

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

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КАК ЭЛЕМЕНТА СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

**Методические указания к практическим работам по
дисциплине
«Управление системами и процессами»
для студентов направления**

**15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»,
очной и заочной форм обучения**

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4.

1. Общие положения

Робототехнические комплексы (РТК) широко используются в машиностроении. Однако их автономное применение не даёт требуемого экономического эффекта, который может быть получен объединением в участок (линию) нескольких РТК, связанных транспортной системой (ТС). ТС обеспечивает перемещение заготовок со склада к РТК и межоперационное перемещение заготовок. Такой производственный участок уже представляет сложную технологическую систему. Учитывая высокую эффективность использования этих участков в мелкосерийном и серийном производствах, отличающихся многономенклатурностью и частой сменой объектов производства, основными требованиями к такой ТС является её гибкость, т. е. возможность быстрой переналадки на изготовление нового объекта, большой диапазон номенклатуры изготавливаемых объектов и, что особенно важно, высокий уровень загрузки оборудования.

Сложность решаемых задач при технологическом проектировании гибких производственных систем (ГПС), противоречивость требований, необходимость анализа альтернативных ситуаций требуют применения специальных математических методов. Одним из методов, пригодных для анализа элементов ГПС является аппарат теории исследования операций, а РТК может быть представлен как элемент системы массового обслуживания. Этой последней называют совокупность пунктов, в которые поступают через некоторые промежутки времени объекты (входящий поток), которые подвергаются там соответствующим операциям (обслуживанию) и затем покидают систему (выходящий поток).

Промежутки времени, через которые поступают объекты, и время обслуживания носят обычно случайный характер. При массовом поступлении объектов в систему обслуживания могут возникнуть очереди. Независимо от конкретной природы и характера объектов, поступивших в систему обслуживания, их называют требованиями (заявками).

Входящий поток требований рассматривается как последовательность событий, следующих через какие-либо моменты времени. Очередью называют совокупность требований, ожидающих обслуживания в момент, когда пункты обслуживания заняты обслуживанием других требований.

Структура очередей и поступления на них требований на обслуживание определяется как свойствами и возможностями, так и установленными правилами прохождения требований через эти системы. Требования могут выпол-

няться в порядке поступления (операции на конвейере), с приоритетом (внеочередное право на обслуживание, например, в связи со срочностью заказа), в порядке первого очередного поступления при освободившемся канале обслуживания («первым пришёл – первым обслужен»). Основной характеристикой очереди является время ожидания.

Система пунктов обслуживания может иметь различную организацию: с последовательными, параллельными и комбинированными каналами. Система массового обслуживания, имеющая один пункт обслуживания, называется одноканальной, а состоящая из N пунктов, работающих параллельно, – многоканальной.

РТК на базе промышленного робота ПР5, структура которого представлена на рис. 4, можно представить как элемент системы массового обслуживания одноканального типа, имитирующий работу РТК. Работа РТК, представленного на рис. 4, состоит из следующих операций: приём роботом заготовок, поступающих по конвейеру (из бункера); установка заготовки на технологическое оборудование (позицию сборки); обработка заготовки (сборка изделия); съём готовой детали со станка (съём изделия с позиции сборки); укладка детали (изделия) на позицию накопления деталей (изделий).

Управление промышленным роботом (ПР) осуществляется программируемым микроконтроллером (в данной работе – микроконтроллером МКП-1), представляющим собой микропроцессорное устройство, предназначенное для циклового и программно-логического управления работой технологического оборудования, в том числе ПР. Алгоритм работы микроконтроллера определяется программой, вводимой в его память.

2. Устройство микроконтроллера МКП-1

Микроконтроллер построен по модульному принципу, т. е. все его функциональные блоки выполнены в виде конструктивно законченных устройств (модулей) (рис. 1).

Основными конструктивными узлами микроконтроллера являются: корпус, пульт управления; функциональные модули, модули источника питания; сетевой фильтр. Все необходимые органы управления и индикации режимов работы микроконтроллера расположены на лицевой панели (рис. 6).

Пульт управления совместно с модулем управления составляет техническое средство общения оператора с микроконтроллером и включает в себя 8-ми разрядный однострочный дисплей, индикаторы режимов работы и клавиатуру для ввода команд и управления режимом работы микроконтроллера. Однострочный дисплей предназначен для отображения контролируемой оператором

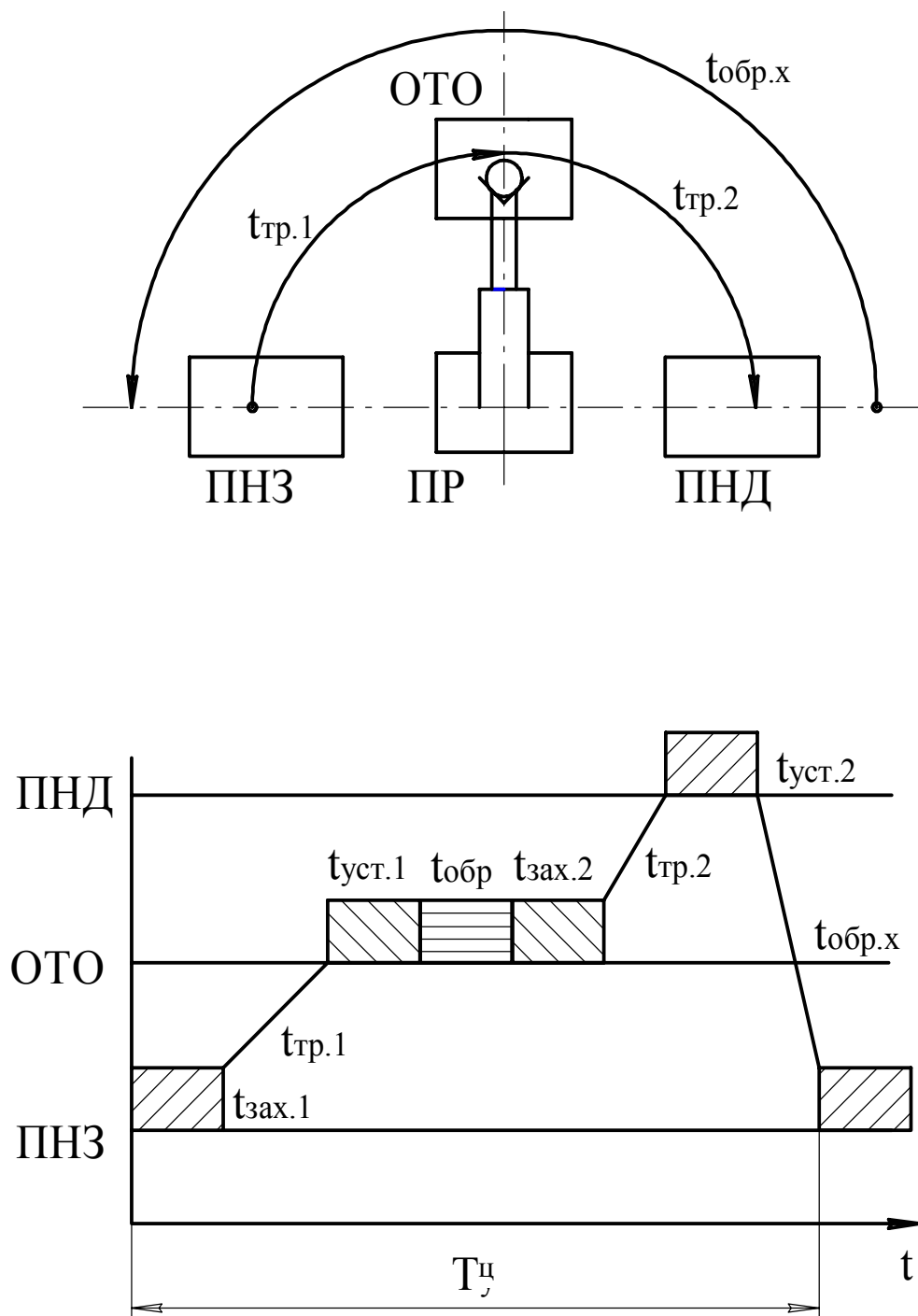


Рис. 1. Структурная схема и циклограмма работы РТК: ОТО – основное технологическое оборудование (станок); ПНЗ – позиция накопления заготовок, ПНД – позиция накопления деталей; ПР – промышленный робот. $t_{зах.}$ – время захвата объекта захватывающим устройством ПР; $t_{тр.}$ – время транспортирования (переноса объекта к станку и от него); $t_{уст.}$ – время установки заготовок на станок или детали (изделия) в тару; $T_{обр.}$ – время обработки на станке; $t_{обр.х}$ – время обратного хода робота; $T_{ц}$ – длительность цикла обслуживания в РТК одной заготовки (детали)

информации. Для выполнения операций ввода, контроля, отладки и выполнения управляющих программ на пульт управления выведены пять индикаторов режимов работы: А – автоматический, Р – ручной, Ш – пошаговый, ВП – ввод программы, П – просмотр программы.

Модуль процессора (МПП) (см. рис. 2) осуществляет сбор, цифровую обработку и вывод информации в соответствии с исполнительной программой, записанной в программируемое постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) модуля памяти.

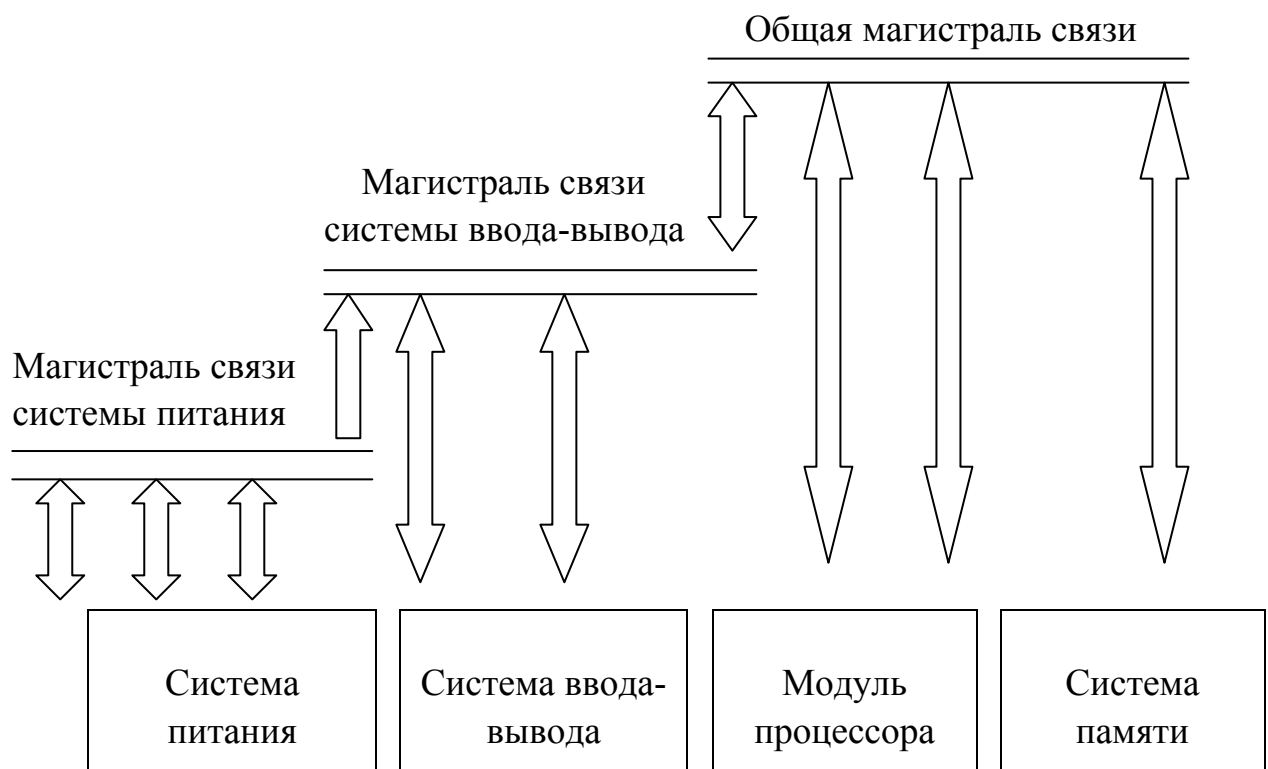


Рис. 2. Структурная схема микроконтроллера

Система памяти включает в себя модуль памяти и модули энергонезависимого запоминающего устройства.

Система ввода-вывода обеспечивает с помощью соответствующих модулей связь модуля процессора с пультом управления, управляющей ЭВМ высшего ранга и внешним технологическим оборудованием: электропневмопреобразователями, реле, элементами сигнализации, датчиками состояния оборудования (контактными, бесконтактными), исполнительными устройствами и т. п. Она обеспечивает преобразование уровней и гальваническую развязку сигналов, а также индикацию состояния каждого входа и выхода микроконтроллера.

Система электропитания микроконтроллера преобразует первичное напряжение питающей сети во вторичное стабилизированное напряжение вели-

чиной 5 и 12 вольт, необходимое для питания его модулей. Следует обратить внимание на то, что микроконтроллер не содержит источников питания исполнительных устройств и датчиков состояния внешнего технологического оборудования.

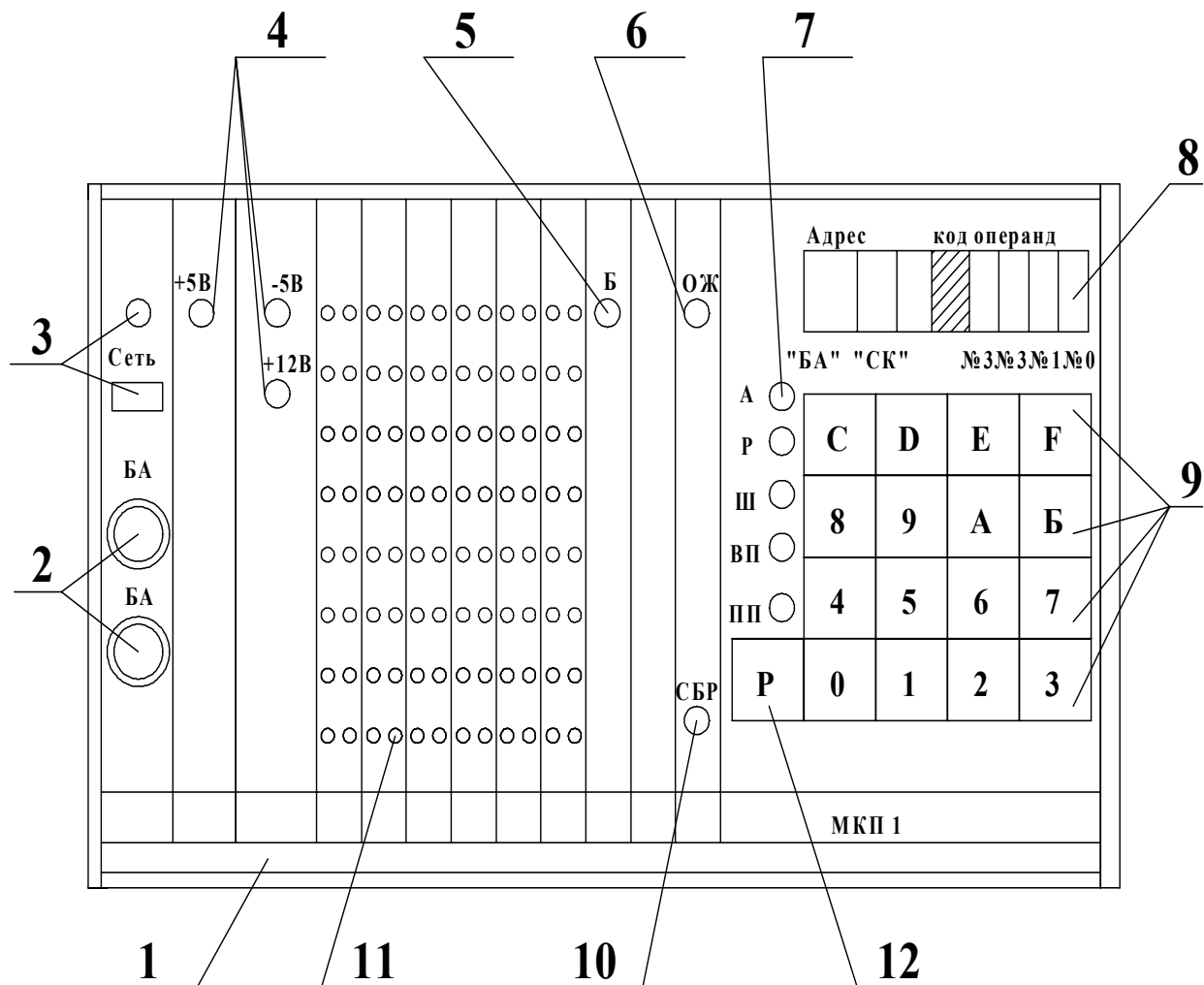


Рис. 3. Лицевая панель микроконтроллера МКП-1-48-2: 1 – корпус; 2 – предохранители, включенные в цепь первичного направления 3 – выключатель «Сеть» и индикатор напряжения питающей сети; 4 – индикаторы наличия напряжений вторичных стабилизированных источников питания +5В, +12В, -5В; 5 – индикатор энергонезависимого напряжения Б для модуля энергонезависимого запоминающего устройства; 6 – индикатор ожидания ОЖ; 7 – индикаторы (А, Р, Ш, ВП, ПП) режимов работы микроконтроллера; 8 – однострочный дисплей; 9 – информационные клавиши; 10 – кнопка «Сбр» переключения микроконтроллера на ручной режим работы; 11 – индикаторы состояния входов и выходов микроконтроллера; 12 – переключатель режима работы микроконтроллера; БА – служебный регистр; СК – счётчик команд микроконтроллера; № 3, № 2 – числовые значения разрядов кода операции; № 1, № 0 – числовые значения разрядов кода операнда

3. Принцип работы микроконтроллера МКП-1

В каждый момент времени микроконтроллер может находиться в одном из пяти режимов работы – ручном, автоматическом, шаговом, ввода программ и просмотра программ, отображаемых соответствующими светодиодными индикаторами Р, А, Ш, ВП, ПП пульта управления (см. рис. 6).

Режим работы «Ручной» обеспечивает возможность выполнения команды сразу после её ввода с клавиатуры управления без запоминания кода операции, что позволяет реализовать оперативную отладку и настройку управляемого оборудования. Для включения режима «Ручной» необходимо нажать клавишу режима «Р» (см. рис. 3) и, не отпуская её, клавишу «1». При этом должен загореться индикатор режима работы «Р». Дисплей при этом погашен. При включении питания и после нажатия кнопки «СБР» микроконтроллер переходит в режим «Ручной».

Для ввода команды в этом режиме необходимо последовательно четыре раза нажать на функциональные клавиши пульта управления, соответствующие значениям «№ 3», «№ 2», «№ 1», «№ 0» (см. рис. 3), проверяя перед каждым нажатием готовность микроконтроллера к приёму информации с клавиатуры по состоянию индикатора «ОЖ». Правильность ввода с клавиатуры контролируют по последовательному выводу значений «№ 3», «№ 2», «№ 1», «№ 0» в соответствующий разряд кода операции или операнда. В случае ошибки при вводе любого из перечисленных значений ещё раз включают режим «Ручной» и повторяют ввод команды.

Убедившись в правильности ввода кода команды, нажимают на любую информационную клавишу пульта управления. При этом микроконтроллер осуществит выполнение введенной команды. Введённый код индицируется на дисплее в течение всего времени выполнения команды, если изменение индикации не предусмотрено самой командой. После окончания выполнения команды дисплей гаснет.

Режим работы «Автоматический» является основным режимом, предназначенным для управления технологическим оборудованием в соответствии с алгоритмом, реализованным в виде управляющих программ. Для включения режима «Автоматический» нажимают клавишу режима «Р» и, не отпуская её, информационную клавишу «0». При этом должен загореться индикатор режима «А». Дисплей при этом погашен. Выполнение управляющей команды начнётся с адреса, равного содержимому «БА» и «СК» в момент включения режима «Автоматический». Чтобы остановить выполнение управляющей программы в этом режиме, переключают микроконтроллер на любой другой режим работы. Микроконтроллер при этом выполнит очередную команду управляющей программы, увеличит значение «СК» на единицу и перейдёт в нужный режим. При

включении режимов «Просмотр программы» или «Пошаговый» на дисплее отобразится адрес и код следующей команды. Используя эту информацию, оператор может определить, в каком месте управляющей программы произошёл останов микроконтроллера.

При последующем включении режима «Автоматический» выполнение управляющей программы будет продолжено с команды, на которой произошёл останов.

Остановить выполнение управляющей программы можно также командой «СТОП» (код команды – 0800), введенной в требуемое место управляющей программой. В этом случае для дальнейшего запуска управляющей программы нажимают любую информационную клавишу.

При работе микроконтроллера в режиме «Автоматический» информационная клавиатура заблокирована, микроконтроллер реагирует только на изменение режима. Нажатие на информационные клавиши 6...F при нажатой клавише режима «Р» приводит к переключению микроконтроллера в режим «Просмотр команды» (с изменением «СК» в сторону увеличения значения адреса).

В режиме работы «Пошаговый» каждое нажатие информационной клавиши инициирует выполнение одной команды управляющей программы, записанной в запоминающее устройство, что позволяет оператору выполнять управляющую команду в необходимом ему темпе и использовать этот режим как отладочный. Для выполнения режима «Пошаговый» необходимо нажать клавишу режима «Р» и, не отпуская её, клавишу «2». При этом должен загореться индикатор режима «Ш». На дисплее отображаются значения «БА» и «СК» вместе с кодом команды, записанные в запоминающем устройстве по адресу, определяемому их значением. Нажатие любой информационной клавиши приводит к выполнению записанной команды и, по окончании выполнения, выводу на дисплей адреса и кода следующей команды управляющей программы.

В режиме работы «Ввод программы» происходит запись кодов команд управляющей программы, вводимых с клавиатуры пульта управления в запоминающее устройство. Для включения режима нажимают клавишу режима «Р» и, не отпуская её, клавишу «3». При этом должен загореться индикатор режима работы «ВП», а на дисплее в зоне адреса индицируются значения «БА» и «СК». Остальные зоны дисплея погашены.

Ввод кода в этом режиме выполняют аналогично вводу кодов команд в режиме «Ручной». В случае ошибки при вводе ещё раз включают режим «Ввод программы» (значение «БА» и «СК» в зоне адреса не меняется) и повторяют ввод кода команды. Убедившись в правильности ввода, нажимают любую информационную клавишу. При этом сформированный код записывается в запоминающее устройство по адресу, определяемому значениями «БА» и «СК». По окончании записи кода команды в запоминающее устройство значение «СК»

увеличивается на единицу и выводится на дисплей в зоне адреса. Остальные зоны дисплея при этом погашены. Микроконтроллер готов к приёму и записи очередного кода команды управляющей программы. После записи всей управляющей программы нажимают клавишу «СБР». Микроконтроллер переходит в режим «Ручной».

Режим работы «Просмотр программ» позволяет контролировать управляющую программу, записанную в запоминающее устройство, путем последовательного просмотра кодов. Для включения режима «Просмотр программы» необходимо нажать клавишу режима «Р» и, не отпуская её, клавишу «4», если просмотр идёт в направлении увеличения, и клавишу «5», если просмотр идёт в направлении уменьшения адресов управляющей программы. При этом должен включиться индикатор режима работы. На дисплее в зоне адреса будут отображаться значения «БА» и «СК», в зоне кода операции и операнда – код команды, записанной в запоминающее устройство по этому адресу. Нажатием на любую информационную клавишу значение «СК» увеличивается (уменьшается) на единицу, и на дисплее выводятся адрес и код следующей команды.

4. Программирование работы микроконтроллера МКП-1

Микроконтроллер оснащён системой команд, предназначенной для решения задач циклового и программно-логического управления дискретными производственными процессами, и обеспечивает высокую производительность программирования.

Исходная информация для составления программ может быть представлена циклограммой работы оборудования, блок-схемой алгоритма управления или булевыми функциями.

Система команд микроконтроллера реализована исполнительной программой, хранящейся в запоминающем устройстве модуля памяти. Исполнительная программа является неотъемлемой частью микроконтроллера, невидимой и недоступной для пользователя. Её назначение – преобразование инструкций, введённых оператором с помощью пульта управления или поступающих от управляющей программы, в последовательности кодов машинного языка микропроцессора.

Управляющая программа – программа, написанная пользователем в кодах команд входного языка микроконтроллера и обеспечивающая выполнение заданного алгоритма управления технологическим оборудованием. Она размещается в модулях энергонезависимого запоминающего устройства и сохраняется при отключении первичного питания микроконтроллера благодаря использованию батареи элементов.

Команды микроконтроллера по функциональному назначению можно разделить на следующие группы:

- 1) команды ввода-вывода;
- 2) команды управления программой;
- 3) команды управления счётчиками;
- 4) команды контроля и редактирования программ;
- 5) команды текстового контроля функциональных блоков.

Слово команды микроконтроллера делится на два поля по восемь разрядов – поле кода операции и поле операнда (см. рис. 3). Числовое значение каждого разряда кода операции или операнда № 1, № 2, № 3, № 0 кодируется символами шестнадцатеричной системы исчисления 0, ..., 9, A, B, C, D, E, F.

Совокупность команд микроконтроллера, образующая управляющую программу, записывается и хранится в модуле (модулях) запоминающего устройства. Объём модуля запоминающего устройства позволяет записать 256 команд управляющей программы (512 байт) и составляет одну зону памяти. Каждая зона памяти в свою очередь делится на две страницы, объёмом по 128 команд (256 байт).

Номер зоны является базовым адресом для отсчёта команд управляющей программы, записанной в этой зоне, и хранится в служебном регистре «БА», организованном исполнительной программой в запоминающем устройстве микроконтроллера.

Помимо «БА» в запоминающем устройстве организован регистр «СК» – счётчик команд микроконтроллера, содержимое которого определяет адрес команды в пределах зоны памяти.

Система команд микроконтроллера при использовании его в качестве устройства, управляющего работой промышленных роботов ПР5-2Э, приведена в табл. 1.

Формирование управляющей программы осуществляют после построения циклограммы работы промышленного робота, используя приведённую выше систему команд.

При реализации алгоритмов задач циклового управления, построенных по временному принципу, в управляющей программе после каждой команды необходимо предусмотреть команду «Выдержка времени». Выдержка времени, кратная 0,1 с, задаётся в поле операнда. Например, минимальная выдержка, равная 0,1 с, задаётся командой 0701; выдержка, равная 1 с, задаётся командой 070A, а максимальное значение выдержки, равное 25,5 с – командой 07FF. Если необходимо получить выдержку, большую чем 25,5 с, в управляющую программу необходимо последовательно включить две или несколько команд выдержки времени, обеспечивающих суммарную выдержку, равную требуемой.

В конце управляющей программы предусматривают команду «Возврат к исходному положению» (код – 0602) и команду «Возвращение к началу программы» (код – 0900).

Запись кодов команд управляющей программы в запоминающее устройство производят с клавиатуры пульта управления в режиме работы «Ввод программы». После записи всей управляющей программы нажимают клавишу «СБР».

1 Система команд микроконтроллера

Сокращённое обозначение команды	Формат команды				Краткое содержание команды
	Код операции		Код операнда		
	№ 3	№ 2	№ 1	№ 0	
ВКЛ	0	5	0	0	Зажим схвата
	0	5	0	1	Выдвижение манипулятора
	0	5	0	2*	Поворот робота влево
	0	5	0	3	Перемещение робота вверх
	0	5	0	4**	Установка дополнительного упора
ВЫКЛ	0	6	0	0	Разжим схвата
	0	6	0	1	Втягивание манипулятора
	0	6	0	2	Поворот робота вправо (возврат в исходное положение)
	0	6	0	3	Перемещение робота вниз
	0	6	0	4***	Отключение дополнительного упора
Т	0	7	Х	Х	Выдержка времени. Например, команда 0701 – Т=0,1с; команда 070А – Т=1с; команда 07FF – Т=25,5с
СТОП	0	8	0	0	Останов программы
БУП	0	9	0	0	Возврат к началу программы
	0	0	0	0	Нет операции. Безусловный переход к выполнению следующей операции
Примечания: * – Для робота ПР5-2Э-5.4 поворот заменён линейным перемещением; ** – Только для робота ПР5-2Э-13. Упор устанавливают перед отработкой команды 0502, если необходимо выполнить поворот робота влево на угол 90°; *** – Только для робота ПР5-2Э-13. Упор обязательно убирают перед повторной отработкой команды 0502.					

5. Формирование исходных данных и описание модели

Промежуток времени между поступлениями двух последовательно подаваемых в РТК заготовок (деталей) – величина случайная с заданной функцией распределения.

Моделирующий алгоритм имитирует протекание во времени всех процессов исследуемой системы массового обслуживания, часть которых является случайными и реализуется с помощью генератора случайных чисел.

В качестве исходных данных задают пять параметров. Все параметры временные. Они формируются и вводятся в следующей последовательности.

1. Периодичность поступления заготовок (деталей) из бункера (с конвейера) T_d .

2. Время обработки заготовки (сборки изделия) на основном технологическом оборудовании $T_{обр}$.

3. Время загрузки оборудования

$$t_3 = t_{зах_1} + t_{тр_1} + t_{уст_1},$$

где $t_{зах_1}$ – время захвата заготовки (детали), с; $t_{тр_1}$ – время перемещения захвата ПР от позиции накопления заготовок к станку (деталей к сборочному станку), с; $t_{уст_1}$ – время установки заготовки на станке (детали на сборочном станке), с.

4. Время разгрузки оборудования

$$t_p = t_{зах_2} + t_{тр_2} + t_{уст_2}$$

где $t_{зах_2}$ – время захвата детали (изделия), с; $t_{тр_2}$ – время перемещения захвата ПР от станка (станда) к пункту накопления деталей (изделий), с; $t_{уст_2}$ – время укладки готовой детали в накопитель (изделия в тару), с.

5. Время обратного хода ПР $t_{обр.х.}$

В приложении 5 представлена блок-схема расчётов по рассматриваемой одноканальной модели.

В блоке 1 обнуляется время появления первой заготовки (детали), её время пролёживания, время простоя системы в ожидании её прихода, а также полные времена пролёживания и простоя. Этим устанавливается начальное состояние системы и фиксируется факт появления новой (второй) заготовки (детали). Здесь же производится ввод исходных данных: t_3 , t_p , $t_{обр.х.}$.

Блок 2 генерирует относительное время появления новой (второй) заготовки $T_{д_i}$; оно отсчитывается от момента прихода предыдущей заготовки.

Блок 3 генерирует относительное время обработки i -й заготовки на станке (время сборки i -го изделия) $T_{обр_i}$.

Блок 4 осуществляет расчёт времени обслуживания i -й заготовки (детали), а блок 5 суммирует время обслуживания в течение рабочей смены. В блоке 6 осуществляется сравнение относительного времени появления новой заготовки (детали) $T_{Д_i}$ и время обслуживания предыдущей $T_{обр_{i-1}}$. В зависимости от соотношения $T_{обр_{i-1}}$ и $T_{Д_i}$ будет простаивать робот или пролёживать заготовка. Причём отсчёт времени прибытия новой заготовки должен проводиться от момента начала обслуживания РТК (ПР) предыдущей заготовки и вычисляется как разность между относительным временем появления новой заготовки и временем пролёживания предыдущей.

В блок 7 последовательно заносятся текущие значения реального времени пролёживания i -й заготовки $T_{прол_i}$ и там же осуществляется их суммирование. Если время обслуживания $T_{обр_{i-1}}$ окажется меньше относительного времени прихода i -й заготовки, то возникает простой робота, величина которого вычисляется в блоке 8, где и осуществляется его суммирование.

В блоке 9 происходит сравнение суммарных времени простоя ПР и времени обслуживания с общим временем рабочей смены (480 мин). Если $\sum T_{обсл_i} + \sum T_{пр_i} < 480$ мин., то продолжается генерирование времени подачи и обслуживания следующей заготовки (подачи детали и сборки изделия). Если это условие не выполняется, то в блоке 10 вычисляется среднее время обслуживания одной заготовки (среднее время сборки одного изделия) $T_{обсл.ср}$ и в блоке 11 выводятся на печать $\sum_{обсл_i} \sum T_{прол_i}$ и $T_{обсл.ср}$.

6. Задание к практическому занятию № 4

Задание: на основании исходных данных табл. 2:

- рассчитать значение времени обслуживания одной заготовки;
- построить циклограмму работы ПР;
- рассчитать суммарное время пролёживания заготовок;
- рассчитать суммарное время обслуживания заготовок в течение рабочей смены;
- рассчитать коэффициент загрузки ПР;
- определить максимальное количество заготовок, которое можно обработать в течение смены, для чего определить число циклов промышленного робота на лабораторной установке, построенной на базе робота ПР5-2Э-5.4 или ПР5-2Э-13, в течение 10 минут;
- сделать вывод о загрузке оборудования (ТО и ПР).

2. Исходные данные к практическому занятию

№ варианта	$t_{\text{зах}1}$	$t_{\text{тр}1}$	$t_{\text{уст}1}$	$t_{\text{зах}2}$	$t_{\text{тр}2}$	$t_{\text{уст}2}$	$T_{\text{обр.х}}$
1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2
2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2
5	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3	0,2
6	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2
7	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
8	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
9	0,4	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,4
10	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,4
11	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4
12	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4
13	0,4	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3	0,4
14	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,4
15	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4
16	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,4
17	0,5	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2
18	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
19	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
20	0,5	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2
21	0,5	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3	0,2
22	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2
23	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
24	0,5	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
25	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,4
26	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,4
27	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4
28	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4
29	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,4
30	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,4
31	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4
32	0,3	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вайрадян Л. С. Надёжность автоматизированных систем управления / Л. С. Вайрадян, Ю. Н. Федосеев; Под ред. Я. А. Хетагурова. Ч. 1, 2. – М.: МИФИ, 1974.
2. Вальков В. М. Автоматизированные системы управления технологическими процессами / В. М. Вальков, В. Е. Вершин. – Л.: Политехника, 1991. – 269 с.
3. Трапезников В. А. Автоматическое управление и экономика // Автоматика и телемеханика. – 1966. № 1. – С. 5 – 22.
4. Алексеев Г. Н. Энергия и энтропия / Г. Н. Алексеев. – М.: Знание, 1988. – 192 с.
5. Смирнов С. В. Управление машиностроительным предприятием / С.В. Смирнов, С. Н. Ефимушкин, А. А. Колобов / Под ред. С. Г. Пуртова, С. В. Смирнова. – М.: Высшая школа, 1989. – 240 с.
6. Родионов Б. Н. Организация, планирование и управление машиностроительным производством: Учеб. пособие для студентов машиностроительных вузов / Б. Н. Родионов, Н. А. Соломатин, Л. Г. Осадчий / Под ред. Б. М. Родионова. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
7. Советов Б. Я. Автоматизированное управление современным предприятием / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1988. – 168 с.
8. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием: Учебник в 2 ч. Ч. 1. Организация и управление машиностроительным предприятием / Под ред. В. А. Летенко, Б. М. Родионова. – М.: Высшая школа, 1979. – 296 с.
9. Худобин Л. В. Разработка технологических процессов сборки в курсовых и дипломных проектах: Учебное пособие / Л. В. Худобин, В. Ф. Гурьянин, В. Р. Берзин. – Ульяновск: УлГТУ, 1995. – 80 с.
10. Гурьянин В. Ф. Проектирование технологических процессов обработки заготовок в ГПС: Учебное пособие / Под ред. Л. В. Худобина. – Ульяновск: УлПИ, 1994. – 108 с.
11. Рязанов С. И. Технологические процессы отраслей. 4.3. Нормирование и организация технологических процессов: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Технологические процессы отраслей» для студентов направления 521500 – Менеджмент / С. И. Рязанов, Ю. В. Псигин. – Ульяновск: УлГТУ, 1999. – 28 с.