещевое УЗК 6 и вакуумное УЗВ-200 5); пульт циклового управления (ЭЦПУ-6030) 7; блок подготовки воздуха (ПБ-1 16/10) 8.

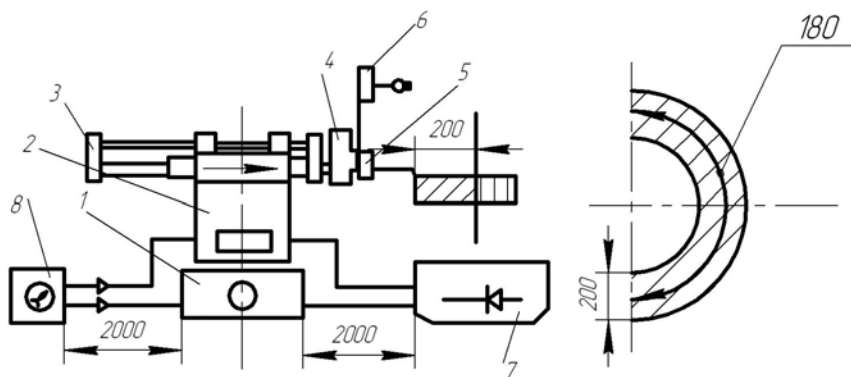


Рисунок 2. Структурная схема промышленного робота ПМР-0,5-200КВ:
1- модуль поворота (В-240); 2- стойка (СК-8А); 3- пневмоцилиндр манипулятора (ПД-200); 4- кисть (К-25); 5- захватное устройство вакуумное УЗВ-200; 6- захватное устройство клещевое УЗК; 7- пульт циклового управления (ЭЦПУ-6030); 8- блок подготовки воздуха (ПБ-1 16/10)

Характеристики мини-робота приведены в таблице 2.

Таблица 2. *Характеристики мини-робота*

Масса перемещаемого изделия, не более, кг	0,5
Число степеней подвижности (без захвата)	3
Величина горизонтального перемещения манипулятора, мм	200
Величина вертикального перемещения кисти, мм	35
Максимальный угол поворота манипулятора, град	180
Погрешность позиционирования, мм при линейных перемещениях при повороте	0,05 0,1
Средняя скорость перемещения, не менее, мм/с горизонтального вертикального	220 100
Средняя скорость поворота, не менее, град/с	90
Время захвата и освобождения заготовки, не более, с	0,3

Способ управления	Программный
Число программируемых точек по каждой степени подвижности	2
Тип привода	Пневматический
Режимы работы	Ручной, Команда, Цикл, Автомат
Масса мини-робота, не более, кг	90
Габаритные размеры манипулятора, мм	1100x300x540

Манипулятор мини-робота состоит из двухпредельного пневмоцилиндра и стойки, смонтированных на модуле поворота. Для эксплуатации мини-робота на его манипулятор устанавливается кисть с различными вариантами захватов. Устройство управления ЭЦПУ-6030 монтируется отдельно и соединяется с манипулятором кабелями.

Сжатый воздух подается к электропневматическим клапанам манипулятора через узел подготовки воздуха, который обеспечивает постоянство необходимого давления, подачу воздуха и смазки в пневмоцилиндре. Электропневматические клапаны установлены в манипуляторе на каждое движение. Каждый клапан снабжен дросселем, установленным на выходе, при помощи которого можно регулировать скорость движения.

Работа манипулятора производится по конечным регулируемым упорам. Амортизация выдвижения и поворота манипулятора осуществляется специальными гидравлическими демпферами. Амортизация подъема-опускания кисти осуществляется дросселированием подачи воздуха.

Последовательность и количество движений устанавливается набором программы на устройстве управления ЭЦПУ-6030 в соответствии с принятой схемой реализации технологического процесса.

Сигнал о выполнении каждого движения, за исключением захвата, выдают магнитоуправляемые электрические контакты (КЭМ) при подходе к ним постоянных магнитов, установленных на подвижных частях. Только после получения сигнала о выполнении движения происходит выдача команды на выполнение следующего движения. При отсутствии сигнала от КЭМ о выполнении движения происходит остановка мини-робота до получения сигнала.

Промышленный мини-робот ПМР-0,5-200КВ поставляется заводом-изготовителем в комплекте с универсальной станиной со стойками. На стойках крепятся узлы робота и вспомогательное оборудование (например, ориентирующее устройство).

3.3. Электронное цикловое программное устройство ЭЦПУ-6030

Устройство циклового программного управления ЭЦПУ-6030 предназначено для управления манипуляторами с позиционированием по упорам и соответствующим технологическим оборудованием. Оно рассчитано на отработку 30 шагов программы.

Устройство состоит из следующих основных узлов и блоков (рис.3):

- пульт управления, обеспечивающий задание режимов работы устройства, выполнение операций включения-выключения питания, запуска в работу, а также ручное управление звеньями манипулятора;
- программоноситель, предназначенный для набора и хранения требуемой программы работы робота;
- блок усилителей, обеспечивающий выдачу управляющих команд на распределители манипулятора и технологическое оборудование;
- блок питания, обеспечивающий питание электронного оборудования, датчиков манипулятора и технологического оборудования.

Блок управления формирует команды управления исполнительными органами манипулятора и технологическим оборудованием на основании информации, поступающей с программоносителя, сигналов от датчиков положения звеньев манипулятора и состояния управляющих органов на пульте управления.

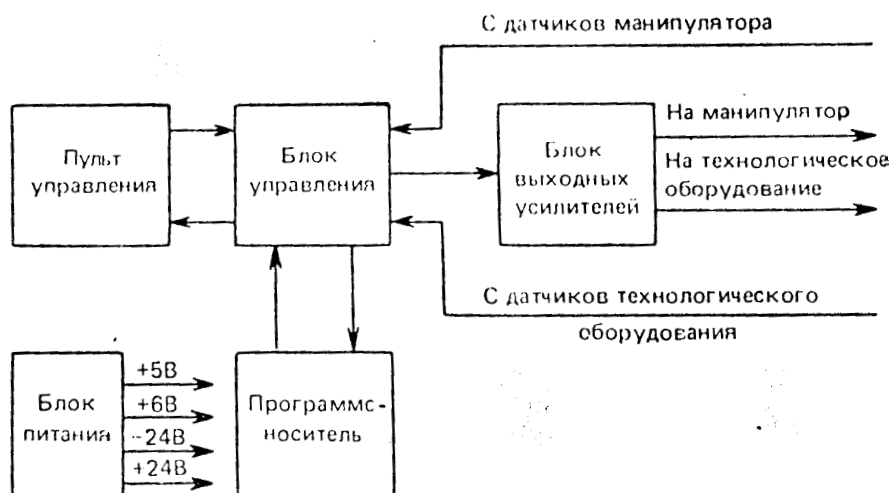


Рисунок 3. Электронное цикловое программное устройство

Пульт управления предназначен для оперативного управления устройством и отображения состояния робота.

С пульта управления можно задать один из следующих режимов работы устройства: РУЧНОЙ, КОМАНДА, ЦИКЛ, АВТОМАТ.

В режиме РУЧНОЙ команды на манипулятор задаются с пульта управления и поступают на блок усилителей и далее на манипулятор для управления его подвижными органами. Контроль положения исполнительных органов манипулятора осуществляется с помощью табло индикации состояния звеньев манипулятора.

В режиме КОМАНДА устройство обеспечивает отработку одного кадра программы, набранной на программноносителе. После отработки команд, заданных в кадре, происходит остановка устройства.

В режиме ЦИКЛ устройство обеспечивает однократную отработку всех кадров программы.

В режиме АВТОМАТ устройство обеспечивает многократную отработку рабочего цикла робота.

При нажатии кнопки режима РУЧНОЙ на звено манипулятора выдается команда, мнемоническое изображение которой нанесено на табло над кнопкой, табло при этом загорается.

На пульте управления (рис. 4) расположены следующие органы управления:

- а) переключатель РЕЖИМОВ РАБОТЫ, устанавливающий один из четырех режимов работы (АВТОМАТ, ЦИКЛ, КОМАНДА или РУЧНОЙ);
- б) 12 кнопок ручного управления звеньями манипулятора;
- в) кнопка ПУСК, используемая для запуска устройства;
- г) кнопка СТОП, используемая для остановки устройства, работающего по программе;
- д) кнопка СБРОС СЧК, предназначенная для обнуления счетчика кадров;
- е) кнопка +1 СЧК, предназначенная для пуска программы с произвольного шага;
- ж) кнопка СЕТЬ.

На пульте также размещены следующие элементы индикации:

- а) табло индикации состояния звеньев манипулятора;
- б) табло РАБОТА, показывающие работу устройства по программе;
- в) табло десятичной индикации номера шага СЧК;
- г) табло СЕТЬ.

Кнопка ПУСК функционирует только в режимах АВТОМАТ, ЦИКЛ, КОМАНДА.

Программоноситель (рис. 4) выполнен в виде двух наборных полей из многопозиционных переключателей и размещен в верхней части устройства в специальной нише, закрываемой крышкой. Каждый кадр программы может содержать одну или две команды, набираемые на верхнем и нижнем полях программоносителя.

Выключение устройства (в том числе и аварийное) осуществляется кнопкой аварийного отключения устройства, расположенной в верхней части корпуса.

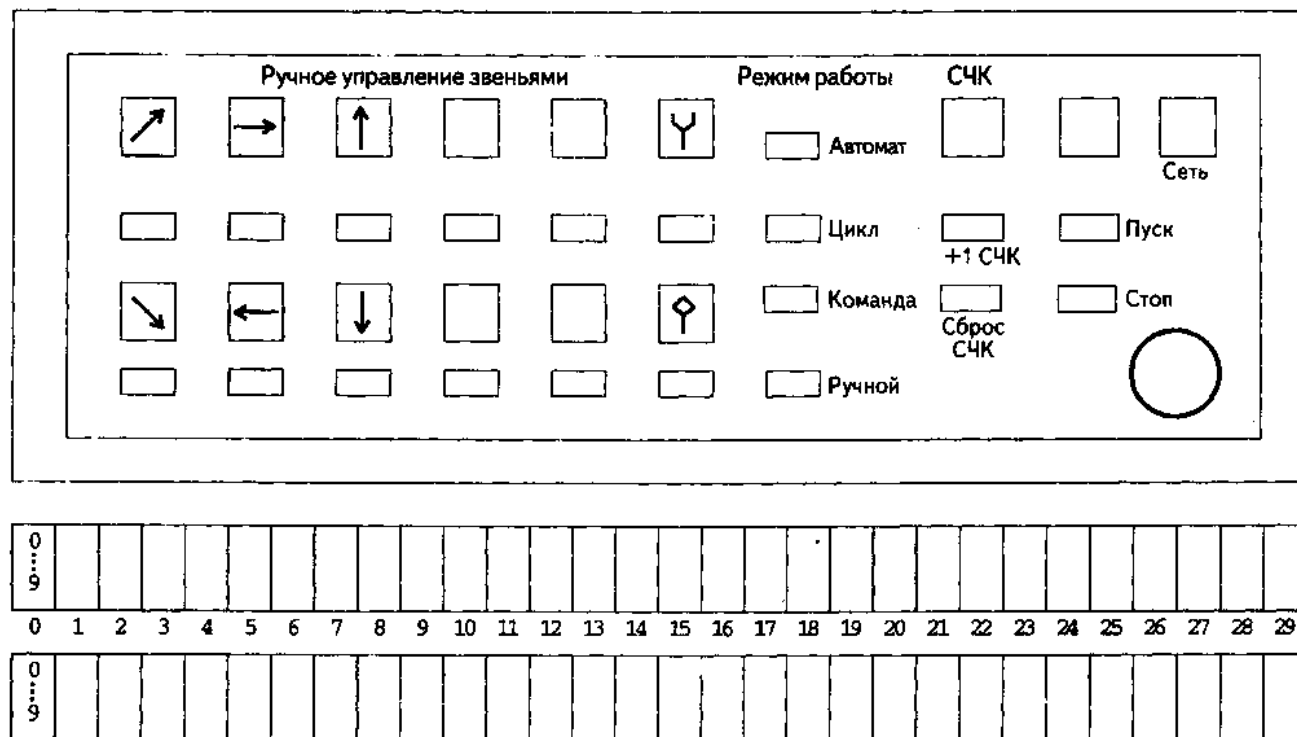


Рисунок 4. Пульт управления и программоноситель:
а – пульт управления, б – программоноситель

Программа составляется по циклограмме работы робота, которая разбивается по шагам. Максимальное число шагов рабочего цикла (а соответственно и программы) - 30. Программоноситель, на котором набирается программа, выполнен в виде двух наборных полей многопозиционных переключателей по 30 шт. в каждом поле (число шагов программы).

Наличие верхнего и нижнего полей программоносителя позволяет исполнять одну или две команды. Если в кадре при программировании соответствующая команда набирается на верхнем поле программоносителя, а на нижнем поле вместо знака устанавливается цифра 0, то данный кадр состоит из одной команды. Кадр также состоит из одной команды, если на верхнем поле вместо знака * устанавливается цифра 0.

Кадр совместной отработки формируется из двух команд, набираемых в одном шаге на верхнем и нижнем полях. Переход к следующему шагу происходит только после отработки команд управления звеньями манипулятора, набранных на программоносителе.

4. СОСТАВЛЕНИЕ, НАБОР И ОТЛАДКА ПРОГРАММЫ

Составление программы начинается с записи цепочки логической последовательности срабатывания всех элементов робота и технологического оборудования (кадров программы). При этом необходимо предусмотреть все движения манипулятора, необходимые для осуществления требуемой последовательности перемещения и обработки детали.

Составление программы всегда целесообразно сочетать с построением циклограммы, на которой по оси абсцисс отработка той или иной команды откладывается в масштабе времени. Время отработки команды определяется из паспортных данных промышленного робота и оборудования и может быть рассчитано по формуле

$$t = \frac{s}{v} \quad \text{или} \quad t = \frac{\alpha}{\omega},$$

где s – величина линейного перемещения, м;
 α – величина углового перемещения, град;
 v – скорость линейного перемещения, м/с;
 ω – скорость углового перемещения, град/с.

Циклограмма строится по результатам эксперимента, значения которого записываются в таблицу 3. После построения циклограммы определяется общее время цикла:

$$T_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^n t_i.$$

Таблица 3. *Результаты эксперимента*

№	Команда	Код	Линейное перемещение, мм	Время, с	Циклограмма, $T_{\text{ц}}$
1	поворот (вправо)	1/0		0,9	
2	выдвижение захвата	3/0		1,0	
3	опускание захвата	0/1		0,35	
4	захват заготовки	0/5		0,3	
5	подъем захвата	0/2		0,35	
6	втягивание захвата	4/0		1,0	
7	поворот (влево)	2/0		0,9	
	и т. д.				

Набор программы робота осуществляется путем набора соответствующих сочетаний чисел (кодов) на программноносителе ЭЦПУ-6030.

На наборной секции на верхней и нижней строках набираются цифровые коды, обеспечивающие выполнение той или другой команды заданной программы. В каждом кадре может быть записана одна или две команды, набранные на верхнем и нижнем полях программноносителя.

Стандартные коды команд приведены в таблице 4.

Система стандартных команд разбита на 4 группы:

1. Команды управления звеньями манипулятора (12 команд).
2. Команды управления технологическим оборудованием (6 команд).

3. Команды опроса датчиков (4 команды) и "выдержка времени" (команды опроса используются для проверки блокировочных сигналов со спецдатчиков, расположенных на манипуляторе или технологическом оборудовании).

4. Команды управления - пропуск кадра, переход к нужному кадру и т. д.

Таблица 4. *Стандартные коды команд*

Группа	Команда	Название команды	Обозначение	Код	
				верхнее поле	нижнее поле
1	1	Звено 1-1 поворот вправо		2	0
	2	" 1-2 поворот влево		1	0
	3	" 2-1 рука вперед		3	0
	4	" 2-2 рука назад		4	0
	5	" 3-1 опускание захвата		0	2
	6	" 3-2 подъем захвата		0	1
	7	" 4-1		0	3
	8	" 4-2		0	4
	9	" 5-1 присоски включ.		5	0
	10	" 5-2 присоски выкл.		6	0
	11	" 6-1 вкл. захвата		0	5
	12	" 6-2 выкл. захвата		0	6

2	13	Техкоманда 1		9	1
	14	" 2		9	2
	15	" 3		9	3
	16	" 4		9	4
	17	" 5		9	5
	18	" 6		9	6
3	19	Опрос 1		7	0
	20	" 2		8	0
	21	" 3		0	7
	22	" 4		0	8
4	23	Выдержка времени		0	9
	24	Пропуск		9	7
	25	Переход		9	8
	26	Остановка		9	9
	27	Конец программы		0	0

Если в кадре при программировании соответствующая команда набирается на верхнем или нижнем поле, а на другом поле набирается цифра 0, то данный кадр состоит из одной команды. Кадр совместной обработки формируется из двух команд, например, "вперед" и "вверх" могут быть записаны в двух кадрах 3/0; 0/2, в одном 3/2. Кадры совместной обработки используются для оптимизации программы с целью уменьшения общего времени цикла.

Пример программы

Пусть манипулятору требуется перенести деталь из исходного положения a в точку b . Используем для этой операции захватное устройство манипулятора. В исходном положении захватное устройство открыто и находится в точке a . На рис. 5 показана типовая

последовательность перемещений манипулятора, а в табл. 5 – вариант составленной программы, вводимой в запоминающее устройство системы управления.

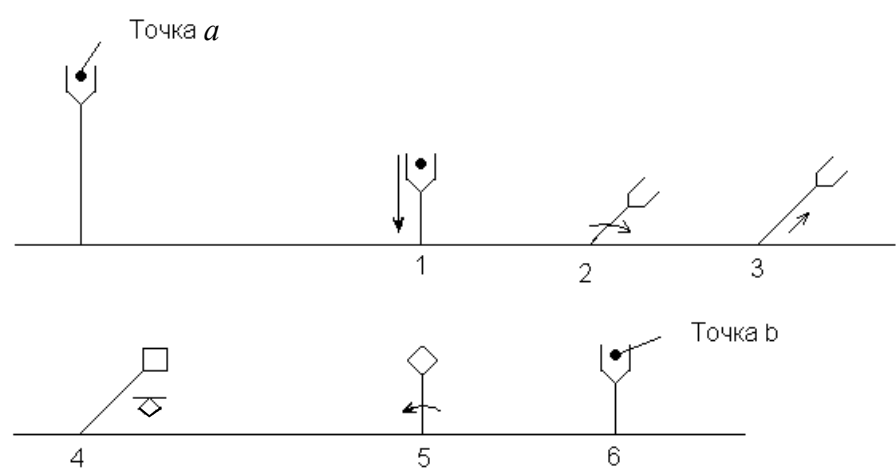


Рисунок 5. Последовательность перемещения манипулятора:
1, 2, ... - номера позиций (перемещений) манипулятора

Таблица 5

Номер перемещения промежуточной точки	Символика перемещения	Комментарий
1	●	Перемещение назад
2	↻	Поворот по часовой стрелке
3	→	Выдвижение вперед
4	⬇	Захватное устройство закрыто
5	↺	Поворот против часовой стрелки
6	⬆	Захватное устройство открыто

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить устройство к работе в режиме обучения.
2. Составить программу переноса детали (табл. 5).
3. Набрать программу в модуле памяти.
4. Проверить работу программ в режиме обучения.
5. Уточнить алгоритм работы устройства по результатам проверки работы программы.
6. Перейти к работе в автоматическом режиме.
7. Для прерывания программы нажать кнопку СТОП.

Таким образом, после составления и набора программы на программноносителе необходимо проверить ее выполнение сначала в ручном режиме, а затем в режиме "АВТОМАТ". Если все команды отрабатываются промышленным роботом правильно, то пульт управления переключается в режим "АВТОМАТ" и РТК начинает работать в автономном режиме.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.1. Подготовка к работе

Подготовка к работе робота ПМР-0,5-200КВ сводится к приведению в готовность его составных частей:

- манипулятора;
- пневмооборудования;
- устройства ЭЦПУ-6030.

По манипулятору проводится проверка наличия масла и смазки, установка упоров, регулировка амортизаторов.

По пневмооборудованию:

- откройте запорный вентиль;
- установите редукционным клапаном по манометру давление воздуха 0,4 МПа (4 кг/см²).

По устройству ЭЦПУ-6030:

- включите питание нажатием кнопки "Сеть". При этом загорается лампочка "Сеть";
- поставьте кнопочный переключатель режимов в положение "Ручной";
- проверьте в ручном режиме готовность к работе робота: по скорости перемещения каждой степени подвижности, по эффективности торможения в конце установленных ходов механизмов выдвижения и поворота руки.

5.2. Составление и отладка программы

1. Выбрать технологический процесс, подлежащий программированию, и кратко описать его, например, в форме – ПР берет с ориентирующего устройства заготовку, подает ее на позицию штамповки, после штамповки убирает из штампа готовую деталь.
2. Записать в графе "Команда" (см. табл. 3) последовательность команд для робота, обеспечивающих отработку выбранного техпроцесса с комплексом оборудования.
3. Пользуясь таблицей 4, закодировать команды. Коды записать в таблицу 3.
4. В соответствующей графе циклограммы проставить время линейных и угловых перемещений рабочих органов РТК и время выполнения команд по расчетам и замерам.
5. Построить ходограмму работы РТК.
6. Построить по таблице 3 циклограмму и определить Тц.
7. Произвести оптимизацию программы, скорректировать коды команд и циклограмму.
8. Отработать все команды в ручном режиме.
9. Набрать программу на программоносителе.
10. Проверить правильность отработки набранных команд в режиме "КОМАНДА".
11. Проверить программу в режимах "ЦИКЛ" и "АВТОМАТ".
12. Сделать выводы по работе.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы составные части РТК?
2. Основные узлы ПМР-0,5-200КВ и их назначение.
3. Каково устройство и принцип действия манипулятора и его узлов: захвата, подъема, поворота и выдвижения захвата?
4. Перечислить составные части и назначение устройства ЭЦПУ-6030.
5. Как изменяются режимы работы ПР?
6. Как кодируется и набирается программа?
7. Для чего нужна и как строится циклограмма?
8. Для чего и как производится оптимизация программы?