

А.В.Сергиевский
В.В.Русланов

**ПОСОБИЕ
наладчика
станков
с ЧПУ**



А. В. Сергеевский
В. В. Русланов

ПОСОБИЕ наладчика станков с ЧПУ



МОСКВА
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
1991

ББК 34.630.2-5-08
С32
УДК 621.9.06-529.1.004.5

Рецензент д-р техн. наук Ю. С. Шарин

Сергиевский Л. В., Русланов В. В.

Пособие наладчика станков с ЧПУ. — М.: Машиностроение,
С32 1991 — 176 с: ил.
ISBN 5-217-01019-3

Изложены методы пусконаладочных работ, ремонта и эксплуатации станков с устройствами ЧПУ. Рассмотрена наладка гидравлических устройств и систем, электрооборудования станков, приводов, электронных узлов и блоков устройств ЧПУ. Даны сведения о применяемом оборудовании и приборах, инструментах для пусконаладочных и ремонтных работ, рекомендации по организации ремонтно-наладочных служб станков с ЧПУ. Рассмотрена техника безопасности при проведении ремонтно-наладочных работ.

Для рабочих, мастеров и наладчиков, занимающихся ремонтом и наладкой станков с ЧПУ.

С 2705820000—616 260—90
838(01)—91

ББК 34.630.2-5-08

ISBN 5-217-01019-3

© Л. В. Сергиевский, В. В. Русланов, 1991

ВВЕДЕНИЕ

Применение станков с устройствами ЧПУ (УЧПУ) является одним из главных направлений автоматизации средне- и мелкосерийного механообрабатывающего производства. Расширение области применения станков с ЧПУ происходит одновременно с совершенствованием УЧПУ и самих станков.

Первый этап внедрения станков с УЧПУ начался с освоения фрезерных станков с контурным управлением. Для УЧПУ первого поколения характерно применение полупроводниковых приборов. В импульсных УЧПУ программа записывалась в унитарном коде на магнитную ленту. Характерным для данного типа устройств являлась реализация программы в виде последовательности электрических импульсов, каждый из которых эквивалентен перемещению рабочего органа станка.

Вводя импульсы с определенной частотой, можно заставить инструмент или заготовку непрерывно перемещаться в соответствии с законом, необходимым для обработки детали. При импульсном выводе информации из УЧПУ в систему управления приводом следует преобразовать импульс и усилить его до значения, необходимого для перемещения рабочего органа в процессе резания. Перемещение рабочих органов таких станков с ЧПУ было реализовано на дискретных (шаговых) электрогидравлических приводах, что позволило упростить электронную часть УЧПУ. В тот же период хорошо зарекомендовали себя фрезерные станки с УЧПУ, имеющие запись декодированной программы на магнитной ленте в виде фазомодулированного сигнала и следящий гидравлический привод. Малая сложность этих УЧПУ и гидравлического привода позволила быстро освоить их выпуск и эксплуатацию. Станки с этими устройствами оправдали себя, несмотря на ограниченные технологические возможности (отсутствие коррекции по скорости, частоте вращения главного привода и др.) и трудоемкость подготовки программ на магнитной ленте.

Опыт эксплуатации станков с ЧПУ выявил следующие преимущества ЧПУ: 1) снижение требований к квалификации оператора-станочника; 2) упрощение и сокращение количества технологической оснастки; 3) повышение производительности станков.

Второй этап внедрения станков с УЧПУ характеризуется резким расширением области применения различных групп станков с ЧПУ. Одновременно с увеличением числа станков с ЧПУ происходит совершенствование УЧПУ. УЧПУ с программоносителем на магнитной ленте заменяют устройствами ЧПУ с перфолентой. В станках с ЧПУ применяются быстродействующие статические преобразователи с электродвигателями постоянного тока, высокоточные датчики и измерительные устройства, устройства автоматической смены инструмента и т. п.

В УЧПУ второго поколения используют интегральные и большие интегральные схемы, что позволило уменьшить размеры УЧПУ и увеличить их надежность и ремонтпригодность. Переход к устройствам с новой элементной базой сопровождался увеличением максимальной частоты привода подач до 8 кГц и расширением технологических воз-

возможностей станков. Второй этап можно охарактеризовать главным образом количественным изменением парка и типажа станков с ЧПУ с широкими технологическими возможностями.

Переход к **третьему этапу внедрения станков с УЧПУ** привел к изменению конструкции станков и устройств ЧПУ. Длинные разветвленные кинематические цепи уступили место простым коротким цепям с автономными электроприводами постоянного тока без механических редукторов по каждой из координат перемещения. Эффективно стали использоваться агрегатирование и унифицирование агрегатов станков и узлов ЧПУ. Эта концепция автоматизации основана на максимальном приближении малых ЭВМ к сфере производства.

Тенденции развития станков с УЧПУ:

1. Создание УЧПУ с применением микроЭВМ на микропроцессорах, применение в электроавтоматике станка с ЧПУ микроэлектроники, введение в систему станка диагностических устройств.

2. Широкое внедрение автоматизированных самоприспосабливающихся (адаптивных) устройств, обеспечивающих оптимизацию управления и обработки деталей.

3. Создание УЧПУ, управляющих как отдельными станками, так и группой станков. Управление от ЭВМ комплекса станков и роботов, складов, транспортных линий и контрольных устройств, обеспечивающих коррекцию погрешностей станков; планирование и контроль за работой производственного участка.

4. Внедрение автоматизированных приводов с большим диапазоном бесступенчатого регулирования частоты вращения двигателей и применение более совершенных преобразователей и двигателей.

Степень совершенствования оборудования с ЧПУ и его надежность определяются, главным образом, техническим уровнем входящих в него комплектующих, системами диагностики УЧПУ [23].

Особенностью книги является то, что она содержит систематизированный материал по приборам и средствам автоматики станков с ЧПУ. Содержится также информация описательного характера, помогающая уяснить принцип наладки основных элементов станков с ЧПУ. Приведены технические и конструктивные характеристики элементов и устройств управления станочным комплексом.

Введение, гл. I–VI написаны Л. В. Сергиевским, гл. VII и VIII – В. В. Руслановым.

ГЛАВА I. ПРОВЕДЕНИЕ НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ НА СТАНКАХ С ЧПУ

1. ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ О ЧПУ

Металлообрабатывающим оборудованием с программным управлением называют любые виды станков для обработки металлов резанием, например токарные, фрезерные, сверлильные, шлифовальные, расточные, многоцелевые, электроэрозионные и т. п., а также другие виды оборудования для обработки металлов (листогибочные машины, дыропробивные прессы и др.), осуществляющие по заданной программе автоматическую обработку заготовок.

Числовое программное управление станков – управление обработкой заготовки на станке по управляющей программе, в которой данные об обработке заданы в цифровом коде.

Управляющая программа (УП) – совокупность команд на языке программирования, соответствующая алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки.

Программоноситель – носитель геометрических и технологических данных, на котором записана УП. В качестве носителя данных применяются бумажная или пластиковая перфолента, магнитная лента, магнитные диски, запоминающие устройства различных видов и типов.

Геометрическая информация – информация, описывающая форму, размеры элементов детали и инструмента, их взаимное расположение на столе станка.

Технологическая информация – информация, описывающая технологические характеристики детали и условия ее обработки.

Кадр УП – составная часть программы, вводимая и отрабатываемая как единое целое и содержащая не менее одной команды.

Покадровая работа – функционирование устройства ЧПУ, при котором отработка каждого кадра УП происходит после воздействия оператора.

Работа устройства ЧПУ с ручным вводом данных – функционирование устройства ЧПУ, при котором набор данных, ограниченный форматом кадра, производится вручную оператором на пульте станка.

Работа устройства ЧПУ с ручным управлением – функционирование устройства ЧПУ, при котором оператор управляет станком с пульта без использования числовых данных.

Зеркальная обработка – функционирование устройства ЧПУ, при котором рабочие органы перемещаются по траектории, представляющей собой зеркальное отображение траектории, записанной в УП.

Ввод УП – функционирование устройства ЧПУ, при котором ввод данных в память устройства ЧПУ с программоносителя происходит от ЭВМ верхнего ранга или с пульта оператора.

Групповое ЧПУ станками – числовое управление группой станков

от ЭВМ, имеющей общую память для хранения программ, распределяемых по запросам от станков.

Нулевая точка станка – точка на станке, принятая за начало отсчета системы координат станка.

Координата – величина, определяющая положение точки в пространстве по отношению к заданной базе или началу отсчета.

Исходная точка станка – точка на станке, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для начала работы по УП.

Фиксированная точка станка – точка, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для определения положения рабочего органа.

Точка начала обработки – точка, определяющая начало обработки конкретной заготовки.

Плавающий ноль – свойство устройства ЧПУ помещать начало отсчета перемещения рабочего органа в любое положение относительно нулевой точки.

Дискретность задания перемещения – минимальное перемещение (или угол поворота рабочего органа), которое может быть задано в УП.

Дискретность отработки перемещения – минимальное перемещение (или угол поворота рабочего органа), контролируемое в процессе управления.

Максимальное программируемое перемещение – наибольшее перемещение рабочего органа, которое может быть задано в одном кадре УП.

Контурная скорость – результирующая скорость подачи рабочего органа, направление которой совпадает с направлением касательной в каждой точке заданного контура обработки.

Коррекция инструмента – изменение с пульта управления запрограммированных координат рабочего органа станка.

Коррекция скорости подачи – изменение с пульта оператора запрограммированного значения скорости подачи.

Коррекция скорости главного движения – изменение с пульта оператора запрограммированной частоты вращения главного привода.

Отказ устройства ЧПУ – событие, заключающееся в нарушении работоспособности устройства ЧПУ.

Сбой устройства ЧПУ – событие, заключающееся в кратковременном самоустраняющемся нарушении работоспособности устройства ЧПУ.

Индикатируемый сбой устройства ЧПУ – сбой, фиксирующийся в момент его возникновения, приводящий к останову станка, прекращению обработки и индикатируемый на пульте оператора.

Неиндикатируемый сбой устройства ЧПУ – сбой, не обнаруживаемый в момент его возникновения.

Станочная система ЧПУ – комплекс узлов и агрегатов, взаимодействующих между собой в оборудовании.

Наработка на отказ – среднее значение нормального функционирования (работы) УЧПУ (станка) между двумя соседними отказами.

Среднее время восстановления – время восстановления работоспособности УЧПУ после его отказа.

Типовой элемент замены (ТЭЗ) УЧПУ – типовая минимальная составная часть УЧПУ, которая может быть заменена аналогичной при потере работоспособности. Каждое УЧПУ выдает управляющее воздействие на исполнительные органы в соответствии с УП и информацией о положении управляемого объекта.

Классификацию систем ЧПУ, применяемых в отечественном машиностроении, производят по виду рабочих движений. Разделяют УЧПУ на позиционные и контурные.

Позиционное УЧПУ – устройство, в котором перемещение рабочих органов происходит в заданные точки, а траектория перемещения задается только прямолинейным движением (от точки до точки). Позиционные УЧПУ объединяют в группу устройств, имеющих один общий признак – устройство обеспечивает точность останова (позиционирование) перемещаемых рабочих органов в точке с заданными координатами. Скорость перемещения в устройствах не программируется и обусловлена только динамикой приводов станка. Позиционными УЧПУ оснащают сверлильные, координатно-расточные, токарные, фрезерные, шлифовальные и другие станки, работающие по прямоугольному циклу.

Контурное прямоугольное (коллинеарное) УЧПУ – устройство, которое обеспечивает движение по одной координате. В большинстве станков применяют прямоугольную систему координат и поэтому такие устройства получили название прямоугольных. В этих устройствах, так же как и в позиционных, программируются конечные координаты перемещения. Однако в УП задается скорость движения рабочего органа в соответствии с заданным режимом резания, и перемещение выполняется поочередно по каждой из координатных осей. Прямоугольные устройства ЧПУ применяют в станках фрезерной, токарной и шлифовальной групп.

Контурное (непрерывное) УЧПУ обеспечивает перемещение рабочих органов из данной точки пространства по траектории, форма и конечные координаты которой заданы в управляющей программе. Контурным УЧПУ оснащают станки фрезерной и токарной групп, осуществляющих формообразование деталей сложной формы.

Устройство адаптивного (самоприспосабливающегося) управления ЧПУ – устройство, в котором обеспечивается автоматическое приспособление процесса обработки к изменяющимся условиям обработки по определенным критериям (скорость резания, подача, сила резания). Самоприспосабливающиеся УЧПУ имеют систему контроля и регулирования, позволяющую осуществлять защиту от перегрузок двигателей главного движения и приводов подач, что обеспечивает высокое качество обработки и защищает станочную систему от поломок. Адаптивными УЧПУ оснащают фрезерные, расточные и многоцелевые станки.

Оперативная система управления (ОСУ) – УЧПУ на базе микроЭВМ с подготовкой УП у станка в режиме диалога оператора с устройством

ЧПУ. Оператор, получая чертеж детали, вводит эти данные с клавиатуры пульта УЧПУ в программу управления. Оперативными устройствами ЧПУ оснащают токарные и фрезерные станки.

Другим признаком, по которому УЧПУ могут быть классифицированы, является число потоков информации, циркулирующих в системе станок-устройство ЧПУ.

Система разомкнутого контура – УЧПУ, в котором имеется только один поток информации. В таких системах отсутствуют измерительные устройства (датчики обратной связи), контролирующие перемещение рабочих органов. Точность воспроизведения движения рабочих органов с такой системой невысокая и определяется точностью отработки команд двигателем привода подач и точностью кинематической цепи, передающей движение рабочему органу.

Система с замкнутым контуром – УЧПУ, в котором существуют два потока информации. Один поток вводится в устройство управления через вводное устройство от программоносителя, второй поток информации – в УЧПУ от датчиков обратной связи, определяющих действительное положение рабочих органов. При наличии рассогласования между этими потоками, устройство управления воздействует на приводы подач, которые перемещают в нужном направлении рабочие органы, изменяя рассогласование до величины, близкой к нулю.

УЧПУ различают также по структурному построению: устройства с постоянной структурой класса NC и переменной структурой класса CNC.

УЧПУ класса NC построено по принципу вычислительного устройства, где все операции, составляющие алгоритм работы, выполняются параллельно с помощью отдельных цепей или устройств, реализующих ту или иную функцию (агрегатно-блочное построение). Эти УЧПУ называют также устройствами с жесткой структурой. Выпускаются базовые модели таких устройств (H22 и H33), построенные на микроэлектронной базе. В этих устройствах весьма ограничены возможности оператора вмешиваться в процесс обработки.

УЧПУ класса CNC с переменной структурой соответствует структуре управляющей ЭВМ, включающей вычислительное устройство (процессор), блоки памяти и блоки ввода-вывода информации. При этом объем функций, характер проводимых операций и их последовательность определяются программами функционирования, которые вводятся в блок памяти.

Устройства класса CNC расширяют функциональные возможности программного управления. При этом появляются функции, которые раньше не могли быть реализованы: хранение УП и ее редактирование на рабочем месте, расширение возможности индикации на дисплее, диалоговое обращение с оператором, широкие возможности коррекции, в том числе и погрешностей станка, система диагностики неисправностей, возможность изменения программным способом функций системы управления при ее эксплуатации, реализация функций электроавтоматики и др.

2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПУСКОНАЛАДОЧНЫМ РАБОТАМ

Под аппаратной наладкой станка с ЧПУ понимают процесс восстановления паспортных или настройку необходимых характеристик гидравлических, пневматических, электрических, механических, электронных устройств (блоков, агрегатов, узлов схем автоматического регулирования, приводов подач и главного движения), обеспечивающих надежность, точность, быстродействие и последовательность работы станка с ЧПУ в соответствии с УП.

Целью наладочных работ на станке с ЧПУ является обеспечение режимов работы станка и систем управления всей станочной системы. В результате наладочных операций должно быть дано заключение о возможности передачи станка с УЧПУ в эксплуатацию. Качественно выполненная наладка повышает производительность труда и качество продукции.

До начала наладочных работ должны быть выполнены следующие мероприятия: 1) изучена кинематика и электрическая часть станка, а также их связи с технологией обработки; 2) составлена программа обработки типовой детали на данном станке; 3) составлен график выполнения наладочных работ; 4) подобрана документация, описывающая принцип действия систем и устройств станка; 5) подготовлены приборы, инструменты и приспособления; 6) определены помещения для хранения аппаратуры и работы с технической документацией, которые должны находиться вблизи от настраиваемого станка; 7) совместно с руководителем монтажных работ установлены сроки выполнения наладочных работ; 8) назначен руководитель участка или бригады из числа квалифицированных инженеров; 9) бригадам определены задания и сроки выполнения работ; 10) на рабочем месте обеспечены условия электробезопасности; 11) временные питающие электрические сети выполнены проводом соответствующего сечения с необходимой изоляцией и достаточной механической прочностью; 12) рабочее место должно иметь достаточное освещение и надежное ограждение во всех местах, которые могут оказаться под напряжением. Руководитель наладочных работ обеспечивает решение всех технических и организационных вопросов в ходе наладочных работ, сдачу в эксплуатацию оборудования и оформление документации.

Взаимоотношения между наладочной и монтажной организацией, выполняющей монтаж электрических сетей станков с ЧПУ, должны определяться следующими положениями: до начала производства наладки руководитель наладочных работ совместно с руководителем электромонтажных работ определяет степень готовности станка с ЧПУ; устанавливает дату начала наладки; намечает мероприятия, обеспечивающие безопасность производства работ; разрешение на производство наладочных работ оформляется руководителем электромонтажных работ; при наладке выявленные дефекты устраняются электромонтажным персоналом по требованию и под наблюдением наладчиков; исправление дефектов завода-изготовителя производится монтажной

организацией завода-поставщика; перед подачей напряжения на станок с ЧПУ представители электромонтажной и наладочной организаций осматривают электрооборудование и участвуют в пробных пусках.

Взаимоотношения между механомонтажной организацией и наладочной организацией в период пробных пусков станков с ЧПУ определяются следующими положениями: механомонтажной организацией должны быть выделены на пусковой период представители, по разрешению которых будет производиться опробование станков с ЧПУ; персонал механомонтажной организации под контролем наладчиков проводит настройку механических узлов, которые воздействуют на электрические схемы управления (путевые и концевые выключатели, датчики обратной связи, тормозные устройства, сельсины, тахогенераторы и т. д.).

Готовность станка к пуску оформляется актом. Пуск и остановку станка производят по указанию механомонтажной организации. Работы по испытанию станков должны выполняться по программе, согласованной со всеми участниками монтажа и эксплуатирующими подразделениями.

Окончание наладочных работ на станках с ЧПУ оформляется актом. Сдаточная документация по наладочным работам включает протоколы: проверки и наладки схем управления, защиты, сигнализации и автоматики; проверки и испытаний электрических машин, преобразователей и измерительных систем; проверки заземляющих устройств; проверки электросопротивления изоляции, электродвигателей, преобразователей, трансформаторов, кабельных линий и жгутов.

Требования техники безопасности предъявляют к каждому работнику, принимающему участие в наладочных работах. Он обязан: пройти медицинское освидетельствование; получить квалификационную группу по технике безопасности; пройти инструктаж по технике безопасности на рабочем месте; освоить методику проведения наладок оборудования с учетом требований правил техники безопасности.

Лица, не достигшие 18-летнего возраста, не могут быть допущены к наладочным работам на электроустановках. Персонал пусконаладочных организаций, не имеющий практического опыта работы, наряду с обучением техники безопасности обязан пройти стажировку.

3. ОБЩАЯ ДИАГНОСТИКА СТАНКА С ЧПУ

„Диагностика“ – совокупность методов определения технического состояния узла, устройства, агрегата и сопряжения деталей без их разборки. Диагностирование технического состояния заключается в логической обработке некоторой объективно существующей информации, поступающей от работающего оборудования с ЧПУ в определенный промежуток времени. Эта информация поступает в виде внешних признаков, прямо или косвенно характеризующих состояние оборудо-

вания. Обеспечение высокой точности и надежности работы станков с ЧПУ при их эксплуатации связано с системой их обслуживания, своевременного и качественного выполнения профилактических наладочных и ремонтных работ.

Изменение технического состояния оборудования за период его нормальной эксплуатации является случайным процессом, имеющим вероятностный характер. Переход из состояния исправной работы станка в состояние неисправной работы характеризует начало возникновения неисправности, т. е. является условным отказом.

Если металлорежущее оборудование находится в неисправном состоянии, то для предотвращения фактического отказа необходимо выполнить наладочные или ремонтные работы.

Для установления взаимосвязи между техническим состоянием станка с ЧПУ и погрешностью параметров готовой детали, а также выбора на этой основе метода диагностирования целесообразно разрабатывать контрольные карты к станкам с ЧПУ различных технологических групп.

Потребность в обслуживании и ремонте однозначно не определяет срок работы того или иного станка. Каждому периоду времени соответствует не одно, а множество различных состояний. Поэтому диагностика программного оборудования ставит задачу снять эту неопределенность и выявить из множества состояний то единственное, в котором в данное время находится данный станок.

При диагностировании и ремонте станков с ЧПУ возникают трудности, обусловленные их большой сложностью. Необходимы большие затраты времени на обнаружение неисправностей, применение систем диагностики неисправностей, сложной контрольно-измерительной аппаратуры, а также наличие высококвалифицированного обслуживающего персонала. Диагностирование часто затрудняется многообразием применяемых УЧПУ, недостатком специалистов для их обслуживания.

В конструкции станков с ЧПУ предусматривают технические решения, улучшающие и облегчающие обслуживание, поиск неисправностей и проведение ремонта. К ним можно отнести: модульный принцип создания станков с ЧПУ из унифицированных элементов, способствующий повышению их надежности; оснащение станков с ЧПУ диагностическими системами, обеспечивающими быстрое обнаружение неисправностей и индикацию их на дисплее устройства ЧПУ, а также применение для поиска сложных неисправностей тестовых программ и др.; разработку документации для диагностирования и ремонта конкретного станка с ЧПУ или группы этих станков.

На практике диагностирование станков с ЧПУ заключается в логической обработке некоторой объективно существующей информации, поступающей от работающего оборудования в определенный промежуток времени в виде внешних признаков, характеризующих состояние оборудования.

Диагностика программного оборудования включает: 1) изучение работающих станков с ЧПУ, подлежащих диагностированию, их воз-

можных отказов и признаков их проявления; 2) построение модели исправного станка и устройства ЧПУ, подлежащего диагностированию, выявление неисправностей; 3) определение объема информации и построение алгоритма диагностирования, удовлетворяющего требуемой детализации поиска неисправностей путем анализа модели объекта; 4) выбор контрольно-измерительных приборов, обеспечивающих реализацию алгоритма диагностирования.

Для получения диагностической информации проводят измерения величин вибрации, акустических колебаний (шумов), параметров процесса обработки (производительности, режимов резания, длительности циклов обработки, скорости перемещения, температуры и др.).

Диагностирование программного оборудования представляет собой сложный процесс, когда обнаружение и устранение неисправностей средней сложности производится специалистами из группы обслуживания станков с ЧПУ. Сложные неисправности, если они не могут быть устранены специалистами группы обслуживания завода-потребителя, исправляют после консультации со специалистами отдела обслуживания завода-изготовителя станка с ЧПУ.

Отказы станков с ЧПУ можно классифицировать: по внешнему проявлению – скрытые и явные (скрытым называют отказ, внешние проявления которого могут зависеть от нескольких причин; к явным относят отказы, которые можно обнаружить визуально); по взаимосвязи – независимые и зависимые, независимые отказы происходят по любым причинам, кроме влияния другого отказа; зависимые (вторичные) отказы вызваны влиянием первичного отказа.

4. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

Надежность станочной системы с ЧПУ – свойство системы выполнять возложенные на нее функции в течение заданного промежутка времени.

Вероятность безотказной работы станочной системы с ЧПУ определяется отношением числа систем N , безотказно проработавших до момента времени t , к числу систем N' , работающих исправно в начальный момент времени $t = 0$:

$$R = N/N'.$$

Интенсивность отказов станочных систем – отношение числа отказов систем в единицу времени $n/\Delta t$ к среднему числу систем N , работоспособных к данному моменту времени t :

$$\lambda = n/(N \Delta t).$$

Наработка на отказ определяется как отношение наработки T восстанавливаемой системы к числу ее отказов m в течение этой наработки:

$$t = T/m.$$

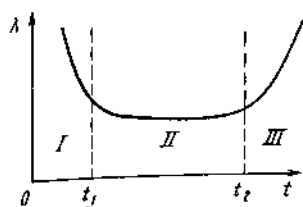


Рис. 1. Интенсивность отказов λ станочных систем с ЧПУ

Для станочных систем с ЧПУ получена кривая интенсивности отказов, показанная на рис. 1.

Участок I ($0, t_1$) характеризуется повышенной интенсивностью отказов. Это объясняется тем, что в этот период возникают приработочные отказы, вызванные скрытыми дефектами вследствие погрешности изготовления и ошибок при проектировании. На этом участке также учитываются отказы, появившиеся из-за ошибок эксплуатационного персонала при освоении станков.

Участок II (t_1, t_2) характеризуется постоянной интенсивностью отказов – период нормальной эксплуатации. Отказы носят внезапный характер и обусловлены скрытыми дефектами и износом деталей.

Участок III (t_2, ∞) – период интенсивных отказов – начинается с момента t_2 . К этому времени в элементах станочной системы происходят необратимые физико-химические изменения. Дальнейшая эксплуатация станочных систем с ЧПУ без смены отдельных механизмов и узлов становится нерациональной. На интенсивность отказов влияют: температура, электрические и механические нагрузки и др.

5. ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОТКАЗНОСТИ СТАНКОВ С ЧПУ

Обеспечение высокой точности и надежности работы станков с ЧПУ при их эксплуатации связано с системой их технического обслуживания, своевременного и качественного выполнения профилактических работ и ремонта.

Обслуживание станков с ЧПУ включает в себя организационные и технические мероприятия, обеспечивающие контроль за состоянием станков и устройств ЧПУ и поддерживающие их выходные параметры на заданном уровне в течение периода эксплуатации. К ним относят: осмотр и контроль состояния, чистку, промывку и смазывание механизмов станка, долив масла, регулирование механизмов станка и элементов системы управления, смену износившихся деталей и вышедших из строя блоков УЧПУ, проверку и наладку гидро- и электроприводов, работы по устранению неисправностей. Техническое обслуживание должно проводиться в соответствии с общими правилами, а также с учетом требований, определяемых документацией на станки.

В общих правилах содержатся **требования к помещениям**, где устанавливают станки с ЧПУ, порядок монтажа станков и устройств

ЧПУ. Станки с ЧПУ класса Н (нормальной точности) и станки класса П (повышенной точности) устанавливают в закрытых отапливаемых помещениях механических цехов. Станки, обрабатывающие детали абразивным инструментом (шлифовальные), или станки, обрабатывающие пылящие материалы (например, чугун, древесину), устанавливают в изолированном помещении, в котором обеспечены условия для очистки воздуха и удаления абразивной и металлической пыли.

В механических цехах, где установлены станки с ЧПУ, необходимо предусмотреть защиту воздуха от внешних загрязнений. Для устройства ЧПУ необходимо использовать индивидуальную вытяжную вентиляцию.

Температура помещений для станков классов Н и П должна быть равна $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность в помещениях с УЧПУ должна быть не более 80 %. Освещенность на рабочих поверхностях столов станков должна быть не менее 2000 лк при освещении люминесцентными лампами и 1500 лк при освещении лампами накаливания. Общее освещение помещений, где установлены станки с ЧПУ, должно быть 200 лк при люминесцентном освещении и 150 лк при лампах накаливания.

Размеры и планировка помещений должны обеспечивать свободный доступ ко всем узлам и устройствам станков с ЧПУ во время работы, возможность разборки станков и устройств ЧПУ во время ремонта. Ширина проходов и проездов в этих помещениях должны обеспечивать возможность транспортировки сборочных единиц, устройств и систем станков.

Покрытие стен помещений должно быть матовым и обеспечивать улучшение видимости обрабатываемых металлов. Например, при обработке стали, алюминия цветовой фон стен должен быть серый, при обработке меди, латуни, бронзы – голубой и т. д. Верхние участки стен и потолок должны быть выкрашены в белый цвет, обладающий максимально отражающей способностью и тем самым увеличивающий освещенность.

Точность и надежность собранного станка с ЧПУ зависят от монтажа. Монтаж следует выполнять в соответствии с требованиями чертежей и руководствами на станок и устройство ЧПУ.

Для защиты от внешних вибрационных возмущений оборудование с ЧПУ необходимо монтировать на фундаменте или виброизоляционных опорах. Согласно установочному чертежу укладывают на полу или в специальные каналы гидрозаводку от насосной станции, трубы, бронированные шланги с электрожгутами и т. п.

Силовые шкафы, тиристорные преобразователи, устройства и пульты ЧПУ связывают со станком с помощью соответствующих разъемов со жгутами согласно монтажной схеме. Перед монтажом гидросистемы необходимо удалить деревянные заглушки из труб и штуцеров, очистить их, а затем прокачать через них масло. По окончании монтажа все гидросистемы заполняют маслами и другими жидкостями. Отфильтрованное масло заливают через батистовую салфетку. В емкость станка заливают СОЖ, заполняют маслом все места групповой и индивидуальной смазки в соответствии с эксплуатационной доку-

ментацией, после чего проверяют герметичность трубных соединений.

Перед наладкой систем станка с ЧПУ необходимо осмотреть электрооборудование станка и УЧПУ, убедиться в отсутствии повреждений изоляции. Проверить соответствие надписей на обеих частях соединений штепсельных разъемов и проконтролировать их стыковку. Подтянуть винтовые соединения на всех клеммах силовой аппаратуры в шкафу станка, в тиристорных преобразователях, пультах управления и регулирования и др. Проверить надежность пайки на разъемах, в межблочных соединениях УЧПУ и блоках тиристорных преобразователей.

После выполнения этих мероприятий **станок испытывают на холостом ходу** в наладочном режиме. На холостом ходу должна быть проверена работа кинематических цепей станка. Если при этом не будут обнаружены дефекты, препятствующие нормальной работе, то приступают к наладке и регулировке отдельных блоков и устройств станка с ЧПУ в соответствии с инструкцией на наладку станка и устройство ЧПУ.

После проверки нормальной работы всех устройств и механизмов на холостом ходу приступают к **испытаниям станка с ЧПУ под нагрузкой**. Продолжительность испытания на холостом ходу ≤ 2 ч, а при испытании под нагрузкой ≤ 30 мин. После испытания под нагрузкой станок передают в эксплуатацию. Через 200 ч работы следует остановить станок и, произведя его осмотр и промывку, заполнить маслобаки и индивидуальные точки смазки новым маслом. С этого момента станок с ЧПУ переходит на режим нормальной эксплуатации.

Чтобы гарантировать высокую надежность сложным станочным комплексам с ЧПУ, им **придается система обеспечения их работоспособности при эксплуатации**, включающая диагностические и ремонтные средства, комплекты запасных узлов, агрегатов, элементов и т. д.

Учитывая большую сложность и высокую стоимость станков с ЧПУ, их компоновочно-конструктивное разнообразие, отсутствие необходимого статистического материала о характере изменения выходных параметров, следует считать основной задачей службы обслуживания организацию постоянного наблюдения за работой станков с ЧПУ, периодического контроля их выходных параметров и систематизацию неполадок. Эти мероприятия позволяют совершенствовать систему безотказности и технического обслуживания станков с ЧПУ. Отсутствие своевременного обслуживания и ремонта приводит к большим отклонениям выходных параметров станка с ЧПУ, что в дальнейшем требует проведения более трудного и длительного ремонта.

Для устройств ЧПУ и систем управления электроприводом более целесообразна система ремонта по мере возникновения отказа. Поэтому для них отсутствует разделение на текущие и капитальные ремонты, исчезает и само понятие капитальный ремонт.

6. ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ О НАДЕЖНОСТИ СТАНКОВ С ЧПУ

Оценку надежности станков с ЧПУ проводят, используя различные методы испытаний: стендовые, лабораторные, моделирование на ЭВМ и др. Наиболее полная информация о надежности может быть получена в реальных условиях эксплуатации станков. В этом случае имеется возможность учесть все факторы, воздействующие на станок с ЧПУ (окружающая среда, режимы резания, организация обслуживания и ремонта, квалификация оператора и ремонтного персонала и др.).

Для сбора информации, фиксации времени отказа и простоя оборудования с ЧПУ применяют технические средства, например, комплекс К527 (рис. 2).

Комплекс предназначен для автоматизированного сбора и хранения информации о работе производственного оборудования. Он обеспечивает учет времени работы и простоев оборудования, подготовку информации с итогами работы за смену, пригодную для хранения и дальнейшей обработки на ЭВМ. Объектом контроля является рабочее место.

Простои оборудования могут учитываться по фиксированным причинам на каждом рабочем месте. Остановка оборудования по фик-

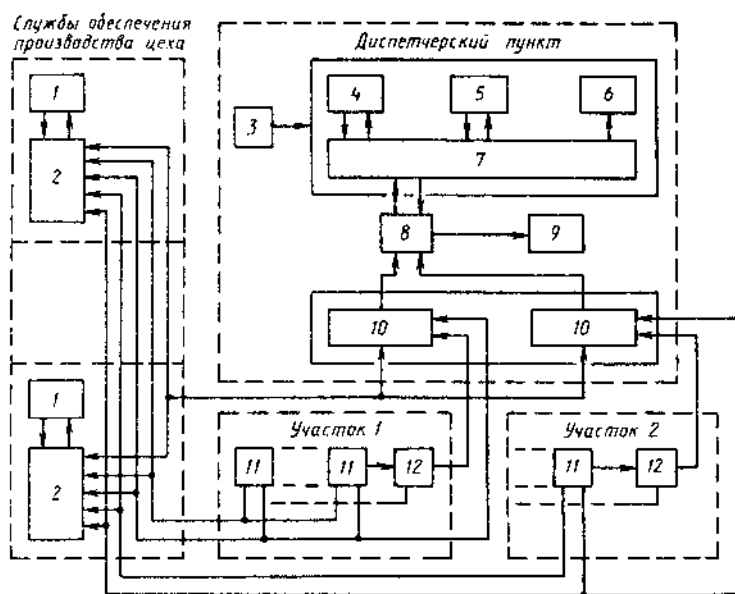
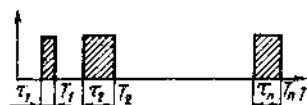


Рис. 2. Схема комплекса К527 устройств и подготовки информации

1 — выносное табло; 2 — блок управления индикацией; 3 — фотосчитывающее устройство; 4 — печатающее устройство; 5 — накопитель на магнитной ленте; 6 — перфоратор; 7 — устройство управления; 8 — пульт диспетчера; 9 — табло диспетчера; 10 — накопитель информации; 11 — рабочий пульт; 12 — датчик автоматического учета

Рис. 3. Распределение интервалов времени исправной работы и ремонта станков с ЧПУ:

$T_1; T_2 \dots T_n$ — время восстановления после отказа;
 τ_1, τ_2, τ_n — время исправной работы



сированным причинам выявляется оператором или специалистом по ремонту станков с ЧПУ.

Наиболее распространенным методом обработки информации, полученной с комплекса К527, является метод статистической обработки (рис. 3), на базе которой оценивают надежность станков.

Для получения сведений о простоях на каждом рабочем месте установлен пульт 11 (см. рис. 2), на котором при остановке оборудования оператор набирает код предполагаемой причины отказа. Датчик 12, встроенный в станок, может давать информацию о количестве изготовленных деталей, или автоматически информировать о простое станка; номер станка, код, причины простоя и время начала простоя запоминаются в накопителях 10. Одновременно световой сигнал об остановке станка передается на табло 1 и 2 в службы обеспечения производства цеха (ремонтникам, склад инструмента, заготовок и т. д.).

Устранив неисправность, ремонтник записывает фактическую ее причину в „Карту учета ремонта станков с ЧПУ”, а оператор отключает сигнал о простое, который, как и сигнал о начале простоя, передается для учета потерь времени по каждой единице оборудования.

Данные о числе отказов, времени простоев и суммарном времени работы станков с ЧПУ накапливаются в течение смены в накопителях 10 (см. рис. 2) комплекса и могут быть выведены на магнитную ленту 5, перфоленту 6 или печатный бланк 4. Диспетчер со своего рабочего места 8 контролирует работу комплекса К527. При дополнительной обработке данные выдаются в форме, образец заполнения которой показан в табл. 1, в которой каждому рабочему месту соответствует строка с номером участка, времени по каждой из семи (1–7) причин простоя и суммарном времени работы оборудования.

1. СВОДКА РАБОТЫ СТАНКОВ С ЧПУ

Дата _____ Цех _____ Смена _____

Время работы комплекса К527 8 ч

Станок	Инвентарный номер	Машинное время, ч	Время простоя по причинам, ч							Всего
			1	2	3	4	5	6	7	
16К20Г1	6126	5,2	0	0	0	0	0	0,1	0,3	0,4
.
.
.
В среднем на станок		4,1	0,4	0,5	0,1	0	1,1	1,3	7,9	

Один раз в месяц ЭВМ выдает распечатку ведомости простоев по причинам и оперативного времени работы каждой единицы оборудования с ЧПУ за месяц и нарастающим итогом за год и ремонтный цикл.

Учет оперативного времени работы оборудования с ЧПУ может быть организован с помощью счетчика моточасов типа 228 ЧП, предназначенного для автоматического суммирования времени работы станка с ЧПУ. Для определения машинного времени обработки включают счетчик.

Для определения времени работы станка по программе счетчики подключают к устройству, позволяющему работать станку с ЧПУ в программном режиме. Показания счетчиков ежемесячно заполняют по форме (табл. 2) и передают для занесения в формуляры станков с ЧПУ, а также для анализа данных о простоях станков с ЧПУ в плановых и неплановых ремонтах. Это дает возможность принимать обоснованные решения: 1) о целесообразности дальнейшей эксплуатации оборудования с ЧПУ; 2) о проведении модернизации узлов для повышения их безотказности; 3) о смене станков с ЧПУ или устройств, модернизация которых нецелесообразна; 4) об оценке надежности станков с ЧПУ.

2. СВОДКА ВРЕМЕНИ РАБОТЫ ПРОГРАММНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

по цеху _____ за _____ месяц 199 ____ г.

Станок	Инвентарный номер	Время работы, ч		Ремонт, ч	
		с начала года	за месяц	плановый	неплановый
16K20T1	6126	824	178,5	0	8
1B340ФЗ	8301	935	38,9	128	2
.
.
.
В среднем на станок по цеху		852	105,2	13,2	8,3

ГЛАВА II. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРИВОД, МЕХАНИЧЕСКИЕ УЗЛЫ И СМАЗОЧНАЯ СИСТЕМА СТАНКА С ЧПУ

1. НАЛАДКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА И СМАЗОЧНАЯ СИСТЕМА

Физические свойства масел. В гидравлических системах станков с ЧПУ применяют минеральные масла: веретенное, промышленное, турбинное и цилиндрическое, имеющие малую стоимость и большой срок эксплуатации.

Вязкость — свойство жидкости сопротивляться относительному перемещению отдельных ее слоев при протекании жидкости по трубо-

проводам, щелям и т. п. Вязкость минеральных масел не является постоянной величиной, так как она чувствительна к изменениям температуры и давления. С уменьшением температуры вязкость возрастает. С уменьшением вязкости ухудшаются условия смазывания скользящих поверхностей узлов и элементов гидросистемы станка, увеличиваются утечки. С увеличением вязкости гидросопротивление дросселей и щелей гидрولينей увеличивается. Поэтому вязкость рабочей жидкости ограничивает диапазон рабочих температур гидравлических систем.

Плотностью рабочей жидкости называют отношение ее массы m к объему V , кг/м³:

$$\rho = m/V.$$

В гидравлических системах рекомендуется применять рабочие жидкости с малой плотностью, которая зависит от температуры, давления и количества растворенного в ней воздуха.

Сжимаемость — свойство жидкости изменять свою плотность при изменении давления. Сжимаемость масла увеличивается при растворении в нем воздуха. О наличии воздуха в масле свидетельствуют пена на его поверхности и изменение цвета. Воздух может попадать в масло из атмосферы через уплотнения валов насосов, из всасывающих и сливных трубопроводов.

Сжимаемость жидкостей влияет на частоту колебаний гидросистемы, уменьшает подачу насосов и их объемный КПД. Она может служить причиной неустойчивых колебаний гидросистемы. Для уменьшения объема воздуха в гидросистемах применяют вакуумизацию жидкости в сочетании с герметизацией [31].

При эксплуатации происходит окисление углеводородов масел, приводящее к увеличению вязкости, выпадению смоляных осадков и образованию твердых пленок, вызывающих заклинивание деталей в гидроузлах и засорение отверстий малых диаметров. На скорость окисления масла влияют температура и наличие растворенного кислорода. Разрушение масел может происходить также в результате контакта с медью или ее сплавами.

Быстрое окисление начинается при температуре выше 70°C. Степень окисления и пригодность масла к работе определяются по кислотному числу — количество миллиграммов (мг) КОН (едкого кали), необходимых для нейтрализации свободных кислот в 1 г масла. При рабочей температуре 45...50°C масло можно использовать от 6 мес. до 1 года. Повышение температуры масла до 70°C в 2 раза снижает срок его пригодности.

Кислотное число само по себе не свидетельствует о пригодности масла к дальнейшей эксплуатации, но для оценки качества масла важно знать, на какую величину оно изменилось. Принято считать, что при увеличении кислотного числа до 4...5 мг/г масло подлежит замене.

При работе гидросистем даже малое количество воды вызывает

интенсивную коррозию гидроагрегатов и, подобно воздуху, способствует пенообразованию. В результате смешивания масла с водой ухудшаются его смазывающие свойства и в масле образуются слизистые клейкие вещества, нарушающие работу гидрооборудования.

Причинами проникновения воды в гидросистему являются конденсация атмосферной влаги, попадание в рабочую жидкость СОЖ вследствие недостаточной герметизации гидробака.

Для улучшения характеристик масел (табл. 3) гидравлических систем применяют присадки, концентрация которых составляет от 0,05 до 20 %. После введения легирующих присадок масла обладают противозносными, противоокислительными, противокоррозионными и противопенными свойствами [7].

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ МАСЕЛ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Масло	Вязкость ν , мм ² /с	Плотность P , кг/м ³	Кислотное число, мг/г	Диапазон рабочей температуры t , °С
И-20А	17—23	885	0,05	50...—15
И-30А	23—28	890	0,05	50...—15
И-40А	35—45	895	0,05	50...—15
И-50А	45—55	910	0,05	50...—20
Турбинное 22	22—23	900	0,02	50...—15
Веретенное АУ	12—14	896	0,07	50...—45

Как показала практика 80 % отказов гидросистем оборудования с ЧПУ обусловлено работой на некачественном масле, его несвоевременной заменой или перегревом. Контроль за состоянием масел при эксплуатации осуществляется по изменению вязкости, уровня загрязненности и стабильности кислотного числа. Нормальная эксплуатация гидросистем станков с ЧПУ невозможна при изменении вязкости масла более чем на 20 % от первоначальной.

Рабочая температура масла в гидросистемах должна быть не более 50°C. При более высокой температуре масла начинают окисляться и разлагаться с выделением смолистых осадков. Оставшаяся более жидкая фракция масла имеет вязкость в 1,5...2,5 раза ниже первоначальной.

Основным источником загрязнения масла являются частицы износа элементов гидросистем, смолистые осадки, пыль, попадающая в бак из окружающей среды.

Чистота масла в гидросистемах может быть обеспечена: 1) очисткой гидробака и элементов системы; 2) герметичностью гидросистемы; 3) очисткой воздуха, попадающего в гидробак; 4) фильтрацией масла при заливке в гидробак (табл. 4):

Гидроузлы в состоянии поставки могут быть загрязнены, поэтому ввод гидросистемы станка в эксплуатацию должен проводиться после очистки. Запрещается протирать бак тряпками, так как при этом текстильные волокна остаются на шероховатой поверхности и при залив-

ке нового масла засоряют гидросистему. Бак следует очищать металлическим скребком или щеткой, состоящей из двух деревянных накладок с зажатым между ними куском листовой резины. Краска на внутренних поверхностях баков не должна отслаиваться. Гидробаки должны сообщаться с окружающей средой только через воздушные фильтры (сапуны), предназначенные для очистки воздуха от пыли.

4. ДОПУСТИМОЕ ЧИСЛО ПОСТОРОННИХ ЧАСТИЦ В МАСЛЕ

Число частиц	Размер частиц, мкм				
	5...10	10...25	25...50	50...100	Св. 100
В 1 л масла	1270000	420000	65000	10000	930
В 1 м ³ воздуха	11000	11000	5400	5400	1100

Для правильной эксплуатации гидросистем необходимо иметь график контроля и замены масла. Сроки замены масел в гидросистемах: при двухсменной работе — масел марок И-20...И-50 через 6...7 мес, турбинных масел через 10...14 мес, при другой сменности, а также в ответственных системах через 2000 ч работы.]

Фильтры различных конструкций и назначения являются основными элементами гидросистемы, обеспечивающими удаление загрязнений из масла. Различают фильтры поверхностные (сетчатые, проволочные, бумажные) и объемные (пластинчатые, войлочные, фетровые, многослойные сетчатые и тканевые, пластмассовые, металлокерамические и др.).

Воздушные фильтры (рис. 4) предназначены для очистки от пыли воздуха, циркулирующего в резервуарах, гидравлических и смазочных системах станков. Их монтируют на крышке бака с помощью фланца 1. По мере засорения фильтра производится замена фильтрующего элемента 4, закрепленного проволочной стяжкой 7 на каркасе 3. Увеличение сопротивления прохождения воздуха через фильтр определяется по возросшему шуму насоса.]

Технические данные фильтра Г45-22: наибольшая пропускная способность при перепаде давления 0,01 МПа 70 л/мин; степень очистки 95 %.

Масло в гидробаки заливается через заливную горловину, которая должна иметь *заливной фильтр* (рис. 5) с толщиной фильтрации не менее 40...80 мкм. Фильтрация масла осуществляется при протекании жидкостей через поры фильтрующего материала. При фильтрации удаляются взвешенные в масле частицы, попадающие в него в виде продуктов износа и коррозии материалов гидропривода.

Основными показателями фильтров являются: тонкость фильтрации, пропускная способность, грязеемкость и миграция материала. Тонкость фильтрации характеризуется максимальным размером частиц, которые пропускает фильтр. По ней в зависимости от размера пропускаемых частиц фильтры делят на фильтры грубой (более 100 мкм), нормальной (от 100 до 10 мкм), тонкой (до 5 мкм) и особо тонкой (менее 1 мкм) очистки.

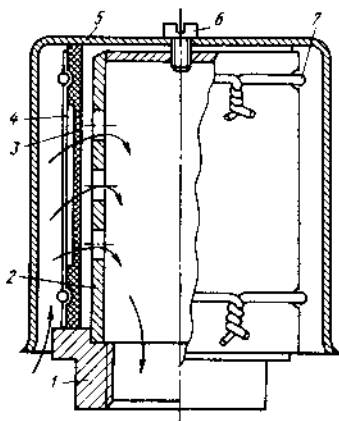


Рис. 4. Воздушный фильтр Г45:

1 — фланец; 2 — стакан; 3 — каркас; 4 — фильтрующий элемент; 5 — крышка; 6 — болт;
7 — проволоочная стяжка

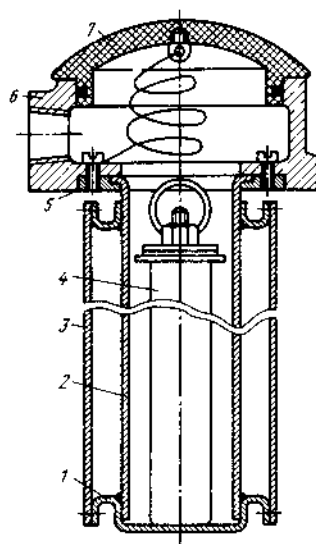


Рис. 5. Заливной фильтр:

1 — доннышко; 2 — фильтрующий элемент (латунная сетка); 3 — фильтрующий элемент тонкой очистки (ткань); 4 — магнитный патрон; 5 — фланец; 6 — заливная горловина;
7 — крышка

Пропускная способность — расход масла, который может пропустить фильтр при заданном перепаде давления и вязкости рабочей жидкости.

Грязеемкость — максимальное количество загрязнения, удерживаемое фильтром без разрушения и закупоривания его ячеек.

Миграция — выделение частиц материала, из которого изготовлен фильтрующий элемент при прохождении через фильтр масла.

Насосы различной конструкции: пластинчатые, шестеренные, плунжерные и аксиально-поршневые непрерывного действия с постоянной или регулируемой подачей жидкости применяют в станках с ЧПУ для создания рабочего давления в приводах и системах смазывания.

Конструкция *однопоточного пластинчатого насоса типа БГ12-4* представлена на рис. 6. В корпусе 9 и крышке 11 смонтировано закаленное кольцо-статор 16, имеющее внутри профильную поверхность, по которой скользят двенадцать пластин 1, свободно перемещающихся в пазах ротора 8. В насосе применены пластины с радиусными кромками. Ротор посажен на шлицы вала 14, свободно вращающегося в шариковых подшипниках. К торцам статора прижаты плоский диск 4,

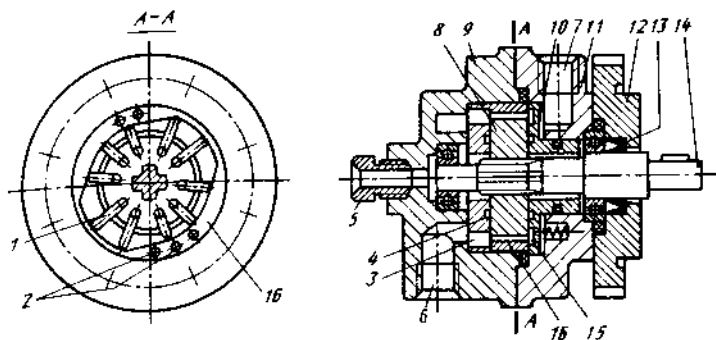


Рис. 6. Однопоточный пластинчатый насос типа БГ12-4

имеющий окна всасывания 3 и диск с шейкой 10. Для двустороннего всасывания в статоре выполнены отверстия 2, через которые рабочая жидкость поступает в глухие окна всасывания 15.

Насос работает следующим образом. При вращении ротора, пластины под действием центробежной силы и давления масла, подведенного под пластины, всегда прижаты к внутренней поверхности статора. Каждая пластина перемещается в пазах ротора в соответствии с профилем статора. При этом каждая из камер, образованная двумя соседними пластинами, внутренней поверхностью статора и ротора, во время соединения с окнами всасывания увеличивает свой объем благодаря профилю статора и заполняется маслом через окна всасывания, сообщаемые через штуцер 6 с резервуаром с маслом, а во время соединения с окнами нагнетания уменьшает свой объем, вытесняя масло через окна нагнетания в штуцер 7.

При вращении вала насоса за один оборот ротора каждая камера, образованная пластинами, размещенными в роторе, производит всасывание и нагнетание рабочей жидкости. Благодаря диаметральному расположению камер нагнетания и всасывания нагрузка на ротор от давления рабочей жидкости уравнивается, на вал насоса передается только крутящий момент.

Отвод утечек жидкости происходит через штуцер 5. Для предотвращения утечек по валу насоса во фланец 12 установлена манжета 13. Уплотнение по шейке диска, по разьему корпуса с крышкой и между корпусом и фланцем производится резиновыми кольцами.

В гидроприводах станков с ЧПУ кроме однопоточных насосов применяют *пластинчатые двохвальные насосы*. Принцип действия и конструкция *сдвоенных насосов* типа БГ12-42А те же, что у насосов типа БГ12-4.

Требования к монтажу и эксплуатации пластинчатых насосов типа БГ12-41А, БГ12-41Б, Г12-41А и 5Г12-42А следующие: насос может быть установлен в горизонтальном или вертикальном положении. Соединение вала насоса с приводным валом необходимо выполнять только с

помощью эластичной муфты. При установке валы насоса и привода должны быть соосны, так как неточность установки вызывает изгиб вала, преждевременный износ подшипников, повышенный шум и заедание деталей насоса. Максимально допустимое радиальное смещение осей 0,1 мм; максимальный угол перекоса осей 1°.

В качестве рабочей жидкости следует применять минеральные масла вязкостью 12...49 мм²/с при температуре масел от 20 до 50°C. Класс чистоты рабочей жидкости не ниже 13; номинальная тонкость фильтрации 25 мкм; температура окружающей среды от 0 до 45°C.

Соединение всасывающего трубопровода к насосу должно быть герметичным, исключая возможность засасывания воздуха. Всасывающие и сливные трубопроводы должны быть погружены в масло так, чтобы предотвратить появление воронок, через которые в систему может попасть воздух. Конец всасывающей трубы рекомендуется срезать под углом 45°.

Перед первым пуском в насос должно быть залито масло, а предохранительный клапан системы настроен на давление 0...0,5 МПа (насос, запущенный без масла, выйдет из строя через несколько секунд).

Особенностью шестеренных насосов является простота их конструкции, малые размеры и масса, равномерная подача жидкости. Шестеренные насосы бывают с внешним и внутренним зацеплением. Последние из-за сложности изготовления применяют редко.

Наиболее распространенный насос типа Г11-1 с внешним зацеплением показан на рис. 7 [30]. Насос состоит из ведущего 3 и ведомого 9 зубчатых колес, расположенных в корпусе 2. При вращении зубчатых колес масло в зону 1 всасывается, а затем впадинами зубьев переносится в зону 10 нагнетания. Далее масло поступает в гидросеть. Входной конец вала 4 уплотнен с помощью втулки 8, торец которой

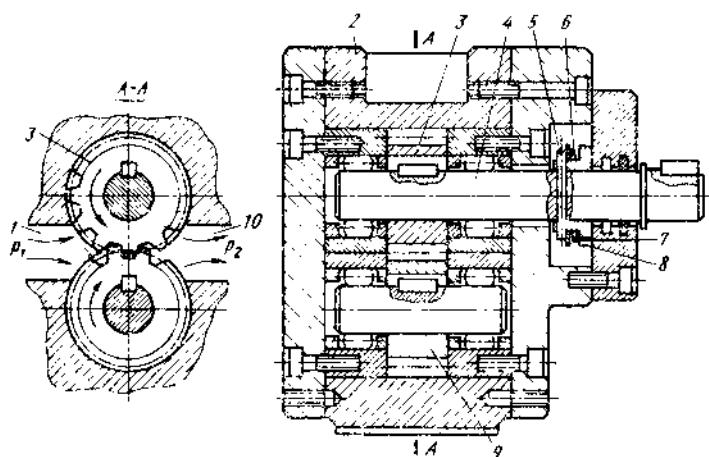


Рис. 7. Насос Г11-1

прижат к торцу фланца пружиной 7, упирающейся в кольцо 6, перемещение которого ограничено штифтом 5. Масло, просачивающееся через зазоры в стыках, направляется через соответствующие дренажные клапаны в бак.

При работе насоса вследствие разности давлений $p_2 - p_1$ на шестерни действуют радиальные силы, которые, нагружая валы и подшипники, могут вызвать заклинивание роторов. Особенно это опасно для насосов высокого давления.

Требования к шестеренным насосам. Насосы могут быть установлены в горизонтальном и вертикальном положениях. Они предназначены для подачи минерального масла вязкостью $10 \dots 58 \text{ мм}^2/\text{с}$.

Насосы пригодны для работы при температуре масла $10 \dots 50^\circ\text{C}$. Так как шестеренные насосы данного типа не имеют встроенных предохранительных клапанов, то в гидросистемах станков должны быть установлены предохранительные клапаны на нагнетательном трубопроводе, идущем от насоса к потребителю. К недостаткам шестеренных насосов следует отнести: сравнительно быстрый износ трущихся частей и слабое подкашивающее действие.

Плунжерные насосы предназначены для подачи жидкого смазочного материала к трущимся поверхностям металлорежущих станков. Насосы работают на минеральных маслах вязкостью $19 \dots 49 \text{ мм}^2/\text{с}$ при температуре масла $1 \dots 40^\circ\text{C}$. Масло должно быть отфильтровано с тонкостью фильтрации 80 мкм .

Насос (рис. 8) состоит из корпуса 2, плунжера 4, направляющей втулки 3, прокладки 5, пружины 13, запорного кольца 12, нагнетающего клапана 1, всасывающего штуцера 11, шарика 8, пружины 7, пробки 6, гайки 9 и втулки 10. Плунжеры насосов выпускают без ролика (рис. 8, а) и с роликом (рис. 8, б).

Масло одноплунжерными насосами подается при возвратно-поступательном движении плунжера, ход которого рекомендуется устанавливать не менее 3 мм . При движении плунжера вниз смазочный материал подается в нагнетающий канал. Возврат плунжера в исходное

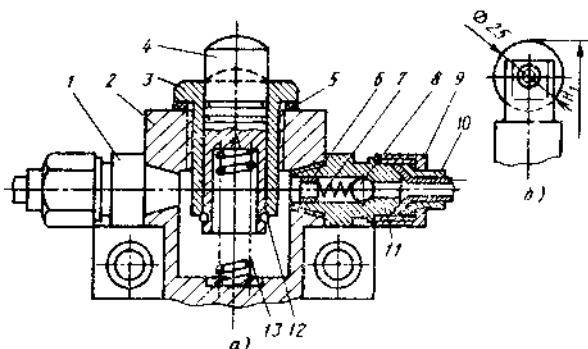


Рис. 8. Плунжерный насос без ролика (а) и с роликом (б)

состояние обеспечивается пружиной, находящейся внутри корпуса. При движении плунжера вверх масло всасывается из бака.

Требования к монтажу и эксплуатации плунжерных насосов типа ПС23М-34 и С23М-32. Для компенсации падения подачи в результате износа трущихся пар ее выбирают больше расчетной на 10 . . . 20 %.

Движение плунжера насоса как при прямом, так и при обратном ходе должно происходить плавно, без рывков.

Утечка масла через плунжер допускается не более одной капли за 100 двойных ходов плунжера при давлении 10 МПа. Течь масла в местах соединений и стыков не допускается. Соединение всасывающего и нагнетательного трубопроводов к штуцерам насоса должно иметь надежное уплотнение, исключающее засасывание воздуха и утечку масла. Направление приложения силы приводного механизма не должно выходить за пределы 15 % от оси плунжера. Предохранение насосов от перегрузки осуществляется путем установки предохранительного клапана в напорной магистрали.

Предохранительные гидроклапаны непрямого действия предназначены для поддержания установленного давления, предохранения от превышения давления и разгрузки от давления гидросистем станков.

Гидроклапаны резьбового исполнения устанавливают на трубопроводе. Гидроклапаны стыкового исполнения крепятся стыковой поверхностью к монтажной плите четырьмя винтами. Геометрическая точность поверхности плиты должна обеспечивать плотное прилегание гидроклапана. Уплотнение стыковой поверхности осуществляется резиновыми кольцами. При установке гидроклапана необходимо обеспечить легкий доступ к регулировочному винту.

Технические требования к предохранительным клапанам: 1) клапаны должны работать на масле 14-го класса чистоты и снабжены фильтрами для задержки частиц более 25 мкм; 2) при работе клапанов допускается отклонение установленного давления не более чем на 1,5 %; 3) клапаны должны допускать работу с частотой не менее 250 включений за 1 ч; 4) клапаны должны иметь плавную регулировку давления настройки от наименьшего до номинального; 5) усилие на регулирующем элементе клапана при настройке давления на всем диапазоне ≤ 40 Н.

Предохранительные смазочные клапаны предназначены для ограничения давления смазочного материала в смазочных системах станков с ЧПУ, а также для пропускания масла в одном направлении.

Клапаны работают на минеральном масле, имеющем вязкость 3,4 . . . 12 мм²/с. Номинальная толщина фильтрации не грубее 25 мкм при температуре масла 5 . . . 6°C.

Предохранительный смазочный клапан (рис. 9) состоит из корпуса 1, шарика 2, пружины 3 и гайки 4.

По диапазону настройки клапаны изготавливаются в трех исполнениях: I – 0,01 . . . 0,06 МПа; II – 0,06 . . . 0,6 МПа; III – 0,6 . . . 1,6 МПа. Поставляют клапаны отрегулированными на одно из предельных значений диапазона настройки (верхнее или нижнее). Для настройки

клапана на требуемое давление его следует подсоединить к сливному трубопроводу, при этом направление стрелки на корпусе клапана должно совпадать с направлением жидкости в гидросистеме.

До начала наладки гидросистемы станка внутренние поверхности гидробаков должны быть очищены от пыли и грязи, промыты керосином и тщательно протерты. Затем проверяют сохранность фильтров. Потом можно залить в гидробаки предварительно отфильтрованное (тонкость фильтрации 25 мкм) минеральное масло. Затем следует наладить работу системы централизованного смазывания и смазать трущиеся поверхности станка.

Воздух из гидросистемы следует выпускать не ранее чем через 4 ч, после заполнения трубопровода маслом. При заполнении трубопровода маслом и выпуске воздуха предохранительные клапаны должны быть настроены на минимально возможное давление во избежание растворения в масле воздуха. Выпуск воздуха из магистральных труб и присоединенных к гидросистеме гидроагрегатов рекомендуется производить в следующем порядке: 1) открыть полностью вентили и краны, установленные в высших точках трубопровода; затем ослабить накидные гайки на концах магистральных труб для того, чтобы воздух, находящийся в трубах, имел возможность выйти наружу вместе с маслом; 2) включить электродвигатель насоса и переключить электромагниты соответствующих распределителей от 10 до 20 раз с интервалом 1...2 мин; 3) выпускать воздух до тех пор, пока из открытых вентилях и кранов не пойдет чистое масло (без пузырьков), после чего вновь закрыть вентили и краны, завернуть гайки и долить масло в гидробаки до отметки маслоуказателей. Перед первоначальной отладкой смазочной системы необходимо залить в резервуар станции соответствующее масло, затем нажатием кнопки „Смазка” включить электродвигатель насоса. При правильном направлении вращения манометр должен показать наличие давления в системе. Предохранительный клапан необходимо настраивать на давление 2,5...5 МПа, а реле давления на 0,5 МПа ниже, чем у предохранительного клапана.

Проверка работы смазочной системы: отсоединять поочередно трубки подводящего трубопровода от всех точек смазки и многократно включать смазывающий насос до тех пор, пока из каждой трубки не будет подаваться масло; интервал между включением и отключением должен быть не менее 20...30 с; на каждый метр длины наиболее длинного подводящего трубопровода делать от 20 до 60 включений в зависимости от дозы, выдаваемой дозатором.

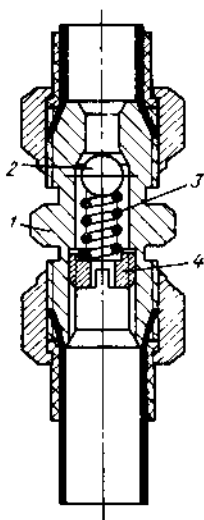


Рис. 9. Предохранительный смазочный клапан

2. ДИАГНОСТИКА И НЕИСПРАВНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ И ГИДРОСИСТЕМЫ

Следящий привод подачи с замкнутой системой управления, получивший наибольшее применение в станках с ЧПУ, включает в себя (рис. 10) наряду с электронными блоками управления 1 и 2, электродвигатель 4 с тахогенератором 3, зубчатую передачу или редуктор 5, обеспечивающий снижение частоты вращения приводного вала и увеличение крутящего момента; передачу винт-гайка 6, 7, преобразующую вращательное движение в поступательное, перемещение рабочего органа 8 по направляющим 9 станка и систему обратной связи с измерительным преобразователем 10. Диагностика такой кинематической цепи заключается в проверке точности перемещения и зазоров в звеньях кинематической цепи.

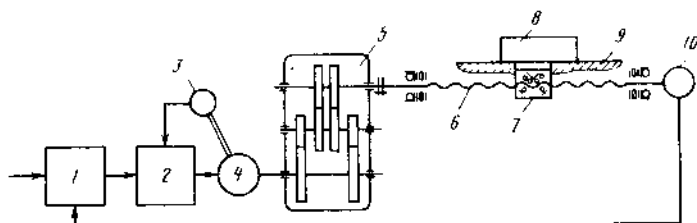


Рис. 10. Следящий привод с замкнутой системой управления

Коробка передач должна обеспечивать четкое переключение передач и отсутствие их самопроизвольного переключения. Износ шестерен приводит к возникновению шумов, а износ механизма переключения — к затруднительному переключению передач. Коробка передач (табл. 5) может проверяться на холостом ходу и при работе под нагрузкой.

5. НЕИСПРАВНОСТИ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

Неисправность	Причина
Шум в коробке передач	Износ подшипников или зубьев шестерен; недостаточный уровень масла; осевое смещение валов
Затруднительное переключение передач	Заедание шарнира рычага; деформация рычага переключения передач; тугое движение штоков вилок; тугое движение скользящей муфты; деформация вилок привода переключения
Самопроизвольное включение передач	Неполное зацепление зубчатых колес, ослабление пружины фиксаторов; износ зубьев муфты

Крутящий момент от коробки передач к рабочему органу передается передачей винт-гайка. Основными неисправностями передачи, вызывающими шум, вибрацию и неточности, являются следующие: 1) деформация винта; 2) дисбаланс элементов крепления винта; 3) ослабление затяжки болтов крепления гайки шарикового винта; 4) недопустимый зазор между гайкой и винтом шарнирно-винтовой пары (ШВП); 5) повышенный зазор в подшипниках опор ШВП.

Износ деталей (корпусные детали, ходовые винты, пиноли, гильзы, шпиндели и др.) станков с ЧПУ при эксплуатации является причиной потери их работоспособности. Для определения износа в определенных местах используют два метода. При первом методе базами служат поверхности детали, которые проверяют микрометрированием. При измерении шеек и отверстий измерительным инструментом являются скобы и приборы с индикаторными головками. Износ ходовых винтов также можно измерить с помощью приборов индикаторного типа, износ зубьев шестерен — с помощью приборов эвольвентометров, диаметр шариков в шариковых винтовых парах — микрометром.

Второй метод, так называемый метод искусственных баз заключается в том, что на изнашиваемые поверхности базовых деталей станка вращающимся твердосплавным роликом наносят лунки длиной l_0 (рис. 11). По изменению размера лунки, т. е. по уменьшению ее глубины за время работы определяют величину износа.

Глубина лунки h_i связана с ее длиной l_i зависимостью $h_i = l_i^2 / (8r)$, где r — радиус ролика, мм. Лунки А наносят на направляющих токарно-винторезных станков в зоне наиболее изнашиваемых участков. Первую лунку наносят на расстоянии 200 мм от торца направляющих со стороны шпинделя, последующие — с интервалом 100 мм. Для станков с межцентровым расстоянием до 1 000 мм на каждую грань наносят по пять лунок (рис. 12, а).

На продольно-фрезерных станках (рис. 12, б) при длине направляющих до 3000 мм наносят три лунки на расстоянии 150 мм друг от друга. При более длинных направляющих на каждом последующих полных или неполных 3000 мм наносят еще две лунки на расстоянии 200 мм друг от друга.

Предельно допустимый износ направляющих продольно-фрезерных станков $V_{\max} \delta (L_0/L_1)$, где δ — погрешность обработки деталей, L_0 — длина направляющих станины, мм; L_1 — длина детали, мм.

Данный метод используют для определения износа направляющих и ходовых винтов; точность измерения $\pm 0,5$ мкм. Для нанесения

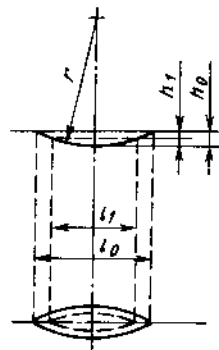


Рис. 11. Схема измерения износа методом лунок:

h_0 — глубина лунки до износа; h_1 — глубина лунки после износа; l_0 — длина лунки до износа; l_1 — длина лунки после износа

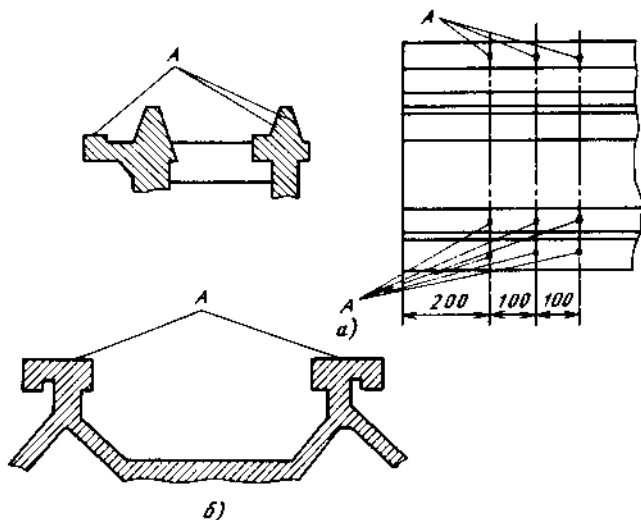


Рис. 12. Схема нанесения лунок на направляющих токарно-винторезных (а) и фрезерных (б) станков: А — места нанесения лунок

лунок и измерения износа направляющих применяют приборы ПВЛ-2 и МИБ-2. Для определения износа ходовых винтов и валов используют приборы ПВЛ-3 и МИБ-2. Направляющие являются основной изнашиваемой поверхностью базовых деталей станков. Лунки на направляющих должны наноситься посередине в направлении, перпендикулярном к движению по ним.

Прибор для нанесения лунок ПВЛ-2 (рис. 13, а) устанавливают на поверхность базовой детали так, чтобы ролик 9, закрепленный на удлиненном валу 8 электродвигателя 7, соприкасался с поверхностью, на которую должна быть нанесена лунка. Выключателем 1 включают лампу осветителя 3 и электромагнит 2. Электромагнит жестко фиксирует положение прибора на поверхности. Затем наносят две-три капли окислителя. Включают электродвигатель, рукояткой 4 приближают ролик к поверхности базовой детали и подают его для „вытирания” лунки при повороте электродвигателя, установленного в центрах 6 кронштейна 5. Диаметр ролика 4...5 мм, время „вытирания” лунки 1 мин, частота вращения ролика 10 000 об/мин.

Прибор МИБ-2 для измерения лунок (рис. 13, б) представляет собой отсчетный микроскоп МИР-2 с микрометром 1. Основанием прибора служит постоянный магнит 12. Тубус 2, закрепленный в оправе 3, перемещается в двух взаимно перпендикулярных направлениях в плоскости, параллельной основанию прибора, по направляющим 11, укрепленным на кронштейне 8, и направляющим, укрепленным на верхней плоскости основания. Продольная и поперечная подачи осуществляются с помощью винтов 9 и 13. Тубус перемещается с помощью кольца 4

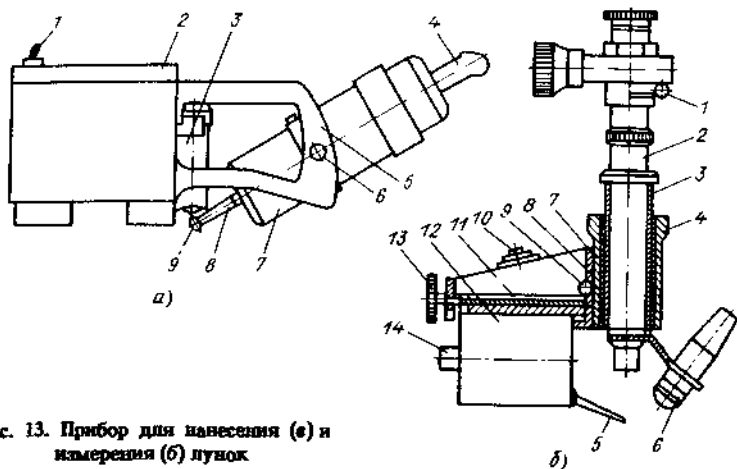


Рис. 13. Прибор для нанесения (а) и измерения (б) лунок

и подвижной системы 7 в плоскости, перпендикулярной к основанию прибора. Постоянный магнит включается поворотом рукоятки 14, а лампа осветителя 6 — выключателем 10. Для облегчения наводки микроскопа на измеряемую лунку предусмотрена стрелка 5.

Степень износа направляющих и деталей кинематических узлов приводов подач станков с ЧПУ можно оценить, контролируя равномерность поступательных движений рабочих органов в диапазоне скоростей 0,03 ... 10 000 мм/мин. Максимальная длина хода рабочего органа может достигать 20 м. Для контроля вращательного движения необходимы приборы, работающие в диапазоне частоты вращения 0,5 ... 3000 об/мин. Информацию о равномерности движения можно получить из сигналов тахогенератора, датчиков угловых перемещений.

Основным показателем работоспособности смазочной системы является постоянство давления масла в магистралях подачи. В исправной системе после пуска станка насос всасывает масло из резервуара и подает его через фильтр к местам смазывания. Для контроля

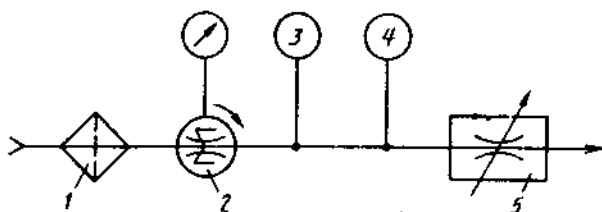


Рис. 14. Схема гидротестера:

1 — фильтр; 2 — расходомер; 3 — измеритель давления; 4 — измеритель температуры; 5 — дроссель

работы насоса применяют реле давления, которое включает главный привод. При правильной работе смазочной системы контроль осуществляется через глазок визуалью с помощью вращающегося диска, вставленного в маслоуказатель.

При испытании смазочной системы и гидросистем управления используют методы, основанные на измерении давления, расхода жидкости, причем процессы, протекающие в этих системах, носят динамический и статистический характер.

Гидротестер позволяет производить измерение указанных параметров при двух или более установившихся режимах работы гидросистемы, а также определять пульсации давления на выходе диагностируемого насоса. Этот прибор может быть также использован для испытания предохранительных клапанов, распределителей, редукционных клапанов, станций гидропривода и т. д. Блок первичных преобразователей гидротестера (рис. 14), включает в себя турбинно-тахометрический расходомер, тензорезисторный преобразователь давления, преобразователь температуры и плавнорегулируемый дроссель. Гидротестер включают между насосом и распределителем. Затем устанавливают минимальное давление и измеряют расход масла. Далее устанавливают номинальное давление и вновь контролируют указанный параметр. При настройке предохранительных клапанов плавно дросселируют поток, доведя давление до порога срабатывания клапана.

Тензорезисторные датчики давления ЛХ-412 и ЛХ-415 предназначены для измерения быстроменяющегося давления жидких сред. Принцип действия и электрическая схема датчиков ЛХ-412 и ЛХ-415 одинаковые (рис. 15, а). Чувствительный элемент в датчике представляет собой цилиндрический стакан, на внутренней и наружной поверхности которого наклеены проволочные тензорезисторы, соединенные в мостовую схему (рис. 15, б). Сопротивление тензорезистора (700 ± 15)

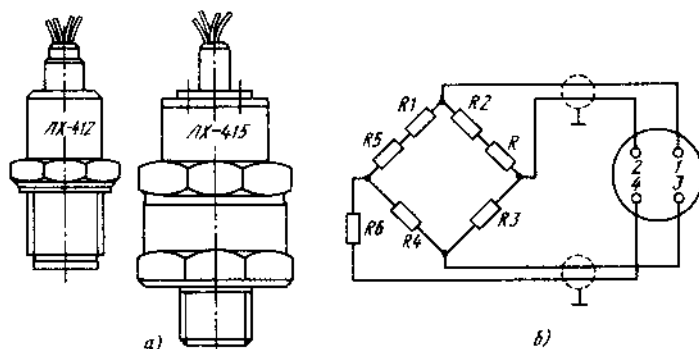


Рис. 15. Конструкция (а) и электрическая схема (б) датчиков давления:

$R1$ и $R2$ — тензорезистор; $R5$ и $R6$ — резистор компенсации; $R3$ и $R4$ — резистор; R — резистор балансирующий

Ом. На контакты 2 и 4 мостовой диагонали подается напряжение питания постоянного тока (12 ± 2) В. Выходной сигнал с датчика (контакты 1 и 3) $V_{ном} = 20$ мВ подается на усилительно-преобразующую аппаратуру. Давление разделительной мембраны датчика преобразуется в усилие, которое передается на стакан, на котором наклеены тензорезисторы. Под действием усилия стакан деформируется, что воспринимается тензорезисторами. Изменение сопротивления тензорезисторов в мостовой схеме прибора преобразуется в выходной сигнал. Погрешность прибора $\pm 0,8\%$.

Температура характеризует состояние узлов станка. Для измерения температуры жидкости в смазочной системе и гидросистеме целесообразно использовать *термопары*, имеющие линейную характеристику и погрешность 1,5 %.

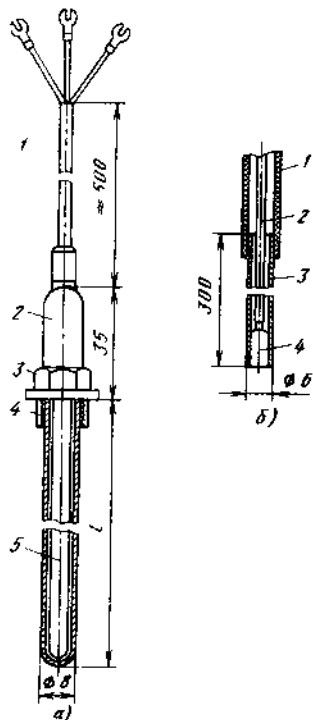
Монтажная длина ТСМ-6097 зависит от исполнения (рис. 16, а). Датчик температуры жидкости полупроводниковый (стабилитрон) использован в приборе ЭМДП-2. Чувствительным элементом датчика (рис. 16, б) является стабилитрон, установленный в полости трубки. Медная трубка диаметром 6 мм и длиной 300 мм является корпусом и позволяет измерять температуру масла.

Для измерения расхода масла применяют *расходомеры*: индукционные, тепловые, дросселирующие, тахометрические и др. Наибольшее распространение находят ротаметрические датчики типа КИ-12371 и тахометрические датчики. Датчик расхода жидкости КИ-12371 состоит из двух ротаметрических датчиков, электронного блока преобразования, стрелочного индикатора, соединительных шлангов и присоединительных штуцеров.

Принцип действия этих датчиков основан на измерении перепада давления, которое создается в корпусной трубке потоком, жидкости. Перепад давления уравнивается перемещением тарельчатого поплавка. Таким образом, расход жидкости задает перемещение поплавка, которое преобразуется электронным блоком в электрический импульс определенной длительности.

Электронный блок обеспечивает линей-

Рис. 16. Датчик температуры жидкости
а — ТСМ-6097: 1 — жгут, 2 — вилка, 3 — гайка, 4 — штуцер, 5 — медное сопротивление; б — датчик ЭМДП-2:
1 — ручка, 2 — провод с термоизоляцией, 3 — корпус, 4 — стабилитрон



ную характеристику преобразователя. Диапазон измерения КИ-12371 2...70 л/ч, погрешность измерения $\pm 2,5\%$, напряжение питания датчика 220 В переменного тока частотой 50 Гц. Датчик подключается в магистраль гидросистемы между насосом и магистралью распределения.

3. СТЕНДЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ И КОНТРОЛЯ ГИДРОУЗЛОВ

Испытания гидроаппаратуры проводят для выявления скрытых дефектов и причин их возникновения. Для наладки, нормальной эксплуатации станков необходимо иметь стенды для испытания насосов, гидромоторов, контрольно-регулирующей и распределительной аппаратуры.

На рис. 17 приведена схема стенда для обкатки и испытания гидромоторов без нагрузки и под нагрузкой. Стенд состоит из насосов высокого и низкого давления, гидропанели с контрольно-регулирующей

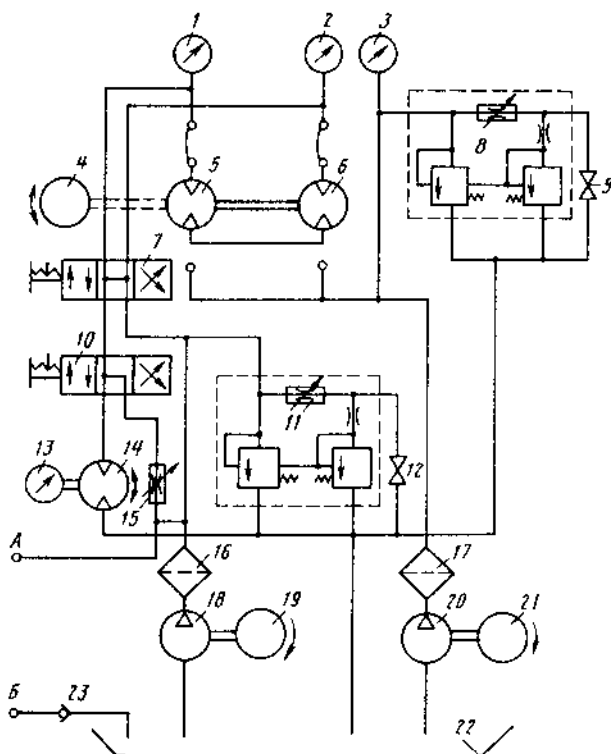


Рис. 17. Схема стенда для испытания гидромоторов

вочной и распределительной аппаратурой, маслобака с системой охлаждения и контроля. Каналы А и Б с обратным клапаном 23 предназначены для испытания насосов.

На плиту Т-образными пазами устанавливают кронштейны с испытуемыми гидромоторами 5 и 6, соединенными между собой полумуфтами. К гидромоторам возможно подключение нагрузочного устройства 4. С помощью гибких шлангов подсоединяют полости гидромоторов к магистрали высокого давления. Включают насос 20 высокого давления, приводимый во вращение электродвигателем 21. Гидрораспределитель 7 ручного управления переключают в положение „Вращение вправо”, а гидрораспределитель 10 – в положение „Слив”. Вентилем 9 и дросселем 8 устанавливают давление 5 МПа масла, поступающего в систему „Высокое давление” через фильтр 17, контроль давления осуществляют по манометру 3. Масло нагревают в баке 22 до 35° С. После нагрева шланги переключают в магистраль низкого давления. Включив насос 18, приводимый во вращение электродвигателем 19, надо настроить с помощью дросселя 11 и вентиля 12 давление 2 МПа масла, поступающего в систему „Низкое давление” через фильтр 16. Контроль осуществляют по манометрам 1 и 2. Дросселем 15 регулируют частоту вращения вала гидромотора на $n = 10...15$ об/мин. На этом режиме проводят обкатку в течение 30 мин. Затем плавно переключают гидрораспределитель 7 в положение „Вращение влево” и проводят обкатку.

Аналогично регулируют частоту вращения вала на $n = 250...300$ и $n = 1400...1410$ об/мин. Обкатку проводят в течение 30 мин при вращении вправо и влево. Частоту вращения вала проверяют по контрольному гидромотору 14 с тахометром 13 при переключении гидрораспределителя 10 в положение „Измерение частоты вращения”. На всех режимах испытания гидромоторов необходимо измерять утечки [23].

После обкатки производят опрессовку гидромоторов. Для этого необходимо: 1) включить насос 19, предварительно сбросив нагрузку; 2) отсоединить гибкие шланги от магистрали низкого давления и переключить на магистраль высокого давления; 3) включить насос 20, плавно подняв давление до 6 МПа, измерить утечки из дренажных отверстий; 4) выключить насос высокого давления, сбросив нагрузку; 5) подсоединить шланги к другим полостям гидромоторов и вновь произвести опрессовку. После этого измеряют *крутящий момент* на валу гидромотора. Для этого необходимо: 1) снять один гидромотор, а испытуемый гидромотор подсоединить к напорной магистрали; 2) вал испытуемого гидромотора соединить с валом электромагнитного тормоза с помощью полумуфты; 3) включить насос высокого давления и поднять давление до 0,3...0,5 МПа при обесточенном тормозе (гидромотор должен вращаться с $n = 100$ об/мин); 4) запитать порошковый тормоз 4 током, превышающим номинальный ток, соответствующий номинальному крутящему моменту гидромотора; 5) поднять давление до 6 МПа и снижать силу тока до тех пор, пока не начнет вращаться вал гидромотора (момент начала вращения и ток подмагничивания тормоза определяют момент на валу; измеренный момент должен быть не

изготовлены детали насоса, тем меньше внутренние утечки и тем больше объемный КПД.

Испытуемый насос, вращаемый электродвигателем, всасывает масло по каналам А и Б из бака. От насоса масло поступает по трубопроводу в двух направлениях: на нагрузку (гидромотор) и расходомеры. Система обратных и предохранительных клапанов обеспечивает защиту системы от перегрузок.

После того как насос смонтирован на стенде, проверяют легкость вращения его вала. Затем, включив электродвигатель, обкатывают насос в течение 30 мин. При этом необходимо следить, чтобы несоосность осей вала насоса и электродвигателя не превышала 0,2...0,3 мм, а перекос — 1°. Всасывающий трубопровод должен быть герметичным для предотвращения подсоса воздуха. Когда масло разогреется до 40...50° С, устанавливают давление, которое должно быть не менее указанного в ТУ. Измеряя время заполнения расходомеров, определяют подачу насоса. Слив масло из расходомеров, проверяют подачу при минимальном давлении, а затем вычисляют объемный КПД насоса. Во время испытания насоса проверяют отсутствие наружных утечек.

Стенд для гидроусилителей типа ЭЗ2Г18-2 (рис. 19) состоит из

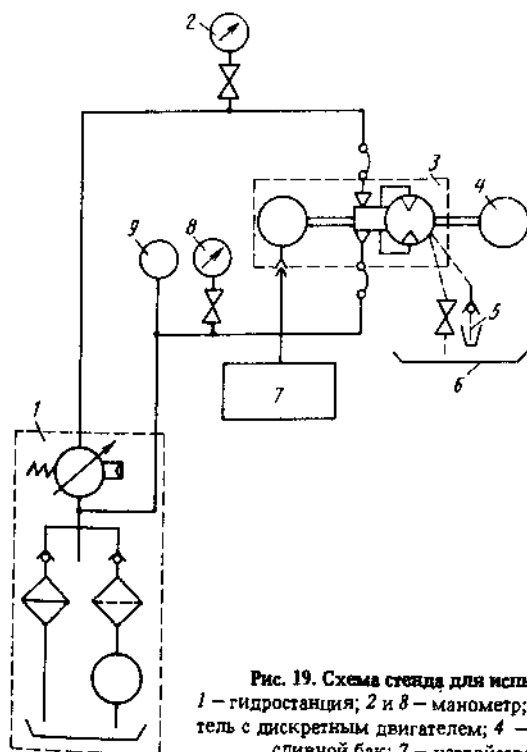


Рис. 19. Схема стенда для испытания гидроусилителя:
1 — гидростанция; 2 и 8 — манометр; 3 — испытуемый гидроусилитель с дискретным двигателем; 4 — тормоз; 5 — мензурка; 6 — сливной бак; 7 — устройство ЧПУ; 9 — термометр

гидростанций, пульты электронных блоков управления, контрольно-измерительной и регулирующей аппаратуры, бака и трубопроводов. После подсоединения гидроусилителя к стенду, включают насос подпитки гидростанции. Устанавливают давление 0,3...0,6 МПа и включают основной насос гидростанции. При разогреве масла до 30...40° С переключают режим работы стенда на испытательный. При этом необходимо: 1) установить давление 6 МПа; 2) задать максимальную частоту импульсов от УЧПУ без нагрузки, что должно соответствовать для ЭЦ32Г18-24 – 1000 об/мин, для ЭЦ32Г18-22 – 2000 об/мин в течение 30 мин; 3) с помощью тормоза 4 гидроусилитель нагрузить моментом $M_{кр}^*$ = 22...92 Н·м и определить максимальную частоту вращения выходного вала гидроусилителя; 4) при номинальном крутящем моменте и перепаде давлений тестовой программой задать на шаговый двигатель частоту 10 Гц (при данной частоте выходной вал гидроусилителя должен вращаться без остановок); 5) проверить герметичность гидроусилителя при обкатке; 6) поменять направление вращения вала гидроусилителя и провести испытания по п. 3...5; 7) проверить отработку каждого импульса через каждые 1,5° при частоте 2 Гц и моменте 0,7 $M_{кр}$; 8) на шаговый двигатель подать число импульсов, соответствующее углу поворота входного вала от 90 до 270° при частоте не менее 10 Гц (после отработки определить погрешность угла поворота между заданным и фактическим углом поворота, полученные значения сравнить с паспортом на гидроусилитель); 9) на шаговый двигатель

подать 240 импульсов (после отработки команды положение вала принимается за исходное); 10) подать на шаговый двигатель 240 импульсов в другую сторону и зафиксировать его положение (половина разности между исходным и конечным положением гидроусилителя определяет его статическую точность); 11) измерить утечки гидроусилителя; 12) по результатам измерений оценить работоспособность гидроусилителя, сравнив его параметры с паспортными данными.

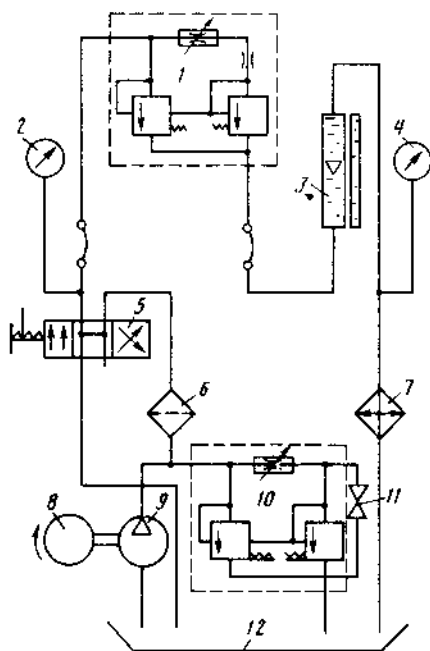


Рис. 20. Схема стенда для проверки контрольно-регулирующей гидроаппаратуры: 1 – испытуемый клапан; 2 и 4 – манометр; 3 – расходомер; 5 – реверсивный ручной кран; 6 – фильтр; 7 – теплообменник; 8 – электродвигатель; 9 – насос; 10 – предохранительный клапан; 11 – дроссель; 12 – масляный бак

Для испытания контрольно-регулирующей аппаратуры необходимо:

1. Подсоединить шлангами испытуемый гидроаппарат 1 к гидросистеме станда (рис. 20).
2. Реверсивный кран 5 поставить в положение „Нагнетание” и включить насос. В течение 3 мин работы насоса при давлении не ниже предельно допустимого проверить наличие утечек. Наружные утечки не допускаются.
3. При испытании гидроаппаратов изменять давление, расход и направление потока масла с помощью клапанов 5 и 10. При проверке предохранительных и редукционных клапанов, реле давлений расходомером 3 контролировать зависимость давления настройки от расхода масла. Колебания давления и шумы при испытании недопустимы.
4. После испытания гидроаппарата поставить кран в положение „Слив” и выключить насос. Отсоединить гидроаппарат от гидросистемы.
5. Проверить работу и ход электромагнитов у гидроаппаратов с электрическим управлением.

ГЛАВА III. ЭЛЕКТРОПРИВОД СТАНКОВ С ЧПУ

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАЛАДКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

На станках с ЧПУ перемещение рабочих органов по каждой координате осуществляется от отдельного привода. Число этих приводов на одном станке определяется видом и количеством движений рабочих органов. На сложных станках это число достигает пяти – семи приводов.

Общими требованиями для приводов являются следующие: 1) регулирование подач в широком диапазоне частот вращения; 2) обеспечение постоянного крутящего момента на рабочих подачах; 3) высокая стабильность поддержания установленной скорости резания; 4) высокая точность перемещения рабочего органа станка в широком диапазоне скоростей и в соответствии с заданной программой.

Отношение максимальной скорости подачи к минимальной для приводов станков с ЧПУ: для расточных, фрезерных и токарных – 1000; координатно-расточных и многоцелевых – 2000...3000.

Максимальная скорость подачи необходима на вспомогательных ходах, когда требуется быстрый подход рабочего органа в заданное положение. В механизмах подач на станках с ЧПУ применяют электро-механический, электрический, шаговый и электрогидравлический приводы.

Требования к приводам подач. 1. Возможность дистанционного управления по командам ЧПУ.

2. Расширенный диапазон регулирования скоростей подач, обусловленный, с одной стороны, высокими значениями ускоренных перемещений рабочих органов, а с другой – необходимостью осуществления малых, так называемых ползучих подач для более точного автоматического позиционирования.

3. Более высокая жесткость механической характеристики, необходимая для обеспечения бескачкового перемещения на малых подачах.

4. Повышенная плавность перемещения рабочих органов.

5. Повышенная долговечность, обусловленная более интенсивной работой подвижных элементов привода.

6. Малая инерционность привода для станков, оснащенных контурным или универсальным устройством ЧПУ.

Электроприводы оснащаются устройствами защиты, которые должны обеспечивать отключение преобразователей электроприводов от сети, а также защиту двигателя и других элементов от перегрузок при аварийных режимах.

Преобразователи приводов подач эксплуатируются в следующих условиях: температура окружающего воздуха $5 \dots 45^\circ\text{C}$; максимальная влажность 80% при 30°C ; питание привода производится от трехфазной сети с номинальным напряжением 220; 380; 440 и 500 В с допусками $+10$ и -15% ; частота сети $50 \text{ Гц} \pm 2\%$ или $60 \text{ Гц} \pm 2\%$.

В станках с ЧПУ с электроприводами в качестве исполнительных органов применяют электродвигатели постоянного тока с регулированием частоты вращения в диапазоне от 1:1000 до 1:4000. В станках с ЧПУ отечественного производства широкое применение находят тиристорные преобразователи (табл. 6).

6. ТИРИСТОРНЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ

Параметр	Типоисполнение	
	ЭТ6	БТУ3601
Номинальная мощность, кВт	0,6 ... 11,3	0,5 ... 18,5
Номинальное напряжение питания электродвигателя, В	60; 110; 220	115; 230
Номинальная частота вращения электродвигателя, об/мин	3000	—
Диапазон изменения частоты вращения	1:10 000	1:10 000
Серии применяемых двигателей	2П, ПБСТ, ПГТ ПБЭ	2ПБ, ПБСТ, ПСТ, ПГТ, ПБВ
Напряжение сети, В	380	220, 380
Частота сети, Гц	50	50

Электропривод постоянного тока серии ЭТ6 (рис. 21) предназначен для регулирования частоты вращения электродвигателя постоянного тока в широком диапазоне и применяется в качестве привода подачи и привода главного движения. Электродвигатели для станков с ЧПУ поставляются со встроенными тахогенераторами постоянного тока. Электропривод серии ЭТ6 состоит из двух замкнутых ПИ-регуляторов: контура скорости и контура тока. При наличии рассогласования ΔU_1 на входе регулятора скорости РС на его выходе формируется сигнал, пропорциональный этому рассогласованию, который, сравниваясь с текущим значением тока якоря, поступает на вход регулятора тока РТ, который усиливает эту разность и подает управляющее напряжение на схему формирования управляющих импульсов, которая формирует и

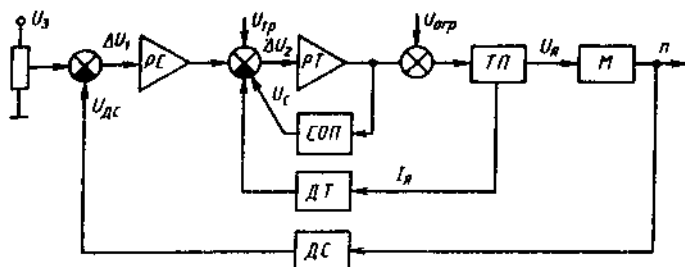


Рис. 21. Схема электропривода постоянного тока серии ЭТБ:

U_3 — задающее напряжение; ΔU_1 — напряжение рассогласования; РС — регулятор скорости; РТ — регулятор тока; ДТ — датчик тока; ДС — датчик обратной связи по скорости; ТП — тиристорный преобразователь; М — двигатель; n — частота вращения электродвигателя; $U_{Дс}$ — напряжение на выходе датчика обратной связи по скорости; $U_я$ — напряжение на выходе преобразователя; $I_я$ — ток якоря; $U_{огр}$ — напряжение ограничителя по току; U_c — напряжение ограничителя по скорости; СОП — схема ограничения производной выходного сигнала с РТ

распределяет импульсы управления силовыми тиристорами. По мере уменьшения рассогласования (под действием отрицательной обратной связи по скорости) происходит стабилизация частоты вращения двигателя на уровне задающего напряжения U_3 . Коэффициент усиления системы регулирования обеспечивает необходимый диапазон регулирования и достаточную точность поддержания частоты вращения при различных возмущающих воздействиях.

Ограничение тока якоря двигателя в динамическом режиме осуществляется путем ограничения напряжения выхода РС. Предусмотрено нелинейное ограничение тока в функции скорости.

Схема преобразователя (рис. 22) состоит из согласующего трансформатора ТС, управляемого выпрямителя, токоограничивающих дросселей Д1 и Д2. Трансформатор — трехфазный, имеет две силовые обмотки и обмотку для питания цепей управления. Между силовой обмоткой и обмоткой управления имеется экран.

Выпрямитель состоит из 12 тириستоров, включенных по шестифазной однополупериодной встречно-параллельной схеме. Для ограничения токов служат дроссели; для защиты тиристоров от перенапряжений — защитные RC-цепочки. Схема формирования управляющих импульсов осуществляет формирование и распределение управляющих импульсов на тиристоры и состоит из шести идентичных каналов управления.

Пропорционально-интегральный регулятор скорости. Выполнен на трех микросхемах. Схема первого каскада, состоящая из двух операционных усилителей, обеспечивает термостабильность характеристик электропривода. Второй каскад служит для получения необходимого коэффициента усиления. Регулятор тока с датчиком тока выполнен на операционном усилителе и представляет собой ПИ-регулятор. Датчик

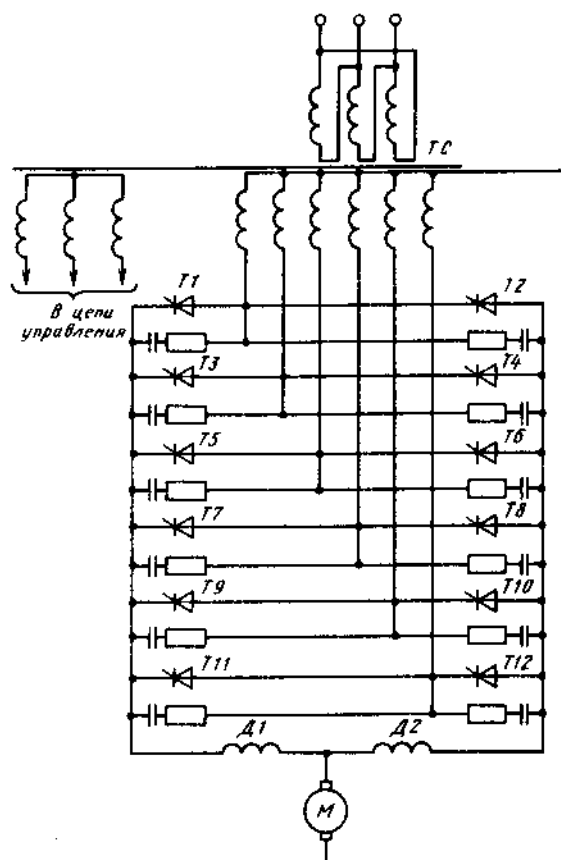


Рис. 22. Схема силовой части тиристорного преобразователя серии ЭТ6

тока предназначен для передачи на вход регулятора тока сигнала обратной связи, пропорционального току якоря электродвигателя. Датчик тока выполнен на основе магнитодиодов, включенных в мостовую измерительную схему с усилителем.

Схема ограничения производной (СОП) входит в контур регулирования тока якоря и обеспечивает ограничение динамических уравнительных токов путем ограничения скорости нарастания напряжения на входе СИФУ. Схема ограничения предельных углов регулирования предназначена для исключения превышения опорного напряжения на динамических режимах и при изменении напряжения питающей сети.

Схема ограничения тока якоря обеспечивает ограничение тока на заданном уровне, в том числе и нелинейное ограничение в функции частоты вращения электродвигателя. Ограничение тока якоря осу-

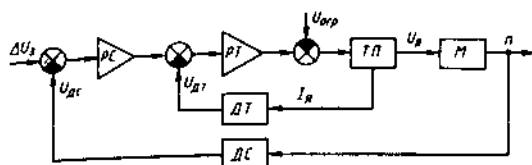
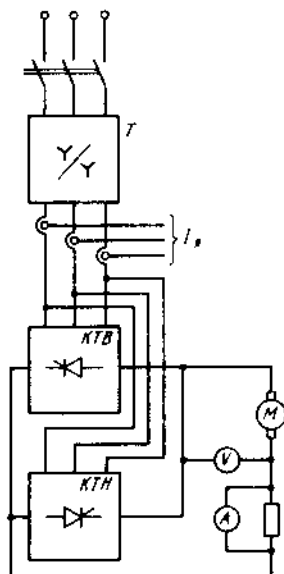


Рис. 23. Схема электропривода БТУ 3600:

$\Delta U_з$ — задающее напряжение; РС — регулятор скорости; РТ — регулятор тока; ДТ — тахогенератор; ТП — силовая часть тиристорного преобразователя; М — электродвигатель; $U_{ДС}$ — напряжение на выходе регулятора тока; $U_{огр}$ — напряжение ограничения с выхода регулятора по скорости; $U_я$ — напряжение на выходе преобразователя; $I_я$ — ток якоря

Рис. 24. Схема преобразователя БТУ 3600:

Т — силовой трансформатор; $I_я$ — сигнал, пропорциональный току якоря; КТВ (КТН) — комплекты тиристов для включения движения вперед (назад); М — электродвигатель



шествляется ограничением выходного напряжения регулятора скорости. Величина ограничения тока якоря регулируется в широком диапазоне.

Схема защиты предназначена для осуществления защиты электропривода при неправильном подключении фаз, обрыве любой из них, при исчезновении стабилизированного питания любой полярности при перегреве электродвигателя.

Источники питания обеспечивают питание цепей управления постоянным стабилизированным напряжением и собраны по схеме двухканального стабилизатора с последовательно включенными регулируемыми транзисторами. Преобразователь монтируется в электрошкаф в вертикальном положении. При монтаже электропривода обратить особое внимание на надежность заземления корпусов электродвигателя, тиристорного преобразователя, дросселей и согласующего трансформатора.

Комплектные тиристорные электроприводы типа БТУ3601 применяют в механизмах подачи станков с ЧПУ с высокомоментными электродвигателями постоянного тока мощностью 0,5 . . . 18,5 кВт, а также других типов двигателей со встроенными тахогенераторами, имеющими номинальный ток не более 100 А.

Электроприводы типа БТУ3600 могут работать в следующих условиях: температура окружающей среды от 1 до 45°C; вибрации блока преобразователя, силового трансформатора и сглаживающего дросселя

в диапазоне 10...30 Гц при ускорении 0,5 g; рабочее положение преобразователя – вертикальное.

Электропривод БТУ3600 (рис. 23). Силовая часть устройства (рис. 24), выполненная в виде реверсивного трехфазного мостового тиристорного управляемого выпрямителя, работающего по принципу раздельного управления силовыми комплектами тиристоров КТВ и КТН с запирающим неработающего комплекта (без уравнивающих токов), подключается к питающей сети через трансформатор. Схема управления электроприводом выполнена по принципу двухконтурной системы подчиненного регулирования параметров с ПИ-регулятором тока и скорости и конструктивно размещена на двух съемных платах. Преобразователь выполнен в открытом исполнении с односторонним обслуживанием и предназначен для встройки в шкафы комплектных устройств. Динамические характеристики приводов определяют производительность, что не характерно для других станков, где электропривод предназначен для длительных режимов работы с номинальными мощностями.

Динамические характеристики электропривода по нагрузке влияют на точность и качество обработки, стойкость инструмента. Устойчивый процесс резания при необходимой точности обрабатываемой поверхности возможен, если параметры настройки привода обеспечивают при резком увеличении момента нагрузки (в пределах номинального) максимальное снижение скорости не более чем на 40%, с восстановлением первоначального значения за $\leq 0,25$ с.

Конструкция станков вследствие уменьшения механической части

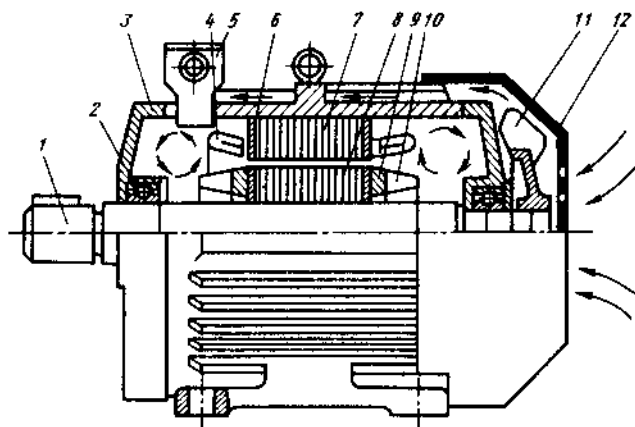


Рис. 25. Асинхронный двигатель серии 4А со степенью защиты IP44 и способом охлаждения ICO141:

1 – вал; 2 – подшипник; 3 – щит подшипниковый; 4 – обмотка статора; 5 – клеммник для подключения двигателя к сети; 6 – станина; 7 – сердечник статора; 8 – сердечник ротора; 9 – обмотка ротора; 10 – вентиляционные лопасти ротора; 11 – вентилятор; 12 – кожух

привода подач изменилась. В ряде случаев стала возможной установка высокомоментных электродвигателей на ходовой винт, что привело к исключению коробок передач. В связи с этим снизилась нагрузка на двигатель при холостых перемещениях и возросла составляющая силы резания.

Асинхронные двигатели переменного тока в станочных системах с ЧПУ используют в качестве привода главного движения, привода насосов гидростанций, привода насоса охлаждения, привода конвейеров уборки стружки и в других целях. Наиболее широко распространены в станках с ЧПУ асинхронные электродвигатели серии 4А, разработанные взамен двигателей АГ, АОП, АОЛ2 и АО2.

Асинхронные трехфазные короткозамкнутые двигатели серии 4А предназначены для приводов различных механизмов станков, работающих от сети переменного тока частотой 50 Гц при напряжении 220/380 В. Эти двигатели могут эксплуатироваться при $-5 \dots +10\%$ отклонений напряжения и $\pm 2,5\%$ отклонений частоты сети. При одновременном отклонении напряжения и частоты сети двигатель должен сохранять номинальную мощность, если сумма абсолютных значений отклонений этих величин не превосходит 10% и каждое из этих отклонений не превышает норму [2, 15, 30].

В асинхронном двигателе серии 4А (рис. 25) охлаждение осуществляется центробежным вентилятором, расположенным на валу двигателя со стороны, противоположной рабочему концу [2].

На рис. 26 представлена конструкция двигателя, в котором охлаждение осуществляется в виде двусторонней симметричной радиальной

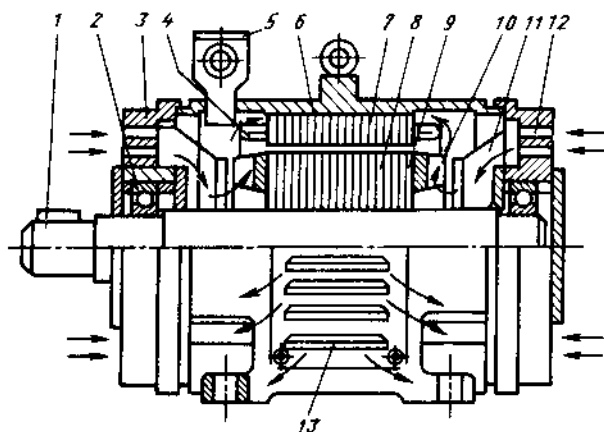


Рис. 26. Асинхронный двигатель серии 4А со степенью защиты IP23 и системой охлаждения IC01:

1 — вал; 2 — подшипник; 3 — щит подшипниковый; 4 — обмотка статора; 5 — клеммник для подключения двигателя к сети; 6 — станина; 7 — сердечник статора; 8 — сердечник ротора; 9 — обмотка ротора; 10 — вентиляционные лопасти; 11 — щиток воздухонаправляющий; 12 — торцовые жалюзи; 13 — боковые жалюзи

вентиляции. Воздух засасывается вентиляционными лопатками ротора через торцовые окна в щитах, с помощью диффузора охлаждает лобовые части обмоток статора, сердечник ротора и выводится в боковые окна станины. Торцовые и боковые окна двигателя защищены жалюзи.

В зависимости от исполнения двигателя серии 4А предназначены для эксплуатации в районах с умеренным, тропическим или холодным климатом. Для умеренного климата температура воздуха $-45 \dots +45^{\circ}\text{C}$, допустимая среднемесячная относительная влажность окружающего воздуха при температуре 20°C до 80%.

При эксплуатации возможны вибрационные нагрузки в диапазоне частот $1 \dots 35$ Гц и максимальным ускорением до $0,5$ g (ударные нагрузки недопустимы). Расчетный срок службы двигателей – не менее 15 лет при наработке 40 000 ч. Нарботка обмотки статора $\geq 20\,000$ ч, наработка подшипников $\geq 12\,000$ ч.

Двигатели изготовляют со станиной и щитами следующих исполнений: 1) станина и щиты алюминиевые, двигатели с высотой оси вращения 56 . . . 63 мм; 2) станины и щиты чугунные, двигатели с высотой оси вращения 71 . . . 350 мм; 3) станина алюминиевая, щиты чугунные, двигатели с высотой оси вращения 71 . . . 100 мм.

Магнитопроводы статора и ротора собраны из штампованных листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм. В предварительно изолированные пазы статора уложена обмотка.

Двигатели имеют на роторе литую короткозамкнутую обмотку из алюминия. С торца обмотки отлиты выступающие лопатки, которые служат для отвода теплоты от активной части ротора и для перемещения воздуха в статоре.

Тепловые характеристики электродвигателей приводов. В электроприводах вспомогательных механизмов, как правило, используют нерегулируемые асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Электроприводы вспомогательных механизмов станков с ЧПУ работают в режимах кратковременных нагрузок и должны обладать повышенным пусковым моментом и высокой перегрузочной способностью. Время пуска электродвигателя малой мощности без нагрузки $0,2 \dots 0,3$ с, время пуска с нагрузкой $1 \dots 2$ с. Во время разгона пусковой ток в $5 \dots 7$ раз превышает номинальный $I_{\text{ном}}$, поэтому число повторных пусков должно быть ограничено.

Наиболее опасным для перегрева является режим работы электродвигателя при реверсировании. Увеличение тока обмоток при реверсе двигателей может в 10 раз превышать номинальные значения тока. В связи с этим уровень тока срабатывания максимальной защиты автомата в схемах реверсируемых двигателей должен быть в $12 \dots 14$ раз выше номинального тока. Ток настройки теплового реле выбирают равным $I_{\text{ном}}$. В этом случае при нагрузке двигателя, равной $1,2 \dots 1,3$ номинальной, тепловое реле должно срабатывать не позднее чем через 20 мин после пуска. При нагрузке, не превышающей номинальную, тепловое реле не должно срабатывать. Допустимый нагрев, условия и время пуска электродвигателей постоянного тока аналогичны приведенным выше для асинхронных электродвигателей.

При наладке электропривода любого механизма станка с ЧПУ первоначальное включение электродвигателя должно производиться только после готовности к работе приводимого им механизма. Проверка изоляции осуществляется методом прозвонивания цепей электрическим щупом или мегомметром с выходных зажимов магнитного пускателя, автоматического выключателя, предохранителей или другого пускового устройства.

Первоначальное включение электродвигателя производится на 1...2 с. При этом проверяется легкость хода механизма (по отсутствию треска, шума и т. п.), отсутствие заедания крыльчаткой вентилятора двигателя его кожуха, а также правильность направления вращения вала двигателя. Изменение направления вращения вала односкоростного электродвигателя осуществляется переключением любой пары питающих проводов на его выводах.

Далее производится двух-, трехкратное кратковременное включение двигателя с постепенно нарастающей продолжительностью включения, после чего электродвигатель может быть включен на более продолжительный период времени.

Для частотного управления на базе двигателей серии 4А разработаны электродвигатели, рассчитанные на питание от вентиляльных преобразователей частоты. Ввиду того, что двигатели имеют самовентиляцию, при снижении частоты вращения якоря ухудшаются условия охлаждения и на минимальной частоте, равной $0,2 h_{ном}$, допустимый по нагреву момент нагрузки должен быть равным половине номинального.

Наладка преобразователя электропривода заключается в проведении комплекса работ по испытанию, проверке и настройке тиристорного преобразователя (ТП) с целью обеспечения его надежной работы. Заводы-изготовители, как правило, поставляют заказчикам предварительно проверенные и налаженные электроприводы, что позволяет сократить объем работ по наладке преобразователей. Наладка преобразователя включает проверку силовой части схемы, настройку системы управления и защиты.

Для обеспечения наладочных работ используют электроизмерительные приборы, приспособления, осциллографы с классом точности 0,5...1. *Наладка выпрямителя* выполняется в следующей последовательности: производят осмотр силовых блоков шкафов и проверяют наличие заземления; определяют правильность включения индуктивных делителей тока; измеряют сопротивление изоляции токоведущих цепей.

Наладка системы управления выполняется в следующей последовательности: производится осмотр блоков и комплектности системы управления; проверяется напряжение источников питания и правильность чередования фаз; контролируется узел синхронизации; проверяется форма и правильность чередования управляющих импульсов. *Настройка системы защиты* производится после настройки систем управления, охлаждения и сигнализации.

Для управления тиристорами служит система импульсно-фазового

управления (СИФУ), позволяющая подавать на тиристоры управляющее напряжение с частотой питающего напряжения в заданный момент и в заданной фазе по отношению к нему. *Наладку СИФУ* начинают с фазировки ТП. При питании ТП от сети надо предварительно проверить симметрию фазовых напряжений и их значения. При отсутствии контрольных гнезд на панели СИФУ можно подключить осциллограф к управляющим электродам тириستоров моста выпрямителя. Если заметного различия в форме импульсов нет, их сравнивают с контрольной осциллограммой.

Целью фазировки ТП является согласование анодных и управляющих напряжений по фазе. Фазировку производят двухлучевым осциллографом (типов С1-16, С1-18 и С1-64). При отсутствии двухлучевого можно воспользоваться однолучевым осциллографом (типов С1-19 и С1-68), подавая анодное и отпирающее напряжения поочередно.

Проверив СИФУ, можно подать напряжение на силовые блоки ТП, предварительно отключив нагрузку. Затем, подключив нагрузку (балластные резисторы), снимают регулировочную характеристику ТП – зависимость выпрямленного напряжения от угла отпирания тириستоров.

Для устранения автоколебаний выпрямленного напряжения ТП используют корректирующие звенья, которые включают в прямой канал регулирования последовательно с объектом регулирования (последовательная коррекция) или в цепь обратных связей (параллельная коррекция).

7. НЕИСПРАВНОСТИ В ПРИВОДАХ ПОДАЧ СТАНКОВ С ЧПУ

Неисправность	Причина	Способ устранения
Не запускается двигатель	Обрыв в цепи обмотки возбуждения; в цепи датчика; в цепи якоря тахогенератора; в цепи питания	Устранить обрыв
При пуске двигателя срабатывает автоматический выключатель	Неправильное чередование фаз на преобразователе; короткое замыкание на выходе тиристорного преобразователя; выход из строя тиристоров	Проверить чередование фаз; устранить короткое замыкание или заменить неисправные тиристоры
Двигатель при любом положении датчика скорости не управляется	Не соблюдается полярность подключения тахогенератора	Переключить, соблюдая полярность
Электродвигатель работает неустойчиво	Обрыв в цепи коррекции	Восстановить цепь
При работе электропривода наблюдается неравномерность частоты вращения двигателя	Не работает один из каналов фазового управления	Восстановить работоспособность канала

В конце наладки, при предварительно замкнутой цепи нагрузки, производится трехкратное кратковременное включение и отключение преобразователя с целью проверки узлов защиты от перенапряжений и исправности силовых тиристоров.

При замкнутой цепи нагрузки и изменении сигнала на входе управления U_3 снимается сквозная регулировочная характеристика: $U_{\alpha} = f(U_3)$, с целью проверки плавности изменения напряжения. Одновременно по форме выпрямленного тока или напряжения окончательно оценивается правильность настройки привода (табл. 7).

2. ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Непрерывное усложнение станочных систем с ЧПУ и рост автоматизации процесса управления станочными приводами выдвигают на передний план проблему оптимальной организации эксплуатации и диагностики систем управления приводами станков с ЧПУ. Решением вопросов, связанных с определением состояния систем управления и характера их изменения с течением времени, занимается техническая диагностика.

В отличие от надежности, которая занимается изучением и использованием для расчетов среднестатистических показателей, характеризующих станки с ЧПУ, техническая диагностика занимается изучением методов, определяющих действительное состояние станочных систем с ЧПУ. Это положение обуславливает принципиальное отличие в методах исследования станков с ЧПУ.

Чтобы определить действительное состояние станочной системы с ЧПУ, необходимо, с одной стороны, установить, что и каким способом следует проверять, а с другой стороны, решить, какие средства для этого потребуются. Эти две стороны проблемы делают задачи технической диагностики на: 1) анализ устройства и выбор методов проверок с целью установления его действительного состояния; 2) построение технических средств для осуществления проверок и использование этих средств с учетом условий эксплуатации устройств различного назначения.

При диагностировании электроприводов станков с ЧПУ проводится проверка следующих систем: главного привода, его системы пуска и управления, аппаратов и устройств управления защиты и автоматики, соединительных проводов, датчиков обратных связей, источников питания.

Наиболее простым, надежным и экономичным в эксплуатации приводом главного движения станка с ЧПУ является *привод, выполненный на асинхронном электродвигателе* с короткозамкнутым ротором (рис. 27). Пуск, регулирование частоты вращения и торможение выполняются с помощью пускорегулирующей аппаратуры, входящей в систему электропривода. Двигатель привода, защищенный тепловым реле F , может включаться пускателями $K1$ или $K2$ (реверсивное включение), управляющие обмотки которых зашунтированы для снижения элект-

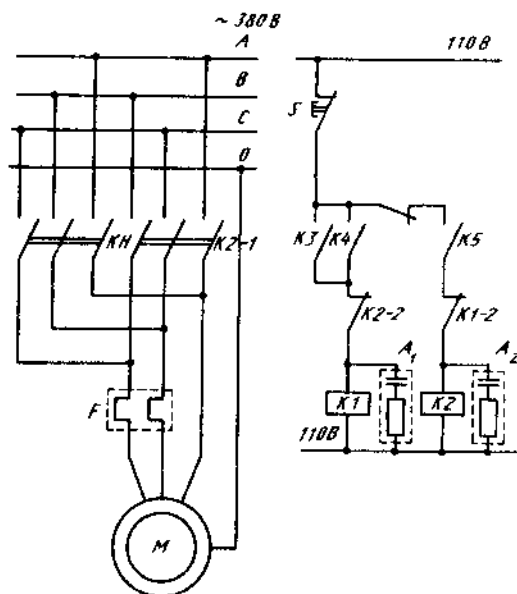


Рис. 27. Схема главного привода станка с ЧПУ:

М — электродвигатель; *F* — тепловая защита; *K1* и *K2* — магнитные пускатели для движения вперед и назад; *K3*, *K5* — контакты включения главного привода в автоматическом режиме; *K4* — контакты схемы; *S* — кнопка «Все стоп»

трических помех элементами *A1* и *A2*. Управление приводом осуществляется контактами реле *K3* или *K5* в автоматическом режиме, а также контактами реле *K4* при кратковременном включении шпинделя.

Для выключения двигателя привода необходимо нажать кнопку *S*.

При диагностировании привода главного движения на базе асинхронного двигателя определяют наличие напряжения на двигателе и измеряют частоту вращения вала в режиме пуска. Состояние системы пуска двигателя проверяют по циклограмме управления. Функциональная циклограмма представляет собой таблицу, дающую информацию о работе схемы и функциях ее аппаратов. С помощью функциональной циклограммы легче разобраться в работе, проанализировать причину неисправности, найти ложно срабатывающие аппараты и установить место повреждения.

Для главного движения станков с ЧПУ все более широкое распространение получает регулируемый электропривод с двигателями постоянного тока и тиристорным управлением (рис. 28). При диагностировании привода главного движения надо учитывать, что мощность, потребляемая при резании, определяется частотой вращения и силой резания. Для привода главного движения наиболее рациональным является способ регулирования частоты вращения с постоянной мощ-

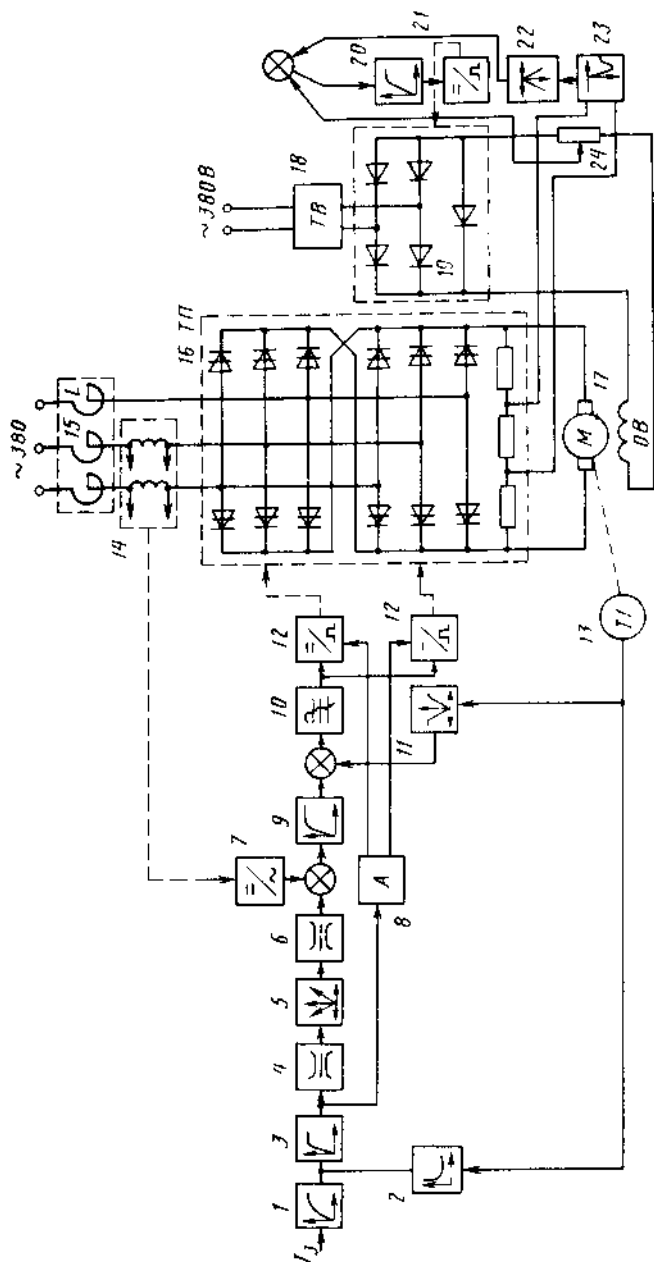


Рис. 28. Схема электропривода главного движения станка с ЧПУ.

1 — задачик интенсивного разгона и торможения; 2 — корректирующая цепь; 3 — регулятор скорости; 4 — токоограничения; 5 — модуль задания скорости; 6 — блок ограничения момента привода; 7 — формирующий сигнал, пропорциональный скорости; 8 — блок определения направления вращения; 9 — регулятор тока; 10 — задание тока при нулевой скорости; 11 — преобразователь сигнала, пропорционального скорости двигателя; 12 — СИФУ; 13 — тахогенератор ТГ; 14 — трансформатор ТП; 15 — сетевой дроссель L; 16 — реверсивный выпрямитель напряжения якоря ТП; 17 — электродвигатель постоянного тока с обмоткой возбуждения ОВ; 18 — трансформатор питания обмотки возбуждения; 19 — неперерывный выпрямитель возбуждения; 20 — регулятор тока обмотки возбуждения; 21 — СИФУ для преобразователя возбуждения; 22 — модуль якорного напряжения; 23 — корректирующая цепь; 24 — датчик тока возбуждения; U_3 — напряжение задания скорости вращения главного привода

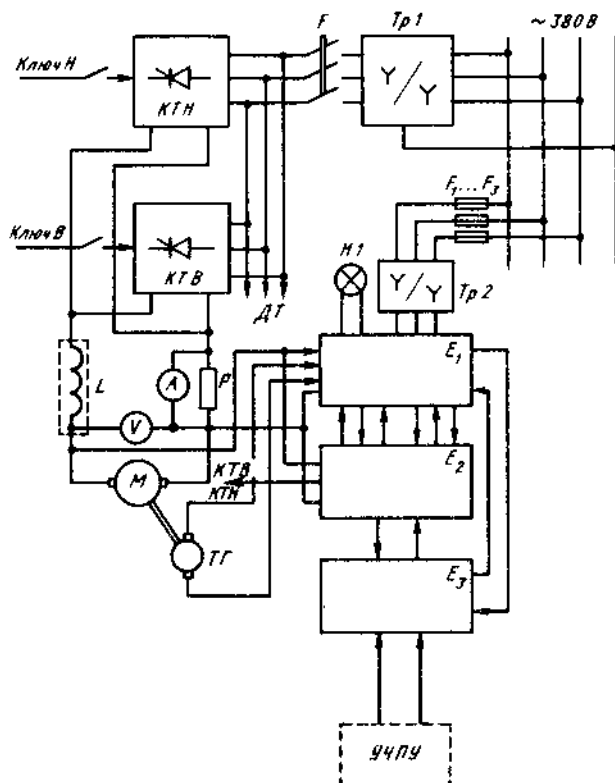


Рис. 29. Схема управления электроприводом БТУ:

L — дроссель сглаживания; P — шунт амперметра; $КТВ$ и $КТН$ — силовые комплекты тиристоров; $Тр1$ — согласующий трансформатор; $Тр2$ — трансформатор питания; $F_1...F_3$ — предохранители; F — автоматический выключатель; E_1 — плата управления нереверсивным электроприводом; E_2 — плата регулирования с диапазоном регулирования 1:1000; E_3 — узел связи с ЧПУ; $ДТ$ — датчик тока; $Н1$ — сигнальная лампа; V — вольтметр; A — амперметр

ностью, так как большим частотам соответствуют меньшие силы резания, и наоборот [15, 27].

Качество работы привода характеризуется стабильностью частоты вращения двигателя при изменении нагрузки, напряжения питающей сети, температуры окружающего воздуха и др. Допустимая погрешность частоты вращения главного привода: при диапазоне изменения частоты вращения от n_{\max} до $0,1 n_{\max}$ 5%, от $0,1 n_{\max}$ до $0,01 n_{\max}$ 15%.

Приведенная схема (см. рис. 28) главного привода предусматривает диагностирование: неправильного чередования фаз и обрыва фазы; наличия тока возбуждения и обратной связи по частоте вращения; превышения максимального тока якоря электродвигателя.

При диагностировании электропривода подачи типа БТУ (рис. 29) можно обнаруживать неисправности, изменяя или контролируя параметры в период функционирования объекта. При работе станка признаком наличия неисправностей служат отключение автоматических выключателей, перегорание предохранителей и т. п.; которые вызваны: неправильным зацеплением зубчатой передачи; движением рабочих органов при неотключенных тормозных устройствах приводов подачи.

3. СТЕНДЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Пусконаладочные работы систем управления электроприводов постоянного и переменного тока станков с ЧПУ выполняют с помощью приборов и специализированных стендов. Приборы и устройства для наладки и диагностики систем управления электроприводами можно разделить на: 1) приборы и стенды для наладки блоков; 2) стенды для комплексной наладки контуров систем управления.

Для наблюдения переходных процессов при наладке электроприводов используют записывающую аппаратуру. Обычно это самописцы, свето-лучевые или электронно-лучевые осциллографы. Проверку и настройку блоков электроприводов проводят на стендах, поставляемых заводом-изготовителем.

Сигнатурный анализатор СА7 предназначен для контроля функционирования и поиска неисправностей блоков электропривода, а также для контроля измерителя перемещений и индикации величины перемещения в электроприводах систем ЧПУ „Размер 2М-5-21” и „Размер 2М-5-2”.

Тестовые и управляющие сигналы (рис. 30) поступают на испытуемый блок 2, схему формирования 1, измерительный шуп 4 и блок индикации 3. Выбор необходимой комбинации тестовых сигналов осуществляется путем подачи из проверяемого блока статического кода. Код из проверяемого блока выдается в блок анализатора СА7 при его подключении к разъему переходника. Второй разъем переходника позволяет контролировать сигналы на контактах разъема блока.

Код через буферный усилитель (рис. 31) измерительного шупа 4 (рис. 32) поступает с выхода проверяемой микросхемы на вход схемы формирования и индикацию сигнатуры в виде шестнадцатичного кода. Если измеряемая и эталонная (данная в технической документации

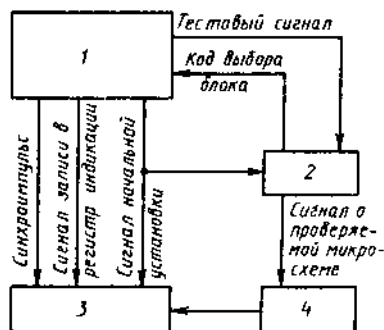


Рис. 30. Схема прохождения сигналов в режиме сигнатурного анализа

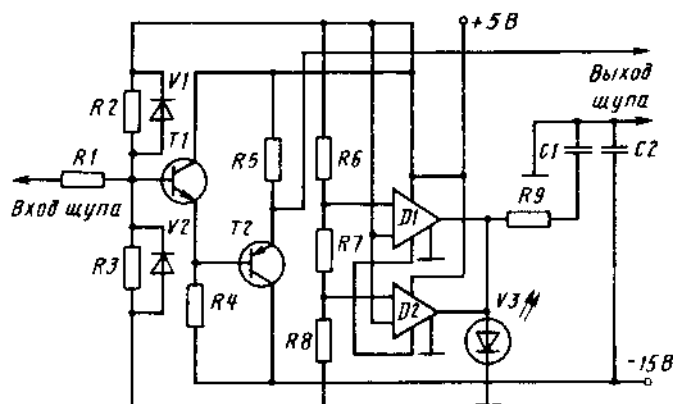


Рис. 31. Схема щупа СА7

на проверяемый блок) сигнатуры не совпадают, то необходимо проверить сигнатуру на входах микросхемы. Неисправной считается микросхема, которая при правильных сигнатурах на входах имеет неправильную сигнатуру на выходе.

Для диагностирования силовых ключей КС12 (транзисторный инвертор) и ключей КС3Ц используют стенд, передняя панель которого показана на рис. 33. Для предварительного контроля работоспособности отдельных блоков электропривода используют светоизлучающие диоды, установленные в блоках и на стенде. Свечение диодов, установленных в блоках КС12 и КС3, означает, что соответствующий ключ замкнут.

При проверке блоков их подключают с помощью разъемов к стенду. Включают стенд, нажав кнопку „Сеть”, устанавливают тумблеры в соответствии с проверяемым ключом КС12 или КС3. Выбирают частоту подачи управляющих сигналов с помощью кнопок „Частота управления” 200; 20 или 2”. С помощью кнопки К включают режим контроля ключа. При этом в исправленном ключе должны поочередно светиться с частотой около 1 Гц диоды проверяемых ключей.

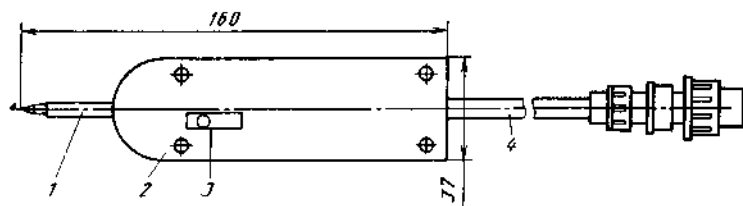


Рис. 32. Щуп СА7:

1 — штырь; 2 — корпус; 3 — индикатор; 4 — жгут

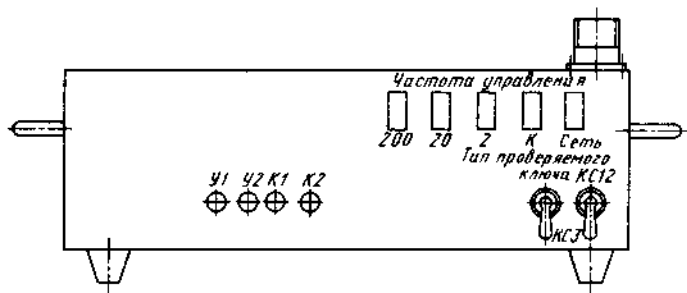


Рис. 33. Передняя панель стенда для проверки силовых ключей электроприводов „Размер 2М-5-2” и „Размер 2М-21”:

$Y1$ и $Y2$ — сигнальные лампочки; 200, 20 и 2 — кнопки делителя частоты; $KC12$ и $KC3$ — выключатели ключей вида 3 или 12; $K1$ и $K2$ — сигнальные лампочки ключей исправных.

Проверяют осциллографом или вольтметром наличие напряжений $7 В \pm 10\%$ в контрольных точках схем управления $Y1$ и $Y2$ блока $KC12$. При этом на стенде при исправном ключе горят светодиоды $Y1$ или $Y2$. При проверке осциллографом длительность импульсов не должна превышать 2 мкс.

Проверку правильности работы системы управления и электропривода БТУ3601 можно проводить на стенде, схема внешних соединений которого показана на рис. 34. Включив кнопку „Вперед” с малым задающим напряжением, убеждаемся по вольтметру, что на обмотку возбуждения электродвигателя подано номинальное напряжение, резистором $R28$, расположенным на панели № 1 электропривода БТУ3601, установить небольшой пусковой ток. Если частота вращения вала двигателя станет большей, надо убедиться в правильности подключения тахогенератора.

Отключив возбуждение, следует подать задающее напряжение. Резистором $R28$ установить требуемый ток отсечки. Меняя полярность задающего напряжения, убедиться в том, что ток отсечки не зависит от полярности задающего напряжения. Токоограничение в приводе БТУ3601 проводится за счет стабилизации тока на переходных режимах и осуществляется током, величина которого равна выходному напряжению регулятора скорости (РС).

Проверить работу привода в режимах пуска, реверса и торможения. При возникновении вибраций следует отрегулировать резистор $R2$ на панели № 2 привода БТУ3601, сохраняя при этом режим подтормаживания током отсечки. Увеличивая задающее напряжение, надо убедиться в том, что двигатель работает во второй зоне регулирования, т. е. напряжение на якоре возрастает незначительно, а напряжение возбуждения уменьшается при увеличении частоты вращения двигателя. Для правильной настройки систем управления электропривода на стенде необходимо с помощью осциллографа проверить форму сигнала в контрольных точках панелей управления (рис. 35).

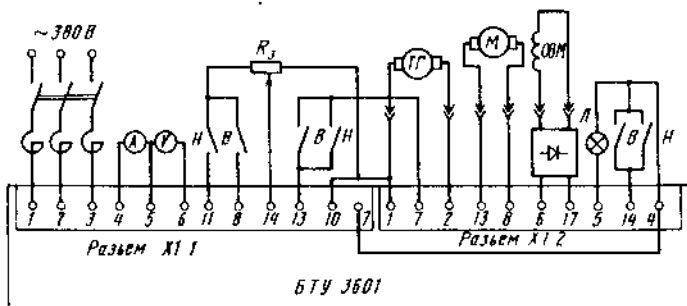


Рис. 34. Схема электропривода постоянного тока, выполненного в стенде на базе устройства БТУ3601: А – амперметр; V – вольтметр; В – контактор „Вперед”; Н – контактор „Назад”; ТГ – тахогенератор; ОВМ – обмотка возбуждения электродвигателя; Л – лампа сигнальная, R_1 – резистор задания скорости

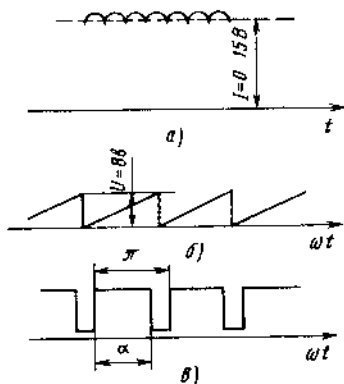


Рис. 35. Формы сигналов в контрольных точках печатных плат устройства управления приводом БТУ3601:

а – с выхода датчика тока; б – с выхода генератора пилообразного напряжения; в – выходной сигнал нуля-органа; г – угол регулирования момента отпирания тиристоров (0...175 электрических градусов)

Испытание электрических машин приводов станков с ЧПУ состоит из большого числа операций, например: измерения зазора между статором и ротором или якорем; измерения сопротивления изоляции обмоток статора, якоря и полюсов, проверки нейтрали и правильности чередования полюсов у машин постоянного тока, измерения усилия нажатия щеток на коллектор и др.

К инструментам и приборам, применяемым при испытании электрических машин, относят: пластинчатые щупы для измерения зазоров, мегаомметры для измерения сопротивления изоляции обесточенных цепей, милливольтметры для измерения магнитного потока, тахометры для измерения частоты вращения вала, динамометры для проверки нажатия щеток на коллектор электрических машин, термометры для измерения нагрева обмоток машин, вольтметры и амперметры, милливольтметры для измерения напряжения.

Из всех электрических машин наибольшей сложностью и разнообразием отличаются машины постоянного тока. Практика показывает, что неисправности, возникающие в магнитной системе машин постоянного тока, происходят из-за перемagnичивания полюсов, неправильного соединения отдельных частей обмоток полюсов после

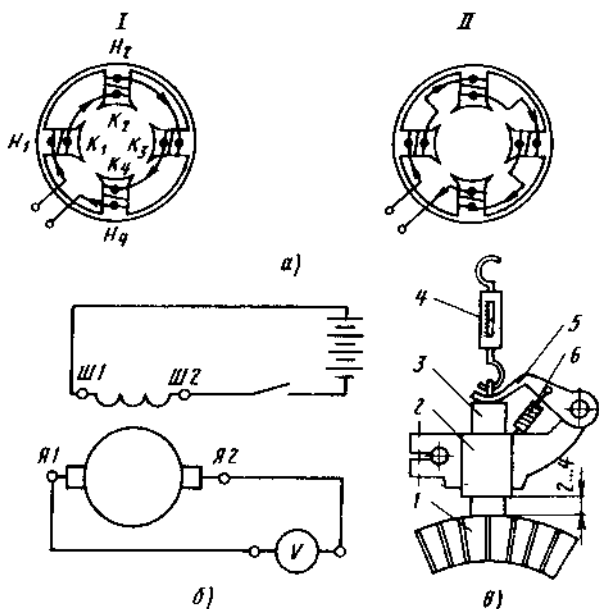


Рис. 36. Схема контроля электродвигателя постоянного тока:

а — два способа соединения полюсных катушек; б — схема установки щеток в нейтральное положение; в — проверка величины нажатия щеток на коллектор: 1 — коллектор, 2 — щеткодержатель, 3 — щетка, 4 — динамометр, 5 — нажимной палец, 6 — пружина

проведения ремонтных работ. К неисправностям могут быть отнесены ошибки в соединении между катушками отдельных полюсов — главных и дополнительных — магнитной системы машины. Наиболее распространенные способы соединений обмоток главных полюсов показаны на рис. 36,а (обмотки на дополнительных полюсах соединены, как правило, последовательно).

Проверку правильности чередования полюсов и соединения катушек проводят с помощью магнитной стрелки компаса и тока возбуждения, равного 5...6% номинального. Для этого компас поочередно подносят с наружной стороны станины статора к болтам, крепящим полюса к яруму статора. Проверяемый полюс должен притягивать противоположный по полярности конец стрелки компаса и отталкивать одноименный.

Качество поверхности коллектора является важным фактором, влияющим на работу машины. Поэтому при проверке необходимо убедиться в том, что состояние поверхности соответствует следующим требованиям. Коллектор не должен иметь биения. Допускается эксцентricность для коллекторов при диаметре до 250 мм — 0,02 мм, при диаметре до 300...600 мм — 0,03...0,04 мм. Эксцентricность про-

веряют индикаторами часового типа при вращении коллектора на опорах или в неразобранной машине.

Изоляция между пластинами не должна выступать. Если коллекторные изолирующие прокладки (например, слюда) выступают между пластинами коллектора или прокладки находятся на одном уровне с пластинами коллектора, то необходимо уменьшить высоту изоляции между пластинками коллектора на 1 . . . 2 мм.

Рабочая поверхность коллектора не должна иметь царапин, следов резца, вмятин, пятен лака и др. При высоте неровностей на поверхности до 0,2 мм коллектор должен быть отполирован.

Под установкой щеток в нейтральное положение в машинах постоянного тока понимается такое положение щеток, при котором ЭДС трансформации между обмотками главных полюсов и неподвижным якорем должна быть равной нулю. Наиболее простую и точную проверку установки щеток в нейтральное положение проводят с помощью чувствительного милливольтметра магнитоэлектрической системы, желательно с нулем в середине шкалы, подключив его к выводам якоря (рис. 36,б), а на выводы обмотки главных полюсов подают ток от аккумуляторной батареи в пределах 5 . . . 10% номинального тока при холостом ходе. В момент отключения тока фиксируют отклонение стрелки милливольтметра. Щетки можно считать установленными в нейтральное положение, если показания милливольтметра по сравнению с другими положениями будут наименьшими, а пределы отклонения его стрелки в обе стороны от нуля будут одинаковыми при различных положениях коллектора.

При проверке электрических машин часто встречается ослабление пружин щеткодержателя. Сила нажатия на щетку должна соответствовать определенному давлению, зависящему от марки щетки и частоты вращения коллектора. *Определение силы нажатия на щетку* производится динамометром (рис. 36,в), закрепленным за нажимной палец, прижимающий щетку к коллектору. Для определения силы нажатия на коллектор под щетку подкладывают полоску бумаги. Показания динамометра, при котором бумага вытягивается из-под щеток, и будет соответствовать усилию нажатия щетки на коллектор.

Силу нажатия определяют как частное от деления величины, показанной динамометром в граммах, на поперечное сечение щетки в квадратных сантиметрах. Отклонение в величине нажатия отдельных щеток одного полюса машины постоянного тока не должно превышать 10%. Щетки, установленные на проверяемой машине, должны быть одной марки.

ГЛАВА IV. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И АВТОМАТИКА СТАНКОВ С ЧПУ

1. УСТРОЙСТВО И НАЛАДКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ

К электрооборудованию управления станками с ЧПУ относят аппаратуру автоматического управления (путевые выключатели, кнопки управления, переключатели управления, магнитные пускатели и др.), аппаратуру защиты (автоматические выключатели, плавкие предохранители, тепловое реле), аппаратуру питания и сигнализации (пакетные переключатели, универсальные переключатели и др.).

Электрические схемы управления электрооборудованием станков с ЧПУ различаются сложностью и типами коммутационных устройств и контрольной аппаратурой. Для обеспечения рациональной эксплуатации осуществляют комплексную наладку электрооборудования, под которой понимают комплекс работ по приведению в действие всех элементов электрооборудования, обеспечивающих обработку деталей на станке с ЧПУ. При наладочных работах проверяют электрические параметры цепей коммутационной аппаратуры и других элементов устройств по паспортным данным.

Контактные устройства управления, несмотря на простоту, не всегда удовлетворяют требованиям эксплуатации станков с ЧПУ. В станках с ЧПУ все чаще применяют бесконтактные и полупроводниковые элементы и микросхемы.

Переключатель (выключатель) – устройство, срабатывающее под действием определенной механической силы, и используемое для коммутации электрических цепей или сигнализации (отключения, ограничения) на номинальное напряжение до 380 В переменного тока и до 220 В постоянного тока или для коммутации слаботоковых цепей до 60 В переменного и постоянного тока.

Основные требования к переключателям: 1) высокая надежность (долговечность); 2) стабильность электрических и механических характеристик; 3) малое переходное сопротивление замкнутых контактов; 4) малое усилие переключения.

Применяют переключатели следующих типов: пакетные переключатели, выключатели, переключатели галетные и кнопочные. *Пакетные переключатели* серий ПП и ПВ применяют в качестве коммутационных аппаратов в схемах управления станками в электрических цепях переменного и постоянного тока напряжением (табл. 8).

8. ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Параметр	Типоразмер		
	1	2	3
Номинальный ток контактов, А, при номинальном напряжении 220 В постоянного и переменного тока с частотой 50 Гц	10	25	63
Масса, кг	0,16	0,6	1,4

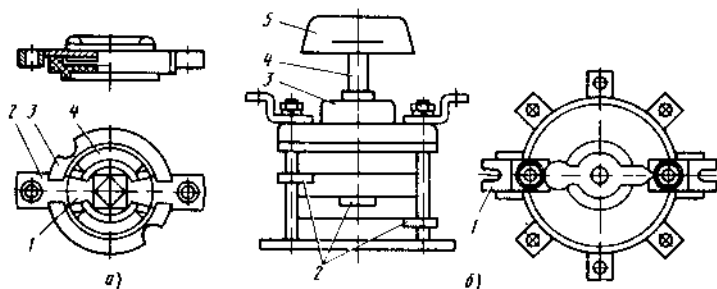


Рис. 37. Секция пакетного переключателя (а) и пакетный переключатель (б):
1 — скоба; 2 — секции; 3 — переключающий механизм; 4 — ось привода; 5 — рукоятка

Для переключателей серий ПП и ПВ допустима частота переключения до 300 за 1 ч. Режим работы может быть продолжительный, прерывисто-продолжительный, повторно-кратковременный. Механическая износостойкость переключателей допускает до 30 000 переключений, а коммутационная износостойкость при переменном и постоянном номинальном токе $I_{\text{ном}}$ и напряжении $U_{\text{ном}}$ допускает до 15 000 циклов. Гарантийный срок на переключатели 2 года.

Пакетные переключатели состоят из контактной системы и переключающего механизма. Контактная система собирается из отдельных секций. Секция (рис. 37,а) состоит из корпуса 3, в пазах которого находятся неподвижные контакты 2 с винтами для подключения проводов сети, пружинящих подвижных контактов 1 с фибровыми искрогасителями и шайб 4. Отдельные секции собирают на скобе 1 (рис. 37,б) со стяжными шпильками. Скобы имеют пазы для крепления пакетных переключателей к панели при монтаже. Контакты переключателя скользящие, необходимые усилия нажатия контактов обеспечиваются благодаря пружинящим свойствам подвижных контактов. Переключающий механизм 3 расположен над контактной системой в крышке аппарата. Переключатели снабжены механизмом мгновенного переключения, поэтому скорость перемещения подвижных контактов не зависит от скорости перемещения рукоятки 5. Механизм переключения состоит из пружины, валика 4 с рукояткой, пружинной шайбы (или упора).

Переключатели типа „Тумблер” используют как выключатели слаботоковых электрических цепей или как переключатели на два положения в цепях управления. Рекомендации по эксплуатации и наладке переключателей заключаются в следующем; при их монтаже необходимо принимать меры для предотвращения попадания флюса и припоя внутрь переключателя. Перед его установкой после длительного хранения необходимо произвести многократное (не менее 15 раз) переключение.

Переключатели галетные керамические (ПГК) предназначены для

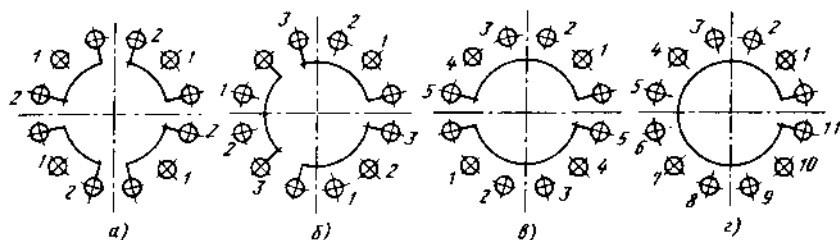


Рис. 38. Галетный переключатель:

а — плата на два положения и четыре направления; б — плата на три направления и три положения; в — плата на пять положений и два направления; г — плата на 11 положений и одно направление

коммутации электрических цепей при напряжении до 350 В и силе постоянного и переменного тока до 3 А. Переключатели изготавливают с плитами из высококачественной керамики. На каждой плите по окружности расположено 12 контактных лепестков. Переключатели изготавливают следующих разновидностей: по числу положений — 2П...11П, по количеству коммутируемых цепей (направлений) — 2Н...16Н.

Характеристики переключателей типа ПГК (рис. 38): сопротивление изоляции между любыми незамкнутыми контактами, секторами и незамкнутыми с ними контактами, а также между корпусом и любыми контактами при нормальных климатических условиях ≥ 5000 МОм, при максимальной рабочей температуре ≥ 200 МОм; допустимое рабочее напряжение ≤ 350 В; сила тока ≤ 3 А; коммутируемая мощность не более 70 Вт. Износостойкость — не менее 10000 переключений. Под переключением понимается перевод ротора переключателя из одного крайнего положения в другое.

Надо учесть одну особенность коммутационных устройств, это обеспечение работы контактов переключателя, коммутирующего индуктивную нагрузку. Необходимо применять искрогасительные контуры, подключаемые параллельно контактам или нагрузке. Необходимо учитывать, что разные контакты одного и того же переключателя замыкаются и размыкаются неодновременно. Поэтому суммарный ток, коммутируемый параллельно соединенными контактами, не должен превышать максимально допустимого значения для одной пары контактов (рис. 39).

Перед установкой переключателя в аппаратуру станка с ЧПУ после длительного хранения необходимо произвести многократные переключения (не менее 15 раз). В переключателях ПГК на 3; 5 и 11 положений допускается за счет переустановки упора использовать меньшее количество положений.

Автоматические выключатели предназначены для защиты электрических цепей станков с ЧПУ от перегрузок, токов короткого замыкания, включений и отключений в цепях постоянного и переменного

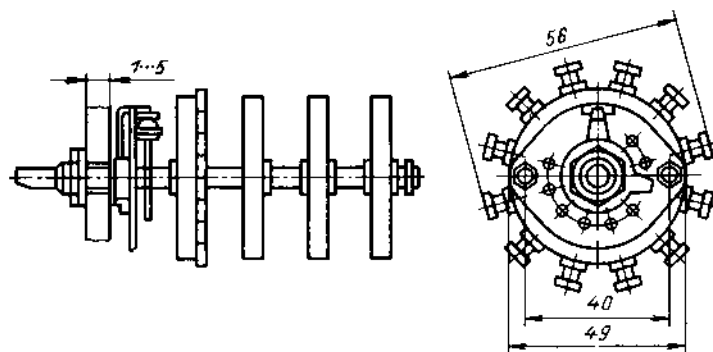


Рис. 39. Переключатель ПТК

тока с частотой до 30 включений за 1 ч (в том числе асинхронных двигателей с частотой до 12 включений за 1 ч).

Автоматические выключатели различают по: 1) величине номинального тока; 2) числу коммутирующих полюсов (одно-, двух-, трех- и четырехполюсные); 3) допустимому току короткого замыкания; 4) виду и устройству расцепителей; 5) наличию вспомогательного контакта; 6) способу установки; 7) способу присоединения проводов (с задним и передним); 8) способу защиты от внешней среды.

Автоматические выключатели серии АК-63 предназначены для защиты электрических цепей с напряжением до 660 В переменного тока с частотой 50 Гц и 220 или 440 В постоянного тока от действия токов короткого замыкания и перегрузки.

Автоматические выключатели серии АЕ-2000М (табл. 9), модерни-

9. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Параметр	Выключатель				
	АЕ-2010	АЕ-2020	АЕ-2030	АЕ-2040	АЕ-2050
Номинальный ток главных цепей, А	10	16	25	63	100
Кратность электромагнитной отсечки:					
переменный ток	3; 12	12	3; 12	5; 12	3; 12
постоянный ток	3; 12	12	5; 12	5; 12	3; 12
Допустимый ток короткого замыкания, кА:					
постоянный ток	3,5	3,5	10	16	25
переменный ток	3,5	6	10	12	25
Масса, кг	0,5	0,5	1,05	1,5	2,3

Примечание. Число коммутируемых цепей 2 или 3.

зированные с естественным воздушным охлаждением, предназначены для переменного и постоянного тока. Выключатели обеспечивают защиту от короткого замыкания и перегрузок.

Выключатели типа АЕ-2000М состоят из расцепителей максимального тока, корпуса, контактной системы, выводных зажимов, дугогасительного устройства, механизма свободного расцепления, крышки, рукоятки, регулятора тока и теплового расцепителя.

Путевые датчики подают командные сигналы по следующим параметрам: по величине пройденного рабочим органом пути; по размеру обрабатываемой заготовки; по величине давления в гидросистеме; по изменению направления движения рабочих органов и др. В качестве путевых датчиков используют микропереключатели, путевые выключатели прямого действия и бесконтактные выключатели.

Микропереключатели серии МП-100 и МП-2000 (табл. 10) применяют для коммутации цепей переменного тока напряжением от 24 до 660 В частотой 50 Гц, и постоянного тока от 24 до 440 В при определенном положении контролируемого объекта. Микропереключатели устанавливают на подвижных и неподвижных частях станков.

10. МИКРОПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Параметр	Типоразмер		
	МП-1101	МП-1102	МП-1104
Переменный ток частотой 50 Гц: номинальное напряжение, В номинальный ток, А	40 2,5	220 1,0	380 0,6
Постоянный ток: номинальное напряжение, В номинальный ток, А	27 0,6	110 0,25	220 0,16
Ход микропереключателя, обеспечиваемый упорами, мм: рабочий ход, не более дополнительный ход, не менее		1,55 0,1	
Усилие, Н: срабатывания, не более возврата, не менее		2 0,05	

У микропереключателей серии МП-1000 мостиковая контактная система работает с двумя разрывами цепи, а микропереключателей серии МП-2000 – с одним. Микропереключатели обеих серий работают с самовозвратом.

Микровыключатель серии МП-1000 (рис. 40) состоит из пластмассового корпуса 1 с закрепленными в нем с помощью развальцовки одним или двумя контактами с общим подвижным контактным мостиком 3. При нажатии на толкатель 2 контактные пружины переходят из нижнего устойчивого положения в верхнее, размыкая нижние кон-

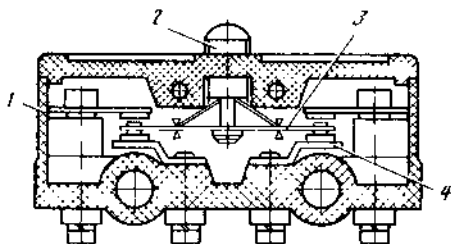


Рис. 40. Микропереключатель МП-1000

такты и замыкая верхние. Замыкающие неподвижные контакты 4 находятся на нижнем основании. При давлении на толкатель усилие предварительного нажатия на нижний контакт уменьшается, и его величина постепенно (подвижный контакт при этом еще находится на месте) становится равной нулю. При дальнейшем нажатии на

толкатель происходит изменение усилия на контактном мостике и он меняет свой знак, происходит переброс контактного мостика в верхнее положение с размыканием нижних контактов и замыканием верхних.

Микровыключатель серии МП-2000 состоит из пластмассовой оболочки с пластмассовым толкателем. В отличие от микровыключателя серии МП-1000 у него один контактный переход. Подвижные контакты установлены на плоской бронзовой пружине, которая под действием толкателя перебрасывается из нижнего замкнутого положения размыкающего контакта в верхнее. Подвижная контактная пружина на схеме представляется общей электрической точкой контактов. Воздействие на контактную пружину и переброс контактов происходят так же, как у микровыключателя серии МП-1000.

Микровыключатели выдерживают сквозной ток 150 А в течение 1 с. Время срабатывания микровыключателей при прямом и обратном ходе не превышает 0,04 с.

Наладка микровыключателей заключается в правильной настройке взаимодействующих с ними упоров. Перед наладкой необходимо проверить четкость работы микровыключателей. Проверка работы микровыключателей осуществляется ручным воздействием на их приводные элементы, которые должны двигаться без заеданий.

Настройка упоров управления микровыключателей может быть выполнена при отключенном напряжении питания. С этой целью механизм устанавливается в требуемое положение, после чего упор, предварительно освобожденный от винтового зажима, плавно перемещается навстречу приводному элементу микровыключателя до момента срабатывания последнего. Срабатывание выключателей фиксируется по характерному щелчку, сопровождающему срабатывание микровыключателей. Срабатывание выключателей прямого действия фиксируется электрическим щупом, подсоединенным к замыкающим контактам микровыключателя. После этого управляющий упор должен быть перемещен в прежнем направлении на 1...2 мм, что обеспечивает надежность срабатывания микровыключателя. В этом положении упор должен быть закреплен.

Необходимо, чтобы при взаимодействии микропереключателя с

упором управления ход приводного элемента выключателя был больше рабочего хода выключателя, но вместе с тем не превышал бы величины полного хода, допустимого для данного микровыключателя. При выполнении этого требования исключается возможность воздействия на приводной элемент силой, превышающей силу срабатывания микровыключателя. При отводе упора необходимо, чтобы приводной элемент выключателя возвращался в начальное положение, т. е. освобождался от действия упора. В противном случае микровыключатель может остаться во включенном состоянии.

Для повышения механической износостойкости контактирующие поверхности упоров и кулачков, воздействующих на микровыключатель, должны иметь шероховатость $R_z = 20$ мкм, а для повышения коммутационной износостойкости микровыключателей в цепях постоянного и переменного тока с целью уменьшения электроэрозии контактов можно шунтировать индуктивную нагрузку диодом или RC-цепью.

Диод выбирается из условия, что его обратное напряжение должно быть не менее 10-кратного номинального напряжения питания, а номинальный ток диода не менее 10-кратного тока нагрузки. Варистор выбирается из условия равенства его номинального напряжения напряжению питания, а в цепях переменного тока в 1,4 раза больше номинального напряжения питания. При шунтировании катушки RC-цепью величина емкости конденсатора (в мкФ) должна быть равной удерживающему току катушки (в А), а резистор должен иметь сопротивление, равное сопротивлению катушки.

Износ контактов микровыключателей также зависит от скорости перемещения упоров. В цепях постоянного тока, когда давление на толкатель становится малым, имеет место неустойчивое переходное сопротивление контактов: от сотен мегаом до 0,1 Ом. Поэтому медленное перемещение (0,02 . . . 0,06 мм/с) толкателя нежелательно, особенно в цепях постоянного тока. В цепях переменного тока дуга гаснет при минимальном зазоре между контактами при переходе тока через нулевое значение, поэтому допустимое предельное минимальное значение скорости движения толкателя у МП-1000 больше, чем у МП-2000.

Микровыключатели обладают следующими преимуществами: у них высокая механическая износостойкость, фактическое рассеяние положения срабатывания и возврата невелико (0,01 . . . 0,02 мм) и не зависит от изменения напряжения коммутируемой цепи и температуры окружающей среды.

К недостаткам микровыключателей относятся ограниченная коммутационная и механическая износостойкость, зависимость работы от скорости движения упоров, качества их поверхности, коммутируемой величины напряжения и тока. Движение упора должно осуществляться в направлении оси толкателя в пределах допустимого хода (рис. 41).

Путевой выключатель ВП61-19 (табл. 11) предназначен для коммутации электрических цепей в станках с ЧПУ и может работать в цепях переменного тока частотой 50 Гц напряжением до 380 В и в цепях постоянного тока напряжением до 220 В.

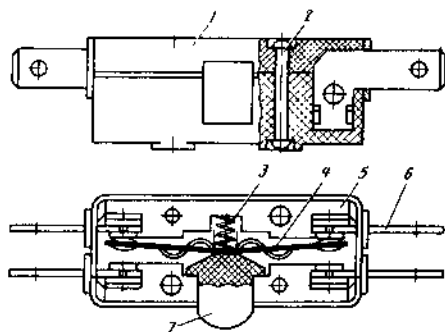
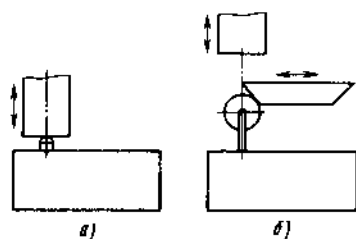


Рис. 41. Формы управляющих упоров рабочих механизмов станков с ЧПУ с прямоходовым цилиндрическим толкателем (а) и с прямоходовым цилиндрическим толкателем и роликом (б)

Рис. 42. Путевой выключатель ВП61-19

Путевой выключатель ВП61-19 (рис. 42) состоит из пластмассового корпуса 5, закрепленного в корпусе контактных стоек 6 с неподвижными контактами, приводного толкателя 7, подвижного пружинящего контактного мостика 4, который своими средними лепестками упирается в углубление в толкателе, возвратной пружины 3 и крышки 1, соединенной с корпусом заклепками 2. При приложении усилия к толкателю последний перемещается совместно с контактным мостиком, который, перейдя нейтральную точку равновесия, приведет к замыканию контактов. После снятия усилия пружина возвращает контактный мостик в исходное состояние.

Путевые бесконтактные датчики практически не имеют давления на шток датчика, обладают высокой чувствительностью к положению движущейся части станка и высокой точностью срабатывания. Они

11. КОНЕЧНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ВП61-19

12. БЕСКОНТАКТНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ КВД-6М

Параметр	Значение параметра
Номинальное напряжение, В: переменного тока частотой 50 . . . 60 Гц	380
постоянного тока	220
Номинальный ток выключателя, А	6
Рабочий ход выключателя, мм	$1,0 \pm 0,2$ $-0,5$
Дополнительный ход, мм, не более	0,5
Дифференциал хода, мм, не более	0,6
Усилие, переключение, кН, не более	4,5

Параметр	Значение параметра
Номинальное напряжение питания постоянного тока, В	12
Погрешность положения срабаты- вания, мм	$\pm 0,1$
Ток нагрузки, мА, не более	80
Дифференциал хода, мм, не более	1,5

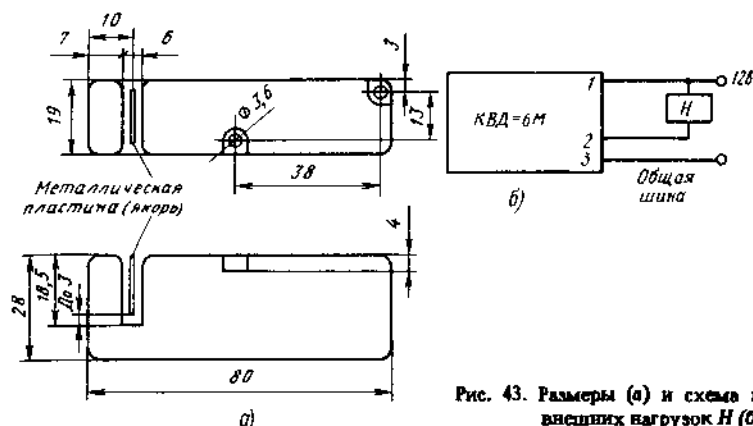


Рис. 43. Размеры (а) и схема включения внешних нагрузок Н (б)

надежно работают при любых скоростях движения упора (якоря) и имеют почти неограниченный срок службы.

Выключатель конечный бесконтактный КВД-6М (табл. 12) предназначен для коммутации электрических цепей управления и сигнализации посредством электромагнитного реле или логического элемента. Конструктивно выключатель (рис. 43) выполнен в виде коробки из ударопрочного полистирола и герметизирован компаундом. Корпус имеет щель шириной 6 мм и глубиной 18,5 мм.

Выключатель состоит из генератора и усилителя на транзисторах. При введении в щель между катушками базовой и коллекторной обмоток металлической пластины происходит изменение коэффициента обратной связи, приводящее к прекращению генерации генератора. Нормально закрытый выходной транзистор открывается, что вызывает срабатывание реле или логического элемента, включенного в цепь коллектора (рис. 44).

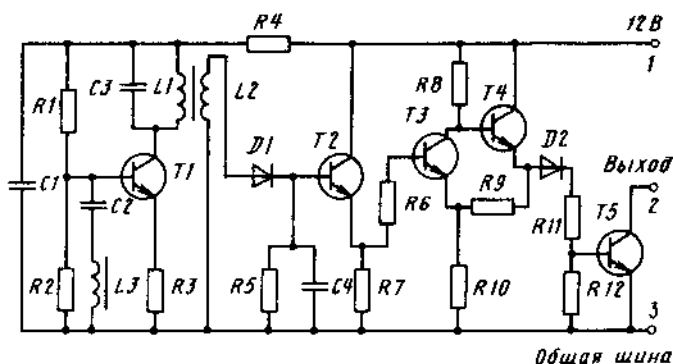


Рис. 44. Схема бесконтактного выключателя КВД-6М

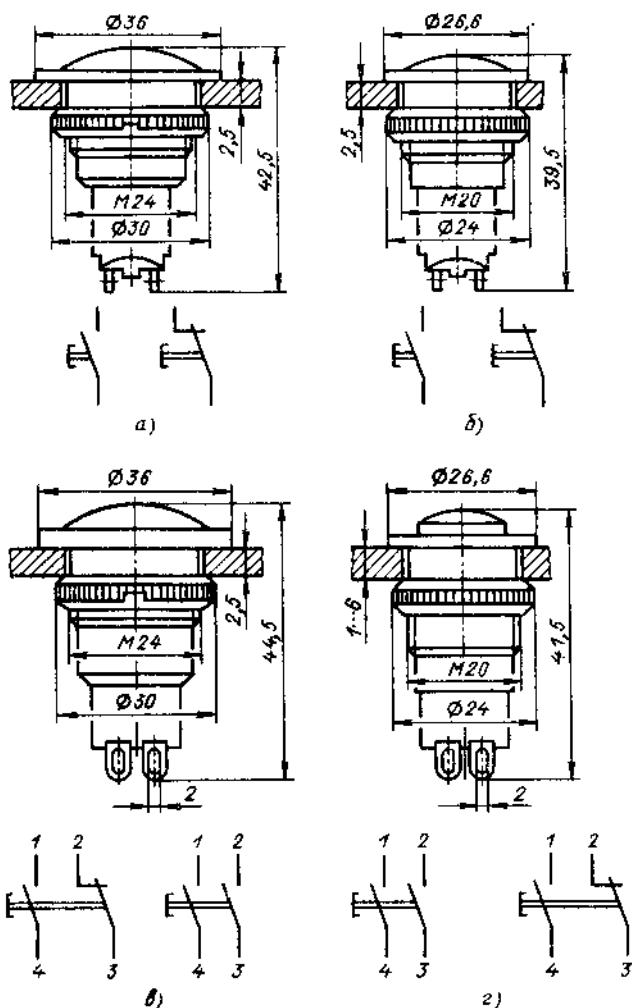


Рис. 45. Коммутационные кнопки:

а, б — кнопка однополюсного включения-выключения; в — кнопка двухполюсного включения-выключения; г — кнопка двухполюсного выключения

Перед монтажом переключателей следует проверить маркировку концов и производить их подключение в соответствии с монтажной схемой. Переключатели можно устанавливать произвольно, место установки якоря переключателя не должно подвергаться вибрации с амплитудой более 1 мм, крепежные винты корпуса переключателя должны быть крепко затянуты. Бесконтактные выключатели должны быть защищены от прямого воздействия на них пыли, масла и эмуль-

сии (на характеристики переключателя не влияют соприкасающиеся с ним металлические массы), соединительные провода необходимо закрыть кожухом.

Кнопки в системах управления станками ЧПУ предназначены для дистанционной коммутации и подачи команд в электрические цепи управления напряжением до 220 В постоянного тока и до 660 В переменного тока частотой 50 Гц.

Распространены в аппаратуре станков с ЧПУ кнопки типа НАЗ.604. . . ., основные технические параметры которых приведены в табл. 13.

13. КОММУТАЦИОННЫЕ КНОПКИ ТИПА НАЗ.604. . .

Параметр	Значение параметра
Сопротивление изоляции, МОм, не менее:	
при нормальных климатических условиях	1000
при повышенной влажности	50
при максимальной температуре	100
Сопротивление замкнутой контактной пары в нормальных климатических условиях, Ом, не более	0,01
Усилие переключения, Н	10. . . 15
Коммутируемая мощность, Вт, не более	250
Масса, кг	0,025

Коммутационная износостойкость кнопок (рис. 45) при режимах, приведенных в таблице, составляет $\geq 10^4$ циклов (включений-отключений) [29].

2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ УСТРОЙСТВА И ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЩИТЫ

К аппаратуре автоматического управления станками с ЧПУ относятся электромагниты управления, электромагнитные муфты, промежуточные реле, элементы защиты, предназначенные для работы в стационарных установках (в шкафах, нишах станков и др.). **Электромагниты управления** применяют для управления гидравлическими или пневматическими механизмами (золотники, распределители, гидропанели) дистанционного включения фрикционных и кулачковых муфт, а также в схемах механического торможения электродвигателей. В станках с ЧПУ применяют электромагниты как тянущие, так и толкающие переменного и постоянного тока серий МТ, МИС и ЭД.

Электромагниты серии МТ однофазные переменного тока толкающие короткоходовые (табл. 14) предназначены для дистанционного управления перемещением элементов гидравлических, пневматических и других механизмов, установленных в закрытых помещениях. Электромагниты рассчитаны на включение в сеть переменного тока частотой 50 Гц напряжением до 440 В.

14. ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Параметр	МТ4201; МТ4202	МТ5201; МТ5202
Номинальное напряжение, В	127	127
Номинальное тяговое усилие, Н	1	1,6
Ход якоря, мм	10	10
Мощность электромагнитов, Вт	220	350
Номинальный пусковой ток катушки, А	1,8	2,8
Номинальный рабочий ток, А	0,24	0,36
Масса, кг	0,69	0,8

Магнитная система электромагнитов серии МТ состоит из трех основных узлов: ярма, якоря и катушки. Ярмо электромагнита шихтованное. Пакет ярма стянут заклепками. В ярме имеется отверстие под толкатель. Якорь электромагнита Т-образной формы, пакет якоря тоже собран из пластин электротехнической стали. В якорь вложена износоустойчивая шихтованная вставка из термообработанной стали, закрепленная двумя заклепками. Накладка пакета ярма приваривается к плите. Катушка электромагнита каркасная с контактными зажимами. Внутри окна катушки вложена бронзовая направляющая. Скоба крепится к ярму винтами и ограничивает ход якоря. В скобу вложен резиновый буфер, смягчающий удар якоря при обратном ходе (рис. 46).

Условия эксплуатации электромагнитов: 1) монтаж только в закрытых помещениях; 2) допускается воздействие вибрации частотой 50 Гц при ускорении до 1g; 3) рабочее положение вертикальное или горизонтальное.

Сопряжение электромагнита с исполнительным механизмом должно обеспечивать полное втягивание якоря до соприкосновения его со

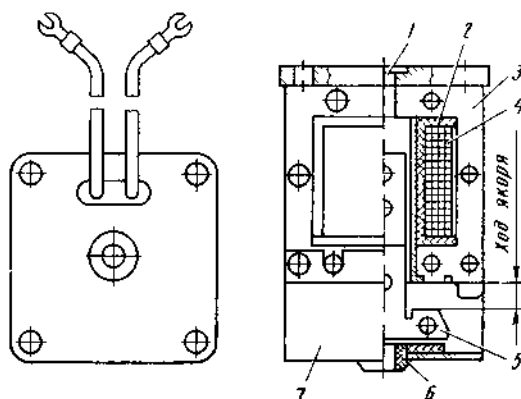


Рис. 46. Толкающий электромагнит серии МТ открытого исполнения МТ4201 и МТ5201:
1 — угольник; 2 — бронзовые направляющие; 3 — ярмо; 4 — катушка; 5 — якорь; 6 — резиновый буфер; 7 — скоба

шлифованной поверхностью ярма. При несоблюдении этого требования может выйти из строя катушка электромагнита. При работе электромагнита допускается небольшое гудение, свойственное магнитным системам переменного тока. Резкие колебания температуры и влажности, вызывающие образование росы, не допускаются.

Плита электромагнита должна плотно прилегать к установочной плоскости исполнительного механизма для обеспечения его нормального теплового режима. Гарантийный срок для электромагнитов серии МТ 1 год.

Электромагниты серии ЭМ25 (табл. 15) применяют для дистанционного управления гидравлическими распределителями в станках с ЧПУ и разработаны вместо ранее выпускавшихся электромагнитов ЭУ. Электромагнит ЭМ25 состоит (рис. 47) из корпуса 1, катушки 2, якоря 6 и фланца 8. В якорь электромагнита запрессован толкатель, который перемещается во втулках, установленных в крышке 3 и фланце. Электромагнит имеет штепсельный разъем, состоящий из колодки 10 и штепсельного соединения 11.

Для установки электромагнитов на гидроусилитель предусмотрен фланец 7 с уплотнением 9. Немагнитная прокладка 5 предотвращает залипание якоря между упорными поверхностями фланца и якоря после отключения. Для включения электромагнита вручную предусмотрен толкатель 4.

Следует учитывать, что для предотвращения уменьшения силы тяги магнита при синусоидальном изменении тока в сердечнике электромагнита смонтирована специальная обмотка в виде короткозамкнутого витка, разделяющая магнитный поток на две составляющие,

15. ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Параметр	ЭМ25-10-221-54; ЭМ25-10-222-54
Напряжение постоянного тока, В	24,11
Тяговое усилие, Н	90
Рабочий ход якоря, мм	3,5
Мощность, Вт, не более	42

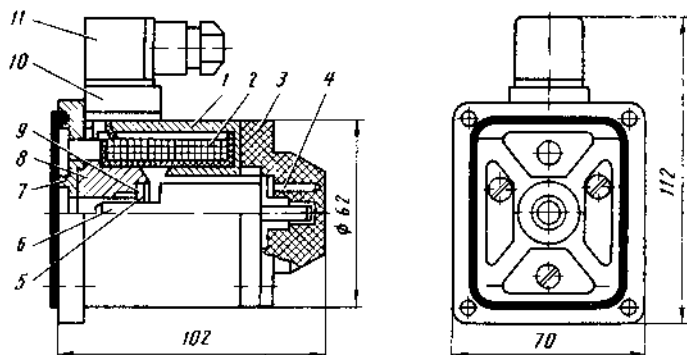


Рис. 47. Электромагнит ЭМ25-10-221-54

сдвинутые друг относительно друга по фазе. Сила тока в электромагнитах переменного тока зависит от воздушного зазора между якорем и сердечником. Пусковой ток электромагнита в 8...10 раз превышает рабочий ток и при длительном протекании, превышающем расчетную продолжительность срабатывания электромагнита 0,02...0,06 с, может вывести из строя катушку электромагнита.

Реле конструктивно имеет контактную систему в виде набора плоских контактных пружин, зафиксированных консольно в изоляционном корпусе и несущих на свободном конце контакты с рабочей поверхностью из серебра. Приводом для изменения состояния контактов служит электромагнит клапанного типа, закрепленный на изоляционном корпусе. Контактная система и частично электромагнит закрыты прозрачным кожухом от попадания посторонних частиц. Нижняя поверхность открыта для улучшения теплоотвода. Гарантийный срок службы реле 2 года.

Условия эксплуатации реле серии РПУ следующие: температура - 45...+45°C; относительная влажность воздуха до 98% при 25°C; допустимое воздействие вибрации в диапазоне 10...100 Гц с ускорением до 1 g.

Реле промежуточное электромагнитное универсальное серии РПУ-2 (табл. 16) предназначено для работы в электрических цепях управления переменного тока напряжением до 440 В, частотой 50 Гц и постоянного тока напряжением до 220 В. Реле РПУ-2 представляет собой электромагнитный аппарат с унифицированной магнитной системой клапанного типа.

Электромагнит реле РПУ-2 состоит из скобы 3 (рис. 48), якоря 6, вращающегося на пластине 2, каркасной катушки 4 с сердечником 5. На силуминовой скобе устанавливаются контактные стойки 1. К якорю крепится пластмассовая траверса 7, которая при срабатывании реле воздействует на контактные пластины 8, замыкает и размыкает контакты 9 реле.

16. ПРОМЕЖУТОЧНОЕ РЕЛЕ РПУ-2-0 и РПУ-2-3

Параметр	Значение параметра
Номинальный ток контактов реле, А:	
закрывающих и размыкающих	4
переключающих	2,5
Допустимый ток контактов, А	5
Номинальное напряжение контактов, В:	
постоянного тока	12...220
переменного тока	12...380
Потребляемая мощность реле, не более:	
постоянного тока, Вт	4
переменного тока, В·А	9
Время, с, не более:	
включения	0,05
отключения	0,02

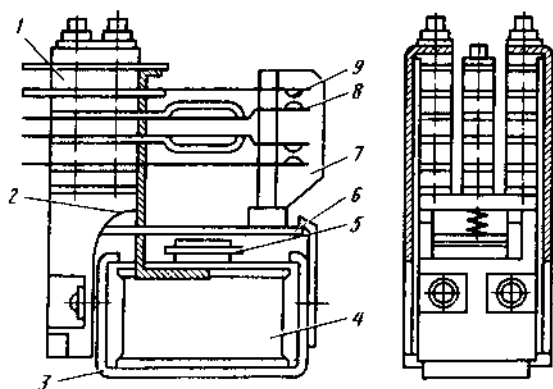


Рис. 48. Реле РПУ-2

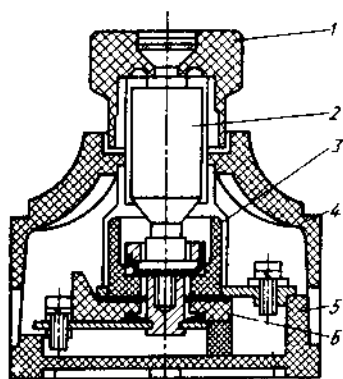


Рис. 49. Предохранители типа ПРС-6, ПРС-26 и ПРС-63:

1 — фарфоровая головка; 2 — вставка ПДС; 3 — гильза; 4 — корпус; 5 — основание; 6 — контакт

Аппаратура защиты — плавкие предохранители и тепловые реле — предназначена для защиты электрических цепей от коротких замыканий и длительных перегрузок. **Плавкий предохранитель** — это специально ослабленное звено электрической цепи, которое расплавляется при протекании тока выше номинального.

Сила номинального тока плавкой вставки должна быть не менее силы номинального тока провода, подсоединенного к плавкой вставке, и не должна более чем в 3 раза превышать силу номинального тока подсоединенных проводов.

При применении тепловых реле для защиты от перегрузки электродвигателей номинальный ток предохранителя, обслуживающего группу электродвигателей, не должен превышать четырехкратного значения номинального тока, наименьшего из включенных электродвигателей в эту группу. Нарушение этого соотношения может привести к сгоранию нагревательных элементов теплового реле при коротком замыкании.

Предохранители должны устанавливаться во всех полюсах или фазах линии питания (при постоянном токе в двух полюсах и при переменном трехфазном токе в трех фазах сети). Предохранители резьбовые серии ПРС (табл. 17) с плавкой вставкой типа ПВД предназначены для защиты при коротких замыканиях электрооборудования и электроаппаратов с номинальным напряжением 380 В переменного тока частотой 50 Гц и 440 В постоянного тока, а также для защиты проводов от перегрузок.

17. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ ТИПА ПРС

Параметр	ПРС-6УЗ-П	ПРС-25УЗ-П	ПРС-63УЗ-П	ПРС-100УЗ-П
Номинальный ток плавкой вставки, А	1; 2; 4; 6	4; 6; 10; 16	20; 25	40; 63
Напряжение, В	380; 440	380; 440	380; 440	380; 440
Номинальные потери мощности на один полюс, Вт, не более	3	6	15	27
Время отключения плавкой вставки, с, не более	1	1	1	2

Предохранитель (рис. 49) состоит из пластмассового основания, на котором укреплен предохранитель ПДС с колодками зажимов для подключения монтажных проводов и пластмассовой крышки, удерживаемой на основании с помощью защелки. Держатель плавкой вставки с основанием предохранителя соединен с помощью резьбы. Плавкая вставка имеет видимый через застекленное отверстие головки предохранителя контрольный глазок (указатель срабатывания), по положению которого можно определить годность вставки. Указатель срабатывания в зависимости от номинального тока плавкой вставки имеет разный цвет. Предохранители типа ПРС-25, ПРС-63 и ПРС-100 имеют контрольное устройство (корпус), препятствующее установке плавкой вставки на больший номинальный ток.

Условия эксплуатации предохранителей серии ПРС следующие: температура $-40 \dots +40^{\circ}\text{C}$; относительная влажность воздуха не более 90% при 20°C и не более 50% при 40°C ; допускается воздействие вибрации на предохранители с частотой до 50 Гц при ускорении не более $0,7g$; ударные сотрясения с ускорением до $4g$ и частотой 80...100 ударов в минуту; рабочее положение — крепление основания предохранителя на вертикальной плоскости и горизонтальной плоскости при расположении головки с плавкой вставкой выше основания предохранителя. Гарантийный срок 2,5 года. Предохранители допускают присоединение медных и алюминиевых проводов соответствующего сечения в зависимости от номинального тока плавкой вставки.

Тепловые реле применяют для защиты электроаппаратуры от перегрузок, незначительно превышающих предельно допустимые значения.

Долговечность электрооборудования станков зависит от перегрузок, которым оно подвергается. Для любого типа электрооборудования можно найти зависимость длительности протекания тока от его

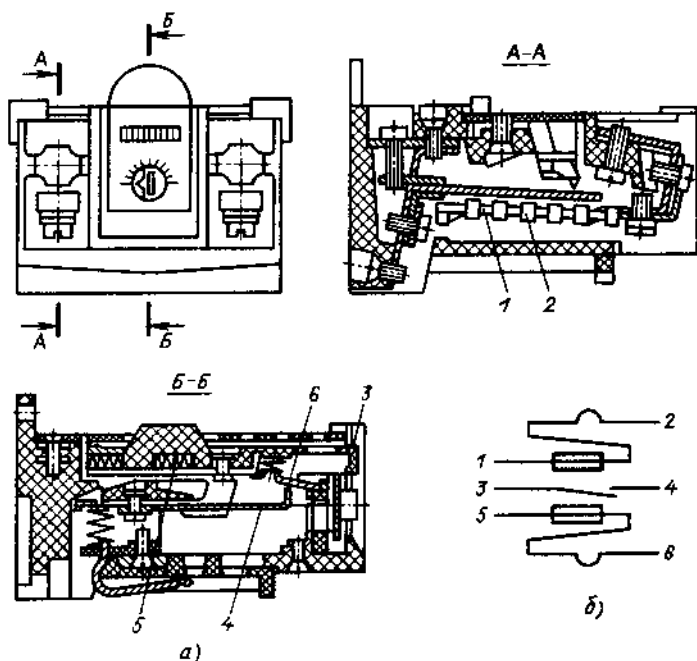


Рис. 50. Конструкция (а) и схема (б) теплового реле серии ТРН

силы, при которой обеспечивается надежная и длительная эксплуатация. Протекание тока, больше номинального, приводит к дополнительному повышению температуры и старению изоляции.

Для защиты от перегрузок применяют тепловые токовые реле серии ТРН двухполюсные (рис. 50). При воздействии на тепловые элементы 2 током, сила которого превышает допустимую, термобиметаллическая пластина 1 нагревается, изгибается и своим свободным концом поворачивает держатель с компенсатором 4 так, что конец его выводит защелку 6 из зацепления с пластиной эксцентрика. При этом возвратная пружина размыкает контакт 5 цепи управления, и реле срабатывает. Возврат реле только ручной и осуществляется нажатием на кнопку 3. При этом контакт замыкается, а защелка входит в зацепление с пластиной эксцентрика. Температурная компенсация обусловлена противоположно направленными температурными деформациями термобиметаллического компенсатора и рабочих пластин.

Реле на номинальный ток настраивают только на заводе-изготовителе, и при замене нагревателя повторной настройки не требуется. Регулятором устанавливается ток, равный 1...1,05 номинального. Регулировка тока уставки должна быть плавная, ее производят регулятором уставки при повороте эксцентрика отверткой. Регулятор уста-

вки может быть установлен между крайними рисками шкалы установки „+” и „-”. Смещение регулятора за пределы шкалы запрещается. Поворот к риску „+” увеличивает, а поворот к риску „-” приводит к уменьшению тока и времени срабатывания реле [23].

18. ТЕПЛОВЫЕ РЕЛЕ

Параметр	ТРН-8; ТРН-10	ТРН-20; ТРН-25	ТРН-40
Номинальный ток, А	0,5—10	5—25	12,5—40
Допустимый ток, А, контактов реле при напряжении 500 В, не более	6	6	6
Регулировка тока установки, %	±25	±25	±20
Время срабатывания при $6I_{\text{ном}}$ и 35°C, с	6±25	6±25	3±20
Время возврата реле, мин, не более	2	2	—

Условия эксплуатации реле серии ТРН (табл. 18): место установки в отапливаемых помещениях на панелях, в закрытых шкафах, нишах станков, защищенных от попадания воды, пыли и посторонних предметов; температура -40...+40°C; относительная влажность окружающего воздуха не более 90% при 20°C; отсутствие резких ударов и сильной тряски; вибрация мест крепления реле с частотой 25 Гц при ускорении не более 0,7 g; монтаж реле проводят на ровной вертикальной плоскости (отклонение ±5°) или его крепят на уголках к магнито-му пускателю. Во избежание ложных срабатываний не рекомендуется устанавливать тепловые реле в местах, подверженных ударам и резким колебаниям.

Электромагнитные фрикционные многодисковые муфты (табл. 19) с вынесенными дисками серии ЭТМ предназначены для встройки в автоматизированные коробки скоростей (АКС) станков с ЧПУ. В электромагнитных дисковых муфтах сцепление фрикционных дисков, связывающих ведомую и ведущую части муфт, происходит под действием сил магнитного притяжения возникающих при пропускании тока через обмотку катушки возбуждения. Эти муфты обладают компактностью, надежностью и малогабаритностью.

Электромагнитная муфта нормального исполнения (рис. 51,а) состоит из корпуса 1 с размещенной внутри него катушкой 5, пакета

19. БЕСКОНТАКТНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МУФТЫ

Параметр	Исполнение					
	10	11	12	13	14	15
Номинальный передаваемый момент, Н·м	1,6	2,5	4	6,3	10	16
Номинальное напряжение, В	24	24	24	24	24	24
Длительно допустимая сила тока, А	1,3	1,5	2,6	2,9	4,5	6,0
Время, мс, не более:						
включения	12	16	20	—	—	—
отключения	6	10	14	—	—	—
Максимальная частота вращения, об/мин	3600	3300	3000	2900	2700	2500

фрикционных дисков 6 и 7, нажимного диска 8 и поводка. На корпус насажено кольцо из изоляционного материала 2, в которое запрессовано контактное кольцо 4, соединенное с одним концом катушки. Второй конец катушки присоединен к корпусу. Ток к кольцу подводится через контактную щетку 3.

Для предотвращения замыкания магнитного потока через диски в радиальном направлении в них вырезаны отверстия, расположенные по окружности напротив катушки. При подаче на катушку напряжения создается магнитное поле, которое, замыкаясь через фрикционные диски, создает усилие, притягивающее нажимной диск 8 к корпусу. Фрикционные диски при этом сцепляются. Два вала соединены между собой за счет того, что диски 6 связаны с ведомым валом через втулку 9, а диски 7 с ведущим валом через поводок. После отключения катушки нажимной диск под действием пружинящих фрикционных отталкивается и валы расцепляются.

Электромагнитные многодисковые фрикционные муфты выполня-

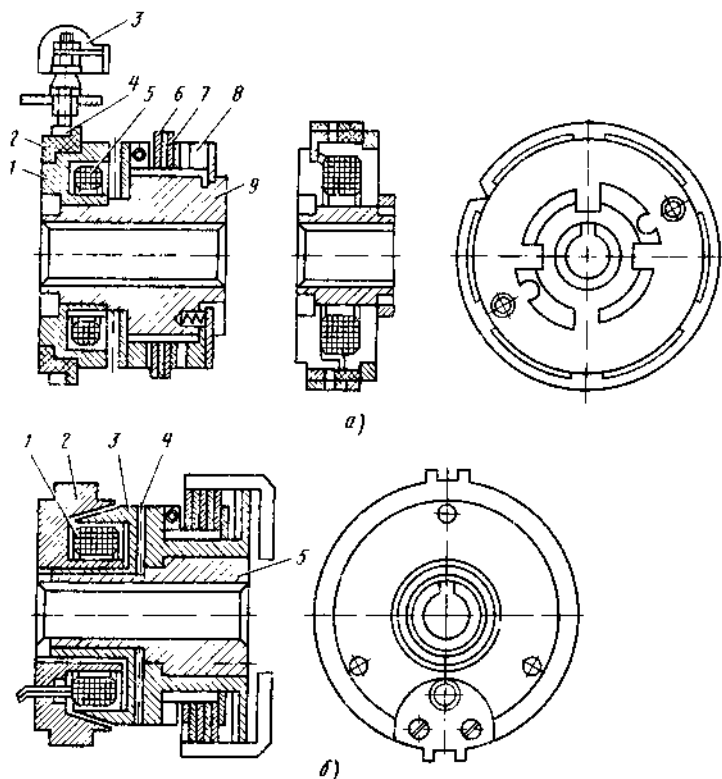


Рис. 51. Электромагнитная муфта нормального исполнения:

а — контактная; б — бесконтактная: 1 — катушка, 2 — регулирующий зазор, 3 — полюсное кольцо, 4 — воздушный зазор, 5 — основание

ются как с вынесенными, так и с магнитопроводящими дисками. Муфты имеют вращающуюся обмотку возбуждения с подводом тока через скользящий контакт, но выпускаются муфты и с неподвижными обмотками и подводом питания без щеточного устройства (рис. 51,б). Муфты с контактным токопроводом имеют невысокую надежность из-за наличия скользящего контакта. В наиболее ответственных устройствах используют муфты с неподвижным токопроводом. В такой муфте катушкодержатель смонтирован неподвижно, при этом исключаются элементы контактного токоподвода, а за счет наличия небольшого зазора снижается теплопередача от фрикционных дисков к катушке, что увеличивает надежность.

Для питания электромагнитных муфт применяют любые источники постоянного тока напряжением 24 В и силой тока 3,5 . . . 10,5 А.

Гарантийный срок для электромагнитных муфт не более 2 лет. При эксплуатации муфт следует измерять биение контактных колец, силу нажатия контактных щеток и силу тока в катушке при установившемся режиме.

Значение номинальных токов должно соответствовать длительно допустимому режиму. Силу нажатия контактных щеток проверять трудно, поэтому контролируют величину переходного сопротивления между щеткой и кольцом при различных положениях контактного кольца. Среднее значение измеренного переходного сопротивления не должно отличаться от минимального и максимального измеренных значений более чем на 10%. В противном случае заменяют щетку или протачивают кольцо.

Для правильной эксплуатации электромагнитных муфт необходимо снимать зависимости втягивающей и противодействующей силы в зависимости от зазора и номинальной силы тока катушки. При отклонении параметров от номинальных значений зазор регулируют.

Наладка электрооборудования включает работы, связанные с проверкой действия элементов электрооборудования, а также наладкой систем управления отдельными механизмами станка и всей станочной системы. Работа электрооборудования зависит от четкости работы входящих в его состав электрических устройств, которые должны быть исправными и соответствовать документации на элементы электрооборудования станка с ЧПУ. Наладка электрических устройств выполняется вне станка с использованием методов и средств, описанных в [27].

Электрические аппараты напряжением до 1000 В перед вводом в эксплуатацию должны пройти ревизию механической части, испытание электрической прочности изоляции и проверку параметров срабатывания.

При этом контролируется: зазор между контактами реле и пускателей, наибольший зазор между подвижным контактом и его упором при включенном аппарате. Чрезмерное нажатие может привести к нечеткому срабатыванию и застреванию якоря в промежуточном состоянии, недостаточное — к оплавлению и привариванию контакта. Электромагнитные элементы автоматических выключателей проверя-

ют поочередно. При этом следует учитывать, что тепловой элемент может сработать раньше электромагнитного, а длительное прохождение испытательного тока через тепловой элемент может повредить его. В начале необходимо убедиться, что выключатель не срабатывает при токах ниже уставки на 15...30%, а затем ток поднимается до значения уставки. После отключения следует сразу же снять нагрузку и остудить автоматический выключатель, так как при срабатывании теплового элемента повторное включение автоматического выключателя не произойдет.

3. ДАТЧИКИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

В устройствах автоматизации станков с ЧПУ нашли применение аналоговые и дискретные информационные машины (датчики), выполняющие преобразование линейных или угловых механических перемещений в электрические величины.

Метрологические характеристики датчиков:

1) статическая характеристика датчика, представляющая собой зависимость изменения выходной величины от изменения входной величины;

2) чувствительность датчика – отношение приращения выходной величины к приращению входной величины, т. е. чувствительность датчика есть не что иное, как коэффициент передачи;

3) порог чувствительности датчика – наименьшее значение входной величины, которое вызывает появление сигнала на выходе (этот параметр связывают с зоной нечувствительности, в пределах которой при наличии входного сигнала на выходе датчика сигнал отсутствует);

4) инерционность датчика – время, в течение которого выходная величина принимает значение, соответствующее входной величине;

5) точность выполняемых ими функциональных преобразований, которую принято характеризовать величинами основных и дополнительных погрешностей.

По характеру зависимости выходного сигнала от входного датчики могут быть: пропорциональные, у которых сигнал на выходе пропорционален измеряемой величине; нелинейные, у которых сигнал на выходе нелинейно зависит от сигнала на входе; релейные, у которых сигнал на выходе изменяется скачкообразно; импульсные, у которых изменение входной величины вызывает появление сигналов-импульсов, число которых пропорционально измеряемой величине.

По виду преобразования сигналов датчики делят на электроконтактные, в которых механическое перемещение преобразуется в электрический сигнал; индукционные, у которых изменение угла поворота вызывает изменение фазы электрического сигнала; фотоэлектрические, в которых световой сигнал преобразуется в импульсы или комбинации импульсов.

По назначению измерительные устройства совместно с датчиками в станочных системах ЧПУ могут подразделяться на устройства: пути,

положения, скорости, углового положения и угла рассогласования. Распространение получили устройства, в которых в качестве датчиков используют вращающиеся трансформаторы, сельсины, тахогенераторы и индуктосины.

Измерительные индукционные устройства следящего привода станков с ЧПУ дают информацию о действительном положении рабочего органа и скорости его перемещения. Они состоят из собственно датчика, его устройства связи с рабочим органом и схемы обработки выдаваемых датчиком сигналов. В качестве индукционных датчиков измерительных устройств могут быть использованы: вращающиеся трансформаторы, сельсины, тахогенераторы, индуктосины, редусины и др.

Вращающийся трансформатор типа ВТМ-1М представляет собой индукционную электрическую машину, у которой выходное напряжение является функцией входного напряжения и угла поворота ротора. Вращающиеся трансформаторы (табл. 20) используют в качестве датчиков обратной связи по положению и углу в измерительных устройствах.

20. ВРАЩАЮЩИЕСЯ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Параметр	ВТМ-1В	ВТМ-1М	ВТМ-4
Номинальное напряжение, В:			
синусоидальной формы	26	26	60
пилообразной формы	80	80	—
Номинальная частота сети, Гц	400	400	400
Ток холостого хода, мА, не более	43	43	4,6
Коэффициент трансформации на холостом ходу	$1 \pm 0,05$	$1 \pm 0,05$	$1 \pm 0,05$
Частота вращения ротора, об/мин, не более	3000	3000	3000
Погрешность отображения синусной и косинусной зависимости, %, не более	$\pm 0,8$	$\pm 0,8$	$\pm 0,3$

Вращающийся трансформатор состоит из корпуса; статора и ротора, на которых размещены две одинаковые однофазные обмотки, сдвинутые в пространстве друг относительно друга на 90° ; крышки, на которой размещен щеточно-коллекторный узел; вала на котором размещен ротор; подшипников и передней крышки. Магнитопровод микромашины изготавливают из листов электротехнической стали или пермаллоя, листы изолированы друг от друга.

Вращающиеся трансформаторы могут работать в режиме поворота ротора или в режиме его вращения. В обоих случаях ротор, соединенный с исполнительным механизмом, при работе меняет свое положение относительно статора в соответствии с перемещением исполнительного механизма.

При работе в первом режиме (рис. 52, а) обмотка статора 2 присое-

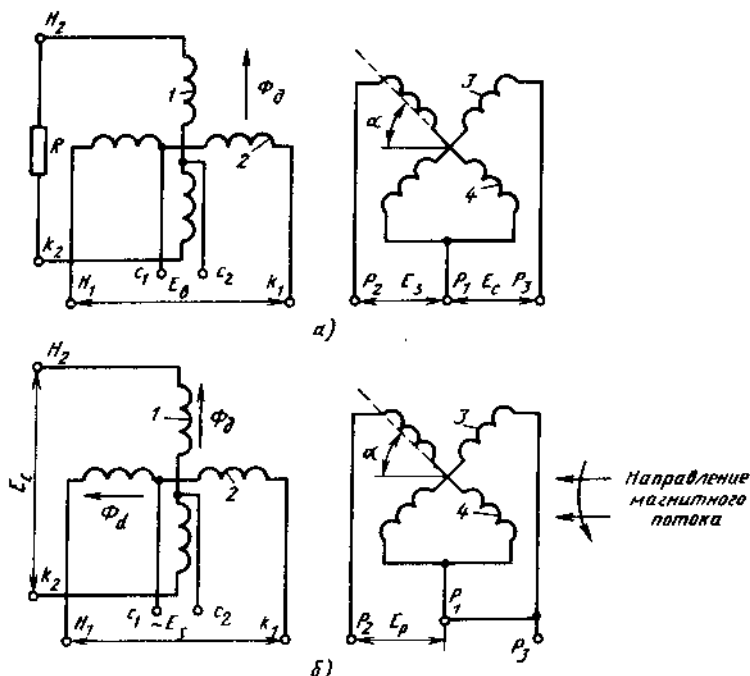


Рис. 52. Вращающийся трансформатор:

а — схема включения в режиме поворота ротора; б — схема включения в режиме вращения ротора; $H_1, H_2, K_1, K_2, C_1, C_2$ — обозначения выводов начала, конца и средней точки первой и второй обмоток статора P_1, P_2, P_3 — обозначения выводов обмоток ротора

диняется к сети переменного тока E_n , а компенсационная обмотка 1 (квадратурная) — к некоторому резистору R и закорачивается. В некоторых схемах обе обмотки получают независимое питание переменным током. Обмотки ротора 3 (косинусная) и 4 (синусная) присоединяются к контактным кольцам P_2 и P_3 . Для уменьшения числа контактных колец концы двух обмоток ротора присоединяются к общему кольцу P_1 .

Рассмотрим принцип действия вращающегося трансформатора. Переменный ток в обмотке 2 возбуждает магнитный поток, пульсирующий с частотой сети. При холостом ходе в обмотках 3 и 4 будет наводиться ЭДС E_s и E_c с частотой, которая равна частоте сети, а действующее значение зависит от положения ротора относительно статора. При угле поворота $\alpha = 0$ наводимая в роторных обмотках ЭДС $E_c = 0$ и $E_s = E_{\max}$.

При повороте ротора на угол $\alpha \neq 0$

$$E_s = E_{\max} \sin \alpha = k E_n \sin \alpha;$$

$$E_c = E_{\max} \cos \alpha = k E_B \cos \alpha,$$

где E_{\max} — максимальное значение ЭДС в обмотке ротора при совпадении ее оси с осью обмотки 2 статора; E_B — ЭДС, индуцируемая потоком Φ_d в обмотке 2 возбуждения без учета потерь в обмотке статора; k — коэффициент трансформации между обмотками ротора и статора, равный отношению числа витков вторичной (3 или 4) и первичной (1 или 2) обмоток.

Вращающийся трансформатор, используемый в режиме непрерывного вращения (рис. 52, б), имеет синусную и косинусную обмотки, расположенные на статоре, и обмотки возбуждения и компенсационную, расположенные на роторе. Обмотка статора питается переменным напряжением при сдвиге по фазе на 90° :

$$E_s = E_{\max} \sin \omega t;$$

$$E_c = E_{\max} \cos \omega t;$$

Соответственно токи в этих обмотках возбуждают два магнитных потока: продольный Φ_d и поперечный Φ_q , пульсирующий с частотой сети. ЭДС индуцируется в обмотке 4 ротора и определяется суммарным значением потока, которое меняется в зависимости от изменения угла α поворота ротора относительно статора. Если пренебречь потерями в обмотках статора, то ЭДС в обмотке ротора

$$E_p = k E_{\max} \sin (\omega t + \alpha).$$

Это выражение показывает, что ЭДС, индуцируемая в роторе, меняется не по значению, а по фазе при изменении угла α . Это обстоятельство дает возможность использовать трансформатор, работающий в режиме непрерывного вращения в качестве измерителя рассогласования в фазоимпульсных измерительных системах программного управления.

Основными выходными характеристиками вращающегося трансформатора являются синусно-косинусная характеристика и зависимость напряжения на вторичной обмотке от напряжения на обмотке возбуждения при постоянном сопротивлении нагрузке и постоянном угле поворота.

Условия эксплуатации вращающихся трансформаторов: температура $-45 \dots +45^\circ \text{C}$; относительная влажность окружающего воздуха 95 % при 25°C ; допустимая вибрация мест крепления с частотой 10 Гц при ускорении $1g$; отсутствие при эксплуатации ударов; рабочее положение — любое.

Сельсины типа БД-404НА, БС-404НА и БС-155А (табл. 21) предназначены для работы в индикаторном или трансформаторном режиме в измерительных системах станков с ЧПУ и в автоматизированных системах управления роботами для получения информации об углах поворота узлов и механизмов оборудования.

Сельсин типа БД-404НА представляет собой электрическую микромашину с однофазной обмоткой возбуждения и трехфазной вторичной

21. БЕСКОНТАКТНЫЕ СЕЛЬСИНЫ

Параметр	Сельсин		
	БД-404НА	БС-404НА	БС-155А
Напряжение питания, В	110	110	100
Частота напряжения, Гц	50	50	400
Погрешность при классе точности, %:			
1	—	±45	±5
2	—	±90	±10
3	—	±150	±20
Потребляемый ток, А	0,4	0,4	0,15

обмоткой, называемой обмоткой синхронизации. В зависимости от конструкции обмотка возбуждения сельсина может быть расположена на статоре или роторе.

Статор 5 бесконтактного сельсина (рис. 53) набирают из листовой электротехнической стали с поперечной шихтовкой. Трехфазную обмотку синхронизации 3 укладывают в пазы статора, а лобовые части ее отгибают. Пакет статора прессовывают в алюминиевый корпус и укрепляют его на выступах между продольными пакетами во внешнем магнитопроводе 4. По обе стороны статора укладывают обмотки возбуждения 2, выполненные в виде колец, которые удерживаются впрессованными кольцевыми тороидами 1, которые набирают из листовой трансформаторной стали с поперечной шихтовкой. Для уменьшения паразитных зазоров между боковыми кольцами и пакетом внешнего магнитопровода места посадки и сами кольца шлифуют. Ротор 6 сельсина имеет два полюса 7 и 8, разделенных немагнитными промежутками. Полюсы ротора набирают из изолированных листов электротехнической стали, расположенных в аксиальном направлении и укрепленных на оси посредством заливки алюминием, который является основным крепящим материалом ротора.

Принцип действия бесконтактного сельсина (рис. 53). Пусть в данный момент времени магнитный поток направлен справа налево.

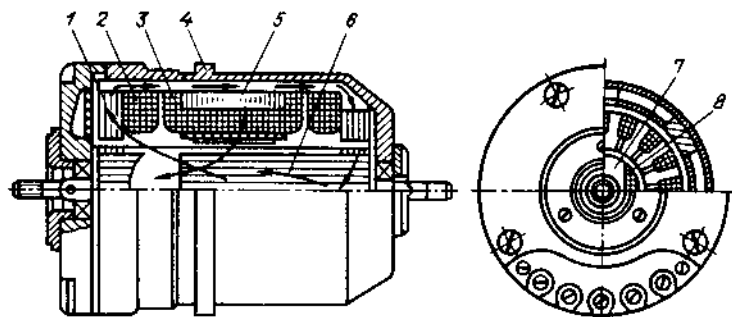


Рис. 53. Бесконтактный сельсин типа БД-404НА

Чтобы магнитный поток замкнулся вокруг обмоток возбуждения, ему необходимо пройти из правого полюса в левый. Однако между полюсами ротора имеется большой немагнитный промежуток, который оказывает потоку большее сопротивление. Вследствие этого поток устремляется в обход этого промежутка через воздушный зазор между правым полюсом ротора и статором, а затем по зубцам статора через воздушный зазор между статором и левым полюсом ротора снова попадает в магнитную цепь ротора.

Затем поток через воздушный зазор проходит левый тороид, из которого попадает в стержни внешнего магнитопровода, правый тороид и, пройдя через воздушный зазор между правым тороидом и ротором, замыкается в правом полюсе ротора.

Проходя по статору, магнитный поток обмотки возбуждения складывается с магнитным потоком обмотки синхронизации и в ней наводится ЭДС. Магнитное взаимодействие обмотки возбуждения с той или иной фазой обмотки синхронизации зависит от положения ротора с его магнитопроводом.

Условия эксплуатации сельсинов: температура воздуха – 50... + 50° С; относительная влажность окружающего воздуха не более 98 % при 25° С; электромашины должны работать нормально при вибрации с частотой 10 Гц и ускорением 0,6g. При эксплуатации условиями поддержания высокой надежности вращающихся трансформаторов и сельсинов являются: 1) правильный выбор и соблюдение электрических и эксплуатационных режимов работы; 2) соблюдение правил монтажа, механического и электрического сопряжения (несоосность сочленения валов 0,01 мм).

Перед установкой микромашины в устройство управления станком необходимо: 1) удалить смазочный материал с концов вала марлей, смоченной бензином, при этом необходимо исключить попадание бензина в подшипниковые узлы; 2) протереть контактные кольца у контактных электромашин батиновой лентой, смоченной спиртом. При установке микромашины в устройство станков не допускаются удары по ним. При эксплуатации по мере необходимости, но не реже чем через каждые 250 ч, удалять из микромашины пыль продувкой сухим чистым сжатым воздухом, протереть контактные кольца батиновой тряпочкой, смоченной спиртом. Клеммная панель микромашины должна содержаться в чистоте, при пайке проводов к лепесткам не допускать их длительное нагревание. Тахогенераторы используют в качестве датчиков в измерительных системах обратной связи по скорости. Тахогенераторы типа ТД, ПТ, ТГ и ТМГ (табл. 22) – малоинерционные реверсивные микромашины постоянного тока с независимым возбуждением – предназначены для преобразования частоты вращения в пропорциональный электрический сигнал.

Встроенные в электродвигатели серии 2П тахогенераторы типа ТС1 входят в состав комплексного электропривода (серий ЭТ6, БТУ и др.). Конструктивно тахогенератор представляет собой коллекторную микромашину постоянного тока с независимым возбуждением.

Сердечник якоря тахогенератора составлен из штампованных

22. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТАХОГЕНЕРАТОРОВ

Параметр	Тахогенератор					
	ТД-101	ТД-102	ТД-103	ПТ-1	ТГ-1	ТМГ-30
Напряжение возбуждения, В	110	110	110	55	—	110
ЭДС якоря, В	48	100	150	230	100	230
Частота вращения, об/мин	1000	1000	1500	1500	3000	4000
Допустимый ток нагрузки, А	0,1	0,1	0,08	0,065	—	0,13
Сопротивление цепи якоря постоянному току, Ом, не более	80	320	710	123	200	100
Крутизна нарастания напряжения, мВ·мин/об	20–26	46–53	93–110	—	30	54–63
Нелинейность напряжения, %:						
прямая	1,5	1,5	1,5	—	0,2	1
реверсивная	—	—	—	—	0,2	2
Асимметрия напряжения, %	±2,5	±2,5	±2,5	—	±0,2	±2

листов электротехнической стали, в пазах сердечника размещена обмотка якоря. Спрессованный сердечник якоря в осевом направлении удерживается нажимными шайбами. Эти шайбы имеют кольца, на которые опираются лобовые части обмотки якоря. На валу якоря размещен коллектор. В корпусе тахогенератора установлены башмаки

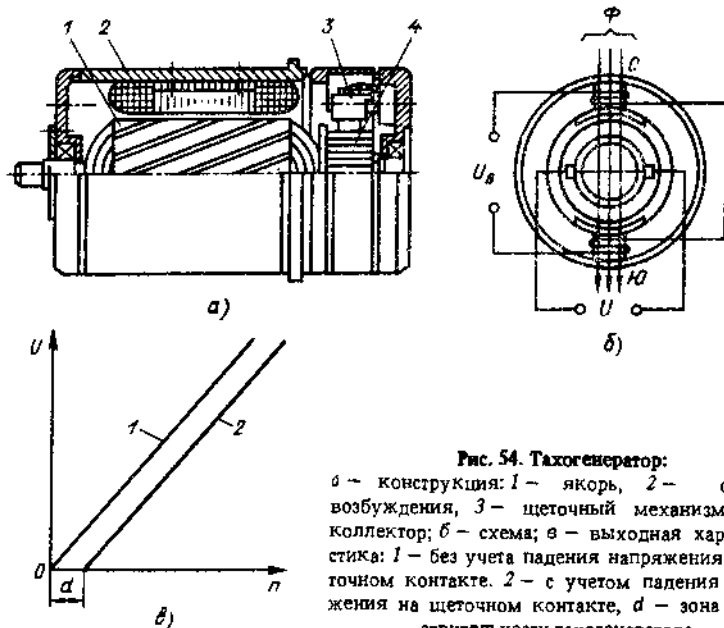


Рис. 54. Тахогенератор:

a — конструкция: 1 — якорь, 2 — обмотка возбуждения, 3 — щеточный механизм, 4 — коллектор; *б* — схема; *в* — выходная характеристика: 1 — без учета падения напряжения на щеточном контакте, 2 — с учетом падения напряжения на щеточном контакте, *d* — зона нечувствительности тахогенератора

из электротехнической стали, на которых закреплены обмотки возбуждения. Две крышки с подшипниковыми узлами устанавливают в корпус и центрируют проточками. Крышки крепят между собой за счет сквозных шпилек. На задней крышке смонтированы щеточный узел и клеммная панель.

По принципу действия тахогенератор является электрической коллекторной микромашиной, работающей в генераторном режиме. Обмотка возбуждения тахогенератора с независимым возбуждением питается напряжением постоянного тока $U_{\text{в}}$ (рис. 54,а).

Показателями тахогенератора постоянного тока являются крутизна нарастания напряжения, асимметрия выходного напряжения и зона нечувствительности (рис. 54,б).

При эксплуатации и пусконаладочных работах для поддержания высокой надежности необходимо: 1) не реже чем через 200 ч работы протереть батиновой салфеткой, смоченной спиртом, коллектор и контактное устройство; 2) проверить легкость вращения якоря, поворачивая вал электромашины на 8 . . . 10 оборотов по и против часовой стрелки; 3) не допускать регулировки и изгиба контактных пружин, так как этим нарушается величина нажатия щеток, что может вызвать нарушение работоспособности микромашины; 4) не допускать регулировку крепежных винтов, что может привести к разрегулировке; 5) не допускать установки электромашин вблизи мест скопления металлической пыли, стружки или опилок; 6) не допускать ударов при установке микромашин; 7) не допускать перегрева контактов и их изгибания при подключении электроприводов.

23. ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Параметр	Датчик	
	BE-178	BE-178-1
Число штрихов лимба на один оборот вала	600; 1000; 1024; 1500; 2000; 2500	100
Число выходных сигналов	6	4
Форма сигналов	Прямоугольная	Прямоугольная
Максимальная рабочая частота, кГц, не менее	100	10
Скважность выходных сигналов	$2 \pm 0,4$	$2 \pm 0,6$
Длительность фронтов импульсов, мкс	1	1
Накопленная погрешность системы, ' не более	4	20

Преобразователь измерительный фотоэлектрический BE-178 (табл. 23) предназначен для преобразования угла поворота вала датчика в сигнал, содержащий информацию о величине и направлении этого поворота. Перед монтажом датчика необходимо удалить смазочный материал с поверхностей. После этого поверхности надо протереть насухо салфеткой. Работы по расконсервации должны проводиться так, чтобы растворитель и смазочный материал не попали на резиновые, пластмассовые детали, поверхности с лакокрасочными покрытиями и контактные соединения.

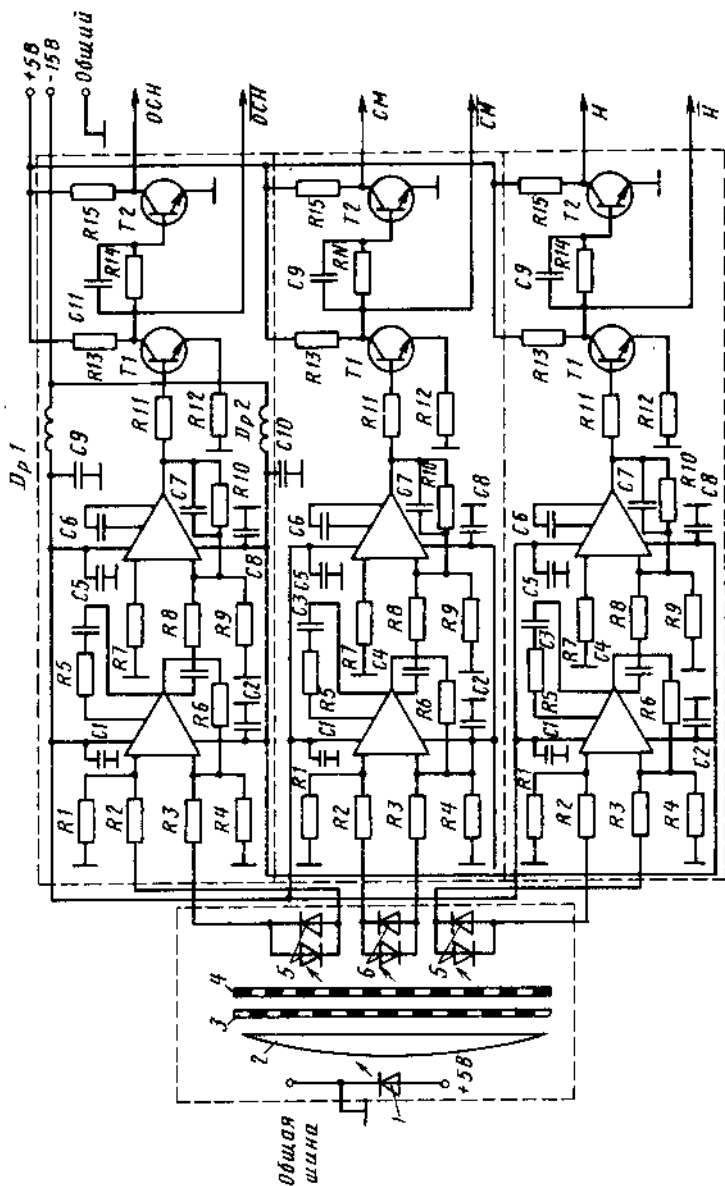


Рис. 55. Оптическая система и схема преобразователя ВВ-178

Для приработки подшипников датчика его вал прокручивают с частотой 1000 об/мин в течение 2...3 ч. Преобразователь состоит из механической, оптической и электронной частей. Механическая часть обеспечивает точное вращение вала преобразователя.

Оптическая система (рис. 55) проводит световой поток от светодиода 1 через линзу 2, растровую индикаторную пластину 3 и растровый диск 4. При вращении растрового диска меняется световой поток, который попадает на фотодиоды 5 и 6.

Растровый диск и растровая индикаторная пластина в паре создают растровое сопряжение. На индикаторной пластине растры расположены в два сектора, сдвинутые один относительно другого на 1/4 шага растров. Два фотодиода, установленные под каждым из секторов растровой индикаторной пластины и сопрягаемые с ними растрами диска, выдают первичные сигналы ОСН и СМ.

Фотодиод, расположенный в центральной части растрового диска, выдает первичный сигнал начала отсчета Н. Первичные сигналы поступают на входы усилителей, где усиливаются до необходимого значения и через формирователи преобразуются в прямоугольные импульсы (рис. 56).

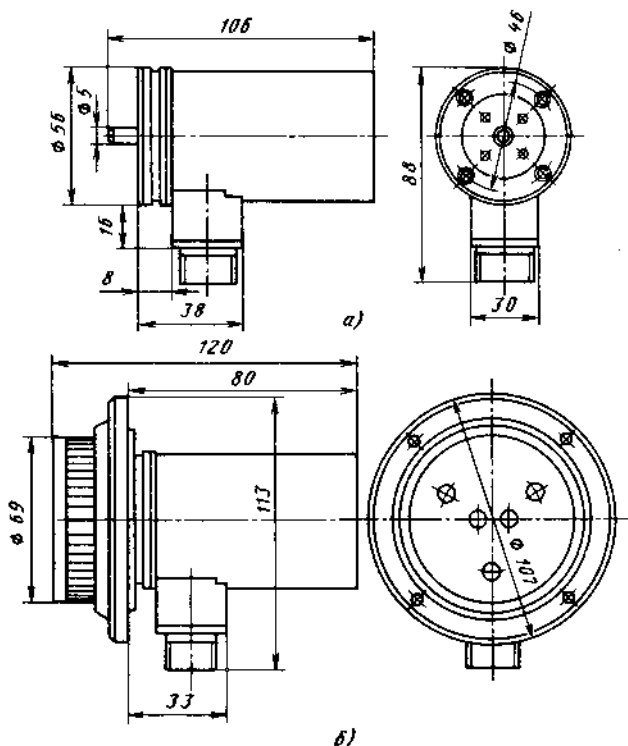
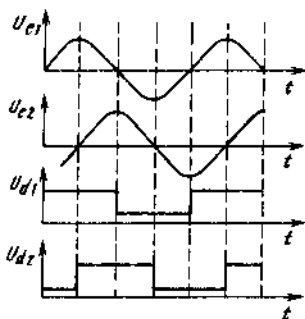
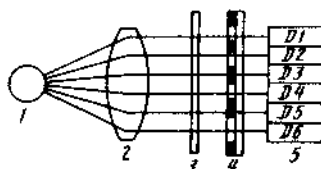


Рис. 56. Размеры преобразователя исполнения BE-178 (а) и исполнения BE-178-1 (б)

Рис. 57. Оптическая схема ВВ-178:

1 — светодиод; 2 — линза; 3 — индикаторная линейка; 4 — растровая (штриховая) линейка; 5 — фотодиоды; U_{e1} — выходное напряжение фотодиодов D1 и D3; U_{e2} — выходное напряжение фотодиодов D2 и D4; U_{d1} и U_{d2} — напряжение после формирователя



Точность работы следящего привода подачи зависит от погрешностей измерительной системы обратной связи, датчиков обратной связи, погрешностей передаточных механизмов привода и самого рабочего органа станка.

Измерение перемещения рабочего органа преобразователем ВВ-178 основано на фотоэлектрическом принципе считывания штрихов шкалы линейки. На линейке нанесены деления — штрихи, расстояние между которыми равно их ширине (рис. 57).

Конструктивно штрихи и зазоры выполнены так, что имеют разную светопропускаемость. Проходящие световые лучи попадают в отверстие растровой линейки и после усиления оптической системой улавливаются фотодиодами, в которых световой поток преобразуется в электрический сигнал. Поскольку отверстия растровой линейки для каждой пары фотодиодов смещены на $1/4$ периода (соответствует электрическим 90°), электрические выходные сигналы при взаимном перемещении линеек сдвинуты по фазе на соответствующую величину. Синусоидальные сигналы преобразуются в прямоугольные, и оцениваются их передние и задние фронты. Оценка последовательности передних фронтов импульсов дает информацию о направлении вращения датчика, а значит, и направлении движения рабочего органа (сумма импульсов — это измеряемое перемещение).

Стенд для контроля и измерения основных параметров фотоимпульсных датчиков изображен на рис 58,а. Измеряемые характеристики: скважность выходных импульсов, количество импульсов на оборот вала, фазовый сдвиг между основными и смещенными импульсами, определение правильности фаз сигналов и взаимного их расположения на временной оси, включая сигналы Н и И. С помощью осциллографа на стенде можно измерить: уровень сигналов, несовпадения фронтов основного импульса и начала отсчета, длительность сигнала. На стенде осуществляется автоматический и ручной контроль наличия выходных сигналов датчика.

Рассмотрим работу на стенде в ручном режиме при измерении скважности. На подставку устанавливается фотоимпульсный датчик, фиксируют его стопорными винтами, подключают разъем питания. Соединяют с помощью гибкого валика приводной электродвигатель с

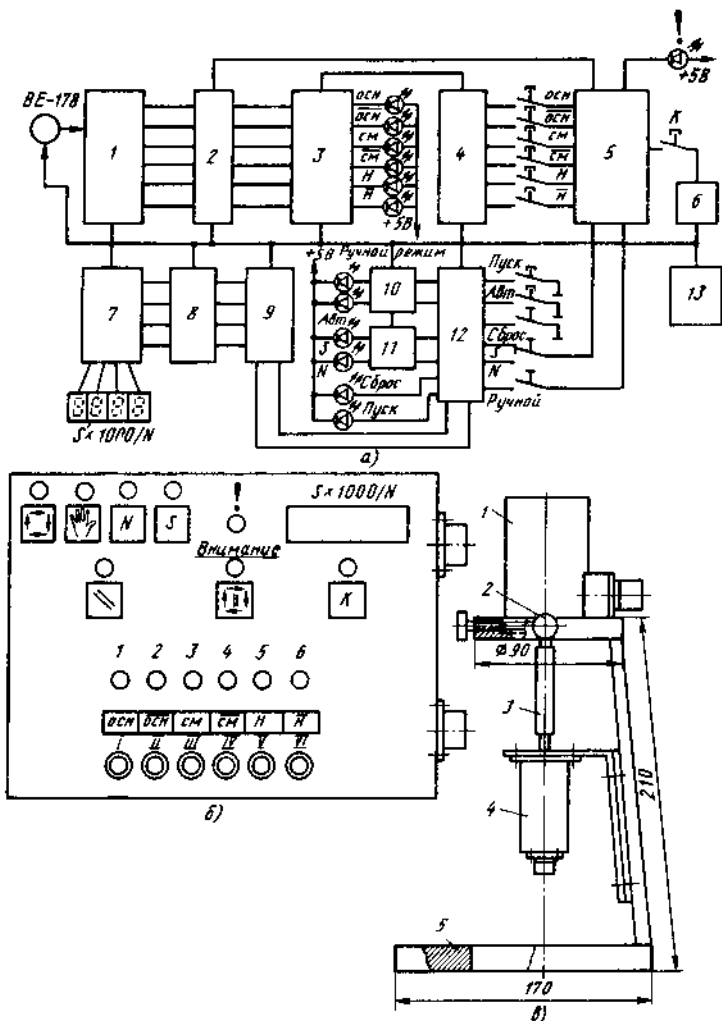


Рис. 58. Стенд для испытания фотоимпульсных датчиков:

а — схема стенда для проверки фотоимпульсных датчиков типа BE-178, BE-51, IGR и СИФ-3: 1 — блок согласования, 2 — схема И, 3 — регистр, 4 и 12 логическое устройство, 5 — устройство управления пультом оператора, 6 — генератор, 7 — дешифратор, 8 — мультиплексный селектор, 9 — логическое устройство, 10 и 11 — триггер, 13 — источник питания; б — передняя панель пульта оператора; в — подставка для испытуемого датчика: 1 — фотоимпульсный датчик, 2 — стопорные винты, 3 — гибкий вал, 4 — приводной электродвигатель постоянного тока, 5 — подставка

валом датчика. После включения вводного автомата стенд готов к работе.

При измерении скважности на стенде необходимо нажать кнопку „Счет скважности S” и „Ручной режим” (рис. 58,б). С помощью кнопок ОСН, $\overline{\text{ОСН}}$, СМ, $\overline{\text{СМ}}$, Н и $\overline{\text{Н}}$, выбрать один из измеряемых сигналов датчика ВЕ-178: ОСН, СМ, Н или инверсные им сигналы $\overline{\text{ОСН}}$, $\overline{\text{СМ}}$, $\overline{\text{Н}}$. Нажать кнопку „Пуск” и через $1 \dots 50$ с в зависимости от частоты вращения вала приводного двигателя значение скважности индуцируется на четырехразрядном цифровом семисегментном индикаторе $S \times 1000/\text{N}$, причем для сигнала $\overline{\text{Н}}$ измеряется скважность инвертируемых импульсов. Для повторного измерения необходимо снова нажать кнопку „Пуск”.

При измерении числа импульсов за оборот вала датчика в ручном режиме необходимо нажать кнопку N „Счет количества импульсов на оборот” и кнопку „Ручной режим”. Нажатием соответствующей кнопки выбрать для измерения один из четырех сигналов датчика ОСН, $\overline{\text{ОСН}}$, СМ или $\overline{\text{СМ}}$. Нажать кнопку „Пуск”. После окончания счета на цифровом индикаторе $S \times 1000/\text{N}$ высветится число импульсов за один оборот вала датчика одного из четырех выходных сигналов. Для повторного измерения необходимо нажать кнопку „Пуск”.

При автоматическом режиме измерения скважности необходимо нажать кнопку „Счет скважности” и кнопку „Автоматический режим”. Дальнейший порядок работы сохраняется таким же, как и при ручном режиме, с тем лишь различием, что пуск измерения осуществляется автоматически каждый раз после окончания счета. Индикация скважности при этом сохраняется в течение одного оборота вала датчика. Индикатор над кнопкой „Пуск” не гаснет. Для останова счета достаточно перевести работу стенда в ручной режим, нажав соответствующую кнопку, или кнопкой „Сброс” остановить работу стенда.

При автоматическом режиме работы для измерения числа импульсов за один оборот вала датчика необходимо нажать кнопку „Счет количества импульсов на оборот” и кнопку „Автоматический режим”. Одной из кнопок ОСН, $\overline{\text{ОСН}}$, СМ или $\overline{\text{СМ}}$ выбрать для измерения соответствующий сигнал и нажать кнопку „Пуск”. После окончания подсчета количества импульсов за оборот, дальнейший пуск осуществляется автоматически, индикация сохраняется в течение трех оборотов вала датчика. Индикатор над кнопкой „Пуск” не гаснет.

Работа стенда в режиме „Контроль”. После нажатия кнопки К над ней загорается светодиодный индикатор. При отсутствии любого из четырех сигналов ОСН, $\overline{\text{ОСН}}$, СМ и $\overline{\text{СМ}}$ с выхода датчика ВЕ-178 в течение приблизительно 1,5 мс или одного из двух сигналов Н и $\overline{\text{Н}}$ в течение 1,5 с загорается индикатор „Внимание”.

Шесть индикаторов 1. . . 6 над кнопками ОСН, $\overline{\text{ОСН}}$, СМ, $\overline{\text{СМ}}$, Н и $\overline{\text{Н}}$ служат для визуального контроля наличия импульсов и определения неисправного канала при пропадании одного из сигналов даже на короткое время.

Если датчик неисправен, горят четыре светодиодных индикатора 1. . . 4 с разной степенью яркости. При пропадании одного или не-

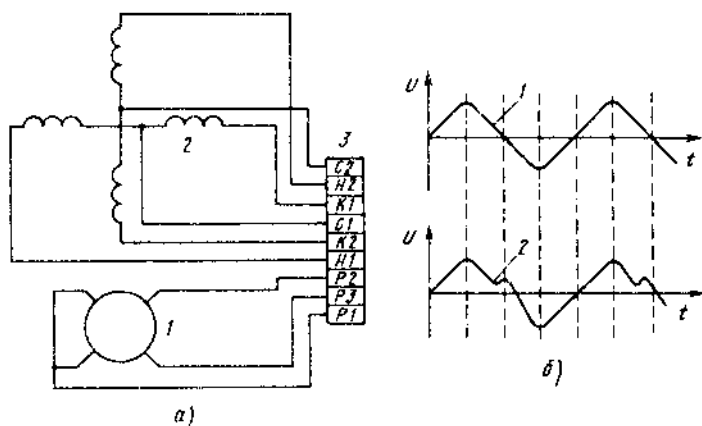


Рис. 59. Схема и формы сигналов вращающегося трансформатора:
 а — схема: 1 — ротор, 2 — статор, 3 — клеммная колодка; б — гармонический сигнал при отсутствии 1 и наличии 2 неисправности

скольких сигналов из четырех ОСН, $\overline{\text{ОСН}}$, СМ или $\overline{\text{СМ}}$ соответствующие индикаторы будут погашены, а остальные загорятся с максимальной яркостью. Индикаторы 6 и 7 будут мигать по-прежнему. Таким образом, при загорании индикатора „Внимание!” определяют неисправный канал. Для сброса индикатора „Внимание!” необходимо нажать на кнопку „Сброс”, для повторного режима „Контроль” — кнопку К.

Измерительная система станка с ЧПУ, выполненная на вращающемся трансформаторе типа ВТМ-1М для косвенного измерения углов поворота, представляет собой миниатюрную электрическую машину (рис. 59) с точной измерительной обмоткой. Ее ротор имеет одну обмотку, а статор — две обмотки, электрически перпендикулярные одна к другой. Поскольку ротор датчика отслеживает движение рабочего органа, разность индуцированного и питающего напряжений индукционного вращающегося датчика пропорциональна углу поворота ротора (фазовое измерение).

Неисправности вращающихся трансформаторов можно обнаружить, подавая на их обмотки гармонический сигнал и фиксируя его искажение. Гармонический контрольный сигнал подается в замкнутый контур (точки P1 и P2), образуемый обмотками ротора (см. рис. 59, а). Искажение (рис. 59, б) этого сигнала по амплитуде позволяет обнаружить наличие межвитковых замыканий, обрыва обмоток и линий связи в контролируемых трансформаторах. Поскольку при вращении ротора уровень выходного напряжения меняется, то при обнаружении неисправности необходимо установить ротор в нулевое положение, либо зафиксировать номинальное значение напряжения, соответствующее положению ротора трансформатора.

Индуктосин — это циклическое аналоговое устройство для пря-

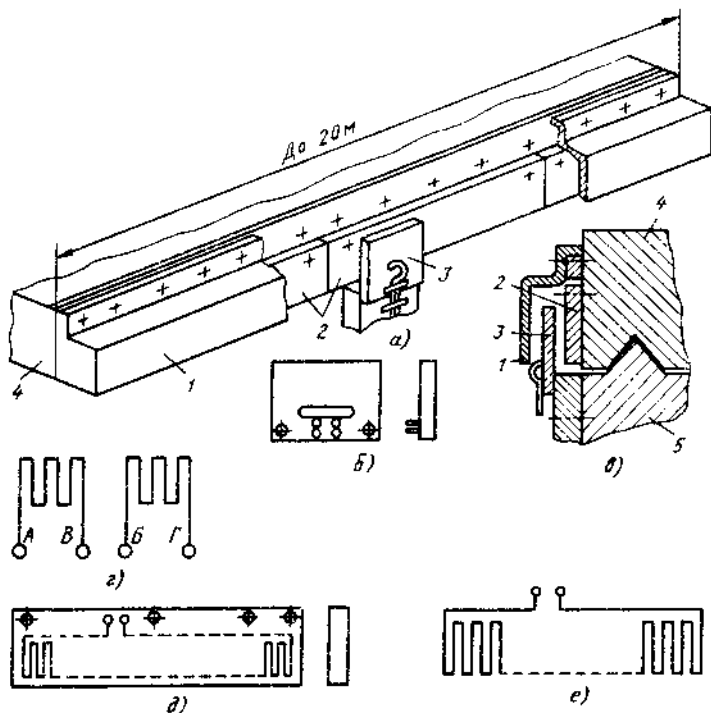


Рис. 60. Индуктосин:

а, в — схема монтажа измерительных линеек из индуктосинов типа ПИЛП-1-А2: 1 — защитный кожух, 2 — линейные индуктосины, 3 — головка, 4 — подвижная часть станка, 5 — неподвижная часть станка; б — головка индуктосина типа ПИЛП-1-А2; в — схема головки: А, В, Б, Г — обозначение выводов обмоток головки; г — линейка индуктосина типа ПИЛП-1-А2; е — схема линейки

мого измерения линейных перемещений. По принципу работы он аналогичен синусно-косинусному трансформатору. Индуктосин состоит из двух перемещающихся друг относительно друга деталей: линейки и головки (рис. 60). Обмотки линейки и головки получают травлением печатных схем на несущей металлической плите. Шаг отдельных проводников на головке и линейке одинаков. Сопротивление печатной обмотки линейки $(4,5 \pm 1)$ Ом, каждой обмотки головки $(2 \pm 0,2)$ Ом. Обмотка головки разделена на две секции со сдвигом одной относительно другой на $1/4$ шага обмотки.

ГЛАВА V. УЧПУ И ИХ НАЛАДКА

1. ТИПЫ УЧПУ

Технический уровень УЧПУ определяется уровнем выполнения задач программного управления и входящими в него комплектующими элементами.

Устройство позиционного ЧПУ типа 2П62-3И (табл. 24) предназначено для управления станками расточной группы, где требуются перемещение по заданной программе и обработка заготовки путем поочередного перемещения рабочих органов вдоль координатных осей станка.

24. УЧПУ 2П62-3И

Характеристика	Значение
Класс устройства	Позиционный
Способ задания размеров	В абсолютных значениях
Число одновременно управляемых координат	2
Дискретность задания перемещения по осям, мм	0,01
Программноситель	8-дорожковая перфолента шириной 25,4 мм
Максимальная длина перфоленты, м	100
Скорость считывания информации с перфоленты, строк/с, не менее	200
Возможные типы датчиков обратной связи	Сельсин БС-155А, вращающийся трансформатор ВТМ-1В или индуктосин
Тип привода	Ступенчатый
Питание устройства от трехфазной сети переменного тока:	
напряжение, В	$380 \pm 10\%$ -15%
частота, Гц	$50 \pm 2\%$
Потребляемая мощность, кВт · А, не более	1
Масса, кг	295

Устройство выполнено по структуре специализированной ЭВМ на базе интегральных микросхем серии К155. Оно представляет собой стационарный панельный шкаф, объединяющий логическую и электрическую части устройства с источниками питания, органами управления, ввода информации, индикации и сигнализации.

Шкаф выполнен в брызгозащитном исполнении и имеет приточную и вытяжную вентиляцию (рис. 61). УЧПУ совместно с пультом управления организует работу станка на всех режимах. В устройстве предусмотрены следующие режимы: автоматический, наладочный, покадровый ввод информации и обработка заданного кадра, пропуск отработки помеченных кадров программы. По команде с устройства управления в устройство ввода поступает информация о заданных координатах или технологических командах. В устройстве ввода информация

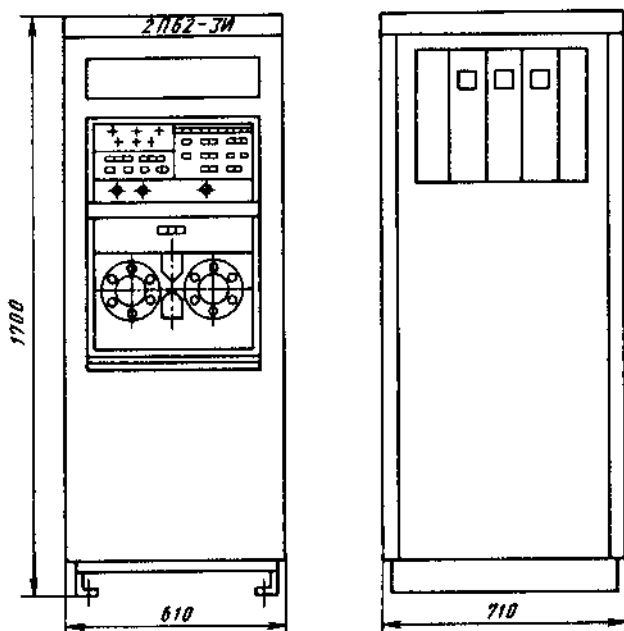


Рис. 61. Устройство позиционного ЧПУ типа 2П62-3И

контролируется по четности, распознается по адресам и распределяется по времени.

Информация, необходимая для определения размера и направления перемещения исполнительных органов станка, поступает в арифметическое устройство, которое управляет устройством управления приводом. Устройство управления приводом получает информацию от арифметического устройства и выдает на станок сигналы о направлении движения в виде напряжения, амплитуда которого пропорциональна скорости перемещения исполнительных органов станка. При достижении точки позиционирования напряжение снижается и в точке, где необходимо остановиться, снижается полностью. При этом происходит остановка рабочего органа станка.

В устройстве индикации обеспечивается визуальное представление о размере перемещения по координатам, технологических командах, кодах неисправностей, причине останова отработки программы.

Длина соединительного кабеля между устройством ЧПУ и станком ≤ 30 м. Соединительные кабели должны быть защищены от механических повреждений. При изготовлении экранированных проводов кабелей связи с датчиками обратной связи длина неэкранированных частей каждого провода ≤ 30 мм. Выводы экрана кабелей при соединении в промежуточных местах должны обеспечивать электрический контакт отдельных частей экрана на всем протяжении кабеля.

Экраны должны быть изолированы от корпуса защитного корпуса и подсоединены к шине заземления выходных разъемов устройства. Кабели связи устройства ЧПУ со станком должны быть удалены от силовых цепей на расстояние ≥ 300 мм.

УЧПУ типа „Электроника НЦ-31” предназначено для оперативного управления станком со следящими приводами и измерительными фотоимпульсными датчиками. Основной областью применения устройства является управление токарными и револьверными станками. Устройство обеспечивает ввод, редактирование, автоматическую отработку программ обработки деталей с клавиатуры пульта.

25. УЧПУ „ЭЛЕКТРОНИКА НЦ-31”

Характеристика	Значение
Класс устройства	Контурное
Тип интерполяции	Линейная и круговая
Способ задания размеров в программе	В приращениях
Число одновременно управляемых координат	2
Дискретность, мм	0,005 и 0,01
Ввод программы	С клавиатуры
Точность позиционирования	1 дискрета
Объем памяти, Кбайт:	
постоянной	16
оперативной	8
Датчик обратной связи	Фотоимпульсный ВЕ-178
Тип привода	Следящий электрический
Питание устройства от однофазной сети переменного тока:	
напряжение, В	$220 \pm 10\%$
частота, Гц	$50 \pm 2\%$
Потребляемая мощность, В · А	400
Масса, кг	30

УЧПУ „Электроника НЦ-31” (табл. 25) выполнено без защитного кожуха, и поэтому к месту установки устройства предъявляются следующие требования: устройство должно встраиваться в металлический защитный корпус; конструкция защитного кожуха должна обеспечивать надежную защиту устройства от стружки, эмульсии, масла, мелкой металлической пыли и воды; в месте расположения устройства должно быть предусмотрено принудительное воздушное охлаждение; отверстия для входа и выхода воздуха должны быть защищены фильтрами с толщиной рабочего полотна не более 6 мм; очистка фильтров должна производиться не реже одного раза в неделю, а их замена не реже одного раза в шесть месяцев.

Аппаратная часть устройства „Электроника НЦ-31” (рис. 62) выполнена на базе микроЭВМ. В состав комплекта входят следующие блоки (рис. 63): пульт оператора (ПО), контроллер электроавтоматики (устройство 9201), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), процессор (ПРЦ), блоков питания (БПС-18-1-2 и БПС-18-1-1), блок АМТ, контроллер

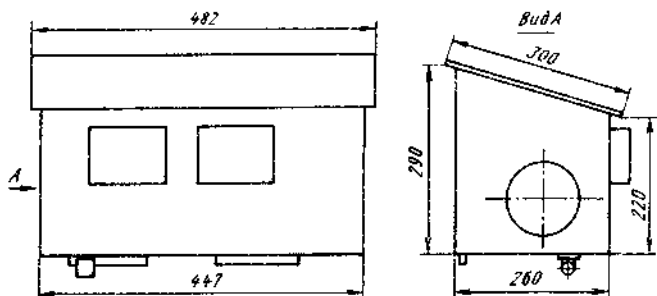


Рис. 62. УЧПУ типа „Электроника НЦ-31“

измерительных преобразователей (устройство 9202), контроллер привода (устройство 9203).

Пульт оператора является аппаратным средством для реализации выполнения загрузки и редактирования программ обработки детали; режима работы станка; индикации информации о состоянии системы ЧПУ; пошагового режима отладки программы и ручного ускоренного перемещения инструмента.

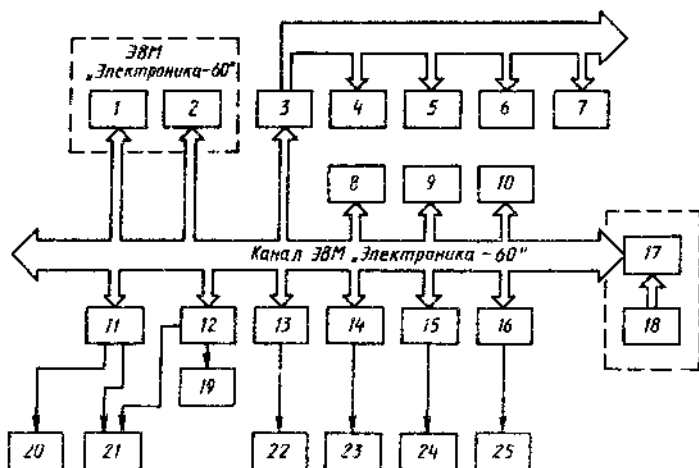


Рис. 63. Схема УЧПУ типа 2C42:

1 — модуль центрального процессора; 2 — модуль ОЗУ; 3 — интерфейс связи со станком; 4 — блок выходных сигналов; 5 — блок входных сигналов; 6 — цифроаналоговый преобразователь привода; 7 — модуль датчика; 8 — модуль регенерации памяти; 9 — таймер; 10 — часы; 11 — интерфейс пульта управления клавиатуры; 12 — интерфейс БОСИ и печати; 13 — интерфейс; 14 — интерфейс перфоратора; 15 — интерфейс ЭВМ высшего ранга; 16 — интерфейс БУ и БПК; 17 — адаптер канала; 18 — „Электроника-60“; 19 — дисплей; 20 — пульт управления; 21 — электрофицированная печатающая машинка „Консул-60“; 22 — фотосчитывающее устройство; 23 — перфоратор ПЛ-150; 24 — ЭВМ высшего ранга; 25 — модуль управления приводом

Устройство 9201 служит для приема информации от узла электроавтоматики и выдачи управляющей и технологической команд в электроавтоматику станка. Устройство ОЗУ предназначено для запоминания и хранения программ обработки и технологической информации.

Процессор (ПРЦ) предназначен для выполнения: вычислений адресов и команд, размещенных в памяти УЧПУ; обмена информацией с другими устройствами УЧПУ; арифметических и логических вычислений микропрограммной и программной части процедур.

Стабилизированные блоки питания обеспечивают питание микроЭВМ, цифроаналоговых преобразователей, датчиков положения и резбонарезания, устройств электроавтоматики и согласующих устройств. Блок АМТ осуществляет обмен данными между процессором и устройством связи со станком.

Устройство 9202 выполняет прием информации о пути и направлении перемещения исполнительного механизма привода, хранение и передачу ее в процессор.

Устройство 9203 предназначено для приема и хранения информации о величине скорости подачи исполнительного механизма привода и формировании пропорционального ей аналогового сигнала постоянного тока. Средняя наработка на отказ УЧПУ „Электроника НЦ-31” не менее 2000 ч.

26. УЧПУ ТИПА 2С42-62

Характеристика	Значение
Класс устройства	Контурно-позиционный
Тип интерполяции	Линейный и круговой
Число одновременно управляемых координат	до 4
Дискретность, мм	0,001
Программноситель	Перфолента
Объем ОЗУ, Кбайт	72
Возможные типы датчиков обратной связи	ВТМ, индуктосин или сельсин
Тип привода	Следящий
Рабочая подача, м/мин	до 5
Быстрый ход, м/мин	до 15
Питание устройства от трехфазной сети переменного тока:	
напряжение, В	380 + 10% - 15%
частота, Гц	50±2%
Потребляемая мощность, кВт · А	1
Масса, кг	260

УЧПУ типа 2С42 (табл. 26) предназначено для управления многоцелевыми станками, оснащенными следящими приводами подачи. Устройство выполнено на базе микроЭВМ и по схемно-структурной организации и является устройством типа CNC со свободным программированием алгоритмов управления. Конструктивно устройство выполнено в виде шкафа и разделено на блоки. На передней двери шкафа расположены пульты управления, коррекции и фотосчитывающее устройство.

УЧПУ оснащено перепрограммируемым ОЗУ с ультрафиолетовым стиранием информации с блоком программирования, что позволяет потребителю послать в память разработанное им программное обеспечение. ОЗУ обеспечивает ввод с перфоленты технологических программ для обработки сложных деталей.

В качестве процессора в устройстве типа 2С42 применена микро-ЭВМ „Электроника-60“, которая через общую шину и интерфейсы соединена с блоком оперативной памяти (в том числе для управляющих, технологических и функциональных программ), устройством считывания перфолент, пультом управления и индикации, устройством управления следящими приводами станка (интерфейс связи со станком), включающим цифроаналоговые преобразователи (ЦАП) и блоки входных и выходных сигналов дисплея БОСИ перфоратором ПЛ-150 и др.

Имеется также возможность подключения ЭВМ через интерфейс прямого доступа в память. Кроме того, в УЧПУ используют блоки преобразователей кодов (БПК) и быстрого умножения (БУ). Каждое из этих устройств может подключаться через общую шину „Канал ЭВМ“ к

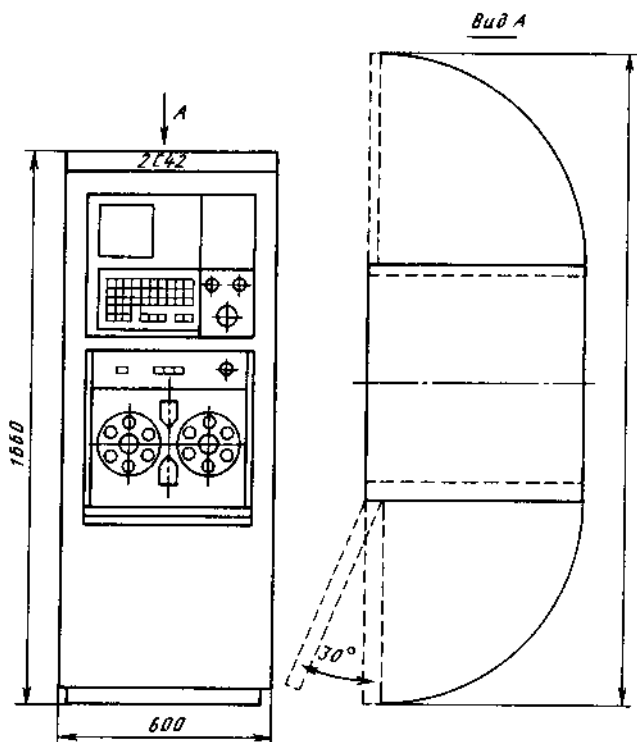
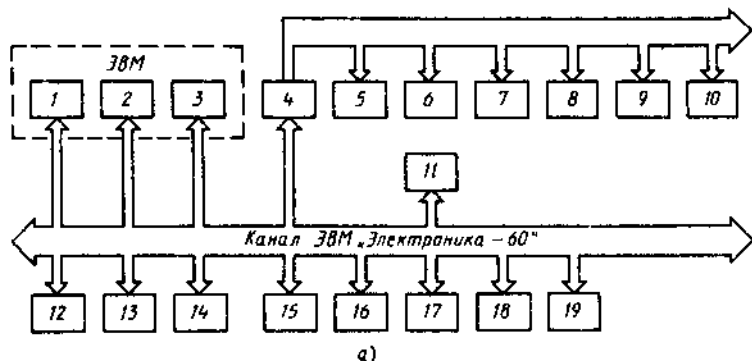
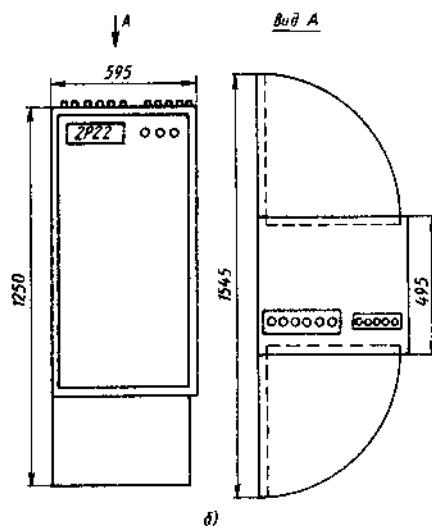


Рис. 64. УЧПУ типа 2С42



а)



б)

Рис. 65. УЧПУ типа 2P22:

а - схема приборного блока: 1 - центральный процессор, 2 - запоминающее устройство (ЗУ), 3 - постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), 4 - интерфейс связи со станком, 5 - блок входных сигналов, 6 - блок выходных сигналов, 7 - блок привода, 8 - цифроаналоговый преобразователь привода, 9 - модуль адаптивного управления, 10 - модуль связи с датчиком обратной связи, 11 - таймер, 12 - интерфейс, 13 - интерфейс пульта управления, 14 - интерфейс БОСИ и печати, 15 - интерфейс ФСУ, 16 - интерфейс перфоратора, 17 - интерфейс КНМЛ, 18 - интерфейс блока управления, 19 - интерфейс ЭВМ высшего ранга, б - размеры 2P22

центральному процессору в необходимые моменты времени по соответствующей программе. Число этих устройств может меняться в зависимости от типа конкретных станков, с которыми должна работать данная модификация УЧПУ.

Используемая в устройстве микроЭВМ в совокупности с необходимым математическим обеспечением реализует заданный состав алгоритмов управления, вычисления траекторий и скоростей перемещения рабочих органов, выдачу управляющих последовательностей команд выполнения стандартных и технологических циклов, решение задач редактирования управляющих программ (УП). Устройство обеспечивает управление приводами подач и главного движения.

Условия эксплуатации устройства типа 2С42 (рис. 64): температура

5. . . 40°C; относительная влажность до $(65 \pm 15)\%$ при 30°C. Нарботка на отказ ≥ 1000 ч.

В УЧПУ типа 2Р22 (табл. 27) входят приборный блок, пульт управления, БОСИ, кассетный накопитель на магнитной ленте (КНМЛ) и блок управления приводом.

27. УЧПУ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТИПА 2Р22

Характеристика	Значение
Класс устройства	Контурно-позиционный
Тип интерполяции	Линейно-круговая
Число одновременно управляемых координат	До 4
Программоноситель	Перфолента
Емкость ОЗУ, Кбайт:	
постоянного	32
оперативного	10
Возможные типы датчиков обратной связи	ВТМ, индуктосин, резольвер или фотоимпульсный ВЕ-178
Быстрый ход, м/мин	До 15
Питание устройства от трехфазной сети переменного тока:	
напряжение, В	$380 \begin{smallmatrix} +10\% \\ -15\% \end{smallmatrix}$
частота, Гц	$50 \pm 2\%$
Потребляемая мощность, кВт · А	1,1
Масса, кг	150

Приборный блок (рис. 65, а) предназначен для приема сигналов от периферийных устройств и управляемого станка, их анализа и выдачи управляющих воздействий в соответствии с алгоритмом работы, заложенным в программном обеспечении. Приборный блок выполнен в виде стационарного шкафа. Для обеспечения помехозащищенности силовые цепи выполнены экранированными проводами.

Пульт управления (рис. 65, б) позволяет вести редактирование УП, задавать режимы работы устройства, производить ручной ввод данных, вести диалог с устройством и др.

БОСИ предназначен для отображения на электронно-лучевой трубке буквенно-цифровой информации (цифр, букв русского и латинского алфавитов). Блок используется при вводе программы, ее редактировании, контроле, диагностике, индикации технологической программы, размера инструмента, режимов работы и текущей геометрической информации о перемещении исполнительных органов станка.

КНМЛ принимает дискретную информацию от приборного блока на магнитную ленту, хранит ее и в случае надобности вновь выдает в приборный блок. Блок управления приводом осуществляет прием дискретных сигналов управления и преобразует их в систему сигналов управления электроприводами (табл. 28).

Поиск неисправностей, наладка УЧПУ заключаются в логическом

28. НЕИСПРАВНОСТИ УЧПУ ТИПА 2Р22

Неисправность	Причины	Способ устранения
При подаче на вход устройства напряжения 380 В устройство не включается	Сгорел предохранитель одного из стабилизаторов Вышел из строя один из стабилизаторов напряжения или силовой блок	Проверить предохранитель Проверить исправность стабилизатора
При включении устройства не включаются вентиляторы	Отсутствует напряжение Неисправны вентиляторы	Проверить напряжение Заменить вентиляторы
Информация на экране БОСИ не соответствует режимам работы	Вышла из строя ЭВМ	Проверить исправность ЭВМ
Отсутствует ввод информации с пульта управления	Вышел из строя пульт управления	Проверить исправность пульта

анализе УП, работы электронных блоков до и после появления неисправности и результатов отработки программы.

Основные этапы наладки: 1) расшифровка и проверка УП; 2) анализ информации, записанной по командам, в которой были отказы; 3) выделение блоков, в которых возможна неисправность; 4) выделение неисправных цепей; 5) составление цепи потока информации, в которой предположительно произошел отказ; 6) контрольные измерения для уточнения дефектного узла.

Методика выполнения пусконаладочных работ. Удалить из кассет все печатные платы; подав напряжение, проверить вольтметром и осциллографом значения и форму питающего напряжения всех каналов; убедиться в четком срабатывании защиты от коротких замыканий; записать в память устройства пробную последовательность команд и проконтролировать их исполнение; проверить поочередное функционирование плат связи с внешними устройствами; настроить преобразователи аналоговых и цифровых сигналов, снять их характеристики.

Особенностью УЧПУ является и то, что они требуют наладки как электронных, так и электромеханических устройств, влияющих на выходные параметры станочной системы. *Наладку электронных узлов* и блоков выполняют на стендах с помощью специальной и стандартной контрольно-измерительной аппаратуры. В первом случае это специальные стационарные стенды, проверяющие платы, а во втором — стандартные генераторы, осциллографы, частотомеры, вольтметры и др.

Программный контроль осуществляется с помощью специальных тестов, включающих в себя и технологические команды (например, изменение частоты вращения главного привода, включение подачи СОЖ, поворот инструментальной головки с заменой инструмента и др.). Применяют также тесты, проверяющие логическую часть электронных устройств и при появлении неисправности этот тест выдает информацию о неисправности.

Необходимость наладки электромеханических устройств в системах ЧПУ определяется появлением неисправностей, которые характеризуются износом, разрегулировкой или поломкой механических элементов лентопротяжного механизма, фотосчитывающего устройства, электромагнитов, реле, кнопок, переключателей и др.

Надежность работы устройства определяется надежностью источников питания этих устройств, которые должны обеспечивать подачу необходимых напряжений и токов. Важным фактором, определяющим надежность УЧПУ, является также минимальное время срабатывания защиты источников питания, т.е. минимальное время отключения источника питания по сигналу защиты [27].

Источники питания УЧПУ построены по одной структурной схеме (рис. 66), состоящей из блока трансформаторов 1, понижающих напряжение сети до необходимых значений мостового выпрямителя 2, выполненного по схеме Ларионова и предназначенного для преобразования переменного напряжения в постоянное; емкостных фильтров 3, 9, и 12; предохранителей 4; устройств 5 задержки включения источника питания; регулирующего элемента 6, поддерживающего выходное напряжение на заданном уровне; схемы 7 защиты, предохраняющей параметрический стабилизатор 10 от перегрузок; мостового однофазного выпрямителя 8 для питания параметрического стабилизатора; схемы 11 управления (усилитель постоянного тока); стабилизатора напряжения компенсационного типа 13 и цепей сигнализации и отключения 14 источника питания при аварийном режиме.

Диагностирование источника питания постоянного тока сводится к измерению выходных напряжений. Если выходное напряжение не соответствует нормативному значению, то причинами этого могут

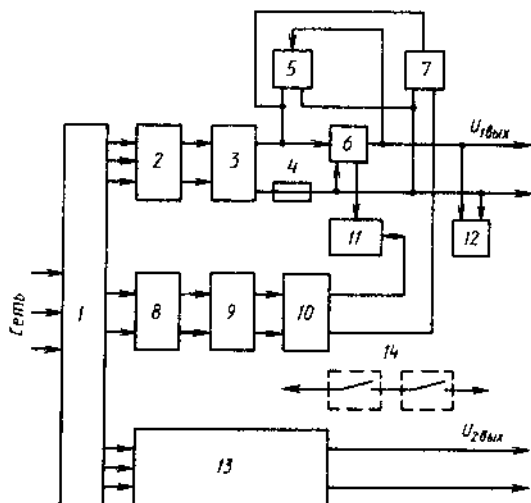


Рис. 66. Схема источника питания

быть: изменение напряжения сети; превышение предельно допустимой температуры транзисторов; короткое замыкание в регулирующем транзисторе; выход из строя элементов стабилизации и защиты.

Измерение сопротивления изоляции цепей источника питания осуществляют мегаомметром на 1000 В; сопротивление цепей, рассчитанных на напряжение 60 В и ниже — мегаомметром на 500 В. Наименьшее допустимое сопротивление изоляции при испытании мегаомметром на 1000 В не менее 10 МОм, а мегаомметром на 500 В не менее 0,5 МОм. В качестве мегаомметров используют приборы типа М4100/3 и М4100/4.

Наладку фотосчитывающего устройства ФСУ-2 начинают с юстировки осветителя. Проверяют напряжение на лампе, оно должно быть $(6,3 \pm 0,63)$ с учетом падения напряжения на соединительных проводах. Нить лампы должна быть расположена под углом 45° к вертикали (если смотреть на лампу спереди). При этом полоса света проектируется на белую бумагу, положенную на диафрагму столика. Полоса, спроектированная на диафрагму столика, должна иметь равномерное, максимальное освещение на кодовых дорожках.

Ток короткого замыкания $I_{кз}$ измеряют микроамперметром с внутренним сопротивлением ≤ 250 Ом, а напряжение холостого хода $U_{хх}$ — вольтметром с сопротивлением ≥ 500 кОм. При освещенном фотоприемнике $I_{кз}$ должен быть ≥ 300 мкА, а $U_{хх} = 0,3$ В. При $I_{кз}$ и $U_{хх}$ меньше указанных величин необходимо повторно отрегулировать осветитель или заменить фотоприемники.

Регулирование протягивающего механизма фотосчитывающего устройства начинают с установления зазора между ведущим валиком и прижимным роликом. Они должны быть расположены параллельно с зазором 0,05 . . . 0,1 мм, а сила протягивания при включенном электромагните должна быть ≥ 3 Н. Если сила меньше, то регулирование выполняют повторно. Тормозная пружина должна быть отрегулирована так, чтобы при выключенных электромагнитах протягивания и торможения перфоленты не двигалась. В противном случае необходимо, сняв крышку, слегка отогнуть пружину, усилив давление на перфоленту.

Регулировку усилителя считывания (рис. 67) осуществляют при протягивании перфоленты с пробитой информацией и отрегулированным осветителем. Регулировку осуществляют резистором $R1$, подбирая его сопротивление до получения на выходе прямоугольных импуль-

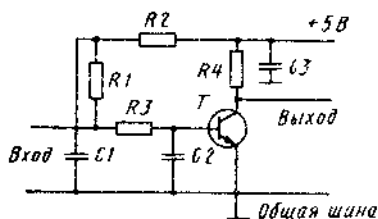


Рис. 67. Усилитель считывания

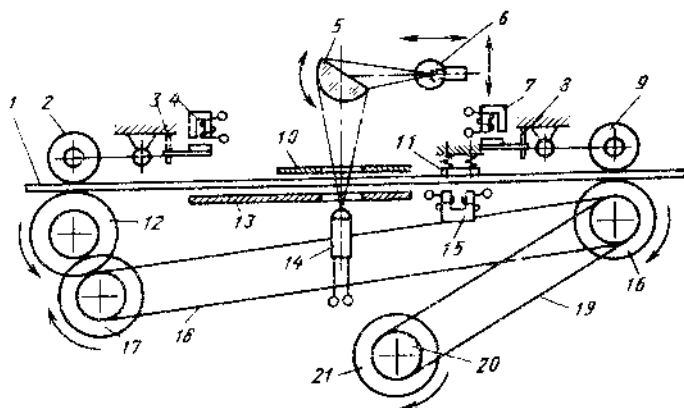


Рис. 68. ФСУ

сов длительностью 0,2...0,8 мс и амплитудой, обеспечивающей запуск формирователей.

ФСУ типа „Консул-337.6” являются самостоятельным прибором, питающимся от сети 220 В частотой 50 Гц. ФСУ состоит из электронных плат, системы защиты и механической части.

Механическая часть (рис. 68) фотосчитывателя расположена на корпусе, который представляет собой отливку из алюминиевого сплава. Основными узлами фотосчитывателя являются механизм перемещения и торможения перфоленты. Между механизмом торможения и перемещения расположена оптическая система со считывающим блоком, в котором смонтированы фотоэлектрические элементы для считывания информации с перфоленты в УЧПУ.

Перемещение перфоленты вперед осуществляется с помощью ролика 16, имеющего шкив, приводимого во вращение от электродвигателя 21, на валу которого насажен шкив 20, через резиновый ремень 19. Перемещение назад осуществляется через резиновый ремень 18 на шкив с шестерней 17 и через зубчатую передачу на приводной ролик 12. При прохождении тока через обмотку электромагнита 7 притягивает ролик 9 через коромысло с регулировочным винтом 8 притягивает перфоленту к приводному ролику 16 и перфолента перемещается вперед. При включении электромагнита 4 притягивает ролик 2 с регулировочным винтом 3 притягивается и осуществляет перемещение назад.

В правой половине протяжного механизма имеется Y-образной формы тормозной электромагнит 15, подвижной частью тормозного механизма является подвешенный на пружинах плоский сердечник 11. При прекращении подачи тока в электромагнит 7 и уменьшении давления притяжного ролика с одновременным включением тормозного электромагнита осуществляется останов перемещаемой перфоленты.

Перфолента в фотосчитывателе для правильной фиксации направления перемещения проходит с зазором между направляющим лотком 13 и защитным стеклом 10 фотоголовки. Направляющий канал позволяет применять восьмидорожковую перфоленту.

Для преобразования информации на перфоленте в соответствующие электрические сигналы в считывателе использован фотоэлектрический способ. Информацию с перфоленты снимают девять фотоэлектрических элементов 14, восемь фотоэлементов для считывания кодовых отверстий и один фотоэлемент для считывания ведущих отверстий. Фотоэлементы установлены на одной считывающей головке, которая вставлена снизу в отверстие в середине направляющего лотка и становится доступной после снятия нижней крышки фотосчитывателя. К электронному блоку головка подключена с помощью разъема и кабеля.

Фотоэлементы освещают осветителем 6 через щель, покрытую защитным стеклом, и через цилиндрическую линзу 5. Свет, попадая на фотоэлементы, вызывает изменение их тока. Эти токи усиливаются, формируются и преобразуются в прямоугольные импульсы и далее поступают в блок логики и управления.

Фотосчитыватель снабжен собственным источником питания, подающим стабилизированное напряжение в электронную часть устройства. Если у фотосчитывающего устройства обнаружится неисправность, причиной которой может быть изменение правильной установки элементов или разрегулировка их во время эксплуатации, то необходимо провести повторные наладку и регулирование устройства.

Регулирование оптической системы. В устройство вставляют полностью отперфорированную восьмидорожковую перфоленту так, чтобы световой луч проходил по середине перфорации. При правильной установке осветителя и линзы ширина луча 0,8 мм. Луч должен быть параллельным оси отверстия щели фотоэлементов. По ширине восьмидорожковой перфоленты не должна изменяться интенсивность освещения. Если во время работы нарушается правильное расположение источника света, то проводится наладка оптической системы.

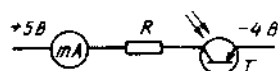
Вольтметром постоянного тока контролируется напряжение $(24 \pm 0,5)$ В на лампе оптической системы. При отклонении напряжения выполняется дополнительное регулирование с помощью соответствующих резисторов в цепи источника питания лампы.

Для регулирования положения осветителя ослабляют два винта крепления лампы и перемещают патрон в двух направлениях до тех пор, пока на вставленной в считыватель перфоленте не появится четкое изображение полосы света шириной 0,8 мм. Если луч нельзя достаточно четко отфокусировать из-за того, что нить лампы находится не в центре лампы, то необходимо заменить лампу или, поворачивая цилиндрическую линзу, сфокусировать световой луч в полосу, попадающую в щель фотоэлементов.

Регулирование тормозного пути проводят при включенном механизме перемещения перфоленты. После подачи команды „Стоп” устанавливается взаимное положение считываемого знака и светового

Рис. 69. Схема регулировки (а) и форма сигналов (б) фоторезистора:

I — правильная форма; *II* — неправильная форма при сильном освещении; *III* — неправильная форма при недостаточном освещении; *IV* — сигнал ведущей дорожки; *V* — сигнал кодовой дорожки



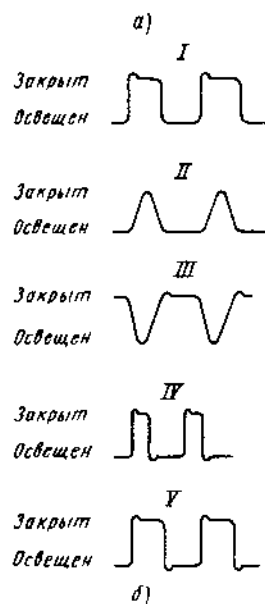
луча. Если работа управляющей системы и сила прижима якоря тормоза правильные, то перфолента должна остановиться на считываемом знаке с точностью 1,5 мм. Тормозной путь устройства нужно проверять при движении ленты в обоих направлениях. Если путь торможения больше, то необходимо проверить правильность функционирования схемы включения тормозного электромагнита или отрегулировать силу прижима, которую проверяют с помощью динамометра. К концу перфоленты крепят динамометр и измеряют силу, необходимую для преодоления трения сердечника тормозного электромагнита при включенном состоянии.

Регулирование электромагнитов прижимных роликов. Регулировочный винт, установленный на коромысле прижимного ролика, должен постоянно прижиматься к держателю ролика с помощью прокладки. Если лента не вставлена и прижимной ролик не лежит на приводном валике, то между сердечником и якорем электромагнита в самом узком месте должен быть зазор 0,25 . . . 0,3 мм.

Регулирование натяжения ремешков. Натяжение ремешков оказывает влияние на надежность работы фотосчитывателя. Натяжение ремешков надо производить так, чтобы при давлении на него с силой 2 Н наибольший прогиб был не более 4 мм.

В конструкции ФСУ предусмотрена регулировка с помощью смещения осей шкивов. Если ремешок сильно вытянут, то его желательно заменить. При замене не рекомендуется ремешок перетягивать через край шкива, чтобы не повредить ремешок. Там, где можно регулировать межосевое расстояние между шкивами, необходимо предварительно уменьшить это расстояние и надеть на шкив ремешок, а там, где нельзя, требуется разобрать один одноступенчатый шкив.

Установка и регулирование фотозлементов. В фотосчитывателе в качестве фотозлементов применены фототранзисторы. Условием правильного функционирования фототранзисторов являются их правильная установка, освещенность и чистота прикрывающего стекла. Перед началом регулировки фототранзисторы необходимо установить в



отверстие блока до упора, затем измерить силу тока, протекающего через фототранзистор при его освещении и затемнении (рис. 69,а). Фототранзистор установлен правильно тогда, когда при освещении через него протекает ток не менее 1,1 мА, а без освещения – не более 0,2 мА.

Так как чувствительность фототранзисторов может быть различной и сила тока в закрытом состоянии может не соответствовать указанной величине, то необходимо фототранзистор осторожно перемещать от источника света до тех пор, пока сила тока не будет находиться в указанном пределе. Затем нужно зафиксировать фототранзистор в этом положении, осторожно затянуть фиксирующий винт и вновь проверить силу тока при освещенном и закрытом фототранзисторе.

После окончательной выверки положения фототранзисторов их налаживают при непрерывном считывании полностью отперфорированной перфоленты, склеенной в кольцо. Осциллографом поочередно проверяют скважность сигнала на всех девяти каналах (рис. 69,б).

Если скважность и форма не соответствуют осциллограммам, показанным на рис. 69, то их надо отрегулировать с помощью резистора в диапазоне 22...470 кОм. Указанные резисторы находятся в блоке логики устройства.

2. ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛОВ И УСТРОЙСТВ

УЧПУ – это управляющий орган, который принимает команды в числовой, т. е. в дискретной форме, посылает их в запоминающее устройство, обрабатывает команды и управляет функциями станка. Под термином „функция” понимают не только перемещение по осям координат, но и другие операции, например, переключение скоростей подачи, частоты вращения шпинделя, включение и выключение охлаждения и др.

В ЧПУ проблемы диагностики решаются с помощью встроенных в устройства внутренних систем диагностики. Причем, диагностирование проводится как во время функционирования устройства при обработке, так и с помощью диагностических тестов. Обнаруженная неисправность автоматически прерывает обработку, и на дисплее или табло индицируется ее код. В типовой состав ЧПУ, построенного на основе мини-ЭВМ или микроЭВМ, входят следующие блоки (рис. 70): ЭВМ, постоянные и оперативные запоминающие устройства, блоки связи с устройствами ввода-вывода; блок связи со станком; пульт управления; блок отображения символьной информации; блок управления приводами; ФСУ или кассетный накопитель на магнитной ленте.

Устройство для считывания с перфоленты – сложное, с электронными и оптическими приборами. Учитывая, что сигналы этого устройства являются важным источником информации для работы станка, а само устройство считывания наиболее чувствительно к воздействию

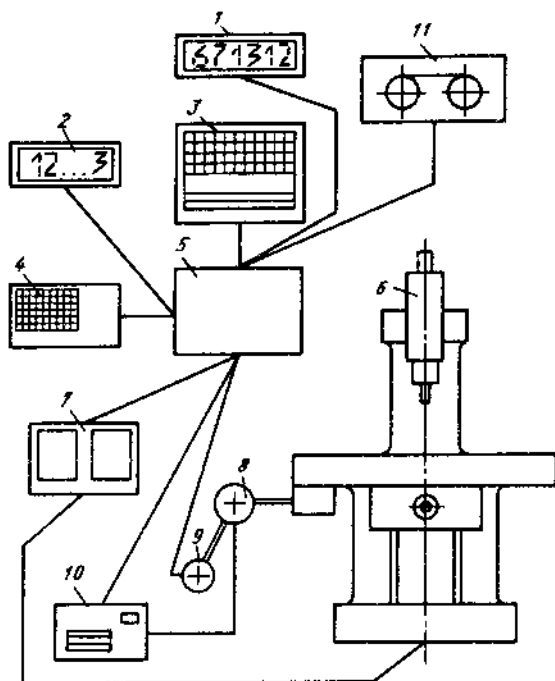


Рис. 70. Схема станка с ЧПУ:

1 — индикация ввода; 2 — дисплей; 3 — ручной ввод данных; 4 — пульт управления; 5 — УЧПУ; 6 — станок; 7 — интерфейс; 8 — электродвигатель (привод); 9 — измеритель; 10 — система управления приводом; 11 — считывающее устройство

помех в ЧПУ, особое внимание уделяется его диагностированию, которое основано на проверке того, является ли четным или нечетным число сигналов кода при считывании одного знака. Правильным состоянием считается четность, соответствующая принятому коду. В результате фиксируется наиболее вероятная причина нарушения, т. е. ошибочное считывание информации с одной дорожки.

Помимо устройств для проверки на четность, система снабжена другими системами контроля, с помощью которых можно провести проверку наличия ленты, ответа о считывании знака, формального контроля ленты. При ошибке устройство останавливается и указывает неправильную запись. Кассета с магнитной лентой представляет собой вариант записи, выполненной так же, как и на перфоленте.

Пульт управления является важным элементом каждого УЧПУ. Информация в систему передается с помощью десятипозиционных декадных переключателей или клавишного ввода с применением полупроводниковых запоминающих элементов. Поскольку декадные переключатели по принципу действия представляют собой простые

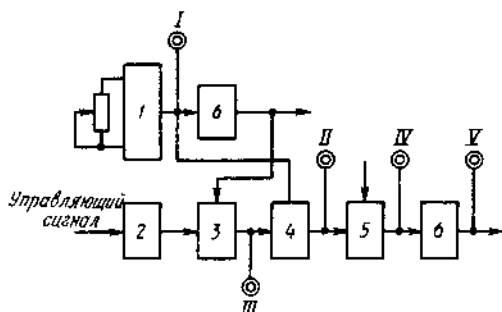


Рис. 71. Схема БЗС:

I — задающий генератор; 2 — схема управления разгоном и торможением; 3 — формирователь коэффициента деления; 4 — управляемый усилитель частоты; 5 — корректор рабочих подач; 6 — реверсивные двоичные счетчики; *I*...*V* — контрольные точки

электромеханические запоминающие устройства, электронные схемы для обработки их сигналов просты, а диагностирование сводится к проверке надежности контакта.

Для диагностирования клавишного ввода в УЧПУ с встроенной мини-ЭВМ по окончании ввода информации и записи в запоминающее устройство происходит циклическая проверка ячеек ЧПУ с помощью резидентного проверяющего теста. Если устройство неисправно, то на индикаторах загорается код неисправности и по таблице определяется неисправная ячейка.

Блок управления приводами предназначен для выдачи в УЧПУ привода подач главного движения информации о режимах скорости, автоматического разгона и торможения. Одним из элементов ЧПУ (рис. 71), в котором формируется система управления приводами, является блок задания скорости подачи (БЗС).

При проверке работоспособности можно обнаружить неисправность, которая меняет степень работоспособности, в нашем случае — в схеме БЗС. Поскольку работоспособность объекта оценивается по выходным характеристикам или параметрам, то обнаружить неисправность подобного рода сложнее.

В объектах, которые могут быть представлены как системы с последовательным преобразованием информации, возникшую неисправность можно обнаружить следующим образом. Сигнал в каждой последующей точке подобного объекта является реакцией на сигнал в каждой предыдущей точке. Следовательно, если неисправность в объекте отсутствует, то сигнал будет проходить последовательно от точки к точке, а возникновение неисправности приводит к нарушению последовательности прохождения сигнала, что позволяет обнаружить неисправность в объекте.

Вырабатываемые УЧПУ команды управления должны обязательно соответствующим образом передаваться и обрабатываться. Комплекс

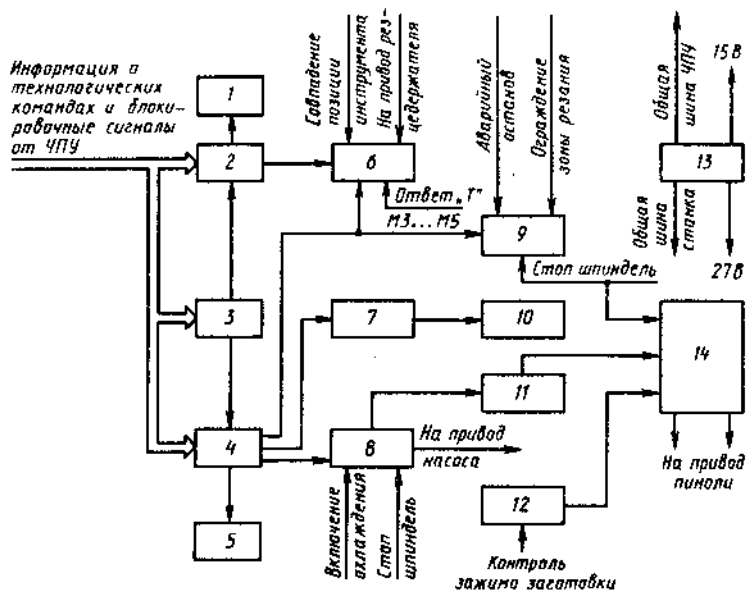


Рис. 72. Схема блока автоматизации токарного станка с ЧПУ:

1 и 5 – индикация; 2 – дешифратор индикации; 3 – ключевое устройство управления дешифратором; 4 – дешифратор адресной информации; 6 – схема контроля зажима и поворота резцедержателя; 7 – схема диапазона скорости; 8 – схема управления смазочной системой; 9 – логическая схема управления включением блокировки главного привода; 10 – индикация «Разрешение ввода кадра»; 11 – схема управления работой пиноли; 12 – схема управления работой патрона; 13 – блок питания; 14 – схема контроля одновременной работы пиноли и патрона

устройств цепей для выполнения этих задач получил название системы сопряжения или интерфейс. По функциональным свойствам к системе сопряжения относятся: команды для управления скоростью приводов; связь с отсчетно-измерительной системой; силовые и защитные цепи; коммутационные сигналы связи между станком и УЧПУ.

Диагностирование систем сопряжения сводится к определению целостности каналов связи и контролю передаваемых уровней сигналов. Исполнение системы сопряжения для обмена двухуровневой (коммутационной) информацией между УЧПУ и механизмами станка осуществляется в блоке управления на интегральных схемах. Блок управления представляет собой законченный функциональный узел, который включает в себя логическую часть, цифроаналоговый преобразователь (рис. 72).

При диагностике цифрового блока необходимо:

1. С помощью вольтметра и амперметра замерить напряжение (15 В) на выходе стабилизатора и потребляемый ток не более (2,5 А). При необходимости установить напряжение $+ 15 \text{ В} \pm 1\%$ на выходе стабили-

затора, а при повышенном токе потребления проверить работу стабилизатора напряжения.

2. С помощью светодиодной индикации на плате блока проверить прохождение основных цифровых и адресных сигналов. Если команда не проходит, необходимо проследить прохождение сигнала, используя осциллограф.

3. Проверить логику обработки основных режимов работы блока, манипулируя кнопками цифровой, адресной и режимной информации на пульте оператора станка. Если режим работы блока обрабатывается неправильно, проследить прохождение сигналов, используя осциллограф.

Проверка УЧПУ на базе микроЭВМ осуществляется программой „Резидентный проверяющий тест” (РПТ) и программой анализа ошибок ввода и работы устройства, размещенной в ПЗУ микроЭВМ.

РПТ работает в момент включения устройства и в фоновом режиме при обработке функциональных программ. При обнаружении неисправности на индикаторе высвечивается код ошибки и загорается мигающий индикатор „Внимание”.

УЧПУ построены на интегральных микросхемах. В силовых цепях устройств, таких, как источники питания и усилители мощности, вырабатываемых УЧПУ сигналов, применяют транзисторы, тиристоры и диоды. Для индикации используют телевизионные трубки, знакоиндикаторы и светодиоды. В УЧПУ применяют транзисторно-транзисторные логические схемы (ТТЛ), работающие с напряжением 5 В.

Интегральные микросхемы (ИМС) представляют пластинку кристалла кремния площадью 10...30 мм², на поверхности которой расположены микроскопические транзисторы. В зависимости от числа транзисторов различают микросхемы малой (десятки транзисторов), средней (сотни транзисторов), большой (БИС – десятки и тысячи тран-

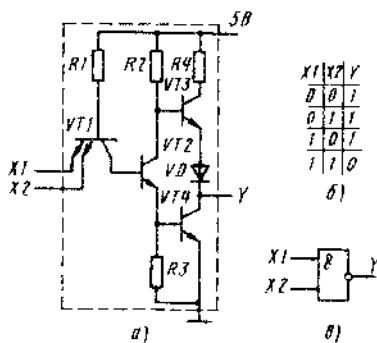
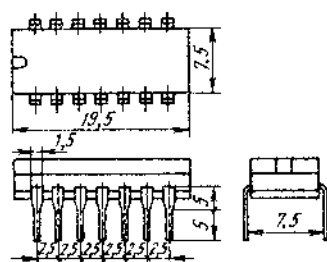


Рис. 73. Корпус интегральной схемы К155

Рис. 74. Базовая микросхема серии К155:

а – схема И-НЕ; б – таблица истинности для двухвходового элемента И-НЕ; в – условное обозначение микросхемы И-НЕ

зисторов) и сверхбольшой (СБИС – десятки и сотни тысяч транзисторов) степени интеграции. Пластика кремния заключена в прямоугольный пластмассовый корпус (рис. 73) с металлическими выводами. Различают цифровые и аналоговые микросхемы, причем применение аналоговых микросхем в УЧПУ ограничено. Цифровые микросхемы серии K155, применяемые в УЧПУ типа Н22, Н33 и других, обрабатывают и выдают на выход при напряжении источника питания + 5 В два вида сигналов: сигнал логического нуля порядка + 0,5 В и сигнал логической единицы порядка + 4,5 В.

Схематически логические элементы, входящие в состав указанной серии, могут быть образованы комбинированием двух базовых схем: логического элемента И-НЕ (рис. 74) и расширителя по ИЛИ. Рассмотрим работу ИМС на примере *двухходового элемента И-НЕ*. Схема содержит *n-p-n*-транзисторы ($VT2... VT4$), многоэмиттерный транзистор $VT1$, а также резисторы $R1... R4$ и диод VD . Такая схема обеспечивает возможность работы на большую емкостную нагрузку при высоком быстродействии и помехоустойчивости.

Схема состоит из следующих каскадов: входного многоэмиттерного транзистора $VT1$ с малым инверсным коэффициентом усиления по току, фазорасщепляющего каскада, построенного на проходном транзисторе $VT2$ (этот каскад работает в режиме с малым рабочим током и имеет малые емкости *p-n*-переходов): двухконтактного выходного каскада ($VT3, VT4$). Транзистор $VT4$ рассчитан на большой рабочий ток. Через этот транзистор стекают входные токи ключей-нагрузок.

Отличные импульсные свойства ИМС при большей емкостной нагрузке объясняются тем, что заряд нагрузочной емкости проходит через выходную цепь. Однако при переключении выходных транзисторов существует момент, когда они оба открыты, поэтому в цепи питания схемы возникают кратковременные, но мощные импульсы тока, которые могут привести к появлению импульсов помехи. Во избежание этого в аппаратуре, построенной с применением этих ИМС, необходимо создать цепи питания с малой индуктивностью проводников и предусмотреть развязки между соседними платами устройства.

Работа логического элемента И-НЕ. Если на один из элементов входной цепи – эмиттер транзистора $VT1$ – подан потенциал „Земля“, переход база-эмиттер транзистора $VT1$ открыт, но образующийся при этом потенциал $U_6 = 0,8$ В не может открыть три *p-n*-перехода: база-коллектор транзистора $VT1$, база-эмиттер транзисторов $VT2$ и $VT4$ (для открывания этой цепи необходим потенциал 1,8 В). Потенциал на базе транзистора $VT4$ близок к нулю, и транзистор $VT4$ закрыт. Потенциал на коллекторе $VT2$ и на базе $VT3$, близкий к напряжению источника питания + 5 В, открывает переход база-эмиттер транзистора $VT3$ и диод VD , вызывая ток $I_{вых}$.

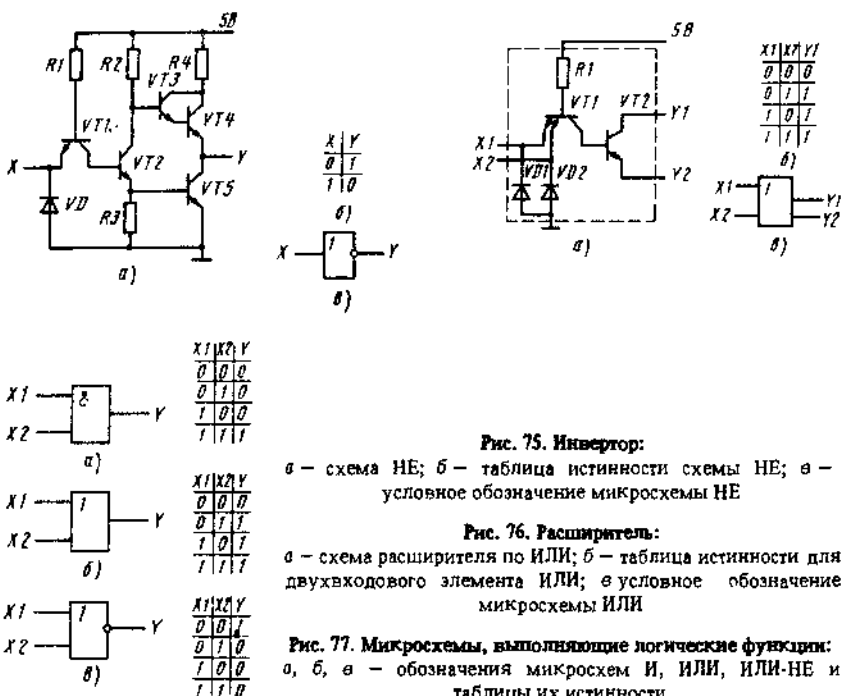
Дальнейшее увеличение $U_{вх}$ приводит к увеличению потенциала на базе транзистора $VT1$ до 1,2 В. Этого достаточно, чтобы открыть два перехода база-коллектор $VT1$ и база-эмиттер транзистора $VT2$. Транзистор $VT2$ открывается, ток, протекающий через резистор $R2$, увели-

чивается, что вызывает уменьшение напряжения на коллекторе транзистора VT_2 . Увеличение тока через резистор R_3 вызывает увеличение потенциала на базе транзистора VT_4 и приводит к его открыванию. Открытый транзистор VT_4 шунтирует резистор R_3 , что резко увеличивает коэффициент передачи транзистора V_2 , и вызывает дальнейшее уменьшение напряжения на его коллекторе. Однако некоторое время транзистор VT_4 уже открыт, а транзистор VT_3 еще не закрыт, что приводит к резкому росту силы тока и увеличению мощности, потребляемой от источника питания. Ток ограничивается при этом резистором R_4 , объемными сопротивлениями VT_3 , VT_4 и диода VD . Этот ток называется током короткого замыкания, который приводит к увеличению потребляемой мощности в динамическом режиме.

При дальнейшем увеличении U_{ax} транзисторы VT_2 и VT_4 переходят в режим насыщения. Наличие диода обеспечивает смещение напряжения открывания транзистора VT_3 и надежное его запираение.

В реальных схемах в отличие от упрощенной схемы И-НЕ в базу выходного транзистора вместо резистора R_3 включена корректирующая цепочка, состоящая из двух резисторов и транзистора, которая позволяет получить передаточную характеристику, по форме близкую к прямоугольной.

Основная номенклатура логических элементов ТТЛ может быть



образована на микросхемах, выполняющих функции логической обработки входных сигналов, таких, как инвертор (рис. 75). Схема состоит из выходных *п-р-п*-транзисторов: насыщенного (*VT5*) и составного эмиттерного повторителя (*VT3* и *VT4*). Для поочередного включения выходных *п-р-п*-транзисторов необходим промежуточный каскад, который называется расщепителем фазы входного сигнала. Расщепитель фазы состоит из транзистора *VT2* и резисторов *R2* и *R3*. Каскад имеет два выхода: коллекторный и эмиттерный, импульсы на которых противофазны.

Выходные транзисторы, включаемые поочередно, аналогичны перекидному тумблеру: на нагрузку можно включать напряжение высокого выходного или низкого уровня.

Подадим на вход *X* напряжение низкого уровня ($U_{\text{вх}} = 0$). Транзистор *VT1* не может дать базовый ток I_b на транзистор *VT2*, и транзистор находится в разомкнутом состоянии. Резистор *R2* присоединен к проводу питания 5 В, поэтому выходное напряжение высокого уровня появится на эмиттере транзистора *VT4*. Каскад на транзисторе *VT4* — эмиттерный повторитель. Он не может перейти в состояние насыщения, и поэтому минимальное напряжение усилительного режима для транзистора *VT4* не падает ниже 0,7... 1 В.

Подадим на вход логического элемента напряжение высокого уровня ($U_{\text{вх1}} = 1$). Транзистор *VT2* получает теперь базовый ток I_b от коллектора *VT1* и откроется. Часть I_b поступит в базу транзистора *VT5*. Этот транзистор перейдет в состояние насыщения, т. е. замкнется. Выход логического элемента окажется подключенным к земле, т. е. произошла инверсия.

В схеме инвертора присутствуют два вспомогательных элемента: диод *VD*, защищающий вход от пробоя, и резистор *R4*, ограничивающий в выходном каскаде сквозной ток короткого замыкания транзисторов *VT4* и *VT5*. Импульсы тока короткого замыкания, наводящие большие помехи в шинах питания, — один из самых существенных недостатков. Для уменьшения их влияния в цепях питания на печатной плате следует устанавливать керамические конденсаторы развязки с номиналами 0,1 мкф и более.

Базовую микросхему серии *K155* используют для расширения числа входов логического элемента. Например, элемент с двадцатью входами *И* не выпускают, так как это редко применяемый элемент. Решить задачу можно с помощью расширителя (рис. 76) или элементов с общим коллектором. Предпочтителен способ увеличения числа входов с помощью схемы-расширителя, имеющей вспомогательные выводы коллектора и эмиттера транзистора *VT2*. Одноименные выводы *Y1* или *Y2* нескольких элементов можно объединить. Параллельное соединение дает функцию *ИЛИ* (расширение по *ИЛИ*). Микросхемы малой степени интеграции выполняют функции логической обработки выходных сигналов.

Логический элемент *И* имеет выходной сигнал, определяемый логической функцией *И* его входных сигналов. Так, если все входы логического элемента имеют состояние логической 1, то и его выход

имеет состояние логической 1. Как видно из таблицы истинности (рис. 77, а), для получения на выходе Y логической 1 необходимо наличие логической 1 как на входе $X1$, так и на входе $X2$. Помимо микросхем с двухвходовыми элементами И выпускают микросхемы, содержащие четырех- и восьмивходовые логические элементы И.

Логический элемент ИЛИ имеет выходной сигнал, определяемый логической функцией ИЛИ его входных сигналов. Так, если хотя бы один из входов логического элемента имеет состояние логической 1, то и выход имеет состояние логической 1 (рис. 77, б). Выход Y равен логической 1, когда на входе $X1$ или входе $X2$ присутствует логическая 1. Выпускают микросхемы, содержащие двух-, трех-, четырех- и восьмивходовые логические элементы ИЛИ.

Логический элемент ИЛИ-НЕ эквивалентен логическому элементу ИЛИ, к выходу которого подключен инвертор, реализующий функцию НЕ. Если хотя бы один из входов логического элемента имеет состояние логической 1, то его выход имеет состояние логического 0 (рис. 77, в). Выпускают микросхемы, содержащие трех-, четырех- и восьмивходные логические элементы ИЛИ-НЕ.

Для хранения информации (0 или 1) используют логическую схему с двумя устойчивыми состояниями – триггер – логическое устройство, способное хранить 1 бит данных. Существует много разновидностей триггерных схем. Для переключения триггера могут использоваться: статический запуск уровнями напряжения, запуск положи-

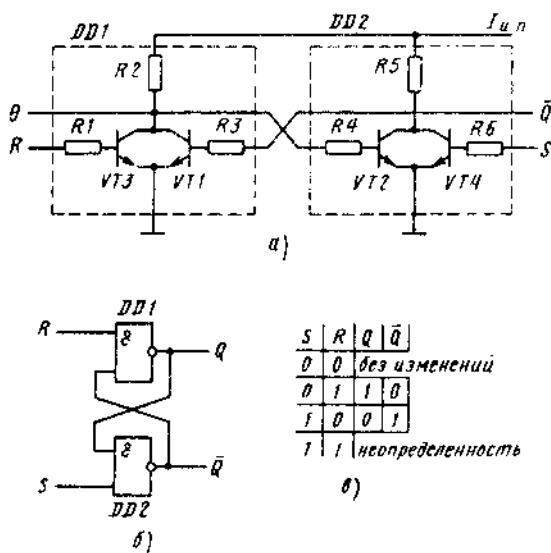


Рис. 78. Схема для хранения информации:

а – схема RS-триггера; б – обозначение микросхемы; в – таблица истинности

тельным или отрицательным импульсом, а также запуск полным тактовым импульсом, когда используется его фронт и срез.

Схема *RS*-триггера, который содержит защелку (транзисторы *VT1* и *VT2*), а также два отдельных статических входа управления, показана на рис. 78, а. Эти входы называют *R* (сброс) и *S* (установка). Поскольку на каждый вход можно подавать напряжение низкого (0) и высокого (1) уровней, то имеются четыре комбинации этих управляющих сигналов (рис. 78, в). Если подать на вход *R* и *S* напряжение низкого уровня (0), то транзисторы *VT3* и *VT4* не получают открывающих токов, будут разомкнуты и поэтому не смогут повлиять на состояние транзисторов защелки *VT1* и *VT2*. Напряжения на выходах триггера *Q* и \bar{Q} останутся без изменения. Это значит, что в триггере осталась информация, записанная ранее.

Если на вход *S* подать 1, а на входе *R* оставить 0, то транзистор *VT4* будет насыщен, замкнется и окажется с низким напряжением на коллекторе.

На выходе *Q* будет также напряжение низкого уровня. Транзистор *VT1* больше не получит от выхода \bar{Q} открывающий базовый ток, поэтому он перейдет в состояние отсечки. По этой причине на выходе *Q* появится напряжение высокого уровня. Данное состояние транзисторов *VT1* и *VT2* будет зафиксировано.

Поменять напряжение на выходах *Q* и \bar{Q} можно, если изменить напряжение на входах *S* и *R* (см. третью строчку на рис. 78, в). Наконец, возможно четвертое состояние, когда на обоих входах будет логическая единица 1. Такой входной сигнал *RS*-триггер зафиксировать не может. Таким образом, *RS*-триггер имеет два отдельных статических входа управления, чтобы можно было записать и хранить 1 бит информации. Установка триггера в исходное состояние 1 производится путем подачи отрицательного импульса на вход *S*, для установки в 0 — на вход *R*.

С помощью *RS*-триггеров строят делители частоты, счетчики и регистры.

D-триггер, кроме входов *S* и *R*, имеет еще входы *D* (данные) и *C* (строб). При подаче на вход *C* положительного импульса триггер устанавливается в состояние, соответствующее состоянию 0 и 1, поданному в это время на вход *D*.

Для помехозащищенности УЧПУ его электрические цепи гальванически развязаны от электрических цепей станка. Для обмена информацией со станком применяют оптроны — комбинацию излучателя с определенным типом твердотельного фотоприемника в одном корпусе. Излучение светодиода проходит к фотоприемнику через прозрачную среду подобно пластмассовому световоду или же в некоторых видах корпусов через воздушный промежуток. Такое расположение компонентов позволяет иметь прибор, обеспечивающий оптическую связь сигналов двух отдельных электронных схем, несмотря на то, что последние гальванически развязаны.

На рис. 79 показан оптрон, где в первичной цепи, передающей информацию, располагается источник света — светодиод *CD*, а во вто-

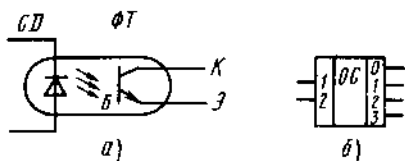


Рис. 79. Схема (а) и обозначение (б) фототранзисторного оптрона

ричной – фототранзистор ФТ. Когда прямой ток I_{CD} протекает через вход светодиода, его излучение попадает на светочувствительную базовую область транзистора и в нем генерируется фототок $I_{ФТ}$. Транзистор открывается, т. е. пропускает ток по цепи эмиттер – коллектор (Э – К).

Методы поэлементного диагностирования (тестирование) микросхем. При поэлементном диагностировании цифровых интегральных схем необходимо на вход контролируемого логического элемента подавать соответствующую последовательность тестовых наборов сигналов. При этом на тестовое воздействие не должны оказывать влияние сигналы, поступающие с выходов соседних микросхем. Длительность тестовых сигналов должна быть достаточно малой, чтобы не привести к тепловым повреждениям устройств.

В качестве примера диагностирования рассмотрим базовый элемент широко распространенной интегральной схемы серии К155, применяемой в УЧПУ (рис. 80, а). В микросхемах этой серии логический 0 представляется сигналом низкого уровня $U_0 \leq 0,4$ В, а логическая 1 – сигналом высокого уровня $U_1 \geq 2,4$ В.

Проверка ИМС осуществляется подачей тестовых наборов от генератора тестов через m контрольных штырей контрольного приспособления на входы ИМС. К выходу ИМС подключается еще один контрольный штырь, обеспечивающий съем выходного сигнала для последующего выходного сигнала и его сравнения с эталоном.

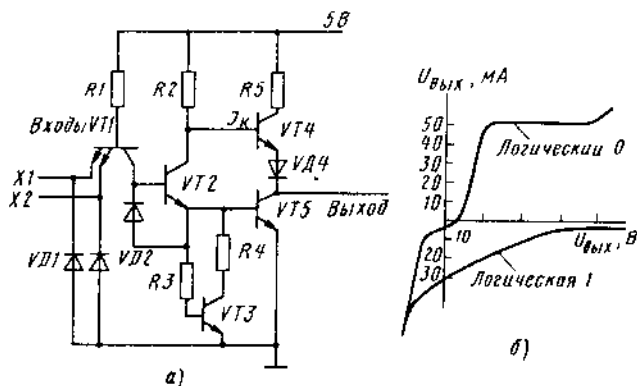


Рис. 80. Схема (а) и выходная характеристика (б) ИМС

При подаче тестовых воздействий на входы проверяемого элемента в выходных каскадах связанных с ним элементов могут возникать следующие электрические режимы.

1. На выход элемента, находящегося в состоянии 1, подается 0. Из рис. 80, б видно, что при $U_{\text{вых}} = 0$ $I_{\text{вых}} = 30$ мА, т. е. такой режим транзистор VT4 может выдержать не более 1 с.

2. На выход, находящийся в состоянии 1, подается 1. Отсюда следует, что в этом режиме транзистор VT4 блокирован и на выход проходит незначительный ток.

3. На выход элемента, находящегося в состоянии 0, подается 0. При этом переход база-коллектор транзистора VT5 смещается в прямом направлении и на выход протекает ток $I_b = 1...3$ мА.

3. ПРИБОРЫ И СТЕНДЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ И ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛОВ И БЛОКОВ

Диагностика должна помочь потребителю станков с ЧПУ снизить затраты на эксплуатацию станков. Она способствует повышению срока службы узлов и агрегатов. При ремонте узлов и агрегатов может быть использовано диагностическое оборудование. Это стенды для проверки УЧПУ, отдельных электронных узлов и блоков, датчиков обратной связи и др. Проверка узлов и устройств на стендах может проводиться до ремонта как диагностическая и после ремонта как контрольная.

Проверка работоспособности и качества ремонта УЧПУ на базе микроЭВМ „Электроника ИЦ-31” проводится на стенде (рис. 81, а), позволяющем проверять работоспособность (рис. 81, б): пульта оператора (ПО); процессора; ОЗУ; адаптера магистралей и таймера (АМТ); контроллера электроавтоматики (КЭ); контроллера измерительных преобразователей (КИП) и контроллера привода (КП).

Пульт управления совместно с устройством управления обеспечивает связь устройства функционального контроля с внутренними регистрами ЧПУ через ОЗУ внешней памяти. На пульте управления размещены клавишный переключатель задания адреса и данных, клавиши управления и элементы индикации. Устройство управления совместно с пультом управления осуществляют настройку проверяемого УЧПУ по заданной тестопрограмме.

Для функциональной проверки контроллера измерительных преобразователей в соответствии с тестовой программой (ТП) устройство контроля должно выдавать на входы ячейки КИП определенное количество импульсов и тем самым имитировать импульсные преобразователи (импульсные датчики). Число импульсов должно быть пропорционально коду.

Информационные сигналы поступают на устройство из магистрали МНЦ в режиме ручной проверки с пульта управления. В устройстве контроля предусмотрена схема имитации вращения импульсных преобразователей вперед-назад. Устройство контроля содержит ими-

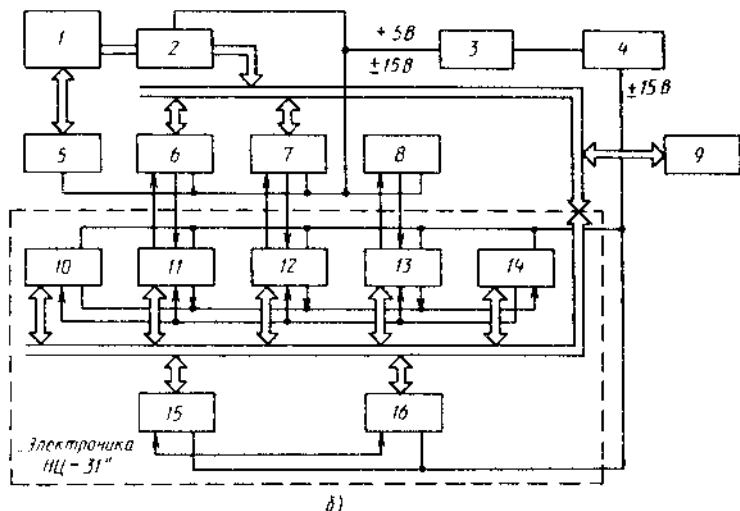
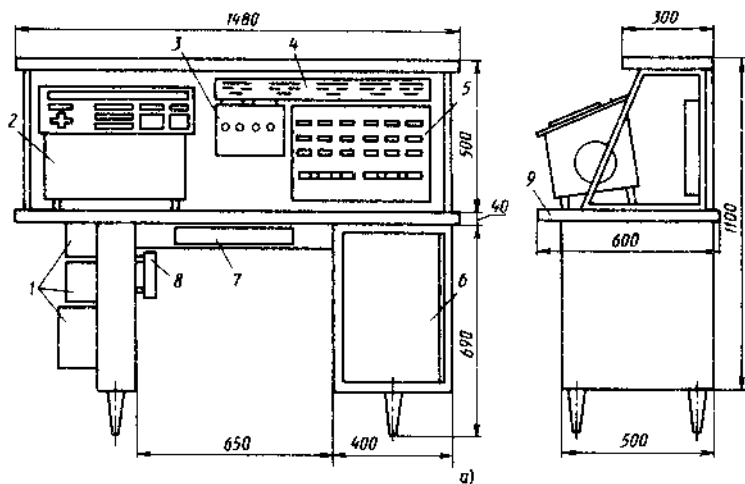


Рис. 81. Стенд для проверки работоспособности устройства ЧПУ на базе микроЭВМ "Электроника НИ-31"

а — конструкция: 1 — источник питания, 2 — «Электроника НЦ-31», 3 — блок нагрузок, 4 — инструкция по работе на стенде, 5 — устройство функционального контроля, 6 — место для хранения модулей микроЭВМ, 7 — место для хранения комплектующих элементов, 8 — кассета внешней постоянной памяти, 9 — стол; б — схема стенда проверки работоспособности УЧПУ «Электроника НЦ-31»: 1 — устройство управления, 2 — согласующее устройство, 3 — блок питания стенда, 4 — блок питания УЧПУ, 5 — пульт управления, 6 — устройство контроля, 7 — КИП, 8 — блок нагрузок, 9 — кассета внешней памяти, 10 — пульт оператора, 11 — КП, 12 — КИП, 13 — КЭ, 14 — АМТ, 15 — ОЗУ, 16 — микропроцессор

таторы импульсных преобразователей с выходными сигналами напряжением $U_{\max} = (9,28 \pm 0,4) \text{ В}$, $U_{\min} = 1,5 \text{ В}$ и частотой 40 кГц.

Параллельно в режиме записи на проверяемый контроллер привода подается тестовый код, который преобразуется в аналоговый сигнал. Эталонный и проверяемый аналоговые сигналы сравниваются на компараторах стенда, и их результаты записываются. Затем в режиме чтения результаты сравниваются. Если рассогласование между эталонным и сравниваемым сигналом лежит в допустимых пределах, то на пульте управления гаснут светодиоды, соответствующие проверяемым каналам контроллера привода УЧПУ, если не в допустимых пределах, то светодиоды горят.

Стенд обеспечивает проверку контроллера электроавтоматики УЧПУ с помощью блока нагрузок. С помощью кассеты внешней памяти стенда, содержащей в себе набор ТП, можно проверить как отдельный модуль УЧПУ, так и все УЧПУ. В состав ТП входят: резидентный проверяющий тест; ТП проверки модуля пульта оператора устройства ЧПУ; ТП проверки модуля процессора; ТП проверки модуля ОЗУ; ТП проверки модуля адаптера магистрали и таймера; ТП проверки модуля контроллера электроавтоматики; ТП проверки модуля КИП; ТП проверки модуля контроллера приводов; ТП проверки быстродействия УЧПУ.

Управление осуществляется с пульта оператора УЧПУ и ТП позволяет однократно или циклически выполнять любую из перечисленных программ или их совокупность. Результаты прохождения ТП индуцируются на пульте оператора и позволяют определить неисправный блок.

Комплекс устройств функциональной отладки (рис. 82, а) предназначен для настройки и контроля ячеек УЧПУ и состоит из пульта согласующего устройства, блока нагрузок, устройства имитации, переходных плат и соединительных жгутов. При работе с комплексом используют: осциллограф, источник питания (стабилизированный) $\pm 5 \text{ В}$, $\pm 0,1 \text{ В}$, универсальный прибор (тестер).

Пульт управления (рис. 82, б) предназначен для формирования данных адреса и управляющих сигналов, передаваемых на проверяемую ячейку, а также для индикации состояния проверяемой ячейки. При включении клавиши + 5 В питание подается на комплекс и проверяемую ячейку. В момента включения питания согласующее устройство имитирует сигналы, необходимые для настройки и контроля ячейки.

Установка УТК-2М предназначена: для автоматизированного тестового контроля и диагностики узлов; автоматической проверки их логического функционирования; контроля уровней напряжений логических 0 и 1; контроля временных задержек цепей в микроЭВМ.

Контроль правильности функционирования испытуемой ячейки проводится следующим образом (рис. 83 а). Программа автоматического контроля проверяемого узла с перфоленты считывается с помощью фотосчитывающего устройства и через устройства ввода поступает в устройство контроля, а затем на проверяемую ячейку. Информация с

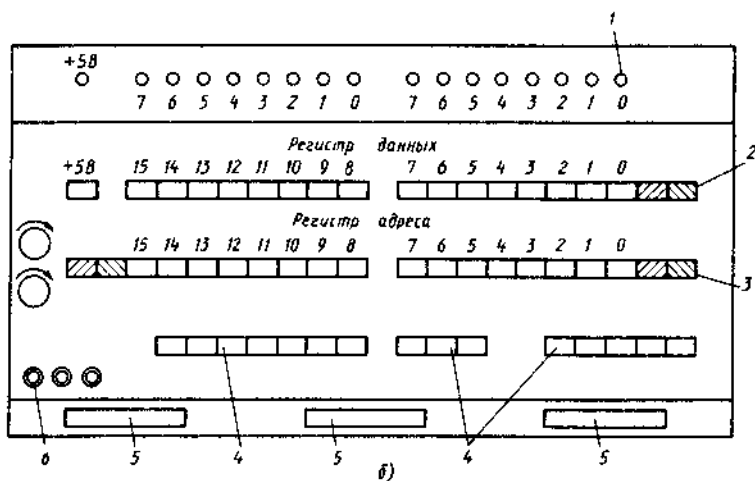
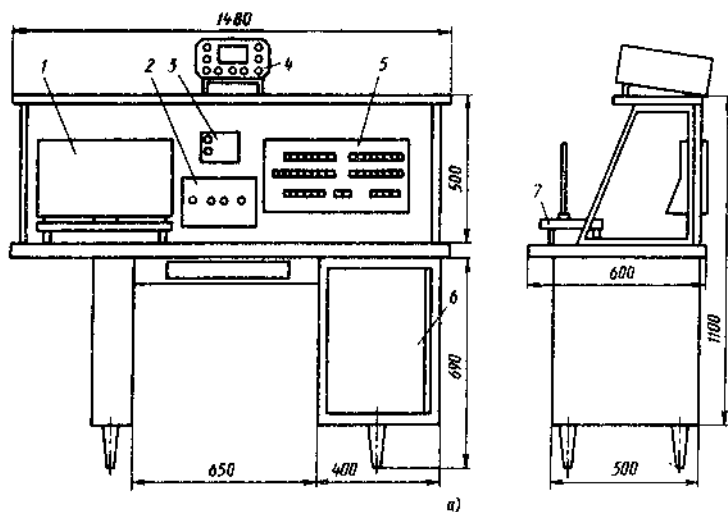


Рис. 82. Комплекс устройств функциональной отладки:

а — конструкция: 1 — испытуемая ячейка УЧПУ, 2 — блок нагрузок, 3 — устройство управления, 4 — осциллограф, 5 — пульт комплекса, 6 — стабилизированный источник питания, 7 — соединительные жгуты; *б* — пульт управления комплексом функциональной отладки: 1 — индикация, 2 — клавишный регистр данных, 3 — клавишный регистр, 4 — клавиши управления, 5 — соединительное устройство, 6 — клеммы внутреннего генератора

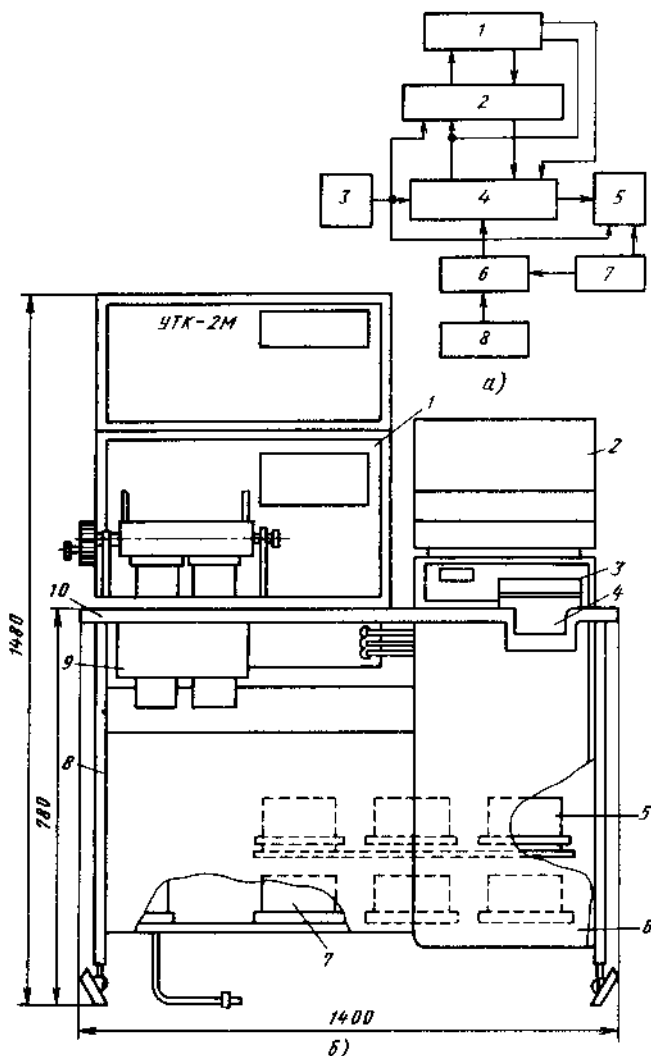


Рис. 83. Установка УТК-2М:

a — схема: 1 — испытываемая ячейка, 2 — блок контроля задержек, 3 — устройство управления установкой, 4 — устройство контроля функционирования, 5 — устройство управления печатью результата, 6 — устройство ввода информации, 7 — источник питания, 8 — фотосчитывающее устройство; *б* — конструкция: 1 — блок контроля, 2 — печатающее устройство, 3 — устройство управления печатью, 4 — фотосчитыватель, 5 — перфоратор, 6 — приемник перфоленты, 7 — источник питания, 8 — каркас, 9 — блок контроля задержек, 10 — стол

выходов проверяемой ячейки также поступает в устройство контроля, где происходит ее сравнение с контрольной. Информация о результате сравнения из устройства контроля поступает на устройство печати и индуцируется на табло блока контроля.

При контроле уровней напряжений логических сигналов последовательно подвергаются контролю входные и выходные сигналы проверяемого узла с помощью коммутатора и дискриминаторов. Если уровни напряжения отличаются от контрольных, в устройстве управления формируется информация о наличии неисправностей с печатью на бумажной ленте, а также индуцируется на табло блока контроля.

При контроле задержек распространения сигнала от входа цифрового узла до выхода информация о максимально допустимой величине задержки поступает в блок контроля задержек. Затем в момент времени t_1 информация контрольного теста поступает в регистр блока контроля задержек, устройство контроля и на вход проверяемого узла. В момент времени t_2 происходит запись информации, возникающей на выходе проверяемого узла, в регистр результата блока контроля задержек. Затем эта информация поступает в устройство контроля, где она сравнивается с контрольной.

Промежуток времени $\Delta t = t_2 - t_1$ равен максимально допустимой величине задержки. Если к моменту времени t_2 на выходе контролируемой ячейки не появилась информация, то в регистр результата блока контроля задержек будет записан искаженный результат, что приведет к возникновению сигнала „Неисправность по задержке“. Информация с устройства контроля о результате сравнения поступает на индикацию и устройство управления печатью (рис. 83,б).

Зонд логический ЗЛ-01 предназначен для отыскания неисправностей в информационных и измерительных системах, построенных на интегральных схемах с напряжением питания $\pm 5 \text{ В} \pm 10\%$.

Зонд применяют для наладки и ремонта вычислительной и импульсной техники в цеховых условиях. Зонд обеспечивает световую индикацию логического нуля в пределах $< 0,4 \text{ В}$ и логической единицы в пределах $> 2,4 \text{ В}$. По индикации зонда определяют прохождение высокого (1) и низкого (0) уровня напряжения и позволяет наблюдать визуально прохождение единичных или серий импульсов с приблизительной оценкой их скважности, когда не требуется определения параметров импульсов и их временных задержек.

Принцип действия зонда состоит в коммутации уровней напряжения (0 и 1), поступающих через резистор $R1$ (рис. 84), предохраняющий зонд от перегрузок, и эмиттерные повторители $VT1$, $VT2$, служащие для уменьшения нагрузки на проверяемое устройство.

При входном напряжении выше $2,4 \text{ В}$ транзистор $VT1$ открывается и своим эмиттерным током открывает элемент $D2$. Элемент $D2$ открывается и зажигает сегмент семисегментного индикатора, в результате индуцируется 1.

При входном напряжении ниже $0,4 \text{ В}$ закрывается нормально включенный элемент $D2$, транзистор $VT2$ открывается и отрицательный импульс поступает на вход элемента $D1$, удерживая его в закры-

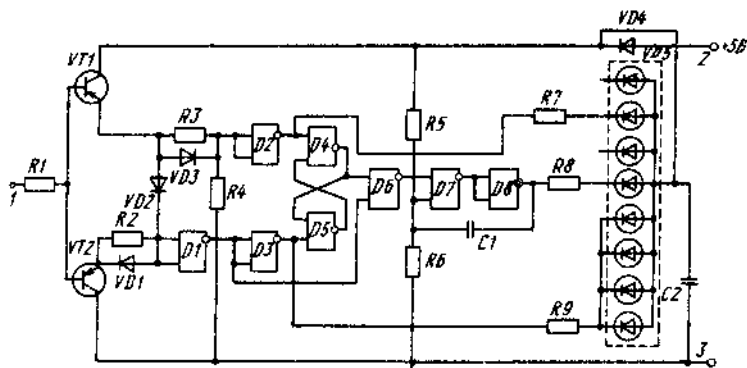


Рис. 84. Схема ЗУ-01

том состоянии. В результате элемент $D3$ открывается и зажигаются верхние сегменты светодиода $VD5$ и индуцируется 0.

При появлении импульсов триггер на элементах $D4$ и $D5$ переключается в момент достижения пороговых значений 0,4 В и 2,4 В. В момент перехода напряжения на входе щупа из состояния 1 в состояние 0 на входе элемента совпадения триггера $D6$ появляется 1. Элемент $D6$ открывается и короткий импульс с его выхода запускает ждущий мультивибратор на элементах $D7$ и $D8$. Выходной сигнал мультивибратора вызывает свечение точки индикатора.

При частоте импульса 10 Гц ждущий мультивибратор срабатывает на каждый импульс, и вспыхивает точка индикатора. При частоте > 10 Гц мультивибратор срабатывает не на каждый импульс, а при частоте ≥ 20 Гц вспышки сливаются в непрерывное свечение.

Испытатель цифровых интегральных схем (ИЦИС) и генератор ИЦИС являются разновидностью прибора для проверки электронных узлов на микросхемах. Испытатель применяется при ремонте и наладке вычислительной и импульсной техники, выполненной на платах печатного монтажа. ИЦИС обеспечивает световую индикацию постоянного напряжения логического нуля в пределах 0...0,8 В.

Прибор обеспечивает световую индикацию постоянного напряжения логической единицы $\geq 1,6$ В. Пределы регулировки порога срабатывания логической единицы $\leq 1,6$...2,5 В. Прибор обеспечивает световую индикацию наличия импульсов с частотой до 10 МГц длительностью не менее 50 нс.

Генератор ИЦИС на выходе обеспечивает: постоянное напряжение логического нуля 0,5 В; постоянное напряжение логической единицы ≥ 2 В; однократные импульсы отрицательной полярности с напряжением логического нуля с амплитудой не более 0,8 В и длительностью не менее 200 нс; однократные импульсы положительной полярности с амплитудой не менее 2 В и длительностью не более 300 нс.

Проверка работоспособности испытателем ИЦИС проводится сле-

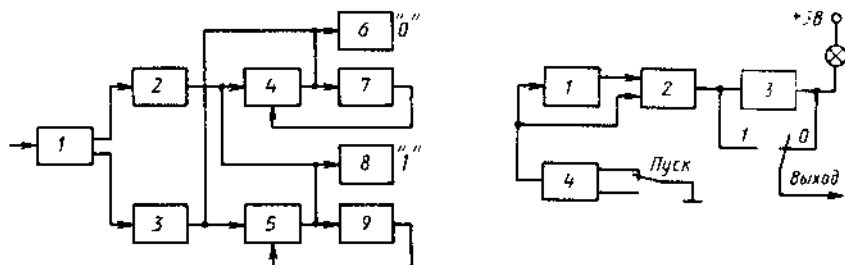


Рис. 85. Схема ИЦИС:

1 — усилитель-повторитель; 2 и 3 — схема совпадения; 4 и 5 — триггер; 6 и 8 — индикаторы; 7 и 9 — схема задержки

Рис. 86. Схема генератора ИЦИС:

1 — формирователь коротких импульсов; 2 — первый выходной каскад; 3 — второй выходной каскад; 4 — триггер

дующим образом (рис. 85). С помощью острого штыря вход ИЦИС вводится в контакт с любым выводом испытуемой интегральной схемы, находящейся в рабочем состоянии. Питание к ИЦИС подводится посредством гибкого провода от внешнего источника питания, от которого запитана испытуемая интегральная схема. Чтобы ИЦИС не вносил изменений в режим работы испытуемой интегральной схемы, на входе его применяется полевой транзистор с большим входным сопротивлением и малым значением входной емкости.

ИЦИС состоит из двух идентичных каналов. Один канал — для индикации 0, другой — для индикации 1. Каждый канал состоит из схемы сравнения и схемы индикации. Напряжение логического уровня, имеющееся на выводе интегральной схемы, вызывает индикацию 0 или 1.

Если величина напряжения не превышает значения верхней границы 0, то горит лампочка „0”. Если напряжение превышает значение верхней границы логического 0, но меньше значения нижней границы логической 1, обе лампочки не горят. Это означает, что на выводе неправильный уровень. Если величина напряжения превышает значение нижней границы логической 1, то загорается лампочка „1”.

Генератор ИЦИС предназначен для передачи на вход испытуемой ИМС постоянного напряжения или одиночных импульсов 1 или 0. При этом на выходе испытуемой ИМС проверяется реакция входного воздействия. Таким образом, ИЦИС и генератор обеспечивают проверку работоспособности ИМС как по постоянным логическим уровням, так и по прохождению импульсов.

Принцип действия генератора (рис. 86). При однократном нажатии кнопки „Пуск” триггер выдает одиночный длительный импульс. Формирователь коротких импульсов формирует импульс длительностью 300 нс. Выходной каскад выдает на выходе генератора постоянное

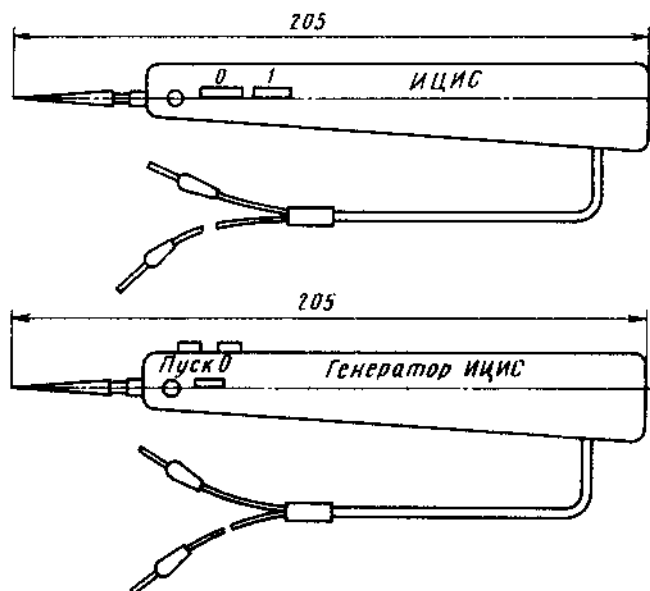


Рис. 87. ИЦИС и генератор ИЦИС

напряжение логического 0 при нажатии кнопки „0” и одиночный импульс положительной полярности при нажатии кнопки „0” и однократном нажатии кнопки „Пуск”.

Выходной каскад выдает на выход генератора постоянное напряжение 1 и одиночные импульсы отрицательной полярности при нажатии кнопки „Пуск”. Сигнальная лампочка „0” генератора загорается при напряжении логического 0 на выводе испытуемой ИМС.

ИЦИС и генератор размещены в пластмассовом корпусе (рис. 87), в котором размещены платы печатного монтажа. В переднюю колодку вмонтирован штырь, с помощью которого ИЦИС и генератор подключаются к выводу проверяемой ИМС.

Стенд испытания блоков электроавтоматики станков. Цифровой блок управления электроавтоматикой (ЭА) токарного станка с ЧПУ является согласующим звеном между УЧПУ „Электроника НЦ-31” и электроавтоматикой станка 16К20Т1.02.

В УЧПУ „Электроника НЦ-31” входит блок контроллера электроавтоматики, через который совместно с цифровым блоком управления электроавтоматикой происходит обмен информацией между УЧПУ и электроавтоматикой станка, т. е. выдача управляющих и технологических команд на станок и прием от него ответных сигналов о выполнении этих команд. Информацию о работоспособности цифрового блока управления электроавтоматикой токарного станка можно получить с помощью стенда, панель управления которого изображена на рис. 88.

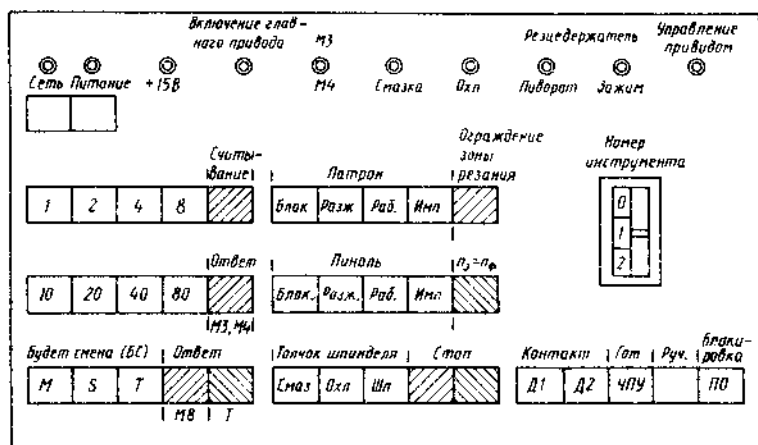


Рис. 88. Панель управления стандом контроля цифрового блока электроавтоматики станка с ЧПУ

Стенд позволяет осуществлять контроль функционирования цифрового блока управления электроавтоматикой станка и оценить уровни логических 0 и 1 на каждом его входе и выходе. С помощью наборного поля команд осуществляется подача на цифровой блок управления сигналов, имитирующих команды от УЧПУ на станок.

С помощью наборного поля на цифровой блок управления также подаются сигналы об исполнении станком управляющих команд от УЧПУ. Наборное поле позволяет подавать на испытуемый цифровой блок однократные управляющие сигналы: включение смазки; включение шпинделя; охлаждение; сигналы управления патроном; сигнал управления пинолью и блокировочные сигналы от станка и УЧПУ.

Проверка цифрового блока на стенде происходит в следующей последовательности: установить цифровой блок на подставку стенда и соединить его с помощью жгутов со стендом; проверить работу стабилизатора напряжения на блоке (он должен выдавать напряжение 15 В); при необходимости резистором выставить напряжение 15 В; проверить потребляемый ток цифровым блоком (он должен быть 1...1,4 А).

Перед диагностированием цифрового блока необходимо проверить, нет ли механических повреждений платы блока, окисления контактов и др. При включении стенда кнопки информационных сигналов должны быть отжаты. При этом на информационном табло должны светиться светодиоды „Сеть 36 В”, „+ 15 В” и мигать индикация „МЗ”, „М4”. На испытуемом блоке включается светодиод „Готовность станка”.

Перед началом диагностирования цифрового блока необходимо убедиться в целостности светодиодов на плате цифрового блока, нажимая кнопки 1, 2, 4, 8, 10, 20, 40, 80, „БСМ”, „БСТ”, „Счит.”, „Готовность

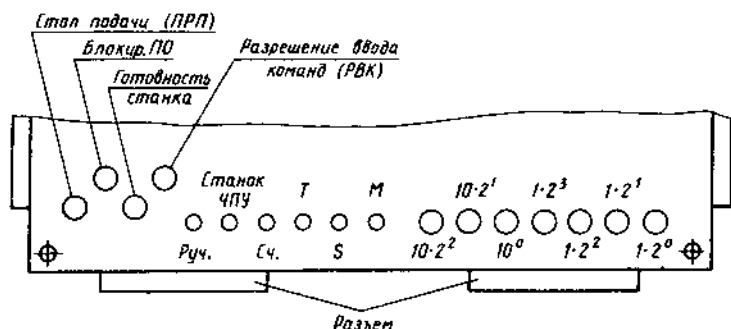


Рис. 89. Схема расположения индикации на цифровом блоке электроавтоматики токарного станка с ЧПУ

ЧПУ", „Руч.“, при этом на плате должны загораться соответствующие диоды (рис. 89).

Проверка работы цифрового блока на стенде заключается в том, что после установки цифрового блока на стенд и его подключения к стенду, на блок подают сигналы, соответствующие командам, и по их прохождению по цифровому блоку судят о его работоспособности.

Действия оператора (табл. 29) и возникающая информация на стенде и блоке соответствуют исправному цифровому блоку, несоответствие индикации с приведенной в таблице свидетельствует о наличии неисправностей в испытуемом блоке.

29. ДЕЙСТВИЯ ОПЕРАТОРА ПРИ РАБОТЕ НА СТЕНДЕ (РИС. 89)

Действия оператора	Индикация	
	на блоке	на стенде
Прохождение команды „Будет смена М, S или Т“		
Нажать кнопку „М“ (аналогично для „S“ и „Т“)	Загорается светодиод „М“ и гаснет светодиод „РВК“	—
Отпустить кнопку „М“	Гаснет светодиод „М“ и загорается „РВК“	—
Нажать кнопку „СЧ“	Загорается светодиод „Готовность станка“, „Блокировка ПО“ и „ПРП“ (рис. 89)	—
Прохождение команды M3 или M4		
Нажать кнопки числовой информации 1 и 2	Загорается светодиод 1·2 ⁰ и 1·2 ¹	—
Нажать и отпустить кнопку „М“	Загорается и гаснет светодиод „М“	—

Действия оператора	Индикация	
	на блоке	на стенде
Нажать и отпустить кнопку „Счит.“	Загорается и гаснет светодиод „Счит.“	Загорается светодиод „М3“, М4“ „Включение главного привода“
Нажать кнопку „Ответ М3“	Загорается светодиод „РВК“	

Прохождение команды М5

Нажать кнопки числовой информации 1 и 4	Загорается светодиод 1-2 ⁰ , 1-2 ²	—
Нажать и отпустить кнопку „М“	Диод „М“ загорается и гаснет Гаснет светодиод „РВК“	—
Нажать и отпустить кнопку „Счит.“	Загорается и гаснет светодиод „Счит.“	Гаснут светодиоды „М3“, „М4“, „Включение главного привода“
Нажать кнопку „Ответ М3“	Загорается светодиод „РВК“	

Прохождение команды М8 (включение охлаждения)

Нажать кнопку числовой информации 8	Загорается светодиод 1-2 ³	—
Нажать и отпустить кнопку „М“	Загорается и гаснет светодиод „М“ Гаснет „РВК“	—
Нажать и отпустить кнопку „Счит.“	Загорается и гаснет светодиод „Счит.“	Загорается светодиод „Охл“
Нажать и отпустить кнопку „Ответ М8“	Загорается светодиод „РВК“	—

Прохождение команды М9 (отключение охлаждения)

Нажать кнопки 1 и 8	Загорается светодиод „Т“ и 1-2 ³	—
Нажать и отпустить кнопку „М“	Загорается и гаснет светодиод „М“. Гаснет светодиод „РВК“	—
Нажать и отпустить кнопку „Счит.“	Загорается и гаснет светодиод „Счит.“	Гаснет светодиод „Охл“

Прохождение команды Т (смена инструмента)

Нажать кнопку числовой информации 1	Загорается светодиод 1-2 ⁰	—
-------------------------------------	---------------------------------------	---

Действия оператора	Индикация	
	на блоке	на стенде
Установить переключатель „Номер инструмента” в положении 0	Загорается светодиод 2-2 ⁰	—
Нажать и отпустить кнопку „Т”	Загорается и гаснет светодиод „Т”	—
Нажать и отпустить кнопку „Счит.”	Загорается и гаснет светодиод „Сч”	Загорается светодиод „Резцедержка поворот”
Установить переключатель „Номер инструмента” в положение 1	Гаснет светодиод „ПРП”	Гаснет светодиод „Резцедержка поворот” и загорается „Резцедержка зажим”
Нажать кнопку „Ответ Т”	Через 200 мс загорается светодиод „РВК”	Через 200 мс гаснет „Резцедержка зажим”
Повторить для остальных девяти позиций инструмента	—	—
Проверка команды „Смазка”		
Отжать и утопить кнопку „Готовность ЧПУ”	—	Загорается светодиод „Смазка” на время около 8 с; следующее включение может произойти только через 40 мин.

ГЛАВА VI.

ГИБКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ

1. ОТ СТАНКОВ С ЧПУ К АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СИСТЕМАМ

Автоматизированные комплексы с перенастраиваемой технологией получили название гибких производственных систем (ГПС). Чтобы реализовать гибкоперенастраиваемую технологию обработки, необходимо автоматизировать все процессы переналадки оборудования. В ГПС автоматически реализуются следующие функции: управление циклом работы оборудования с помощью УЧПУ, ЭВМ и др.; загрузка, разгрузка и межоперационное транспортирование заготовок и деталей; контроль точности и режимов обработки; контроль технического

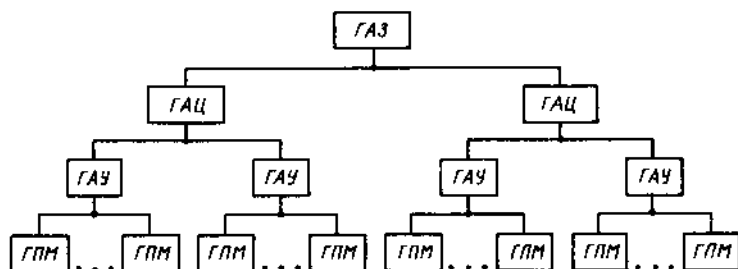


Рис. 90. Организационная структура ГПС

состояния станков, транспортной системы и инструментов; подналадка и смена инструментов; переналадка станка при переходе на обработку нового типа детали; диагностирование оборудования и управление производством.

Программное обеспечение ГПС необходимо для управления станками, транспортным оборудованием, автоматизированным складом, контролем и проверкой деталей, системой информации.

Структуру ГПС (рис. 90) строят по принципу повышения уровня организации производства: гибкий производственный модуль (ГПМ), гибкая автоматизированная линия (ГАЛ) или гибкий автоматизированный участок (ГАУ); гибкий автоматизированный цех (ГАЦ); гибкий автоматизированный завод (ГАЗ).

Практическая реализация ГПС технологической обработки на оборудовании с ЧПУ возможна при оснащении станков магазинами инструментов и устройствами автоматической их смены; создании транспортно-накопительной системы; переходе на управление станками от УЧПУ на базе микроЭВМ; объединении станков в автоматизированные группы, включающие автоматизированные транспортные системы и централизованное управление от единой ЭВМ.

ГПМ состоит из оборудования, оснащенного УЧПУ и средствами автоматизации технологического процесса. ГПМ функционирует автономно, осуществляя многократные циклы, и может встраиваться в ГПС. По мере совершенствования ГПМ и образования на их основе автоматизированных систем, функции операторов все в большей степени передаются машинам.

Рост производительности труда станочника (рабочего-оператора) осуществляется за счет совершенствования станков с ЧПУ, расширения многостаночного обслуживания, благодаря введению в станки с УЧПУ магазинов инструмента и устройств автоматической смены заготовок. Рост производительности осуществляется и за счет увеличения загрузки станков с УЧПУ, благодаря объединению их в системы, включающие автоматизированные транспортные комплексы.

Модуль, выполненный на базе одношпиндельного токарного станка с ЧПУ (рис. 91). Станок имеет механизированные приводы

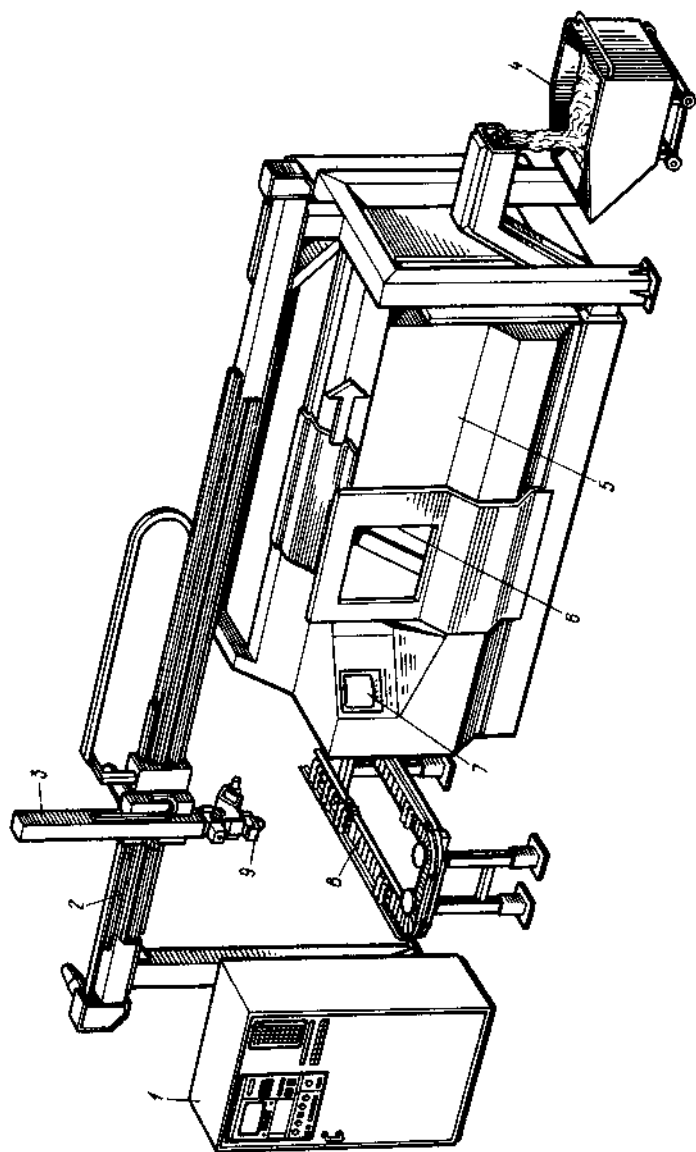


Рис. 91. Станочный гонимый модуль :

1 — УЦПУ; 2 — направляющая манипулятора; 3 — манипулятор загрузки деталей; 4 — контейнер для стружки; 5 — станок с ЧПУ; 6 — магазин инструментов; 7 — устройство ЧПУ станком; 8 — поворотный захват манипулятора

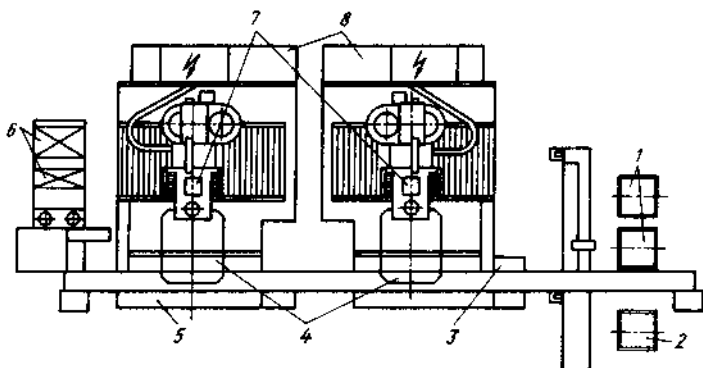


Рис. 92. Два многоцелевых станка, объединенных в ГПМ:

1 — накопитель заготовок и деталей; 2 — накопитель инструментов; 3 — УЧПУ; 4 — поворотный стол; 5 — транспортная система; 6 — палета; 7 — многоцелевой станок; 8 — электрошкаф

зажимного патрона, устройства подачи материала и затяжки прутка, датчики для получения необходимых сигналов о состоянии этих механизмов.

В состав модуля входит промышленный робот (ПР), оснащенный двухзахватным манипулятором и предназначенный для загрузки-разгрузки станка заготовками. ПР способен одновременно взять с транспортно-накопительной системы заготовку и снять со шпинделя обработанную деталь. Кроме того, ПР устанавливает заготовку на транспортный стол с палетами.

На рис. 92 изображены два многоцелевых станка, объединенных в ГПМ с транспортной портальной системой загрузки, поворотными столами, накопителями заготовок и инструмента. Группа станков, обслуживаемая ПР, составляет роботизированный технологический комплекс (РТК), в состав которого включают транспортное устройство, накопители, магазины заготовок и др.

2. СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ

ГПМ типа АТМ-001 (рис. 93) предназначен для токарной обработки деталей с максимальным диаметром 150 мм. Модуль может работать как самостоятельная технологическая единица, так и в составе ГПС. В состав модуля входят: токарный станок управляемый от ЧПУ; робот и магазинное устройство для патронных деталей.

Двойной захват руки робота обеспечивает быструю смену деталей в зоне станка или магазинного устройства поворотного типа. После окончания обработки заготовок (максимальное число 45 шт.) с одной

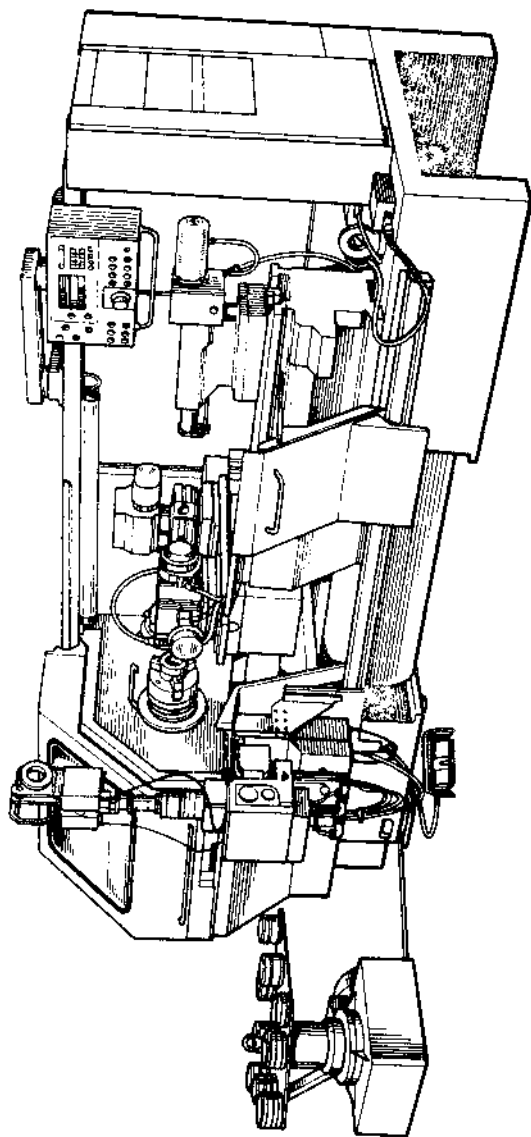
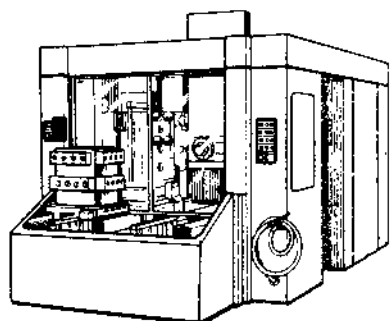
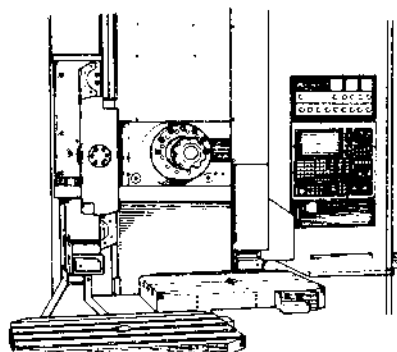


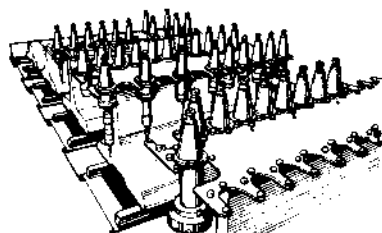
Рис. 93. ИИМ АТМ-001



а)



б)



в)

Рис. 94. ГПМ:

а — многооперационный станок; б — транспортно-накопительная система; в — поворотное устройство с механической рукой

стороны магазин поворачивается на 90° и рабочий цикл повторяется вновь.

В ГПМ (рис. 94, а) имеется многоцелевой станок, оснащенный транспортной системой подачи инструмента из накопителей. Магазин станка выполнен автономно. Транспортно-накопительная система инструментов (рис. 94, б) состоит из накопителей, которые устанавливают у каждого многооперационного станка, обслуживаемого ПР, в функции которого входит доставка инструмента из накопителя к станку и их смена.

Смена инструмента в шпинделе производится поворотным устройством (рис. 94, в), имеющим руку с двумя захватами. Для смены инструмента ПР по программе подает из магазина необходимый инструмент. Станок оснащен автоматическим устройством подачи заготовки на стол станка и удаления готовой детали на позицию ожидания.

Транспортно-накопительная система может обеспечить непрерывную работу станка в течение длительного времени. Для повышения эффективности многооперационных станков с ЧПУ при их использовании в ГПС они оснащаются спутниками и транспортной системой с накопителями для их перемещения в технологическом потоке. Спутник из накопителя передается на челночное устройство, обеспечивающее автоматическую смену спутников на станке.

В ГПС все типы многооперационных станков оснащены спутниками, что позволяет совместить вспомогательное время съема обрабо-

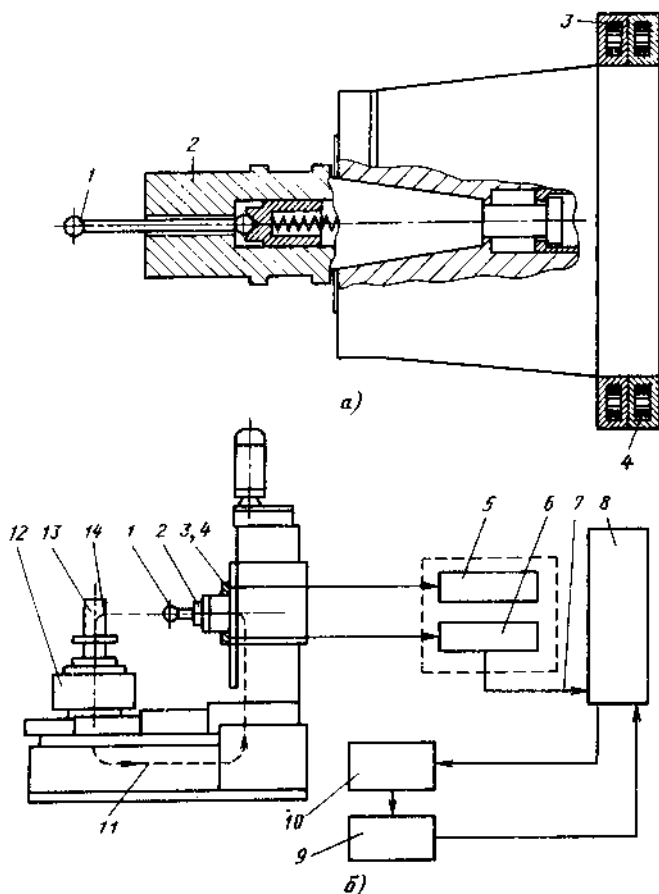


Рис. 95. Устройство контроля размеров обрабатываемой детали

танной детали и установки новой заготовки и приспособление на позиции ожидания с машинным временем обработки заготовки, находящейся на столе. Спутник представляет собой плиту унифицированной конструкции, которая фиксируется на столе станка.

Системы автоматического контроля и диагностирования ГПМ. Одним из требований, предъявляемых к длительной работе ГПМ без вмешательства оператора, является контроль и диагностирование процесса обработки и состояния инструмента.

Широко применяют *устройства контроля размеров деталей*, устанавливаемые в шпинделе станка с ЧПУ, смонтированные в инструментальной оправке. На фланце корпуса шпинделя вплотную насаживают два трансформатора 3 и 4 (рис. 95, а), имеющие тороидальные сердеч-

ники с обмотками. Во время измерения размера в шпиндель автоматически из магазина инструментов устанавливается датчик 2, несущий подпружиненный щуп 1, который имеет возможность отклоняться в радиальном и осевом направлениях. Обмотка трансформатора 3 включена в схему генератора 5 (рис. 95, б), формирующего синусоидальные колебания высокой частоты. Обмотка трансформатора связана с устройством 6 формирования импульса касания.

Пока щуп не коснется исходной поверхности 14 обрабатываемой детали 13, между трансформаторами 3 и 4 магнитной связи нет. При этом на выходе трансформатора 3 напряжение равно нулю.

В момент, когда щуп датчика касается измеряемой поверхности 14 детали, закрепленной на столе станка 12, возникает магнитный поток 11. При этом между трансформаторами 4 и 3 возникает магнитная связь и на выходе трансформатора 3 появляется напряжение. Это напряжение подается в формирователь сигнала 6, который вырабатывает импульс, поступающий по каналу 7 на входной канал УЧПУ 8.

Алгоритм устройства памяти микрокоманд УЧПУ выполнен так, что перед каждым шагом интерполяции происходит опрос системы измерения. Пока ответа нет (щуп не касается исходной поверхности), выдается сигнал линейной интерполяции на привод 10 с датчиком обратной связи 9. В момент поступления ответа от датчика (касание щупом поверхности) выдача сигнала интерполяции прекращается и происходит следующее: обнуляется ячейка памяти хранения информации о положении координаты, по которой проводится измерение; формируется нуль отсчета по данной координате, определяющей положение исходной поверхности; все расчеты в системе ведутся от нуля.

Статическая погрешность станка ± 3 мкм; сила прижима, необходимая для срабатывания измерительного устройства $\leq 0,5$ Н; припуск на перебег по осям $X, Y \pm 15$ мм, по оси Z 15 мм; измерение может осуществляться как при неподвижном шпинделе, так и при вращении.

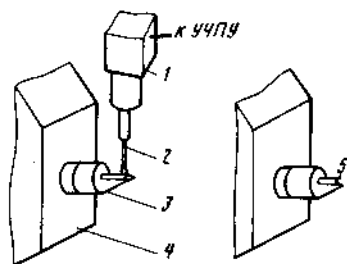
Получают развитие также средства автоматизированного контроля размеров вне станка, между операциями на транспортных линиях перемещения деталей. Получает распространение измерение размеров инструмента на станке с ЧПУ. Для этих целей применяют систему автоматического измерения.

При этом измерительное устройство устанавливают на столе станка, а инструмент, помещенный в магазин, по программе подводится к щупу датчика. Измеренная разность между фактическим положением режущей кромки и заданной программой выдается в устройство управления.

Полностью автоматизированное производство и станочные комплексы должны иметь надежную систему контроля за состоянием инструментов (рис. 96). В качестве измерителей находят применение пьезоэлектрические преобразователи.

На станке установлен датчик 1 (рис. 96) системы автоматического измерения. Резец 3, закрепленный на револьверной головке 4, по программе подводится к щупу 2 датчика, закрепленного на станке. Фиксируется фактическое положение режущей кромки, которое

Рис. 96. Детектор обнаружения поломки или износа инструмента



сопоставляется с заданным значением в программе. В случае поломки инструмента датчик выдает сигнал в УЧПУ на смену инструмента или выдает коррекцию, если инструмент изношен.

ПР, используемые в транспортных системах ГПС позволяют упростить конструкцию ГПМ, поскольку отпадает необходимость в их оснащении загрузочными и разгрузочными устройствами; упростить транспортную систему, так как отпадает необходимость в спутниках, системах возврата и кантователях.

ПР „Электроника ПЦ-ТМ” (рис. 97) предназначен для загрузки и выгрузки деталей типа тел вращения диаметром 150 мм высотой до 150 мм. Робот состоит из электромеханического манипулятора и системы управления на базе микроЭВМ.

Манипулятор имеет пять степеней подвижности и два схвата, расположенных под углом 90°, один настраивается на захват заготовки, другой на захват готовой детали.

Система управления выполнена на базе ЭВМ „Электроника-60М” и снабжена дисплеем. Система запрограммирована на стандартный цикл манипулирования деталями; вводятся только переменные данные, характеризующие новую партию деталей: тип кассеты и число деталей в ней.

Информация о партии деталей, поступающих на обработку, вводится с клавиатуры дисплея или поступает в систему управления от системы управления высшего уровня.

Программное обеспечение робота „Электроника ПЦ-ТМ” обеспечивает самообучение по первой детали, „дожим” заготовки в патроне токарного станка и прекращение движения робота при наезде на препятствие.

Механизм горизонтального перемещения служит основанием робота и состоит из корпуса, в котором закреплены цилиндрические направляющие для перемещения каретки, осуществляемого от привода через зубчатую передачу и шариковинтовую пару. Механизм поворота закреплен на каретке механизма горизонтального перемещения и состоит из корпуса, на котором закреплены привод, коническая зубчатая передача, водило и мальтийский крест. Вращение водила осуществляется от привода через коническую передачу. Для фиксации мальтийского креста в крайних положениях используют выдвижной фиксатор, управляемый кулачком, кинематически жестко связанный с водилом.

Механизм подъема закреплен на переднем конце ползуна механизма горизонтального перемещения. Механизм захвата детали закреплен на нижнем конце штанги механизма подъема и состоит из

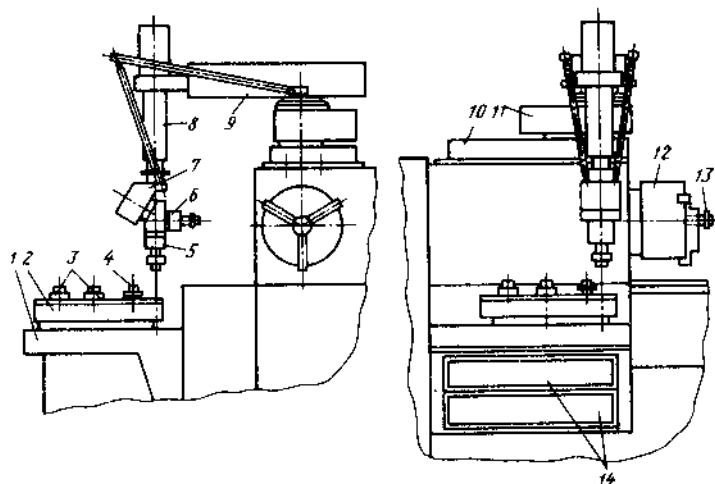


Рис. 97. ПР „Электроника НЦ-ТМ“:

1 — кассетный стол; 2 — кассета; 3 — заготовка; 4 — готовая деталь; 5 и 6 — схваты готовой детали и заготовки; 7 — поворотное устройство схватов; 8 — механизм подъема; 9 — механизм горизонтального перемещения по оси Y ; 10 — механизм поворота; 11 — механизм горизонтального перемещения по оси X ; 12 — патрон; 13 — обрабатываемая деталь; 14 — блок управления

двух схватов, расположенных под углом 90° в подвижном корпусе. Вращение подвижного корпуса происходит вокруг оси, расположенной под углом 45° к вертикальной штанге. Угол ротации схватов регулируется подвижными упорами. Механизм схвата детали снабжен устройством обдува, предназначенного для удаления стружки с патрона станка и со схватов робота.

Примет пять программируемых перемещений (рис. 98): вертикальное перемещение Z (вверх и вниз) каретки; поворот Q каретки в горизонтальной плоскости; горизонтальное перемещение R штока; угловое α вращение блока и поворот β в горизонтальной плоскости.

ПР состоит из манипулятора и управляющего устройства „Контур-1“. Тип системы управления позиционный, число программируемых координат 5, погрешность позиционирования ± 1 мм. Робот может манипулировать деталями массой до 20 кг. Приводы робота выполнены на высокомоментных электродвигателях постоянного тока. Робот может обслуживать два станка. Установка и съем обработанной детали осуществляются путем поворота Q робота. Подпружиненный схват компенсирует погрешность поворотного блока при движении загружаемой детали в патрон.

Портальный робот-манипулятор, используемый в транспортной системе ГПС, показан на рис. 99. На балке 2 коробчатой формы установлены плоская 3 и призматическая 11 направляющие рельсы. Сбоку на

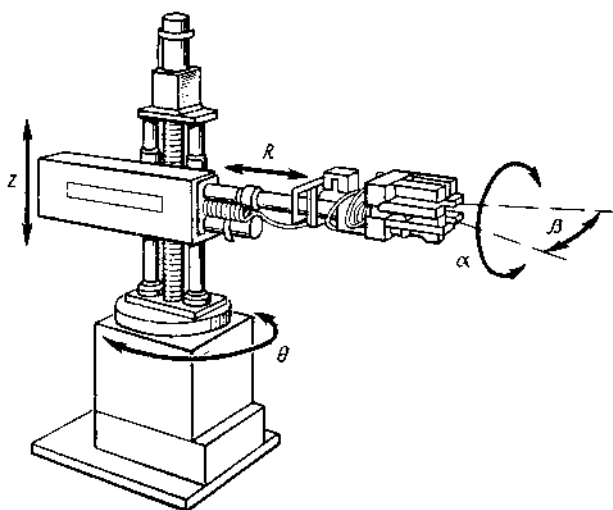


Рис. 98. Промышленный робот

плоском рельсе 3 нарезана зубчатая рейка, зацепляющаяся с приводом перемещения каретки. На основании каретки расположены опорные ролики 4 и плиты 12 для схватов 8 и 10, гидроаккумулятор 9, гидродвигатель 4 привода перемещения каретки по монорельсу, кронштейн 5 крепления кабельной цепи 6. Предусмотрена плита 12 для подъема каретки при монтаже. Плиту монтируют вертикально или под углом 10° , устанавливают на шарнире и закрепляют планками. Регулируемую стяжку 13 используют при монтаже, а после установки планок снимают. Схваты 8 и 10 имеют два конструктивных исполнения: с механизмом вращения захватного устройства и без него.

Привод продольного перемещения схватов, вращения захватного устройства и движение зажима производятся от гидроцилиндров. Гидравлический привод использует собственную гидравлическую станцию с воздушным охлаждением. Гидравлическая система состоит из двухходовых клапанов, обеспечивающих возможность осуществлять процессы пуска и останова.

Пульт управления 7 (может быть подвижным или встроенным) может работать в ручном, наладочном или автоматическом режиме с выдачей соответствующих сигналов в систему управления ГПС в соответствии с циклом „загрузка—разгрузка”.

Каждый новый цикл осуществляется сигналами от внешнего оборудования (станков с ЧПУ, транспортно-накопительных систем). С помощью кнопки „Конец цикла” манипулятор занимает исходное положение для контроля. Сигнализация на пульте показывает основное положение манипулятора.

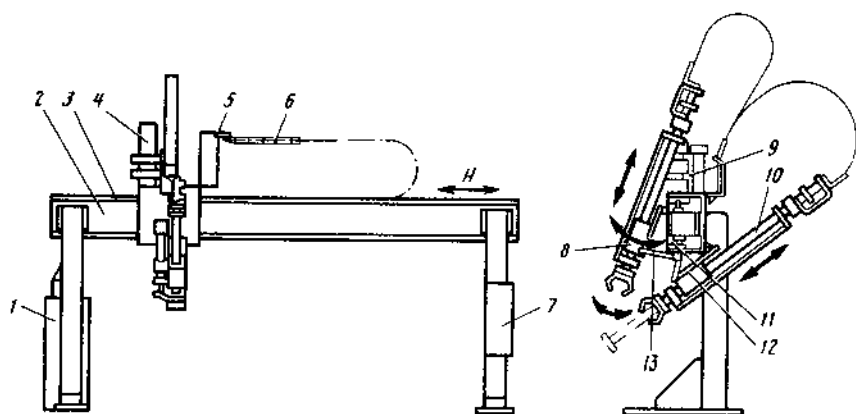


Рис. 99. Портальный робот-манипулятор:

1 — электрошкаф; 2 — балка; 3 — направляющие; 4 — гидродвигатель; 5 — кронштейн; 6 — кабель; 7 — пульт управления; 8 и 10 — механическая рука; 9 — гидроаккумулятор; 11 — призматическая направляющая; 12 — плита; 13 — стяжки

В электрошкафу 1 размещены силовая часть, система контакторов и реле последовательной подачи управляющего напряжения к гидравлике. Для связи с другим оборудованием в комплексе предусмотрены необходимые входные и выходные сигналы. Заготовки на позиции загрузки подают с помощью спутников, устанавливаемых на тактовых столах.

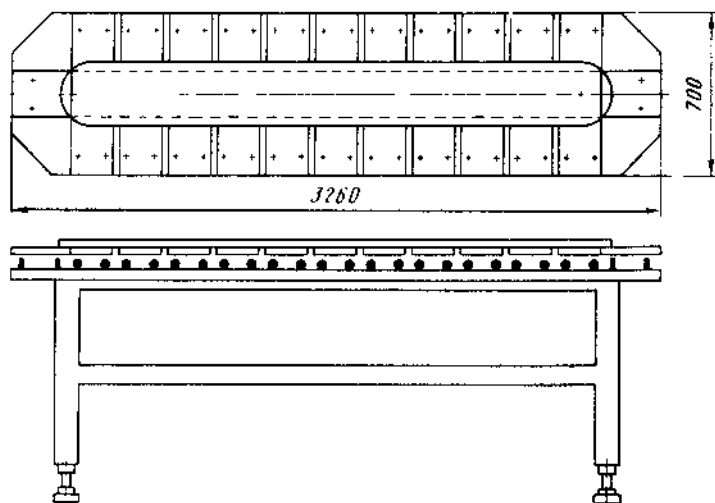


Рис. 100. Тактовый стол

Тактовый стол (ТС) предназначен для транспортировки деталей или заготовок (рис. 100) в зону ПР. Заготовку можно устанавливать на пластину стола или палеты, которые крепят на пластинах ТС. Допускается установка заготовок валов в вертикальном положении. При выборе способа установки заготовок на ТС и количества заготовок на пластине (палете) необходимо учитывать зону работы ПР, точность его позиционирования, размеры и компоновку схвата. Готовую деталь можно ставить на ТС или предусмотренную для этого отдельную тару.

3. НАЛАДКА И ОБСЛУЖИВАНИЕ ГПС

От рациональной организации наладки, технического обслуживания и ремонта зависит эффективность применения ГПС в производстве. Номенклатура и последовательность проведения указанных работ определяются составом оборудования ГПС.

Перед наладкой может возникнуть необходимость в проверке точности опорных элементов ПР или транспортной системы. В вертикальной плоскости опорные колонны устанавливают по отвесу или уровню (погрешность установки $\leq 0,1 \dots 0,5$ мм), а в горизонтальной плоскости – по струне (погрешность $\leq 0,25 \dots 0,5$ мм на 1 м). Погрешность установки монорельсов $\leq 0,05 \dots 0,1$ мм в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Механизм подъема захватывающего устройства ПР (рис. 101), который закреплен на конце ползуна механизма горизонтального перемещения робота „Электроника НЦ-ТМ” состоит из корпуса 9, в котором расположена штанга 10, перемещающаяся в шариковой втулке 1, закрепленной на нижнем конце механизма подъема. Вертикальное перемещение штанги осуществляется от привода 5 через зубчатую передачу 7 и винтовую передачу 8.

Гайка 4 служит для механического отключения тормоза. Динамическое торможение обеспечивается релейным ключом, статическое – двумя фрикционными электромагнитными тормозами, расположенными в приводе. Для определения исходного положения механизма подъема используют датчик 3, а положения пути – импульсный датчик 6.

Для наладки механизма выполняют регулировку упора 2 по высоте, установив осевой зазор винтовой передачи $0,1 \dots 0,2$ мм при приложении нагрузки до 100 Н (осевой зазор регулируют прокладками). Необходимо проверить вращения винта 8, он должен быть, $\leq 0,02$ Н·м. После наладки скорость перемещения механизма подъема ≥ 32 мм/с.

Наладка контрольных устройств состоит из настройки (юстировки) измерительных механизмов, участвующих в контроле размеров деталей. При настройке необходимо: установить измерительные наконечники и опорные элементы в положение, предусмотренное чертежом; отрегулировать величину перемещения измерительных рычагов и их положения относительно контролируемой детали; отрегулировать натяжением пружин измерительные усилия на рычагах; проверить

Рис. 101. Механизмы подъема заготовок

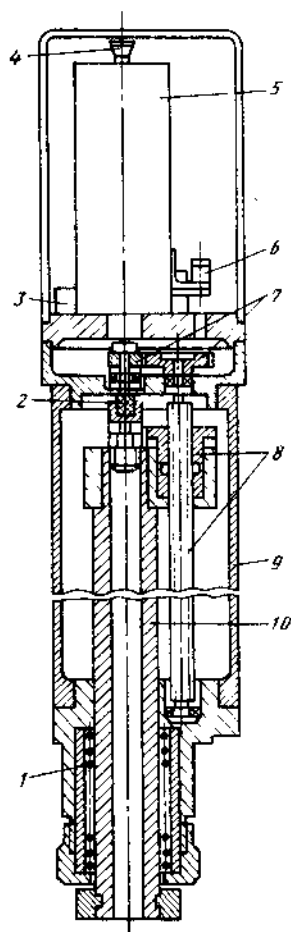
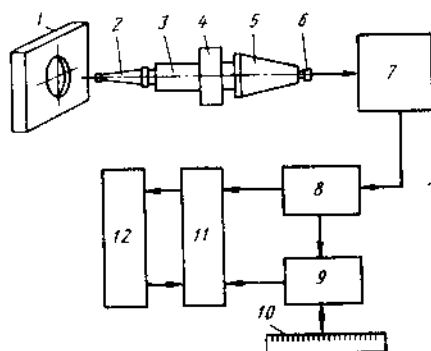


Рис. 102. Устройство для измерения обрабатываемой детали



плавность хода и при необходимости отрегулировать зазоры во всех подвижных соединениях; отрегулировать арретирующее устройство, служащее для разведения (сведения) концов измерительных рычагов; отрегулировать положение измерительных головок с преобразователями относительно контролируемых деталей.

На рис. 102 приведено устройство для измерения обрабатываемой детали. Подпружиненный щуп 2, имеющий свободу отклонения на некоторую величину от среднего положения в радиальном и осевом направлениях, монтируется в корпусе 3, который заканчивается конической оправкой 5, одинаковой с инструментальной оправкой, применяемой на станке и находящейся в магазине режущих инструментов. Хвостовик 6 служит для автоматического крепления оправки. Корпус имеет выступ 4, предназначенный для передачи сигнала в момент, когда щуп датчика входит в контакт с измеряемой поверхностью детали 1. Устройство используют тогда, когда возникает необходимость проверки правильности выполнения какой-либо операции обработки. В этом случае устройство по программе устанавливается в шпиндель автоматическим устройством смены инструмента. Далее щуп устройства касается двух противоположных (поочередно) сторон отверстия. Сигналы посылаются в момент касания щупом измеряемой поверхности в секцию приема сигналов 7, откуда они поступают в устройство поиска сигнала 8 и счетчик 9, где сопоставляется с данными, выдаваемыми устройством обратной связи по

Рис. 103. Стенд для наладки блоков:

1 — дисплей; 2 — устройство ввода информации; 3 — процессор; 4 — ПЗУ; 5 — ПУ; 6 — БОСИ; 7 — КНМЛ

положению пути 10, соответственно осям X, Y и Z станка в момент, когда щуп устройства входит в контакт с измеряемой поверхностью, и мгновенно запоминается. Результаты измерения поступают в блок контроля размеров 11, откуда направляются в УЧПУ 12. Измеряемый размер определяется расстоянием перемещения щупа между двумя моментами касания.

Наладку прибора осуществляют в такой последовательности. После установки измерительной головки в шпиндель на станке закрепляют образцовую деталь. Измерительный щуп подводят к детали. Щуп с наконечником устанавливают по линейке в положение, соответствующее номинальному размеру детали. Посредством винтов регулировки устанавливают наконечник в плоскости, перпендикулярной к оси детали, при этом систему контроля включают в режим „Наладка”. Правильно установленный измеритель должен показывать на приборе два-три деления выше нуля. После окончания настройки переключают устройство в режим „Работа”, обрабатывают пробную деталь и проводят повторное измерение.

Отказы по точности измерения контрольного устройства могут быть вызваны: наличием заусенцев на опорной поверхности детали; повреждением наконечника; засорением фильтра в пневмосистеме подачи сжатого воздуха; наличием больших зазоров в подвижных соединениях деталей измерительного устройства; повышенным трением в подвижных соединениях.

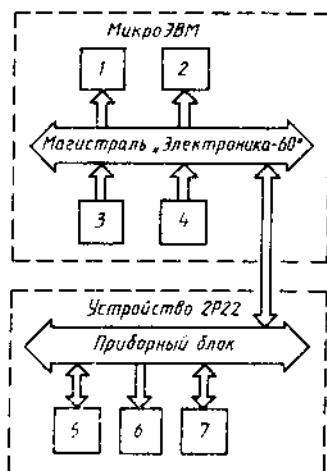
На рис. 103 изображена схема стенда для наладки блоков микроЭВМ, используемых в ГПС. На стенде можно осуществлять наладку блоков УЧПУ 2Р22, 2С42 и „Контур-1”. В состав стенда входят микроЭВМ и УЧПУ 2Р22, связь между которыми осуществляется через единый системный канал обмена информацией.

ПЗУ предназначено для выполнения: 1) режима начального пуска микроЭВМ; 2) пультового режима микроЭВМ; 3) резидентного теста.

Видеомонитор предназначен для отображения алфавитно-цифровой и графической информации при работе стенда.

Устройство ввода информации (пультовый терминал) предназначено для ввода алфавитно-цифровой информации и управления ДВК.

Магистраль „Электроника-60” (системный канал) представляет собой систему сигнальных связей, назначение и физическая реализа-



ция которых определяются совокупностью правил, обеспечивающих обмен информацией между отдельными функциональными блоками.

Используемая в приборном блоке *УЧПУ 2Р22* в совокупности с необходимым программным обеспечением реализует заданный состав алгоритма, включая обслуживание внешних устройств ввод-вывода, вычисление траекторий и скоростей перемещения подвижных органов станка, выдачу управляющих команд, выполнение технологических циклов и др.

ПУ *УЧПУ 2Р22* позволяет вести редактирование программы, задавать режимы работы устройства, проводить ручной ввод данных, вести диалог и др.

БОСИ предназначен для отображения на электронно-лучевой трубке буквенно-цифровой информации (цифр, букв русского и латинского алфавитов). Объем высвечиваемой информации зависит от масштаба и составляет 512 символов (16 строк по 32 знака) или 256 символов (8 строк по 32 знака). *БОСИ* используется при вводе программы и редактировании. *КНМЛ* принимает дискретную информацию от приборного блока, хранит ее и в случае надобности вновь выдает ее в приборный блок.

Программное обеспечение предназначено для обслуживания устройств, входящих в стенд наладки и диагностики блоков устройства ЧПУ, индикации входных и выходных сигналов в режиме программы „Монитор ДВК”, которая является частью программы по наладке и ремонту микроэлектронной техники и средством доступа пользователя к программным средствам.

Микропроцессорные *УЧПУ* позволяют выполнять подготовку УП в диалоговом режиме. При использовании диалогового метода на экране дисплея высвечивается последовательность вопросов, на которые должен ответить оператор нажатием определенных буквенных или цифровых клавиш. Эти вопросы могут также задаваться в виде перечня подпрограмм, из которого надо выбрать желаемый вариант.

Программа „Монитор ДВК” обеспечивает: 1) связь микроЭВМ с ФСУ, и устройством печати; 2) просмотр любого участка памяти в адресном пространстве микроЭВМ; 3) ввод данных в ОЗУ и составление программ в машинных кодах; 4) запуск и отладку программ пользователя; 5) получение справочной информации; 6) составление и редактирование текстовой информации; 7) запуск „Резидентного проверяющего теста”.

Для запуска программы „Монитор ДВК” необходимо автоматически запустить программу. После ее запуска происходит тестирование памяти и при его завершении на экран дисплея выводится сообщение о готовности.

После завершения этой процедуры необходимо: набрать с клавиатуры строку для выбранной директивы; проверить правильность набора и при необходимости отредактировать директивную строку командой „Возврат”; ввести директивную строку командой „Ввод”; после выхода в режим запроса директив программа „Монитор ДВК” готова к приему очередной директивной строки.

При диагностировании на экран дисплея выдается информация оператору о возможных сбоях и неисправностях в блоках проверяемых систем управления ГПМ, которые подключаются к соответствующим разъемам УЧПУ 2Р22. В табл. 30 приведен перечень сообщений оператору о сбоях и отказах в блоках УЧПУ 2Р22, а в табл. 31 – о неисправностях в блоках устройства программного управления ПР „Контур-1”.

30. ПЕРЕЧЕНЬ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Информация на экране	Вероятная причина
Процессор?	Вышел из строя процессор
ТП ввести?	Искажение технологической программы в памяти
К ввести?	Искажение констант (плавающий ноль, исходное положение, вылет инструмента) в памяти
Р ввести?	Искажение параметров памяти
445 ПРЕР?	Нет прерывания от таймера
XXX ПРЕР 04?	Вышел из строя блок XXX
ПРЕР 10	1) сбой процессора; 2) сбой ПЗУ
БУ?	Вышел из строя блок умножения
ПК?	" " " преобразователь кодов
БОСИ?	Вышел из строя блок связи с БОСИ
XXX	Не устанавливаются разряды регистра состояния в блоке XXX

31. ПЕРЕЧЕНЬ СООБЩЕНИЙ О СБОЯХ И ОШИБКАХ

Информация на экране	Вероятная причина
94	Превышение рассогласования
95	Не заполнен регистр в момент срабатывания выключателя „Зона”
200	Сбой памяти регистров
201	" " уставок
202	" " параметров
304	Сбой по выходу за пределы допустимой скорости подачи
310	Сбой коммутатора привода
311	Наезд на аварийный выключатель
316	Поломка предохранительного звена
506	Неисправность таймера
507	Сбой теста 1

Глава VII. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ПРОГРАММНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. СТРУКТУРА РЕМОНТНОЙ СЛУЖБЫ

Опыт эксплуатации станков с ЧПУ показал целесообразность организации централизованной ремонтной службы, объединяющей отдел главного механика, ремонтно-механический цех и службу технического обслуживания станков с ЧПУ, структура которых зависит от территориального размещения производственных цехов, ремонтной сложности оборудования, типа и характера производства.

Отдел главного механика (ОГМ), на который возлагаются функции организационного и технического руководства, планирования, учета и контроля за качественной и ритмичной работой всех подразделений ремонтной службы предприятия, имеет структуру, объединяющую конструкторско-технологическое бюро, бюро планово-предупредительного ремонта, группу учета оборудования и др.

Ремонтно-механический цех (РМЦ) помимо административных, планово-диспетчерских и технологических подразделений включает отделения: заготовительное, токарное, фрезерное, шлифовальное, расточное, зуборезное; разборочно-промысловый, слесарно-сборочный, окрасочный и другие участки. В РМЦ целесообразно организовать участки дефектации, восстановления и упрочнения деталей и укрупненных узлов, в том числе шариковых винтовых пар, гидроаппаратуры приводов подач и гидросистем. В составе РМЦ необходимо предусмотреть: склады заготовок, запасных частей и комплектующих изделий; кладовые инструмента и приспособлений; подразделения контроля качества выполнения ремонтных работ и изготовления запасных частей. Для выполнения средних и капитальных ремонтов программного оборудования в РМЦ организуются бригады слесарей-ремонтников. Основными функциями РМЦ являются: 1) изготовление запасных частей и деталей для механических и гидравлических систем станков с ЧПУ; 2) восстановление, ремонт и модернизация точных механических узлов гидроаппаратуры приводов подач и гидросистем станков с ЧПУ на специализированных участках; 3) централизованный средний и капитальный ремонт программного оборудования; 4) крупный неплановый ремонт станков с ЧПУ.

Служба технического обслуживания станков с ЧПУ в своем составе должна иметь: электронщиков, электриков, слесарей-ремонтников по механическим и гидравлическим системам, которые объединяются в комплексные бригады. Рабочие этих бригад выполняют ежедневные и периодические профилактические мероприятия, проводят плановые текущие ремонты и устраняют отказы всех систем станков с ЧПУ. Для неплановых ремонтов крупных кинематических механизмов или работ, связанных со значительной разборкой оборудования, привлекаются ремонтные бригады РМЦ. Капитальный ремонт электрических двигателей и крупногабаритной электроаппаратуры проводится в энергоремонтном цехе.

Помимо указанных работ служба технического обслуживания станков с ЧПУ участвует в: 1) разработке мероприятий по совершенствованию технического обслуживания и ремонта, составлении техзаданий на модернизацию систем станков с ЧПУ; 2) планировании совместно с бюро ОГМ профилактических мероприятий и ремонтных работ; 3) разработке технических условий эксплуатации программного оборудования и правил ухода и эксплуатации конкретных моделей станков с ЧПУ; 4) разработке совместно с отделом технической подготовки кадров учебных программ по обучению и периодической аттестации персонала, занятого эксплуатацией программного оборудования; 5) техническом надзоре за правильностью монтажа и отладки станков с ЧПУ; 6) анализе причин неисправностей, расследовании аварий и поломок программного оборудования, разработке мероприятий по их устранению и предупреждению; 7) выявлении номенклатуры запасных частей и комплектующих станков с ЧПУ, составлении заявок на их приобретение или изготовление.

В составе службы технического обслуживания необходимо организовать: участки технического обслуживания, лаборатории ремонта электронных устройств и микропроцессорной техники, группы планирования производства, совершенствования оборудования с ЧПУ и др.

Участки технического обслуживания создаются при одном или нескольких производственных цехах, в которых эксплуатируются 60 . . . 100 единиц оборудования с ЧПУ. В участке образуют несколько комплексных бригад в составе пяти—восьми человек, которые специализируются на обслуживании преимущественно однотипных станков. Такая форма специализации технического обслуживания и закрепление за ними производственных цехов, способствует росту квалификации ремонтного персонала.

На участки технического обслуживания возлагается: 1) обеспечивать стабильную техническую готовность оборудования с ЧПУ, путем выполнения плановых профилактических мероприятий и непланового ремонта; 2) осуществлять технический надзор за выполнением правил эксплуатации программного оборудования; 3) участвовать в разработке технологических процессов плановых профилактических мероприятий и неплановых ремонтов систем закрепленного оборудования, совершенствовании методик контроля параметров устройств и станков, внедрении прогрессивных методов ремонта; 4) контролировать правильность монтажа, участвовать в отладке оборудования с ЧПУ; 5) совместно с группой планирования и подготовки производства оформлять заявки на приборы, запасные части, инструмент и материалы, необходимые для выполнения ремонтных работ и модернизации станков.

Лаборатория ремонта электронных устройств и микропроцессорной техники должна осуществлять ремонт электрических и электронных узлов. Группа совершенствования оборудования с ЧПУ обычно входит в состав лаборатории ремонта электронных устройств и выполняет работы по созданию устройств диагностики систем управления, внедряет прогрессивные методы ремонта электронных и электрических

ких установок станков с ЧПУ, анализируя статистические данные надежности работы программного оборудования.

Функциональные обязанности группы планирования и подготовки производства включают: 1) планирование, учет и составление отчетов о ходе выполнения профилактических мероприятий на станках с ЧПУ в соответствии с утвержденными графиками ремонта, контроль за ходом выполнения работ по совершенствованию производства; 2) сбор статистической информации по работе программного оборудования, систематизацию отказов систем станков с ЧПУ и подготовку материалов для анализа их причин; 3) учет и оформление заявок на контрольно-измерительную аппаратуру, запасные части, комплектующие изделия и материалы, необходимые для проведения ремонтов; 4) оформление заказов на изготовление инструмента, оснастки, запасных деталей; 5) нормирование зарплаты работников службы обслуживания станков с ЧПУ.

2. ВИДЫ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Для обеспечения высокопроизводительной работы станков с ЧПУ необходимо выполнять ежедневные и периодические технические обслуживания, текущие (ТР), средние (СР) и капитальные (КР) ремонты, планомерное чередование которых образует ремонтный цикл.

Для станков массой до 20 т структура ремонтного цикла определяется выражением: ТО—ТР—ТО—ТР—ТО—ТР—ТО—СР—ТО—ТР—ТО—ТР—ТО—КР, где ТО — последовательность периодических технических обслуживаний первого и второго видов, например, $ТО_1$ — $ТО_2$ — $ТО_1$ — $ТО_1$ — $ТО_2$ и т. д.

Структура ремонтного цикла станков массой более 20 т имеет вид: ТО—ТО—ТО—ТР—ТО—ТР—ТО—СР—ТО—ТР—ТО—ТР—ТО—СР—ТО—ТР—ТО—ТР—ТО—КР.

Технические обслуживания $ТО_1$ и $ТО_2$ выполняют через каждые 335 ч, отработанных станком (удлинение периода между ними не допускается). В зависимости от загрузки оборудования количество плановых технических обслуживаний $ТО_1$ и $ТО_2$ колеблется от 4 до 12 в год. Время работы станка с ЧПУ между двумя последовательными плановыми ремонтами (межремонтный период) равно 4020 ч. С учетом условий эксплуатации, состояния оборудования допускается удлинение или сокращение межремонтного периода. При многосменной работе оборудования с коэффициентом сменности более 1,2 целесообразно ежегодное планирование одного из плановых ремонтов.

Кроме плановых профилактических мероприятий для сложных электронных систем и электроавтоматики станков с ЧПУ, где визуальный контроль старения и износа затруднен, предусматриваются неплановые ремонты, выполняемые при отказе отдельных элементов. На практике необходимо максимально совмещать выполнение запланированных мероприятий (особенно $ТО_1$ и $ТО_2$) на программном обо-

рудовании с неплановыми ремонтами систем ЧПУ или устройств электроавтоматики.

Ежедневный профилактический осмотр выполняется всеми лицами, причастными к эксплуатации и ремонтам станков с ЧПУ: оператором, наладчиком станка, электронщиком, электриком и слесарем.

Оператор в начале каждой смены, убедившись при внешнем осмотре в отсутствии повреждений и неисправностей, включает станок и проверяет функционирование его систем в ручном режиме на холостом ходу. При этом не должны наблюдаться значительные вибрации станка, повышенный уровень шума, удары при работе механизмов; исполнительные органы должны перемещаться плавно; кнопки, переключатели, ручки управления пульта оператора и системы ЧПУ должны быть исправными. Особое внимание оператор обязан уделить работе смазочной системы, а также исправности блокировок, ограничительных выключателей, защитных кожухов и предохранительных щитков. Затем оператор проверяет работу станка на холостом ходу в автоматическом режиме, введя в систему управления рабочую или специальную программу, которая должна быть отработана станком без сбоев. По окончании проверок на холостом ходу оператор должен убедиться в исправности и надежности приспособлений, предназначенных для зажима заготовок и инструмента. Обо всех замечаниях и недостатках в работе станка оператор обязан сообщить ремонтному персоналу. По окончании работы на оборудовании оператор обязан очистить станок от стружки, протереть его поверхности, возобновить смазывание направляющих трения.

Ежедневные профилактические работы, выполняемые дежурным ремонтным персоналом, проводятся без остановки оборудования. Слесарь-ремонтник визуально контролирует допустимость величины вибраций, уровня шума при работе механизмов, отсутствие нагрева подшипниковых узлов, показаний манометров гидросистем и отсутствие утечек масла.

Дежурный электрик при внешнем осмотре проверяет наличие заземления, отсутствие повреждений изоляции электромонтажа, состояние пускорегулирующей электроаппаратуры и контролирует работу электрических машин, нормальное функционирование систем автоматического управления станком, чистоту и исправность устройств ввода программ, эффективность действия агрегатов терморегуляции и вентиляции электрошкафов.

Дежурный ремонтный персонал контролирует наличие и исправность защитных кожухов, предотвращающих попадание эмульсии, стружки, абразива на направляющие и кинематику приводов подачи, электрические разъемы, кабели и др.

Плановое техническое обслуживание первого вида (ТО₁) проводится ремонтным персоналом для выявления прогрессирующего износа механических деталей, который может привести к поломкам или потере точности, а также для профилактической регулировки электрических систем управления станков. Как правило, ТО₁ должны выполняться во время перерывов в работе оборудования.

Профилактические мероприятия, выполняемые во время ТО₁, включают: 1) наружный осмотр станка без разборки узлов с целью контроля надежности их крепления между собой и станиной, подтяжку ослабленных винтов и устранение зазоров в соединениях; 2) проверку состояния направляющих станин, регулировку клиньев и планок; 3) контроль исправности ограничителей, упоров, концевых выключателей, блокировок, защитных кожухов и предохранительных ограждений; 4) смену или очистку фильтров, устранение утечек и пополнение масла в баках и картерах гидростанций и смазывающей системы, контроль давления в гидросистеме и поступление масла к местам смазывания, регулировку гидронуллей золотников управления приводов подач; 5) проверку надежности функционирования механизмов зажима и смены инструмента, работу системы подачи СОЖ; 6) очистку от пыли и стружки, устранение неплотности прилегания дверей, крышек пультов управления и шкафов с электрооборудованием, продувку сжатым воздухом воздушных фильтров систем вентиляции; 7) контроль надежности стыковки разъемов, контрольных зажимов, чистку контактов и магнитных систем пуско-регулирующей аппаратуры; 8) проверку работы устройств ввода программ, регулировку, чистку и смазывание деталей лентопротяжного тракта, юстировку оптических систем; 9) измерение пульсаций и амплитуды питающих напряжений блоков питания, проверку и подрегулировку электроприводов подач.

Завершаются плановые технические обслуживания первого вида испытанием станка по тест-программе с контролем работы систем индикации и сигнализации, проверкой плавности хода рабочих органов. Во время ТО₁ устраняют дефекты, выявленные при эксплуатации станка, заменяют изношенные быстросменные детали.

Плановое техническое обслуживание второго вида ТО₂ выполняется с частичной разборкой сборочных единиц с целью выявления износа и смены деталей с остановом оборудования. Помимо работ, выполняемых при техническом обслуживании первого вида, ТО₂ включает: 1) выборку зазоров, регулировку подшипников в передачах винт-гайка качения и шпиндельных узлах; 2) промывку наружных поверхностей станка и очистку ниш от стружки и мусора; 3) проверку состояния манжет, сальников, фетровых уплотнений, кожухов, защитных щитков и крышек; 4) контроль качества гидрожидкости в баках гидростанций, гидропроводов подач; 5) проверку крепления электрических машин, пуско-регулирующей аппаратуры, элементов заземления, подтяжку и замену крепежа; 6) контроль состояния коллекторно-щеточных узлов электродвигателей постоянного тока и датчиков обратных связей; 7) чистку, регулировку натяжения пружин, лент, пассивов лентопротяжных механизмов и устройств ввода систем ЧПУ; 8) измерение напряжений, токов, анализ формы сигналов в контрольных точках электронных устройств; 9) замену деталей пультов управления и блоков индикации.

Так же как и ТО₁, ТО₂ завершается испытаниями станка с ЧПУ по тест-программам с проверкой точности работы и составлением де-

фектной ведомости деталей и узлов, подлежащих смене при ближайшем плановом ремонте.

Текущий ремонт (ТР) выполняется с целью гарантированного обеспечения работоспособности станков в межремонтный период комплексной ремонтной бригадой с обязательным остановом оборудования на время выполнения работ. При ТР проводят смену деталей с частичной разборкой узлов станка.

В дополнение к ремонтным операциям, производимым при ТО₂, объемом работ, выполняемых при ТР, охватывает: 1) выборку зазоров в узлах, подверженных интенсивному износу с заменой изношенных деталей и подшипников, регулировку зазоров клиньев и планок, устройств разгрузки порталов; замену изношенного крепежа, промывку деталей и возобновление смазки опор качения; 2) проверку работы рукояток, переключателей, блокировочных и предохранительных механизмов, исправность ограничителей и упоров; 3) устранение царапин и задиров направляющих, зубчатых колес, зачистку рабочих поверхностей столов, посадочных поверхностей под инструмент и приспособления; 4) регулировку натяжения пружин, ремней, добавление дисков, пришаб्रивание конусов и регулировку фрикционных и электромагнитных муфт автоматических коробок скоростей; 5) промывку масляных баков и картеров, фильтров грубой очистки гидростанций и гидроприводов подач с заменой в них масла и фильтроэлементов тонкой очистки; 6) регулировку золотников управления, обратных и предохранительных клапанов и замену насосов и двигателей гидроприводов подач; 7) замену уплотнительных колец, манжет, ремонт кожухов, защитных щитков и крышек; 8) очистку баков, ремонт и регулировку элементов смазочной системы и подачи СОЖ; 9) измерение сопротивления изоляции электрических систем, присоединяемых к электрической сети напряжением до 1000 В, а также контроль сопротивления заземления станка; 10) ремонт и регулировку коллекторно-щеточных узлов двигателей постоянного тока, возобновление смазки в подшипниках, контроль состояния обмоток, выводов в клеммных коробках электрических машин; 11) настройку и ремонт пускорегулирующей аппаратуры, коммутационных и сигнальных приборов, контроль исправности блокировочных связей в электроавтоматике станков; 12) испытание и поднастройку отдельных функциональных узлов, блоков и модулей системы ЧПУ, электроприводов подач и электроавтоматики на стендах; 13) возобновление окраски внешних поверхностей станков.

ТР оборудования завершается контролем станка на соответствие нормам жесткости и точности с испытанием его по тест-программам. Испытания начинаются на холостом ходу с самых малых частот вращения и подач и с последующим переходом на максимальные скорости. Во время испытаний на холостом ходу контролируются плавность и равномерность движения исполнительных органов, отсутствие шума и недопустимых вибраций, перегрева подшипниковых узлов, гидрожидкости, электрических машин. Испытания оборудования выполняют при номинальной нагрузке приводов подач.

Средний ремонт (СР) осуществляется для восстановления технических характеристик систем программного оборудования и выполняется бригадами с обязательным остановом станка. СР электрических систем станков с ЧПУ выполняется в объеме текущего ремонта, а для механических и гидравлических систем, в дополнение к указанному при ТР объему, предусматриваются: 1) разборка быстроизнашиваемых сборочных единиц станка: шпинделей, коробок скоростей, шариковых винтовых пар, редукторов и др.; 2) шлифование и шабрение изношенных направляющих станин, столов и ползунов; 3) проверка и доведение точностных характеристик станка до паспортных; 4) очистка, шпаклевка и окраска всех поверхностей станка.

По окончании СР станки испытывают на жесткость и точность.

Капитальный ремонт предусматривает восстановление исправности и полного ресурса работы станка путем замены или ремонта всех его узлов и деталей. Во время КР выполняется модернизация или замена систем программного управления и приводов подач. КР выполняют ремонтные бригады с обязательной остановкой станков и, по возможности, с передачей их в РМЦ предприятия на время ремонта.

В дополнение к работам, выполняемым при среднем ремонте, КР предусматривает полную разборку станка и всех его сборочных единиц с заменой или восстановлением всех изношенных деталей. Во время КР шлифованием и шабрением восстанавливают все базовые поверхности станка, выкрошенные части пазов, выполняется ремонт систем смазывания подачи СОЖ. По окончании сборки станка производится проверка взаимодействия всех его узлов и механизмов, регулирование и настройка систем управления при работе на холостом ходу и под нагрузкой. Завершаются работы комплексными испытаниями, при которых оценивается точность станка.

3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ И РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Качество и полнота выполнения ежедневных технических обслуживаний оператором и наладчиком станка контролируется дежурным персоналом ремонтных служб, механиками цехов и мастерами производственных участков. При этом оцениваются правильность эксплуатации оборудования, состояние используемого инструмента, функционирование смазочных систем и вентиляции.

Качество ТО₁, ТО₂ и ТР должно оцениваться штатными контролерами ремонтной службы. Оценка качества выполнения профилактических работ на станках с ЧПУ должна быть проведена по тест-программам, предусматривающим испытание оборудования на максимальных паспортных режимах работы. Контроль качества СР и КР станков с ЧПУ выполняется штатными контролерами или инженерно-техническими работниками ремонтных подразделений, а по окончании ремонтов — комиссией, в состав которой входят специалисты отдела главного механика, контролеры ремонтной службы и механики цехов, где уста-

новлено оборудование. Детали механических узлов, установленные при ремонте взамен изношенных, должны быть приняты контрольной службой РМЦ. Вновь установленные электронные блоки, гидроаппаратура и шариковые-винтовые пары должны быть предварительно испытаны на стенде. Приемка станков из ремонта оформляется актом, в котором отражаются состояние систем и основные характеристики оборудования.

4. ОСНОВЫ НОРМИРОВАНИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Оценка трудоемкости выполнения плановых профилактических мероприятий на программном оборудовании базируется на утвержденной структуре ремонтного цикла и категориях ремонтной сложности систем станков с ЧПУ.

При составлении годового графика выполнения (ППР) наряду с правильным чередованием видов профилактических мероприятий необходимо обеспечить равномерное распределение объемов работ по месяцам с учетом снижения мощности ремонтных подразделений на летний период до 10 %. В графике необходимо учесть интересы производственных цехов предприятия, предусмотрев разновременность выполнения крупных ремонтов однотипного оборудования в течение года.

Для определения категории ремонтной сложности оборудования применяют метод аналитического расчета по ряду эмпирических соотношений, в которых учитывают характеристики станков (точность, давление гидросистем, сложность электроавтоматики и др.).

Расчет категории ремонтной сложности механической части станков с ЧПУ:

$$R_m = K_r (K_c 0,003 D_o^{0,73} P_o^{0,27} + 0,002 D_o^{0,56} P_o^{0,44}) + 1,5.$$

где $K_r = 1$ при нормальной точности станка; $K_r = 1,17$ при повышенной точности станка; $K_r = 1,46$ при высокой точности станка.

Коэффициент сопряжения деталей и комплектующих станка

$$K_c = \frac{D_o K_{co} + D_c K_{cc} + D_n K_{cn}}{D_o + D_c + D_n},$$

где $K_{co} = 1,49$ для оригинальных деталей; $K_{cc} = 0,66$ для стандартных деталей; $K_{cn} = 0,78$ для покупных комплектующих; D_o , D_c , D_n — количество оригинальных, стандартизованных и покупных комплектующих и деталей соответственно; D — общее количество деталей и покупных комплектующих станка за исключением станины; R_m — общая масса механических частей станка за исключением станины, R_o — общая масса оригинальных деталей механической части станка за исключением станины.

Однако на практике не всегда известны коэффициенты оборудования R_m , P_o , D_o , D_c и D_n , поэтому для оценки R_m используются и

другие соотношения. Например, для токарных станков с ЧПУ категорию ремонтной сложности механических систем можно подсчитать по соотношению:

$$R_M = A (K_1 d + K_2 L + K_3 n) + r_M + K_4 N,$$

где A_0 – коэффициент, учитывающий конструктивные особенности станка, равный произведению трех показателей A_1 , A_2 и A_3 ; $A_1 = 1$ – для станка нормального исполнения; $A_1 = 1,5$ для карусельного двухстоечного станка; $A_1 = 2$ – для многооперационного токарного станка; $A_2 = 1$ – для легких, средних и крупных станков; $A_2 = 1,5$ – для особо тяжелых станков массой более 30 т; $A_3 = 1$ – для станков нормальной точности; $A_3 = 1,15$ – для станков повышенной точности; $A_3 = 1,25$ – для станков высокой точности; $K_1 = 0,02$ – для легких и средних станков, $K_1 = 0,016$ – для крупных станков массой 10...30 т; d – наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм; L – межцентровое расстояние станка, мм; $K_2 = 0,02$ – для станков с L менее 5 м; $K_2 = 0,01$ – для станков с L более 5 м; n – количество ступеней скорости шпинделя; $K_3 = 0,15$ – для станков весом менее 10 т; $K_3 = 0,2$ – для станков весом более 10 т; $K_3 = 2,5$ – при бесступенчатом регулировании скорости вращения шпинделя; r_M – категория ремонтной сложности механизма смены инструмента, определяется из соотношения

$$r_M = 0,5X + 0,1Y + 0,5\Pi + r_1,$$

где X – количество дополнительных, кроме основного, суппортов; Y – количество инструментов в магазине; Π – количество инструмента в револьверной головке; $r_1 = 2-4$ категория ремонтной сложности механизма смены инструмента (манипулятора); $K_4 = 0,6$ – для станков массой до 10 т, $K_4 = 0,8$ – для станков массой более 10 т; N – количество вспомогательных гидросистем станка (охлаждения, уравнивания и т. п.).

Аналогичные соотношения и коэффициенты, входящие в них, для других типов металлорежущих станков подробно приведены в Единой системе ППР и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий.

Категорию ремонтной сложности гидравлических систем станков с ЧПУ можно оценить по формуле

$$R_f = K(0,6 \Sigma aq + 100 \Sigma ld + 0,05 m + 0,1 f),$$

где Σaq – сумма произведений максимальных подач (м³/с) и давлений (ГПа) насосов (гидромоторов); Σld – сумма произведений диаметров и длин (м) гидроцилиндров; m – количество клапанов, золотников, дросселей, распределителей, регуляторов и т. п.; f – количество фильтров грубой и тонкой очистки, теплообменников, радиаторов и др.; K – коэффициент сложности ремонта трубопроводов и шлангов, в зависимости от сложности гидросистемы $K = 1,05 \dots 1,15$.

Категория ремонтной сложности электрических систем станков с ЧПУ

$$R_3 = 1,3 \sum R_d + 0,15 (M + A_c) + 0,08 A_{ш},$$

где M – количество электродвигателей, установленных непосредственно на станке; A_c , $A_{ш}$ – количество электротехнических изделий, установленных на станке или в электрошкафу соответственно, в условных единицах. Оценка условных единиц для типовых электротехнических изделий приведена в табл. 32.

**32. ОЦЕНКА РЕМОНТНОЙ СЛОЖНОСТИ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Электротехнические изделия	Число условных единиц на одно изделие
Магнитные пускатели и контакторы	1
Реле электромагнитные	1
Ключи, переключатели, кнопки управления	1
Путевые выключатели, микропереключатели, бесконтактные датчики	1
Электромагниты и электромагнитные муфты	1
Трансформаторы цепей управления	1
Арматура, трансформаторы местного освещения	1
Сигнальная арматура	0,3
Световые табло	1
Автоматы защиты, тепловые и реле и предохранители	1
Штепсельные разъемы, клеммники на 10 клемм	1
Радиолампы	1
Транзисторы	0,5
Тиристоры	1
Диоды	0,2
Резисторы	0,1
Конденсаторы	0,2
Амперметры, вольтметры	0,3
Стабилизаторы напряжения, магнитные усилители	1
Тахогенераторы, двигатели малой мощности	1,5
Сельсины, вращающиеся трансформаторы	4,8
Кодовые и фотоэлектрические датчики перемещения	5

Ремонтная сложность электродвигателей
при $P \leq 20$ кВт

$$R_d = K_p K_{ск} K_T (0,077 P + 1);$$

при $P > 20$ кВт

$$R_d = K_p K_{ск} K_T (0,032 P + 2),$$

где K_p – коэффициент числа пар полюсов статора (для асинхронных двигателей с одной парой полюсов $K_p = 1,1$, с двумя парами 1,18, с тремя 1,37, с четырьмя 1,49, с пятью 1,58; для машин постоянного тока K_p берется таким же, как и для асинхронных двигателей по номинальной частоте вращения якоря); $K_{ск}$ – коэффициент скоростей электродвигателя (для односкоростных двигателей и электрических машин постоянного тока $K_{ск} = 1$, для двухскоростных 1,3, для трехскоростных 1,7, для четырехскоростных 2,1); K_T – конструктивный коэффициент (для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором $K_T = 1$, для синхронных и шаговых двигателей 1, 2, для электрических машин с коллекторно-щеточным узлом 1,7); P – мощность электродвигателя, кВт.

Категория ремонтной сложности системы ЧПУ

$$R_y = 0,85 + 0,75 \sum_{k=1}^{k=T_3} H_K + 0,08 A_{шу},$$

где H_K – приведенный коэффициент надежности k -го блока системы ЧПУ; T_3 – количество заменяемых электронных блоков системы ЧПУ; $A_{шу}$ – количество электротехнических изделий, размещенных в шкафу системы ЧПУ, в условных единицах (за исключением блоков фотосчитывающего устройства).

Коэффициент надежности электронных блоков систем управления

$$H_K = 1,7 - 5,5 e^{-0,6 \lg \sqrt{0,5A+1}} - (1,33 \cdot 10^{-4} A)^3,$$

где A – суммарное количество используемых на блоке радиотехнических изделий в условных единицах (табл. 33).

На практике в связи с широкой унификацией систем ЧПУ их объединяют в несколько однотипных групп, для которых в литературе приводятся категории ремонтной сложности (табл. 34).

33. ОЦЕНКА РЕМОНТНОЙ СЛОЖНОСТИ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Радиотехнические изделия	Число условных единиц на одно изделие
Тумблеры ТВ-1, ТЗ, ТП-2 и др.	1
Многоконтактные переключатели ПГК, ПЗК и др.	3
Микропереключатели МП-9, МП-11 и т. п.	5
Конденсаторы:	
керамические КМ-5, КМ-6, К10-78 и т. п.	0,5
бумажные БМ, МБМ, МБГО и т. п.	0,2
электролитические К50-16, К50-20 и т. п.	1,5
Резисторы:	
типа МЛТ	1
ПЭВ, ПЭВР и т. п.	3
переменные типа СП, СП5-4, ЛПБ и др.	5

Радиотехнические изделия	Число условных единиц на одно изделие
Диоды полупроводниковые	3
Транзисторы:	
малой и средней мощности	8
мощные	10
Микросхемы интегральные:	
малой степени интеграции	2,5
средней " "	5
большой " "	10...15
Реле электромагнитные	20
Трансформаторы:	
низкочастотные	7
высокочастотные	10
Дроссели фильтров	4
Электрические разъемы (на каждую контактную пару)	1,5

34. КАТЕГОРИИ РЕМОНТНОЙ СЛОЖНОСТИ СИСТЕМ ЧПУ

Система ЧПУ	R_y
Контурная с магнитной лентой типа ПФСТ-12-500	3,5
Контурная с перфолентой и линейным интерполятором типа „Размер-2М”	25
Контурная с перфолентой и линейно-круговым интерполятором типа Н22-1М и др., а также типа „Электроника НЦ-31” и др.	30
Контурная с перфолентой и линейно-круговым интерполятором типа Н33-2М, „Курс-332”, ЭМ-907 и др.	35
Универсальная типа Н55-2, 2С42, 2Р22, 2Р32 и др.	46

Категории ремонтной сложности типовых станков с ЧПУ, уточненные на основании опыта эксплуатации и ремонта программного оборудования, указаны в табл. 35. Нормативы времени на одну ремонтную единицу при выполнении различных видов профилактических мероприятий и ремонтов, приведенные в табл. 36, включают трудоемкость работ по ежедневному профилактическому обслуживанию, которые учтены в нормативах времени на выполнение $ТО_1$, $ТО_2$, а также в трудоемкости выполнения внеплановых ремонтов (АР), т. е. в объемах работ по устранению потока отказов систем станков с ЧПУ. Нормативы времени на контроль и испытания оборудования после ремонтов по тест-программе берутся в размере 5% суммарной трудоемкости слесарных и электромонтажных работ. Информация, приведенная в табл. 35 и 36, носит справочный характер. Категории ремонтной сложности оборудования и нормативы времени должны разрабатываться и

утверждаться на каждом предприятии с учетом уровня организации и совершенства технологии выполнения ремонтных работ.

35. КАТЕГОРИИ РЕМОНТНОЙ СЛОЖНОСТИ СИСТЕМ ПРОГРАММНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Станок	Размеры стола, мм; масса, т	Система ЧПУ (привод подачи)	R_M	R_T	R_3	R_Y
6М13ГН-1	400×1600; 4,7	ПФСТ-12-500 (электропривод)	15	—	30	3,5
ФП-17М	500×1600; 14	ПФСТ-12-500 (электропривод)	20	—	35	3,5
ФП-27НЗ	800×2000; 20	НЗЗ-2М (электропривод)	27	—	55	35
ФП-9У	1600×3000; 70	ПФСТ-12-500 (гидропривод)	55	30	36	3,5
МА-655А	500×1200; 10	НЗЗ-2М (электропривод)	15	7	50	35
ВФ-3М8	2500×4000; 50	НЗЗ-2М (электропривод)	65	9	60	35
АТПР-2М-12Сн	φ 250×200; 3	Н22-1М (шаговый гидро- привод)	15	10	20	30
16К20Т1	φ 400×1000; 2,6	Электроника НЦ-31 (электропривод)	15	—	30	30
16К30ФЗ	φ 630×1400; 5	Н22-1М (шаговый гидро- привод)	24	10	32	30
1В340ФЗ	φ 50×120; 3,6	Электроника НЦ-31 (электропривод)	15	5	30	30

Пример расчета трудоемкости ремонтных и профилактических работ для комплексной бригады, обслуживающей $C_T = 10$ станков модели 16К20Т1, эксплуатируемых с коэффициентом сменности $K_{см} = 1,4$, приведен ниже. Исходные данные для расчетов: $R_M = 15$, $R_3 = 30$, и $R_Y = 30$.

Годовая трудоемкость слесарных работ (T_c)

$$T_c = 0,5 K_{см} (8 T_1 + 3 T_2 + 1,05 \cdot 0,72 T_p + A_p) R_M C_T,$$

где T_1 , T_2 , T_p , A_p — нормативы трудоемкости выполнения профилактических мероприятий ТО₁, ТО₂, ТР и неплановых ремонтов соответственно;

$$T_c = 0,5 \cdot 1,4 (8 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,5 + 1,05 \cdot 0,72 \cdot 2,5 + 4,6) 15 \cdot 10 = 1007 \text{ н.ч.}$$

**36. НОРМАТИВЫ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТ
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ
ПРОГРАММНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Группа	Вид работ	Нормо-часы на одну ремонтную единицу						Годовые трудозат- раты при $K_{см} = 2^*$
		ТО ₁	ТО ₂	ТР	СР	КР	АР	
Механическая часть	Слесарные	0,2	0,5	2,5	9,7	14,3	4,6	13,0
	Станочные	—	—	1,5	5,3	9,1	0,2	3,3
	Прочие	—	—	0,3	0,7	2,5	—	0,6
Гидравлическая часть	Слесарные	0,2	0,5	2,5	9,7	14,3	4,6	13,0
	Станочные	—	—	1,5	5,3	9,1	0,2	3,3
	Прочие	—	—	—	—	0,8	—	0,1
Электроавтoma- тика и электро- привод	Электромон- тажные	0,25	0,7	2,0			1,3	7,4
	Слесарные	—	—	0,1			0,1	0,2
Система ЧПУ	Электромон- тажные	0,34	0,92	2,75			1,72	9,95
	Слесарные	—	—	0,4			0,4	0,8
Электрические машины и аппараты	Обмоточные	—	—	—			2,0	2,0
	Станочные	—	—	0,1			0,3	0,4
	Слесарные	—	—	1,5			2,0	3,5

* При другой сменности работы нормативы годовых трудозатрат применяются по таблице с коэффициентом $K = 0,5 K_{см}$, где $K_{см}$ — фактический коэффициент загрузки оборудования.

Годовая трудоемкость работ по ремонту и техническому обслуживанию электрооборудования станков (T_s) и системы ЧПУ (T_y):

$$T_s = 0,5 K_{см} (8 T_1 + 3 T_2 + 1,05 T_p + A_p) R_p C_r = 0,5 \cdot 1,4 (8 \cdot 0,25 + 3 \times \\ \times 0,7 + 1,05 \cdot 2 + 1,3) 30 \cdot 10 = 1575 \text{ н.ч.}$$

$$T_y = 0,5 K_{см} (8 T_1 + 3 T_2 + 1,05 T_p + A_p) R_y C_r = 0,5 \cdot 1,4 (8 \cdot 0,34 + 3 \cdot 0,92 + \\ + 1,05 \cdot 2,75 + 1,72) 30 \cdot 10 = 2117 \text{ н.ч.}$$

Годовая трудоемкость дополнительных работ по поддержанию работоспособности станков (обновление окраски, слесарные работы на электрооборудовании, электронных блоках и т. п.) оцениваются по формуле

$$T_d = 0,5 K_{см} (0,72 P_{рм} R_m + C_s R_s + C_y R_y) C_r,$$

где $P_{рм}$ — нормативы трудоемкости выполнения дополнительных работ на механической части станков с ЧПУ; C_s , C_y — нормативы трудоемкости слесарных работ на электрических и электронных системах станков. Параметры $P_{рм}$, C_s , C_y даны в табл. 36.

$$T_d = 0,5 \cdot 1,4 (0,72 \cdot 3,15 + 0,2 \cdot 30 + 0,8 \cdot 30) 10 = 233 \text{ н.ч.}$$

Аналогично оцениваются трудоемкости других видов работ, выполняемых бригадами РМЦ или энергоремонтного цеха, при этом необходимо учитывать, что количество ремонтов СР и КР, приходящихся на год при $K_{см} = 2$, равно 0,14.

Общая трудоемкость ремонта и технического обслуживания парка станков с ЧПУ определяется по годовому графику выполнения ППР с учетом трудоемкости неплановых ремонтов систем ЧПУ, электрических устройств, механических и гидравлических узлов программного оборудования.

Расчет численности рабочих комплексных бригад по специальностям (P_k) проводят по соотношению

$$P_k = T_k / (\Phi_o K_n K_n),$$

где T_k – годовая трудоемкость работ рабочих данной специальности; $K_n = 0,88$ – коэффициент, учитывающий потери рабочего времени; K_n – коэффициент выполнения норм ($K_n = 1,1 \dots 1,2$).

Для обслуживания и ремонта электрических и электронных устройств программного оборудования могут привлекаться высококвалифицированные рабочие с высшим образованием (инженеры-наладчики).

Численный состав инженерно-технических работников (ИТР) определяется суммарной категорией ремонтной сложности программного оборудования, а также типажом обслуживаемых систем ЧПУ. Для расчета численного состава ИТР можно использовать соотношения:

по механическим и гидравлическим системам

$$И_m = 0,0031 \Sigma (R_m + R_r) + 0,5;$$

по электрическим устройствам и системам ЧПУ

$$И_z = 0,00225 \Sigma (R_z + R_y) + 0,3S + 2,5,$$

где S – количество типов систем ЧПУ.

В численности ИТР ($И_z$) учтены инженеры-наладчики комплексных ремонтных бригад. Комплексный характер работ, выполняемых при техническом обслуживании и ремонте станков с ЧПУ, делает наиболее целесообразной коллективную форму оплаты труда ремонтного персонала – бригадную, которая в зависимости от местных условий, может быть сдельно-премиальной или повременно-премиальной, с применением сдельных расценок при работе по нормированным заданиям или расчетным нормам обслуживания. Система премирования работников ремонтных служб должна стимулировать их заинтересованность в конечных результатах работы программного оборудования, поэтому при начислении премии наряду с оценкой выполнения объемов и качества плановых ремонтных мероприятий рекомендуется учитывать готовность оборудования к работе на начало смены, количе-

ство неплановых ремонтов, коэффициент использования станков с ЧПУ и др. Помимо коллективной премии можно применять меры индивидуального поощрения лучших рабочих, например, за бездефектное и оперативное выполнение ремонтных работ, за работу с личным клеймом качества и т. д. Распределение коллективного заработка между членами бригады целесообразно проводить с применением коэффициента трудового участия.

Глава VIII. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПУСКО-НАЛАДОЧНЫХ И РЕМОНТНЫХ РАБОТ

1. ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ

При ремонтах и техническом обслуживании программного оборудования наиболее существенными из опасных и вредных факторов являются: 1) движущиеся машины и механизмы; 2) острые кромки и высокая температура поверхности инструмента и оборудования, заготовок и отлетающих частиц обрабатываемого материала; 3) высокое электрическое напряжение; 4) отсутствие удобных площадок, расположение рабочих мест на значительной высоте над уровнем пола; 5) высокие уровни шума и вибрации; 6) запыленность и загазованность воздушной среды, повышенная подвижность воздуха рабочей зоны; 7) воздействие ультрафиолетового излучения при сварочных работах.

Химически опасные производственные факторы обусловлены наличием в воздухе рабочей зоны сложной смеси вредных паров и аэрозолей, возникающих при пайке и сварке, а также летучими продуктами растворителей и ароматических углеводородов, применяемых при очистке узлов и деталей оборудования.

Растворители, нефтяные масла и СОЖ могут оказать также раздражающее воздействие на кожные покровы. Помимо раздражающего воздействия СОЖ является источником биологической опасности, которая связана с развитием болезнетворных микроорганизмов и бактерий при длительной ее эксплуатации.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ И СЛЕСАРНО-СБОРОЧНЫХ РАБОТ ПРИ РЕМОНТАХ

В технологической документации на проведение ремонтных работ, особенно на крупногабаритных станках с ЧПУ, необходимо тщательно прорабатывать вопросы техники безопасности, в том числе рациональных способов выполнения монтажных работ, организации рабочих мест, выбора набора приспособлений и инструмента, расположения и ограждения опасных зон. Перед началом ремонтных работ необходимо

ознакомить исполнителей с характером и последовательностью выполнения предстоящих операций, с грузоподъемными приспособлениями, с местами и способами строповки крупногабаритных узлов.

Экипировка рабочих должна соответствовать характеру выполняемых работ – они обеспечиваются спецодеждой, защитными касками, рукавицами, а при выполнении высотных работ – предохранительными поясами.

Демонтаж отдельных узлов станков можно выполнять только после устранения крепежных и фиксирующих приспособлений, отключения от сети трубопроводов сжатого воздуха, водопровода и др. Демонтированные части оборудования устанавливают на деревянные клетки.

Рабочие места ремонтного персонала и подходы к ним, расположенные на высоте более 1,3 м, должны быть оборудованы перилами высотой 1 м. При отсутствии перил и работе на высоте ≥ 5 м рабочие обязаны пользоваться предохранительными поясами, места крепления которых оговариваются заранее. Все работающие должны пользоваться инструментальными ящиками или сумками для переноски запасных частей и инструмента.

В связи с широким применением **грузоподъемных механизмов (ГПМ)** особое значение имеет строгое соблюдение правил их безопасной эксплуатации. Разрешается эксплуатировать только исправные ГПМ и грузозахваты, прошедшие осмотр. К работе с ГПМ допускаются лица не моложе 18 лет после прохождения обучения, медицинского освидетельствования, сдачи квалификационного экзамена и получения удостоверения стропальщика. Рабочие должны хорошо знать устройство крана, звуковую сигнализацию, схемы строповки, направление транспортирования и места складирования демонтируемых деталей и др.

Перед подъемом груза стропальщик обязан убедиться в отсутствии крепления демонтируемого узла к остающимся частям оборудования, надежности и правильности строповки поднимаемого груза, в отсутствии на нем незакрепленных деталей; в отсутствии людей возле груза, на пути перемещения и в районе складирования. Не допускается подъем грузов с перекосом и подтягиванием его при косом направлении канатов ГПМ. Категорически запрещен подъем или перемещение грузов с находящимися на нем людьми и выравнивание поднимаемого груза собственной массой. Перемещение поднятых грузов в горизонтальном направлении производят на высоте не более 0,5 м над уровнем пола. При этом стропальщик сопровождает груз, удерживая его от раскачки веревочными оттяжками. Запрещается оставлять поднятые грузы на весу.

Установку точных стыков узлов станков большой массы при затрудненном визуальном контроле необходимо производить с помощью домкратов, сборочных ломиков, конусных оправок и пробок. Категорически запрещается проверять правильность совпадения отверстий под крепежные изделия или штифты рукой.

Для обеспечения безопасной работы при ручной обработке метал-

лов необходимо особое внимание уделять исправности применяемого инструмента: молотков, зубил, напильников, отверток, ножовок, гаечных ключей и др. Рукоятки молотков, напильников, отверток, ножовок должны быть изготовлены из прочной древесины, иметь гладкую без сучков и трещин поверхность, прочно насажены, а у инструмента ударного действия – расклинены металлическими клиньями. Не допускается применение ударного инструмента со скошенными, сбитыми бойками, на которых имеются заусенцы и трещины. Рабочий, выполняющий операции ударного характера, обязан надеть защитные очки с небьющимися стеклами. Полотна ножовок должны быть прочно закреплены штифтами крепления в рамке. Не допускается использование в качестве штифтов посторонних предметов. Запрещается работа полотнами с выкрошенными зубьями. При опиловке и шабрении не допускаются удары торца рукоятки инструмента об обрабатываемую деталь.

Для безопасного выполнения **сверлильных операций**, подавляющее большинство которых выполняется с помощью механизированного инструмента или на сверлильных станках, необходимо строго следить за экипировкой рабочих: состоянием спецодежды, застежек рукавов и обшлагов, наличием головного убора, под который должны быть убраны волосы. Рабочим при сверлении не разрешается пользоваться рукавицами. Обрабатываемые детали прочно закрепляют в машинные тиски. Мелкие детали зажимают в ручные тиски. Используемые в работе сверла должны быть правильно заточены, надежно закреплены в патроне или конусной оправке. Для снижения запыленности воздуха при обработке хрупких материалов применяют СОЖ, пылеотсосы и защитные кожухи. Для предотвращения травм осколками сломавшихся сверл нельзя допускать чрезмерных усилий при обработке отверстий малых диаметров, наклоняться близко к обрабатываемой детали. Категорически запрещено торможение вращающихся частей оборудования руками.

Сборочные операции по клепке, запрессовке, развальцовке, обжатю наконечников должны выполняться с применением прессов, съемников и других приспособлений неударного действия. Гаечные ключи должны соответствовать размеру крепежа. Не допускается работа ключами с забитым зевом и временно наращенными рукоятками.

Для обеспечения безопасных условий **эксплуатации механизированного инструмента** персонал, работающий с ним, проходит аттестацию на право пользования. Выдаваемый инструмент подвергается тщательному осмотру специально назначенным лицом. У пневмоинструмента особое внимание уделяется надежности подсоединения шлангов: места соединения не должны пропускать воздух, крепление шлангов к ниппелям и штуцерам производится только инвентарными хомутами, шланги должны быть герметичными, без проколов и протертостей кордового слоя.

На электроинструменте контролируется целостность корпуса, исправность заземления, изоляции проводов, отсутствие оголенных токоведущих частей.

душих частей и соответствие класса защиты инструмента условиям работы.

Механизированный инструмент, имеющий дефекты, выдавать в работу запрещается. Перед началом работы такой инструмент необходимо проверить на холостом ходу в течение 5 мин. При этом рабочие части не должны самопроизвольно выпадать, клапаны и переключатели должны возвращаться в исходное положение после снятия нажима. При работе с механизированным инструментом запрещается натягивать и перегибать его шланги и кабели, допускать их соприкосновение с горячими, влажными и масляными поверхностями, пересечение их тросами, проводами, находящимися под напряжением, шлангами для подачи кислорода, ацетиленом и др. При эксплуатации этого вида оборудования не разрешается передавать его другим лицам. Не допускается замена рабочих органов на инструменте, подключенном к энергосистеме, его разборка, съем вибро- и шумозащитных устройств.

Рабочим при работе с пневмоинструментом запрещено обматываться шлангами, направлять струю воздуха на работающих или обдываться самим сжатым воздухом. Механизированный инструмент необходимо отключать от питающей сети при его переносе. По окончании работ инструмент очищается от пыли и сдается на хранение, где в любое время года должна быть обеспечена положительная температура воздуха.

Широко используют электропаяльники и электрообжигалки, которые подключают к электросети пониженного напряжения 12, 24 и 42 В. При организации рабочих мест, оборудованных таким инструментом, необходимо предусмотреть вытяжную вентиляцию и защитное ограждение для исключения ожогов.

Важное значение имеет **рациональная организация рабочего места**, расположение на нем инструмента, приспособлений и заготовок, так как предметы, не относящиеся к выполняемой работе, отвлекают внимание рабочего. Для очистки рабочих мест от мусора по окончании работ, удаления опилок и стружки при выполнении слесарных операций необходимо пользоваться щетками-сметками. Сдувать стружку или применять для уборки сжатый воздух категорически запрещено.

3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Основным опасным производственным фактором при выполнении ремонтных работ на электроустановках является возможность поражения электротоком, приводящая к электротравмам. По своему характеру электротравмы подразделяются на термические ожоги кожных покровов, механические повреждения органов, повреждения органов зрения и наиболее опасные виды – электрический удар и шок, воздействующие на организм человека. Степень тяжести электротравмы зависит от силы тока, прошедшего через тело пострадавшего.

На степень тяжести поражения организма человека электричеством влияют также: 1) расположение точки контакта на теле человека (наиболее уязвимы тыльная сторона кисти, запястье, шея, виски, спина, плечи); 2) суммарное время протекания тока по телу; 3) фактор внимания, проявляющийся в том, что у подготовленного и находящегося в состоянии сосредоточенного внимания к возможному электротравматизму человека, действие электротока проявляется во много раз меньше; 4) путь прохождения тока в теле человека (наиболее опасны по частоте возникновения и тяжести последствий пути: рука – рука, рука – ноги, а также пути, включающие головной мозг).

Для предотвращения электротравматизма и снижения тяжести последствий электротравм необходимо строго придерживаться рекомендаций и правил электробезопасности при работе на электроустановках. Ремонтный персонал, осуществляющий ремонтно-эксплуатационное обслуживание действующих электроустановок, должен быть старше 18 лет и аттестован на право выполнения электротехнических работ. Аттестация ремонтного персонала проводится ежегодно. Лица, показавшие неудовлетворительные знания правил безопасного выполнения работ на электроустановках, от выполнения самостоятельного ремонта оборудования отстраняются.

Для безопасности электроустановок при работе на них должны быть выполнены следующие мероприятия: заземление, зануление, защитное отключение, двойная изоляция, разделение сетей питания, индивидуальные средства защиты и др.

Заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических токоведущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Заземление используют в сетях электрического тока напряжением до 1000 В. Оно позволяет снизить до безопасных значений напряжение корпуса электроустановки относительно земли при замыкании на него фазового провода вследствие нарушения изоляции. Максимальное сопротивление заземления, в качестве которого используют свинцовые оболочки кабелей, ≤ 4 Ом. Недостатком заземления является возможность длительного существования короткого замыкания фазы на корпус в сетях с изолированной нейтралью, так как подобный дефект изоляции электроустановки не вызывает срабатывания системы защиты электрической сети.

Зануление – преднамеренное электрическое соединение с нулевым проводником сети металлических нетокведущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Зануление используется в сетях с заземленной нейтралью. В электрических сетях, где применяется зануление, нарушение изоляции токоведущих частей приводит к образованию цепи однофазного короткого замыкания, в результате которого срабатывает установка максимальной токовой защиты, отключая пораженный участок сети. В качестве нулевых защитных проводников применяют шины из полосовой стали, стальные прутки, нулевые рабочие проводники электрокабелей и другие проводники. При этом их сопротивление для сети 220/380 В ≤ 4 Ом. Запрещается

установка в нулевом защитном проводнике предохранителей и выключателей.

Устройства защитного отключения (УЗО) обеспечивают автоматическое разделение электроустановки от питающей сети при возникновении опасности поражения электротоком. УЗО включает в себя датчики, сигнализирующие о появлении опасной ситуации на оборудовании, усилители с исполнительными органами, разъединяющими электрическую сеть по сигналам датчиков, а также контрольно-измерительные и сигнальные устройства. В сетях напряжением до 1000 В исполнительными органами УЗО являются автоматические выключатели и контакторы. В зависимости от применяемых датчиков УЗО обеспечивает отключение оборудования при появлении потенциала на корпусе или изменении напряжения фазы относительно земли, резком возрастании тока в проводниках зануления, падения сопротивления изоляции проводов сети и др.

При использовании ручного электроинструмента, переносных светильников для снижения опасности поражения электротоком применяют *пониженные напряжения* ≤ 42 В. В зависимости от класса электробезопасности помещения и условий выполнения ремонтных работ применяют напряжения 12; 36 и 42 В, источниками которых могут быть гальванические батареи, аккумуляторы и понижающие трансформаторы, вторичные обмотки которых не должны быть заземлены. Применение автотрансформаторов в качестве источников пониженного напряжения недопустимо. При работе с пониженными напряжениями нельзя пренебрегать основными правилами электробезопасности, необходимо следить за изоляцией проводов, исправностью понижающего трансформатора, так как анализ несчастных случаев показывает, что и такие напряжения могут привести к серьезным электротравмам.

Разделительные трансформаторы изолируют электроприемники от общей сети. Они находят широкое применение для питания передвижных установок и ручного электроинструмента в сетях напряжением до 1000 В. К конструкции разделительных трансформаторов и изоляции его обмоток предъявляют повышенные требования, а их корпуса надежно заземляют. К разделительному трансформатору может быть подключен только один электроприемник с номинальным током ≤ 15 А. В эксплуатации нельзя допускать заземления (зануления) его вторичной обмотки или корпуса, подключенной к нему электроустановки.

Двойная изоляция широко используется в ручном электроинструменте напряжением 220 В и обеспечивается установкой дополнительных электроизоляционных прокладок и втулок для исключения электрической связи между корпусом инструмента и встроенной в него электроустановкой. Во избежание шунтирования дополнительной изоляции не разрешается заземление металлических нетоковедущих частей электроустановок с двойной изоляцией.

Контроль состояния изоляции токоведущих частей и своевременное устранение дефектов является одним из важнейших способов обеспечения безопасности работы электроустановок. Сопротивление

изоляции должно быть ≥ 1 МОм для цепей автоматического электропривода и $\geq 0,5$ МОм для силовой и осветительной электропроводки напряжением до 1000 В.

Большое значение для предупреждения электротравматизма имеет обустройство помещений, в которых выполняют ремонтные работы на электроустановках. Полы в них должны иметь изолирующее покрытие (линолеум, древесина), металлические трубопроводы, батареи отопления, металлические конструкции должны быть окрашены, ограждены на доступной прикосновению высоте изолирующими решетками, корпуса электроустановок заземлены.

К основным средствам индивидуальной защиты от поражения электротоком, используемым при выполнении работ на электроустановках напряжением до 1000 В, относят диэлектрические перчатки, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками, изолирующие и измерительные клещи, указатели напряжения. В качестве дополнительных средств защиты применяют диэлектрические галоши и коврики, переносные заземления, изолирующие подставки, защитные ограждения и др. Рабочие перед каждым применением защитных средств должны проверить их исправность, отсутствие внешних повреждений, проколов, убедиться, что срок очередного испытания средств защиты не истек (табл. 37). По окончании работ резиновые средства защиты хранят отдельно от инструмента в местах, защищенных, от действия солнечных лучей, нагревательных приборов, при температуре 0...25°C.

**37. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ
ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ**

Средство	Срок испытания, мес	Напряжение при испытании, кВ
Диэлектрические:		
перчатки	6	6
галоши	12	3,5
коврики	24	3
Слесарно-монтажный инструмент	12	2
Изолирующие и электроизмерительные клещи	24	2
Указатели напряжения	12	1

Ремонтные работы на электрооборудовании станков с ЧПУ могут выполняться при полном отсутствии напряжения, с частичным снятием напряжения и без снятия напряжения вдали от токоведущих частей или вблизи них.

Для безопасной организации работ на электроустановках при полном снятии напряжения необходимо обесточить станок, отключив автомат или сняв предохранители в распределительном шкафу или распределительной коробке шинпровода и вывесив предупредительный плакат „Не включать! Работают люди“. К подобным работам относят: проверку надежности контактных соединений, контроль

состояния изоляции, замену неисправных предохранителей, пускорегулирующей аппаратуры и электронных блоков, уборку электрошкафов и др.

В качестве примера работ с *частичным снятием напряжения* или без снятия напряжения, но вдали от токоведущих частей, можно привести наладку одного из приводов подач или блоков измерительных преобразователей на включенном оборудовании. При этом ремонтируемая часть электрооборудования отключается промежуточными коммутационными или защитными устройствами, на которых вывешивают плакат: „Не включать! Работают люди“.

Ремонт электрооборудования без снятия напряжения вблизи токоведущих частей (это обычно измерительные и регулировочные операции) выполняется не менее чем двумя работниками, квалификационная группа одного из них должна быть не ниже третьей, второго — не ниже второй. Выполнение указанных работ требует принятия особых мер по электробезопасности: обувь, одежда и руки работающих должны быть сухими; инструмент, выводные концы приборов оснащены изолирующими рукоятками, исключающими случайное касание к токоведущим частям; необходимо пользоваться диэлектрическим ковриком, измерительную аппаратуру изолировать от земли и подключать к сети через разделительный трансформатор.

В случае возникновения *электротравм* прежде всего необходимо разорвать цепь электрического тока, протекающего через тело пострадавшего, обесточив электроустановку. При отсутствии поблизости коммутационной аппаратуры для быстрого отключения в электроустановках напряжением до 1000 В электроцепь разрывают, воспользовавшись любым не проводящим электричество предметом (палкой, доской, сухой одеждой) или оттачив (за одежду) пострадавшего от токонесущих частей. При этом необходимо помнить о собственной электробезопасности: не касаться незащищенными руками токонесущих частей, тела пострадавшего; использовать диэлектрические перчатки, сапоги и коврики. При освобождении пострадавшего от тока рекомендуется действовать одной рукой, спрятав вторую за спину. В исключительных случаях необходимо заземлять токонесущие части короткой, вызвав срабатывание предохранительных устройств сети от токов короткого замыкания. Одновременно, не оставляя пострадавшего и оказывая ему неотложную медицинскую помощь, необходимо немедленно обратиться в медпункт.

Первую медицинскую помощь следует оказывать на месте происшествия. Переносить пострадавшего в другое место следует только в случае, если ему или лицам, оказывающим помощь, продолжает угрожать опасность или оказание медицинской помощи на месте происшествия невозможно. Способы оказания первой медицинской помощи зависят от вида и тяжести электротравмы. При отсутствии дыхания или пульса необходимо немедленно приступить к выполнению искусственного дыхания и наружному массажу сердца.

При *термических ожогах* травмированную поверхность следует перевязать стерильным материалом.

При механических травмах, переломах и ушибах необходимо обеспечить покой и фиксацию поврежденных органов. При получении открытых ран необходимо остановить кровотечение, применяя жгуты. Термические ожоги и большие травмы, а также электроудары обычно приводят пострадавшего в шоковое состояние.

Доврачебная медицинская помощь должна оказываться непрерывно, до прихода медперсонала. При любых поражениях электротоком, какими бы они не казались незначительными, необходимо обеспечить постоянный контроль за состоянием пострадавшего, так как последствия электротравмы могут проявиться и спустя 10 . . . 20 мин в самых тяжелых формах. При электротравмах пострадавшие должны в обязательном порядке обследоваться у врача.

4. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ РЕМОНТЕ СТАНКОВ С ЧПУ

К факторам, приводящим к появлению очага возгорания при ремонте оборудования с ЧПУ, можно отнести: 1) нарушение правил эксплуатации электроустановок; 2) неисправность технических средств защиты от статического электричества; 3) нарушение правил использования легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ); 4) самовоспламенение ветоши, неисправности отопительных приборов; 5) нарушение правил эксплуатации оборудования, приводящее к разогреву трущихся частей при отсутствии смазочного материала; 6) неосторожное обращение с огнем.

Система мер пожарной безопасности должна быть направлена на устранение причин, приводящих к образованию очагов возгорания в производственных помещениях. У входа в производственные помещения вывешивают таблички с указанием класса пожароопасности, в помещениях запрещается устанавливать системы отопления, вентиляции, освещения, не соответствующие указанному классу пожароопасности. Помещения, оборудование и установки, размещенные в них, должны регулярно очищаться от горючих материалов и посторонних предметов. Источники искусственного освещения должны быть расположены так, чтобы обеспечить безопасное расстояние между осветительной арматурой и сгораемыми конструкциями или материалами. Производственные помещения оборудуют огнетушителями, ящиками с песком, пожарным инвентарем и сигнализацией.

При складировании демонтированных узлов не допускается загромождение проездов, пожарных проходов и аварийных выходов (доступ к средствам первичного пожаротушения должен быть свободен). Системой ремонтов охватываются все действующие электроустановки, у которых систематически контролируют состояние аппаратуры электрозащиты, надежность подключения и качество изоляции кабелей и приводов, температуру наружных поверхностей электрических машин. Электроаппаратура, двигатели, распределительные устройства и электрошкафы должны регулярно очищаться от токопроводящей

пыли и стружки. Пользоваться поврежденными электророзетками, выключателями и другой неисправной коммутирующей аппаратурой не допускается. Любые неисправности электроаппаратуры, ведущие к повышенному искрению, нагреву, необходимо устранять. При перерывах в работе и по ее окончании электроустановки, понижающие и разделительные трансформаторы, измерительную электроаппаратуру, электропаяльники следует отключать от сети. В связи с тем, что электропаяльники имеют высокую температуру рабочих частей, на рабочих местах должны быть предусмотрены для них термостойкие подставки.

ЛВЖ, применяемые при пайке (ацетон, спирт этиловый, флюсы), промывке и обезжиривании деталей и узлов, должны храниться только в герметичной и небьющейся таре. Максимальное количество ЛВЖ на рабочем месте не должно превышать утвержденных норм хранения. Неиспользованные остатки сдаются в специальные места хранения. Совместное хранение ЛВЖ и веществ, смешивание которых может привести к самовозгоранию, не допускается. Используемые при обтирке материалы (ветошь, салфетки) хранят в закрытой металлической таре в специально отведенных местах. По мере накопления, но не реже одного раза в смену, тару необходимо очищать. Промасленная спецодежда должна храниться в шкафах. Сушка ее на батареях отопления или около нагревательных приборов не допускается.

Наиболее опасными в пожарном отношении являются сварочные работы. Место производства сварочных работ должно отстоять на 5 м от горючих материалов, рабочая площадка должна быть очищена от мусора, оборудована первичными средствами пожаротушения: ведром с водой и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Концепция гибкого производства коренным образом меняет традиционные представления об организации производства и технологии машиностроения. Речь идет о создании условий для перехода в нужный момент и за короткое время на выпуск новой и заметно улучшенной продукции. Базой для реализации этой концепции является оборудование с ЧПУ.

При этом технология и техническое оснащение предприятий должны позволять осваивать новую продукцию при минимальных потерях и затратах. Отсюда следует, что стремление к гибкости производства органически сочетается с комплексной автоматизацией, всемерной экономией трудовых ресурсов. Поэтому наряду с данным пособием необходимо детальное изучение руководства по станку и инструкцией оператора.

Внимательный читатель обратит внимание на тенденцию конструкторского сращивания устройства ЧПУ со станком, замены кинематических цепей механизмом управления приводом по программе.

Прогресс вычислительной техники и микроэлектроники открывает все новые возможности автоматизации производственных процессов.

В этом отношении задачи диагностики оборудования, обеспечивающей скорейшее отыскание неисправностей и устранение отказов, приобретает первостепенное значение.

Наладчик должен обратить особое внимание на изучение диагностических и тестовых программ. Это же относится к методам проверки следящих приводов станков и промышленных роботов.

Приведенные в книге материалы должны явиться стимулом для более углубленного изучения отдельных вопросов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х томах. 5-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1980.
2. Безопасность производственных процессов: Справочник. /Под ред. С. В. Белова. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.
3. Бережной В. П., Дубицкий Л. Г. Выявление причин отказов РЭА. — М.: Радио и связь, 1983. 232 с.
4. Вороничев Н. М. Автоматические линии из агрегатных станков. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1979. 487 с.
5. ВНИИГидропривод, Гидравлическое и пневматическое оборудование. М.: НИИМаш, 1979. 245 с.
6. Гибкие производственные системы. Учебное пособие для машиностроительных техникумов. П. Н. Белянин, М. Ф. Идзон, А. С. Жогин. М.: Машиностроение, 1988. 256 с.
7. Гидравлика и гидропривод. В. Г. Гейер, В. С. Дулин, А. Г. Бурумский и др. Учебник для вузов. М.: Недра, 1981. 295 с.
8. Гельберг Б. Т., Пекельс Г. Д. Ремонт промышленного оборудования: Учеб. для СПТУ. М.: Высшая школа, 1988. 304 с.
9. Головенков С. Н., Сироткин С. В. Основы автоматики и автоматического регулирования станков с программным управлением. Учебник для машиностроительных техникумов. М.: Машиностроение, 1988. 288 с.
10. Диагностирование машин-автоматов и промышленных роботов. М.: Наука, 1983. 136 с.
11. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках. Учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1984. 344 с.
12. Конструкция и наладка станков с программным управлением и роботизированных комплексов: Учеб. пособие для ПТУ /Л. Н. Грачев, В. Л. Косовский, А. Н. Ковшев и др. 2-е изд. перераб. — М.: Высшая школа, 1989. 271 с.
13. Кузнецов В. Г. Приводы станков с программным управлением: Учеб. пособие для машиностроительных техникумов. М.: Машиностроение, 1983. 248 с.
14. Марголит Р. Б. Наладка станков с программным управлением: Учеб. пособие для машиностроительных техникумов. М.: Машиностроение, 1983. 253 с.
15. Манойлов В. Е. Основы электробезопасности. 4-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергоатомиздат, 1985. 340 с.
16. Варварин В. К., Яковлев В. К., Попов Л. А. М.: Россельхозиздат, 1984. 148 с.
17. Нормы расхода и складских запасов материалов, запасных частей и комплектов изделий на ремонт и техническое обслуживание металло- и деревообрабатывающего оборудования. М.: НИИМаш, 1983. 115 с.
18. Оценка ремонтпригодности металлорежущих станков на стадии проектирования. Клягин В. И., Парфилова О. С., Тарасова В. Н., Корнилова Н. В. М.: ЭНИМС, 1981. 146 с.
19. Программное управление станками. Учебник для машиностроительных вузов. /Под ред. В. Л. Сосонкина. М.: Машиностроение, 1981. 398 с.
20. Рациональная система технического обслуживания и ремонта станков с устройствами ЧПУ. М.: НИИМаш, 1979. 256 с.

21. **Регулирующая** гидравлическая аппаратура. Каменецкий Г. И., Зайцева К. В. М.: ЭНИМС, 1977. 143 с.
22. **Смирнов Ю. А., Волков В. С.** Неисправности гидроприводов станков. М.: Машиностроение, 1980. 184 с.
23. **Сергиевский Л. В.** Наладка и эксплуатация станков с устройствами ЧПУ. М.: Машиностроение, 1981. 240 с.
24. **Смазочное оборудование.** М.: НИИМаш, 1979. 139 с.
25. **Свешников В. К., Усов А. А.** Станочные гидроприводы. Справочник. М.: Машиностроение, 1982. 464 с.
26. **Справочник** по электроизмерительным приборам. К. К. Илюнин, Д. И. Леонтьев, Л. И. Набебина и др. М.: Энергоатомиздат, 1983. 240 с.
27. **Справочник** по наладке электрооборудования промышленных предприятий /Под ред. М. Г. Зименкова. 3-е изд, перераб и доп. М: Энергоатомиздат, 1983, 480 с.
28. **Станки** с числовым программным управлением (специализированные) /Под ред., В. А. Лещенко. М.: Машиностроение, 1988. 568 с.
29. **Точность** и надежность станков с числовым программным управлением. /Под ред. А. С. Проникова. М.: Машиностроение, 1982. 250 с.
30. **Чернов Н. Н.** Металлорежущие станки. Учебник для машиностроительных техникумов. — 3-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1987. 389 с.
31. **Чердынченко Г. И., Фройштетер Г. Б., Ступак П. М.** Физико-химические и теплофизические свойства смазочных материалов. Л.: Химия, 1986. 224 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Проведение наладочных работ на станках с ЧПУ	5
1. Термины и понятия о ЧПУ	5
2. Общие требования к пусконаладочным работам	9
3. Общая диагностика станка с ЧПУ	10
4. Основные понятия и показатели надежности	12
5. Повышение безотказности станков с ЧПУ	13
6. Обработка информации о надежности станков с ЧПУ	16
Глава II. Гидравлический привод, механические узлы и смазочная система станка с ЧПУ	18
1. Наладка гидравлического привода и смазочная система	18
2. Диагностика и неисправности механических узлов и гидросистемы	28
3. Стенды для испытания и контроля гидроузлов	34
Глава III. Электропривод станков с ЧПУ	39
1. Общие вопросы наладки электроприводов	39
2. Диагностика электроприводов	49
3. Стенды для диагностики и контроля электроприводов	53
Глава IV. Электрооборудование и автоматика станков с ЧПУ	59
1. Устройство и наладка электрооборудования управления	59
2. Электромагнитные устройства и элементы защиты	69
3. Датчики обратной связи	79
Глава V. УЧПУ и их наладка	94
1. Типы УЧПУ	94
2. Диагностика электронных узлов и устройств	108
3. Приборы и стенды для проверки и испытания электронных узлов и блоков	139
Глава VI. Гибкие производственные системы	131
1. От станков с ЧПУ к автоматизированным системам	131
2. Состав оборудования автоматизированных комплексов	134
3. Наладка и обслуживание ГПС	143
Глава VII. Организация ремонта программного оборудования	148
1. Структура ремонтной службы	148
2. Виды профилактических работ	150
3. Контроль качества выполнения профилактических и ремонтных работ	154
4. Основы нормирования ремонтных работ	155
Глава VIII. Техника безопасности при проведении пусконаладочных и ремонтных работ	163
1. Опасные и вредные производственные факторы при техническом обслуживании	163
2. Организация монтажных и слесарно-сборочных работ при ремонтах	163
3. Техника безопасности при ремонте электрических устройств	166
4. Пожарная безопасность при ремонте станков с ЧПУ	171
Заключение	172
Список литературы	173

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

**Сергеевский Леонид Владимирович,
Руслянов Валентин Васильевич**

ПОСОБИЕ НАЛАДЧИКА СТАНКОВ С ЧПУ

Редактор Ю. И. Подскребко

Обложка художника И. Н. Лыгиной

Художественный редактор А. С. Вершинкин

Технический редактор В. Ю. Томская

Корректор А. П. Озерова

ИБ № 6754

Сдано в набор 03.04.90. Подписано в печать 11.10.90. Формат 60×88 1/16.
Бумага тип. № 2. Гарнитура Пресс Роман. Печать офсетная. Усл. печ. л. 10.78.
Усл. кр.-отт. 11.03. Уч.-изд. л. 12.19. Тираж 34 000 экз. Заказ 861. Цена 4 р.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство "Машиностроение"
107076, Москва, Стромынский пер., 4.

Отпечатано в московской типографии № 4 Госкомпечати СССР,
129041, Москва, Б. Переяславская, 46.
с оригинал-макета, изготовленного в Барановичской укрупненной типографии