МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ (МИИТ)

Кафедра «Технология транспортного машиностроения
и ремонта подвижного состава»

А.Ю. ПОПОВ
А.Ю. КОРЫТОВ

УСТРОЙСТВО И ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА МП-9С

Методические указания к лабораторной работе

по дисциплине
«АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ»

МОСКВА – 2005

М.У.
№2175
03-11947
Попов А.Ю. уч.6
Устройство и программир
ование промышленного 05

ЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ (МИИТ)

Кафедра «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава»

А. Ю. ПОПОВ

А. Ю. КОРЫТОВ

Утверждено
редакционно-издательским
советом университета

УСТРОЙСТВО И ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА МП-9С

Методические указания к лабораторной работе

по дисциплине

"АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ"

для студентов специальности
120100 «Технология машиностроения»

специализация 120110 «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава»

МОСКВА - 2005

УДК 621.865.8

П-58

Попов А.Ю., Корытов А.Ю. Устройство и программирование промышленного робота МП-9С: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине "Автоматизация производственных процессов" - М.: МИИТ, 2004. - 36 с.

В методических указаниях приводится техническое описание, принцип работы, программирование, основы настройки и испытаний промышленного робота модели МП-9С. Рассмотрен порядок выполнения лабораторной работы.

Методические указания предназначены для студентов Института транспортной техники и организации производства, специализирующихся в области технологии транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава.

Подписано к печати 20.01.05. Формат 60x84/16 Тир. 100 экз.
Объем печ. л. 2,25 Заказ № 52. Цена: 16 руб. 00 коп.
Изд. № 226-04

127994, Москва, ул. Образцова, 15. Типография МИИТа

© Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ), 2004

1. Цель работы

Основной целью данной работы является практическое изучение назначения, технологических возможностей, принципа работы, конструкции, программирования, основ настройки и испытаний промышленных роботов.

Методические указания знакомят с устройством промышленного робота модели МП-9С, назначением и принципами действия его основных узлов, а так же, расположением и назначением органов управления.

Дается представление об операциях и видах работ, выполняемых промышленным роботом МП-9С.

Путем замеров и расчетов определяются основные показатели и технические характеристики промышленного робота модели МП-9С. Даются практические приемы настройки и программирования промышленного робота.

2. Общие сведения о промышленных роботах

Промышленный робот (ПР) – это стационарная или передвижная автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора (имеющего несколько степеней свободы) и перепрограммируемого устройства программного управления и, предназначенная для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций, заменяющих аналогичные функции человека при перемещении предметов производства и (или) технологической оснастки. В общем случае, промышленный робот - это программируемый автоматический манипулятор, предназначенный для автоматизации производственных процессов. Отличительным признаком ПР от других видов роботов является его применение в производственном процессе.

Технологические процессы с использованием ПР проектируют для изготовления изделий при меньшей численности рабочих, занятых ручным, тяжелым, монотонным и малоквалифицированным трудом (особенно во вредных для человека условиях), а также для повышения технико-экономических показателей производства за счет автоматизации технологических процессов в многономенклатурном производстве различной серийности, при возможности быстро перестаивать роботизированные системы на выпуск новой продукции. Кроме того ПР позволяют связать в комплексно-автоматизированные системы ранее разрозненное в производственном процессе универсальное и специальное технологическое оборудование.

В настоящее время принято условное деление ПР на три поколения. К первому поколению относят ПР с управлением по заранее составленной программе; ко второму - "очувствленные" роботы, управляемые компьютером с учетом фактической обстановки; к третьему поколению роботов относят роботы со способностью к обучению и адаптации в процессе решения задач, т.е. с основами искусственного интеллекта. Данные поколения ПР существуют параллельно медленно сменяя друг друга, но даже первое поколение роботов позволяет решать большинство практических задач автоматизации производственных процессов.

У современных ПР выполнение двигательных функций сопровождается выполнением управляющих, измерительных и контролирующих действий, аналогичных функциям человека, при перемещении предметов производства и (или) технологической оснастки.

3. Конструкция промышленных роботов

Наиболее распространенные в машиностроении роботы состоят из следующих основных частей:

- исполнительное устройство;
- манипулятор;
- устройство передвижения;
- устройство управления;
- рабочий орган робота.

Исполнительное устройство ПР – это элементы конструкции робота, выполняющие все его двигательные функции. В состав исполнительного устройства входит манипулятор и устройство передвижения.

Манипулятор ПР – это дистанционно управляемое устройство, представляющее собой разомкнутую кинематическую цепь, оснащенную рабочим органом и приводами для выполнения двигательных функций, заменяющих аналогичные функции руки человека при перемещении объектов.

Устройство передвижения ПР – это составная часть исполнительного устройства, предназначенная для перемещения манипулятора или робота в целом.

Устройство управления ПР – это устройство для формирования и выдачи управляющих воздействий исполнительному устройству в соответствии с управляющей программой.

Рабочий орган ПР – составная часть исполнительного устройства манипулятора робота, предназначенная для непосредственного выполнения технологических операций и (или) вспомогательных переходов (например, сборочный инструмент, окрасочный пистолет, сварочные клещи, захватное устройство и др.).

4. Классификация промышленных роботов

Промышленные роботы **классифицируются** по следующим признакам:

- специализация;
- грузоподъемность;
- число степеней подвижности;
- количество манипуляторов;
- возможность передвижения;
- способ установки на рабочем месте;
- вид системы координат;
- вид привода;
- вид управления;
- способ программирования.

По **специализации** промышленные роботы бывают следующих **видов**:

- универсальные ПР;
- специализированные ПР;
- специальные ПР.

Универсальный промышленный робот – это ПР предназначенный для выполнения технологических операций различных видов и вспомогательных переходов при функционировании с различными группами и моделями технологического оборудования.

Специализированный промышленный робот - это ПР предназначенный для выполнения технологических операций одного вида или только вспомогательных переходов при функционировании с определенной группой и моделями технологического оборудования (роботы для сборки, сварки, окрашивания и др.).

Специальный промышленный робот - это ПР предназначенный для выполнения определенных техно-

логических операций или вспомогательных переходов при функционировании с конкретной моделью технологического оборудования.

По **грузоподъемности** ПР подразделяются на следующие группы: сверхлегкие (с номинальной грузоподъемностью до 1 кг); легкие (от 1 до 10 кг); средние (от 10 до 200 кг); тяжелые (от 200 до 1000 кг.) и сверхтяжелые (с номинальной грузоподъемностью более 1000 кг.). Грузоподъемность ПР зависит от скорости перемещения и величины хода манипулятора робота.

По **числу степеней подвижности** ПР подразделяются на роботы с малой (до 3 степеней), средней (4-6 степеней) и высокой (свыше 6) степенью подвижности. Роботы с малой степенью подвижности обычно являются специальными, предназначенными для выполнения определенной технологической операции, и реже специализированными, предназначенными для однотипных операций. Средняя подвижность характерна для большинства специализированных и универсальных роботов (последние обладают наибольшими технологическими возможностями, однако, более сложны в эксплуатации). Для решения основных производственных задач обычно достаточно 5-6 степеней свободы.

По **количеству манипуляторов** промышленные роботы могут быть одно-, ;двух- и много-манипуляторными. Наиболее распространены одно-манипуляторные роботы.

По **возможности передвижения** ПР подразделяют на стационарные и подвижные.

По **способу установки на рабочем месте** ПР подразделяют на напольные, подвесные и встроенные.

По **виду системы координат,** в которой перемеща-

ются манипуляторы роботов, ПР подразделяют на группы, указанные в таблице 1.

По **виду привода** ПР подразделяют на: роботы с электромеханическими приводами; роботы с гидравлическими приводами; роботы с пневматическими приводами; роботы с комбинированными приводами (электропневматическими, пневмогидравлическими и др.). Наиболее распространены пневматические и гидравлические приводы.

Вид управления является одной из основных характеристик промышленного робота. По виду управления ПР подразделяют на 3 основные группы: ПР с цикловым управлением; ПР с позиционными управлением и ПР с контурным управлением.

Цикловое программное управление ПР осуществляется путем установки путевых механических упоров, располагаемых в крайних положениях подвижных элементов, также могут применяться выдвижные промежуточные упоры. Точки позиционирования задаются при помощи устройств релейного типа и (или) времязадающих элементов. При цикловом управлении порядок работы подвижных элементов устанавливается шаговым программным устройством. Преимущество цикловых систем заключается в их простоте и надежности, а недостатки - в малой универсальности и невозможности выполнения операций со сложными траекториями перемещения манипуляторов.

Позиционное программное управление ПР предусматривает движение рабочего органа ПР по заданным точкам позиционирования без контроля траектории движения между ними. При программировании задается набор точек рабочей зоны, через которые должны пройти

Таблица 1

Классификация видов систем координат промышленных роботов

Группа	Пример структурной кинематической схемы
Роботы, работающие в прямоугольной декартовой системе координат	
Роботы, работающие в цилиндрической системе координат	
Роботы, работающие в сферической системе координат	
Роботы, работающие в угловой системе координат	
Роботы, работающие в других системах координат	

звенья манипулятора, возможно от нескольких десятков до нескольких сотен программируемых точек по каждой степени подвижности. Наиболее перспективны числовые позиционные системы управления ПР, имеющие большую универсальность и возможность стыковки с системами ЧПУ станков и управляющими компьютерами. Основной недостаток позиционных систем - нерегулируемость траектории между заданными точками.

Контурное программное управление ПР обеспечивает движение рабочего органа ПР по заданной траектории с различной по времени скоростью. Перемещение манипуляторов осуществляется по непрерывным траекториям. Наиболее перспективны числовые контурные системы управления (также как и цифровые позиционные).

Групповое управление несколькими промышленными роботами осуществляется с помощью общего устройства управления или нескольких устройств, организованных по иерархической структуре, при этом производится координация управляющих программ ПР (роботизированные технологические сварочные комплексы, комплекс окрасочных роботов и др.).

Программирование промышленного робота представляет собой процесс составления, ввода и отладки управляющей программы. **Управляющая программа** ПР представляет собой совокупность команд, определяющая заданное функционирование ПР и его взаимодействие с обслуживаемым технологическим оборудованием.

По **способу программирования** ПР подразделяются на: роботы программируемые обучением; роботы программируемые аналитически и роботы программируемые

самообучением.

Для цикловых систем управления ПР **программирование обучением** предусматривает задание программы вручную на всех этапах программирования (формирование программы, преобразование информации, ввод информации в устройство управления, установка упоров и др.).

При **аналитическом программировании** и **полуавтоматическом обучении** ПР человек-оператор обеспечивает составление программы на основе расчета и преобразование информации в цифровую форму, а обучение происходит или при однократном выполнении роботом требуемых действий с помощью оператора через пульт управления, или при механическом перемещении манипуляторов непосредственно рукой оператора. При **автоматическом аналитическом программировании** все этапы программирования осуществляется устройством управления с применением компьютера. Функции оператора в этом случае сводятся к составлению укрупненной программы, вводу исходных данных и проведению диалога с роботом.

Программирование самообучением применимо для ПР с адаптивным управлением, т.е. снабженных измерительными устройствами для восприятия внешней среды. Данные "очувствленные" роботы формируют в реальном времени программы движения исполнительных устройств, на основании информации, получаемой от сенсорных датчиков собирающих данные о текущем состоянии внешней среды, при этом возможно автоматическое изменение и приспособление управляющий программы к изменяющимся условиям технологического процесса (например, обхода нерегулярно появляющихся

препятствий, самоориентацией захватного устройства при взаимодействии с неориентированным предметом и др.).

5. Основные технические характеристики промышленных роботов

Промышленные роботы общего исполнения характеризуются количеством исполнительных устройств (манипуляторов), типом манипуляторов, грузоподъемностью, количеством степеней подвижности и системой координат. Подвижность ПР характеризуется ходом манипуляторов, быстродействием, точностью позиционирования. Управление промышленным роботом различается по типу, методу программирования, объему памяти и количеству технологических команд.

К базовым характеристикам большинства промышленных роботов относятся:

- выполняемая функция;
- номинальная грузоподъемность;
- рабочее пространство;
- рабочая зона;
- зона обслуживания;
- ход манипуляторов;
- число степеней подвижности;
- скорость перемещения по степени подвижности (быстродействие);
- точность позиционирования;
- погрешность позиционирования рабочего органа;
- погрешность отработки траектории рабочего органа.

Выполняемая функция ПР – основная область применения ПР (для технологических ПР – технологические операции и переходы выполняемые ПР; для вспомогательных ПР – группа и модель оборудования, для работы с которыми предназначен ПР).

Номинальная грузоподъемность ПР – это наибольшее значение массы предметов производства или технологической оснастки (включая массу захватного устройства), при которой гарантируется их захватывание, удержание и обеспечение установленных значений эксплуатационных характеристик ПР.

Рабочее пространство ПР – это пространство, в котором может находится исполнительное устройство ПР при его функционировании. Рабочее пространство определяется без учета габаритов захватываемого предмета производства или технологической оснастки.

Рабочая зона ПР – это пространство, в котором может находится рабочий орган ПР при его функционировании. Рабочая зона характеризуется формой (определяемой системой координат манипулятора) и размерами (определяемыми максимальными перемещениями по степеням подвижности).

Зона обслуживания ПР – это пространство, в котором рабочий орган ПР выполняет свои функции в соответствии с назначение робота и установленными значениями его характеристик.

Ход манипуляторов ПР - определяет величину зоны обслуживания. Малый ход манипуляторов (до 300 мм) имеют в основном сверхлегкие и легкие роботы, средний ход (до 1000 ми) имеют роботы различной грузоподъемности, большой ход (свыше 1000 мм) имеют обычно универсальные роботы средней и большой грузоподъемно-

сти со сферической системой координат.

Скорость перемещения по степени подвижности (быстродействие) ПР - определяется скоростью перемещения манипулятора: малое быстродействие - скорость до 0,5 м/сек (обычно гидравлические большой грузоподъемности); среднее быстродействие - скорость до 1,0 м/сек (обычно роботы средой грузоподъемности) и большое быстродействие - скорость выше 1,0 м/сек.

Точность позиционирования ПР - определяет точность выхода рабочего органа манипулятора в заданную точку (погрешность позиционирования рабочего органа) и точность воспроизведения траектории (погрешность отработки траектории рабочего органа). Точность позиционирования, как правило, тем выше, чем меньше скорость перемещения. Различают ПР с малой точностью (погрешность более 1,0 мм.); со средней точностью (погрешность 0,1 - 1,0 мм.) и с высокой точностью (погрешность менее 0,1 мм) позиционирования. Для обслуживания универсального технологического оборудования обычно требуется средняя точность позиционирования.

Погрешность позиционирования рабочего органа ПР – это отклонение положения рабочего органа ПР от заданного управляющей программой.

Погрешность отработки траектории рабочего органа ПР – это отклонение траектории рабочего органа ПР от заданной управляющей программой.

6. Конструкция промышленного робота МП-9С

В состав промышленного робота МП-9С входят: манипулятор с одной рукой; электронное цикловое программное устройство ЭЦПУ–6030; соединенные кабели;

подставка-станина; компрессор и узел подготовки воздуха. Принципиальная схема промышленного робота МП-9С показана на рисунке 1.

Компрессор обеспечивает подачу воздуха, требуемого количества и давления. Узел подготовки воздуха обеспечивает регулировку давления, подачу воздуха и смазки в пневмоцилиндры. В манипуляторе на каждое движение установлен электропневматический клапан с дросселем для изменения скорости движения.

Конструктивная схема манипулятора промышленного робота МП-9С показана на рисунке 2.

Механизм подъема и опускания руки манипулятора состоит из корпуса 26 и штока 25, который перемещается в неподвижном корпусе. Полости пневмоцилиндра герметизируются прокладками и манжетами. Внутри штока на подшипниках 27 установлен вал 23 механизма поворота. На нижней части штока установлен механизм поворота руки, который представляет собой пневмошток с рейкой, входящей в зацепление с шестерней 29, закрепленной на вале (пневмошток с рейкой на рис. 2 не показаны). Перемещение штока ограничивается упорами, которые перемещаются и фиксируются на стойке 24. Упоры 28 и 19 основные, упор 9-вспомогательный, и предназначен для облегчения настройки нижнего основного упора. На основных упорах установлены контактные электромагниты (КЭМы) 11 и 18, а на кронштейне 14, жестко связанном со штоком постоянные магниты 13.

Поворот руки манипулятора ограничивается упорами, установленными на муфте 22. Муфта жестко соединена с валом 23 и корпусом руки манипулятора. На муфте установлены два основных упора 15 и два регулировочных упора 16. На основной проекции (см. рисунок 2)

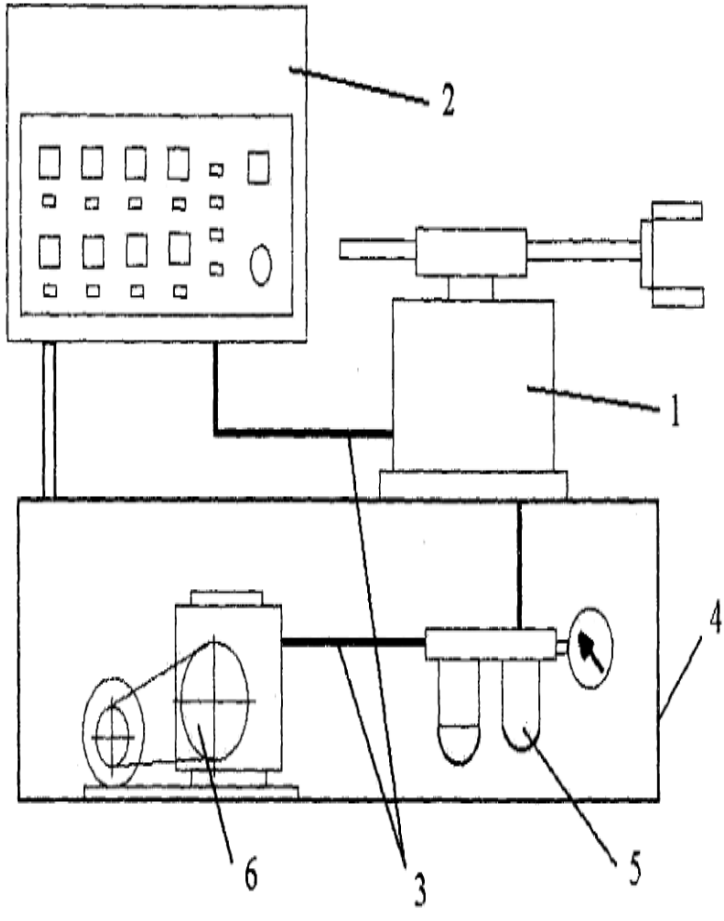

Рис.1 Принципиальная схема промышленного робота МП-9С
(1 – манипулятор; 2 – программное устройство ЭЦПУ-6030;
3 – соединительные кабели; 4 – подставка-станина; 5 – узел
подготовки воздуха; 6 – компрессор)

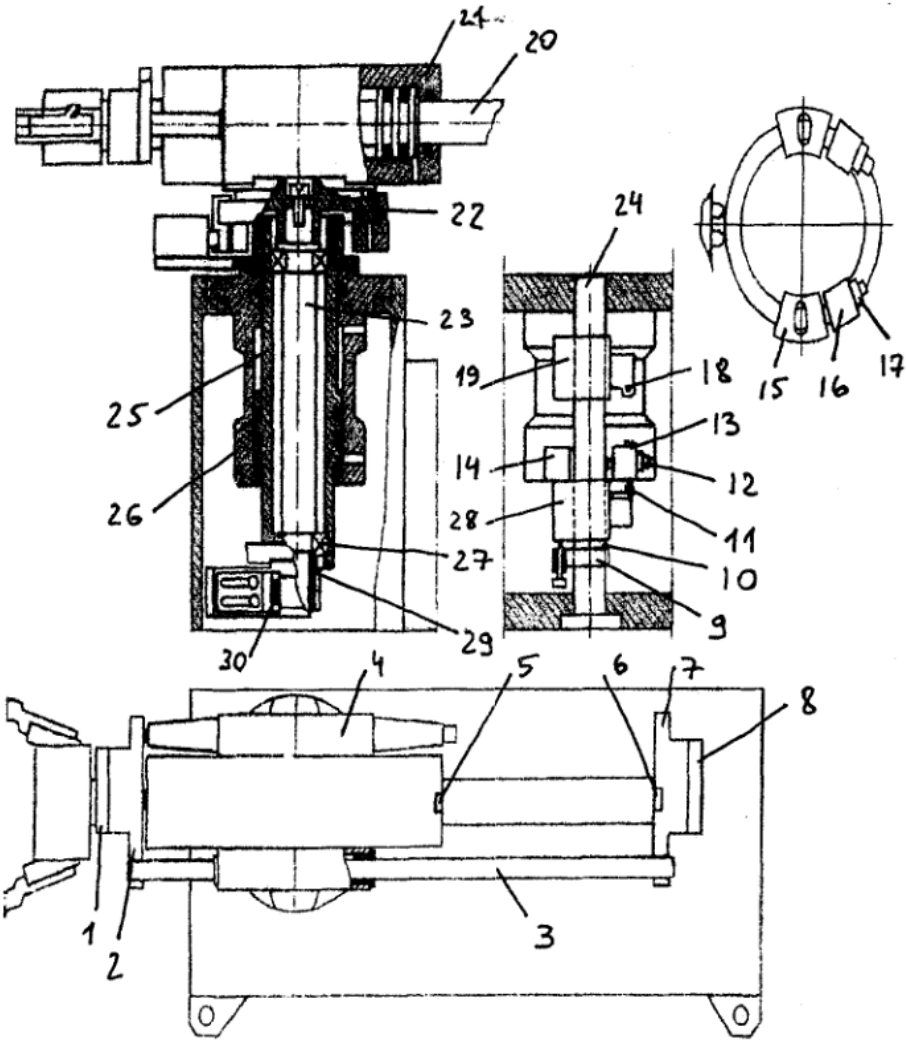

Рис. 2 Конструктивная схема манипулятора промышленного робота МП-9С

упор 16 условно повернут в плоскость чертежа. При повороте руки манипулятора упоры доходят до выступа амортизатора и дожимают его до упора.

Рука манипулятора предназначена для выдвижения захвата в рабочую зону и состоит из корпуса 21, штока 20, основных упоров 2 и 7, регулировочных упоров 1 и 8, направляющей 3 и амортизатора 4. Полости штоков уплотнены прокладками и манжетами. Направляющая 3 служит ограничителем штока, и, следовательно, захвата от поворота. Корпус закрыт крышкой, под которой находятся КЭМы 5. Постоянные магниты 6 установлены на основных упорах. При перемещении штока упор находит на амортизатор и вдавливает шток амортизатора до упора. Одновременно магнит подходит к КЭМу, последний срабатывает и выдает сигнал о выполнении команды.

Захват руки робота предназначен для взятия, переноса и установки детали. В корпусе захвата перемещается поршень, воздух подается через шток 20. Под действием поршня рычаги захвата сжимаются, обратный ход обеспечивается возвратной пружиной. На захвате установлен микропереключатель, который срабатывает при отсутствии детали в губках захвата.

7. Конструкция программного устройства промышленного робота МП-9С

Электронное цикловое программное устройство ЭЦПУ-6030 предназначено для управления манипуляторами, имеющими двухпозиционные степени, и технологическим оборудованием при автоматизации технологических операций в условиях мелкосерийного и серийного производства.

ЭЦПУ-6030 построено по принципу синхронного программного автомата с жестким циклом управления. Структурная схема устройства ЭЦПУ-6030 приведена на рисунке 3.

ЭЦПУ-6030 выполнено на интегральных микросхемах в сочетании с дискретными элементами и оформлено в виде настольного пульта. Основными электронными узлами и блоками ЭЦПУ–6030 являются:

- блок управления, предназначенный для обработки информации по заданной программе и выдаче управляющих воздействий на манипулятор и техническое оборудование;
- пульт управления, обеспечивающий задание режимов работы устройства, выполнение операций включения - выключения питания, запуска в работу, а также ручное управление звеньями манипулятора (см. рисунок 4);
- программоноситель, предназначенный для набора и хранения требуемой программы робота;
- блок усилителей, обеспечивающий питание электронного оборудования, датчиков манипуляторов и технологического оборудования.

Последовательность и количество движений устанавливаются набором программы на плате программного устройства. Сигнал о выполнении каждого движения выдают КЭМы (контактные электромагниты) при подходе к ним постоянных магнитов, установленных на подвижных частях ПР. Выдача команды на выполнение следующего движений производится только после получения сигнала (ответа) о выполнении предыдущего.

Блок управления при отработке кадров, набранных на многопозиционных переключателях программоноси-

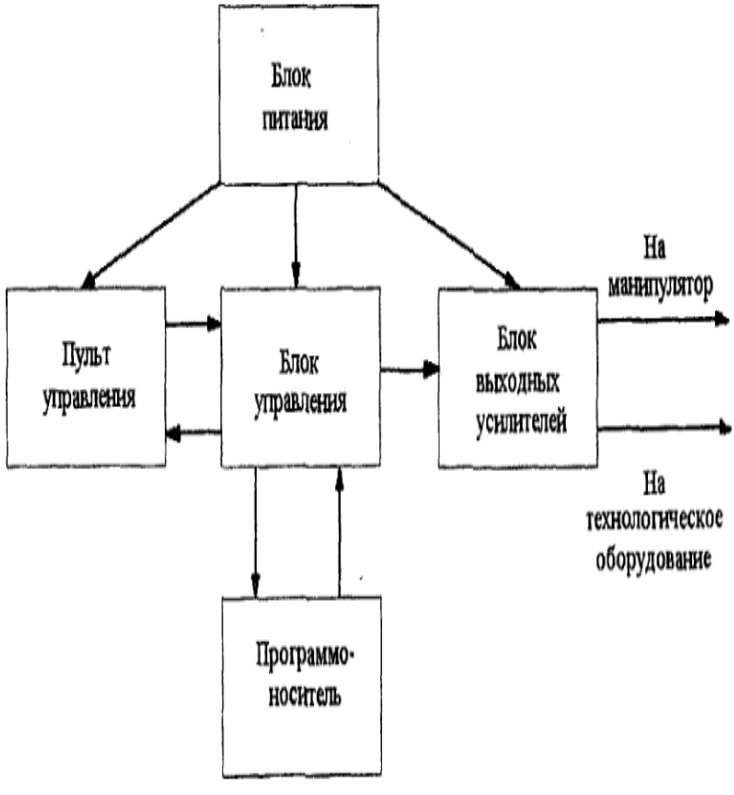

Рис. 3 Структурная схема электронного циклового программного устройства ЭЦПУ-6030

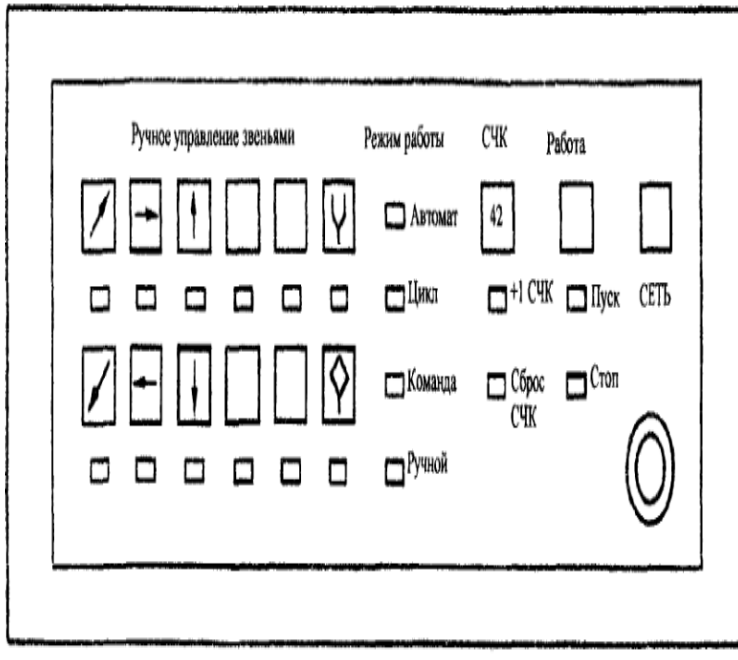

Рис. 4 Пульт управления электронного циклового программного устройства ЭЦПУ-6030

теля, в соответствии с содержимым кадров формирует управляющие воздействия, поступающие на манипулятор и технологическое оборудование. Ответные сигналы от датчиков манипулятора и технологического оборудования, поступающие в блок управления, являются условиями перехода устройства к выполнению следующего кадра программы. В каждом кадре могут быть записаны одна или две команды, набранные на верхнем и нижнем поле программоносителя. Система команд устройства приведена в таблице 2.

Последовательность отработки кадров программы отображается на пульте управления цифровой индикацией номера кадра программы (два десятичных разряда) (см. рисунок 4). Основными режимами работы устройства ЭЦПУ-6030 является:

- 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 перемещениями его звеньев. Контроль положения рабочих органов манипулятора осуществляется с помощью табло индикации состояния звеньев манипулятора.

В режиме "Команда" устройство обеспечивает отработку одного кадра программы, набранного на программоносителе. После отработки команд, набранных в кадре, происходит остановка устройства.

В режиме "Цикл" устройство однократно отрабатывает все кадры программы.

В режиме "Автомат" устройство повторяет рабочий

Таблица 2

Система команд электронного циклового программного устройства ЭЦПУ-6030

Группа	Команда	Название команды		Код	
				Верхнее поле	Нижнее поле
1	1	Звено 1-1	Выдвижение руки	1	**
	2	Звено 1-2	Втягивание руки	2	**
	3	Звено 2-1	Поворот вправо	3	**
	4	Звено 2-2	Поворот влево	4	**
	5	Звено 3-1	Подъем	*	1
	6	Звено 3-2	Опускание	*	2
	7	Звено 4-1		*	3
	8	Звено 4-2		*	4
	9	Звено 5-1		5	**
	10	Звено 5-2		6	**
	11	Звено 6-1	Зажим детали	*	5
	12	Звено 6-2	Разжим детали	*	6
2	13	Техкоманда 1		9	1
	14	Техкоманда 2		9	2
	15	Техкоманда 3		9	3
	16	Техкоманда 4		9	4
	17	Техкоманда 5		9	5
	18	Техкоманда 6		9	6
3	19	Опрос 1		7	**
	20	Опрос 2		8	**
	21	Опрос 3		*	7
	22	Опрос 4		*	8
	23	Выдержка времени		*	9
4	24	Пропуск		9	7
	25	Переход		9	8
	26	Останов		9	9
	27	Конец программы		0	0

цикл робота.

ЭЦПУ-6030 предназначено для управления 4 звеньями по путевому принципу и двумя - по путевому и временному. Устройство выдает до 6 технологических команд, имеет 4 блокировки и одну программируемую выдержку времени. Число шагов программы ЭЦПУ-6030 составляет 30, а диапазон временных интервалов 0 - 0,7 сек.

8. Программирование электронного циклового программного устройства ЭЦПУ-6030 промышленного робота МП-9С

Программа составляется по циклограмме работы робота. Пример циклограммы приведен на рисунке 5. Рабочий цикл в данном случае предусматривает перемещение детали в рабочую зону технологического оборудования, выдачу технологической команды на обработку, перемещение детали на транспортирующее устройство, выдачу технологической команды на выключение транспортирующего устройства и возвращение руки в исходное состояние.

Максимальное количество шагов рабочего цикла и соответствие программы - 30. Программоноситель выполнен в виде 2 наборных полей многопозиционных переключателей по 30 штук в каждом поле (по числу шагов программы). Переключатели верхнего и нижнего полей, имеющие одинаковые порядковые номера, образуют запоминающую ячейку, в которую записывается кадр программы. На каждом шаге программируется один кадр программы, состоящий из одной или двух одновременно исполняемых команд. Все кадры в программе располага-

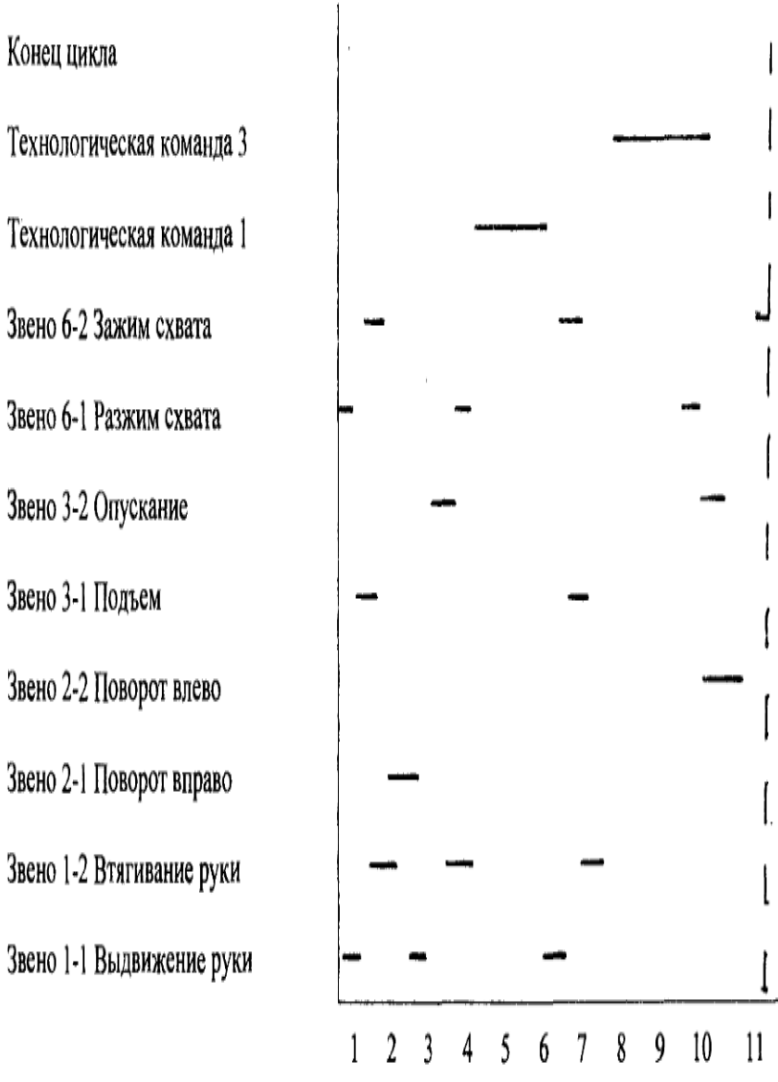

Рис. 5 Циклограмма работы промышленного робота МП-9С

ются последовательно друг за другом, начиная с нулевого шага.

Первую группу команд (см. таблицу 2) составляет команда управления звеньями манипулятора с порядковыми номерами с 1 по 12. Команды управления звеньями 1, 2 и 5 набираются на верхнем поле программоносителя, а команды управления звеньями 3, 4 и 6 - на нижнем. Если в кадре программы на верхнем или нижнем поле вместо знаков * и ** установлена цифра 0, то данный кадр состоит из одной команды. Устройство может выдать на каждом шаге 2 команды - в этом случае команды набираются на верхнем и нижнем поле. Например, команда с кодом 11 означает одновременное выдвижение и подъем руки. Переход к следующему после кадра совместной отработки шагу происходит только после отработки команд управления звеньями манипулятора, набранных на программоносителе.

Во вторую группу входят команды управления технологическим оборудованием с порядковыми номерами о 13 по 18. В кадре программы может быть набрана только одна технологическая команда. При наборе технологических команд на верхнем поле набирается цифра 9, на нижнем - номер команды от 1 до 6.

В третью группу входят команды опроса датчиков с порядковыми номерами от 19 по 22 и команда "выдержка времени". Команды опроса могут быть использованы для проверки блокировочных сигналов со специальных датчиков, расположенных на манипуляторе или технологическом оборудовании. Например, в захвате манипулятора может быть установлен датчик наличия детали. Сигнал отсутствия детали может быть использован для блокировки. При исполнении команд опроса в качестве блоки-

ровочных символов вместо знаков «*» и «**» набираются нули.

С помощью команд опроса может быть организован специальный режим совместной отработки команд управления звеньями, при котором исполнение одной из команд начинается до окончания выполнения другой. Для этого на звене манипулятора устанавливается датчик, срабатывающий при определенном промежуточном положении звена. В качестве примера рассмотрим программирование совместной отработки, например, 1 и 2 звеньев. Будем считать, что датчик опроса номер 3 установлен на 1 звене. Тогда, на верхнем поле на i-ом шаге набирается одна из команд управления 1 звеном, а на нижнем - команда "опрос 3". На i+1-ом шаге программируется второй кадр, на верхнем поле вновь набирается команда управления 1 звеном, на нижнем - команда управления 2 звеном, например - выдвижение с поворотом. Отработка 1-го кадра начинается с выполнения команды управления 1 звеном манипулятора. В момент срабатывания датчика опроса номер 3 устройство переходит к выполнению i+1 кадра. При этом совместно с уже отрабатываемой командой управления 1 звеном начинает исполняться команда управления 2 звеном. Переход к следующему i+2-му кадру происходит после совместной отработки команд 1 и 2 звеньями манипулятора. Этот режим может быть использован для обхода препятствий в зоне работы робота.

Команда "Выдержка времени" служит для введения технологической задержки между шагами программы. В этом случае в коде команды вместо знака * набирается цифра 0. С помощью команды "Выдержка времени" может быть также реализован режим совместной отработки

команд, в котором одна команда начинает отрабатываться спустя заданное время после начала другой. Программирование этого режима производится аналогично описанному выше режиму совместной отработки с той разницей, что вместо команды "опрос" набирается команда "Выдержка времени".

В четвертую группу команд входят команды управления с порядковыми номерами с 24 по 27. Команда "Пропуск" служит для организации пропуска одного кадра программы при невыполнении внешнего условия УСЛ ПРОП. В случае, если на вход устройства УСЛ ПРОП не приходит сигнал с датчика, установленного на внешнем оборудовании или на манипуляторе, устройство переходит к выполнению i+2-го шага. Если внешнее условие выполняется, то есть на выходе УСЛ ПРОП присутствует сигнал – 24 В, пропуск кадра не происходит.

Команда "Переход" служит для организации условного перехода к шагу 20 с произвольного места программы, Условный переход, выполняется при отсутствии на входе устройства УСЛ ПЕР сигнала – 24В. Если на входе УСЛ ПЕР присутствует сигнал – 24 В с датчика, установленного на манипуляторе или внешнем оборудовании, переход не выполняется и устройство переходит к исполнению кадра, следующего за командой "Переход".

Команда "Останов" служит для остановки устройства, работающего по программе. Эта команда может быть использована для остановки устройства, например, в том случае, когда в накопителе нет деталей.

Команда "Конец программы" служит для зацикливания программы работы робота. При выполнении этой программы счетчик кадров сбрасывается в исходное нулевое состояние, после чего начинается повторное ис-

полнение набранной программы. В режиме "ЦИКЛ" при выполнении команды "Конец программы" производится останов устройства.

Перед программированием следует составить программу по образцу (см. таблицу 3), написанной для циклограммы на рисунке 5.

Отладка программы производится последовательно в режимах КОМАНДА, ЦИКЛ и АВТОМАТ. Перед отладкой необходимо звенья манипулятора вывести в исходное положение. Для этого на пульте управления устройства (см. рисунок 4) следует установить режим работы РУЧНОЙ и кнопками ручного управления звеньями вывести их в исходное положение. Далее установить режим КОМАНДА, нажать кнопку СБРОС СЧК и кнопку ПУСК. При этом загорается табло РАБОТА, после выполнения кадра устройство останавливается, а табло РАБОТА гаснет. Таким образом кадры проверяются до конца программы. Затем устанавливается режим ЦИКЛ. В этом режиме нажать кнопки СБРОС СЧК. ПУСК. Устройство останавливается на шаге 0. В режиме АВТОМАТ робот выполняет цикл за циклом по команде ПУСК. Если, не останавливая устройство, установить ражим "ЦИКЛ", робот проработает цикл и остановится. На этом отладка заканчивается.

9. Краткая техническая характеристика промышленного робота МП-9С

Специализированный промышленный робот МП-9С предназначен для обслуживания штамповочных прессов и для автоматизации других технологических процессов, где необходимо осуществлять взятие, перенос и установ-

Таблица 3

Программа, составленная по циклограмме на рисунке 5

Номер шага	Код кадра	Наименование команд	Примечание
0	05	Разжим схвата	
1	10	Выдвижение руки	
2	06	Зажим детали	
3	01	Подъем детали	
4	20	Втягивание руки	
5	30	Поворот вправо	
6	10	Выдвижение руки	
7	02	Опускание заготовки на позицию обработки	
8	05	Разжим заготовки	
9	20	Втягивание руки	
10	91	Технологическая команда 1	Включается оборудование на 2 сек. для обработки детали
11	10	Выдвижение руки	
12	06	Зажим обработанной детали	
13	01	Подъем обработанной детали	
14	20	Втягивание руки	
15	05	Разжим детали	
16	93	Технологическая команда 3	Включается устройство передачи детали на транспортирующее устройство
17	40	Поворот влево	
18	02	Опускание руки	
19	06	Зажим схвата	
20	00	Конец цикла	

ку детали.

В соответствии с принятой классификацией робот МП-9С относится к промышленным роботам первого поколения с одним манипулятором, пневматическим приводом, сверхлегкой грузоподъемности.

Робот МП-9С имеет 3 степени подвижности: вертикальное перемещение, горизонтальное перемещение и поворот вокруг вертикальной оси.

Робот имеет цикловую систему управления с 30 переходами в цикле и двумя точками позиционирования по каждой степени подвижности.

Основные паспортные данные промышленного робота модели МП-9С приведены в таблице 4.

10. Содержание работы

Для практического изучение устройства, назначения, принципа работы, настройки и испытаний промышленного робота модели МП-9С и проведения экспериментальных исследований необходимо иметь:

- промышленный робот с программным устройством, компрессором и узлом подготовки воздуха;
- перемещаемые детали (втулки или диски одного форморазмера и массы) – 20 шт.;
- перемещаемые детали (втулки или диски одного форморазмера, но с различной массой) – 20 шт.;
- контрольно-измерительные инструменты (линейка, электронный секундомер, контрольный манометр, лабораторные весы для взвешивания деталей и др.).

Таблица 4

Основные паспортные данные промышленного робота модели МП-9С

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение показателя	Значение показателя
1.	Номинальная грузоподъемность, кг.	m_H	0,2
2.	Число степеней подвижности, шт.	N	3
3.	Максимальная абсолютная погрешность позиционирования, мм.	Δ	± 0,05
4.	Геометрическая характеристика рабочей зоны: - вертикальное перемещение, мм.; - горизонтальное перемещение, мм.; - угол поворота, град.	 L_1 L_2 φ	 30 150 120
5.	Максимальная скорость перемещения: - вертикальное перемещение, м/сек.; - горизонтальное перемещение, м/сек; - угол поворота, град/сек.	 U_1 U_2 ω	 0,1 0,3 150
6.	Число программируемых точек позиционирования (по каждой степени подвижности), шт.: - при прямом перемещении; - при обратном перемещении.	 $n_{ПР}$ $n_{ОБ}$	 1 1
7.	Усилие захватывания, Н	S	100
8.	Время захватывания, сек.	$t_{ЗАХ}$	0,2
9.	Время отпускания, сек.	$t_{ОТП}$	0,3
10.	Размеры захватываемого предмета, мм.: - максимальный; - минимальный.	 d_{MAX} d_{MIN}	 80 20

Продолжение табл. 4

11.	Число сменных захватных устройств, входящих в комплект ПР, шт.	$n_{ЗАХ}$	2
12.	Число одновременно управляемых движений по степеням подвижности, шт.	N	1
13.	Число каналов связи с внешним оборудованием, шт.:		
	- на вход;	$n_{ВХ}$	4
	- на выход.	$n_{ВЫХ}$	6
14.	Давление воздуха, кг/см^2	P	2,0-5,0
15.	Расход воздуха, л/мин	Q	10
16.	Напряжение питания, В	V	3~380
17.	Потребляемая мощность, кВт	W	1,1
18.	Масса, кг.:		
	- манипулятора;	m_1	40
	- устройства управления;	m_2	20
	- станины и компрессора.	m_3	60
19.	Габаритные размеры, мм.:		
	- длина;	X	1000
	- ширина;	Y	800
	- высота.	Z	1300

11. Порядок проведения работы

Данная лабораторная работа выполняется в учебной лаборатории кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава».

Основные этапы работы:

11.1 Ознакомится с методическими указаниями к данной лабораторной работе.

11.2 Произвести измерения основных геометрических параметров промышленного робота МП-9С.

11.3 Составить циклограмму работы робота МП-9С по образцу, приведенному на рисунке 6, для одного из двух вариантов (по указанию преподавателя).

11.3.1 Вариант 1. Робот МП-9С используется для автоматизации процесса клеймения торцов втулкой на вертикальном прессе. Втулки подаются поштучно транспортером до упора по схеме (см. рисунок 5 вид А), в левый сектор зоны обслуживания. Втулка должна быть перемещена на рабочую позицию пресса, расположенного в правом секторе зоны обслуживания. Включение пресса должно осуществляться роботом. После клеймения робот должен включить устройство удаления втулки из рабочей зоны пресса - съемник, смонтированный на прессе (съемник не препятствует перемещению руки робота). В цикле должны быть предусмотрены блокировки по наличию втулки на транспортере (при отсутствии втулки на загрузочной позиции транспортера робот и пресс должны прекратить работу и по готовности пресса к клеймению (рабочая позиция пресса должна быть свободна перед загрузкой очередной втулки).

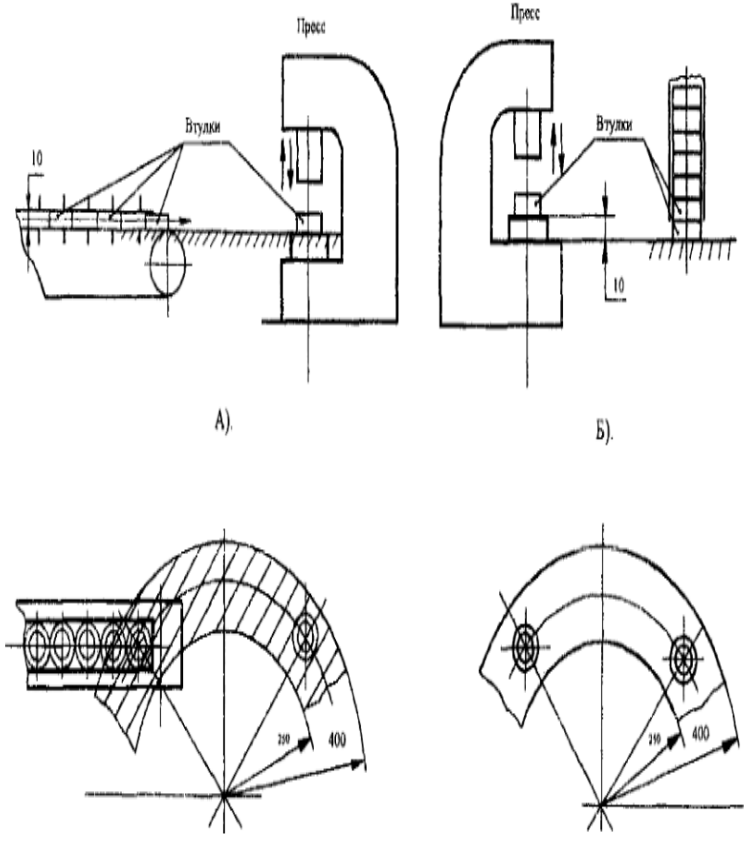

Рис. 6 Варианты использования промышленного робота МП-9С

11.3.2 Вариант 2. Тоже, что вариант 1, но со следующими изменениями: перемещение втулок справа на лево, подача втулок вертикальным питателем по схеме рисунке 5 вид Б.

11.4 Составить по образцу таблицы 3, набрать и отладить по п. 11.3 программу по заданному варианту.

11.5 Экспериментально определить продолжительность установленного цикла робота (усреднением по 10 циклам) в зависимости от давления в пневмосети. Изменяя давление воздуха "P" в пневмосистеме робота от 1 до 4 кг/см^2 через 0,5 кг/см^2 и определить зависимость времени цикла "t" от давления пневмосети "P", построить график зависимости t = f (P). Измерение времени необходимо проводить с помощью электронного секундомера, а давления - контрольного манометра.

11.6 Экспериментально определить продолжительность установленного цикла робота (усреднением по 10 циклам) в зависимости от массы перемещаемых деталей. Построить график зависимости t = f (P) по результатам измерений цикла при переносе тарированных по массе деталей.

11.7 Оформить отчет по лабораторной работе и сделать выводы.