

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»**

**Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства**

**НАДЕЖНОСТЬ И ДИАГНОСТИКА
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к выполнению лабораторных работ
для студентов направления 15.03.05
«Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
(профиль «Металлообрабатывающие станки и комплексы»
всех форм обучения**

Воронеж 2022

УДК 621.01 (07)
ББК 34.5я7

Составитель

д-р техн. наук, профессор С. Ю. Жачкин

Надежность и диагностика технологических систем: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль «Металлообрабатывающие станки и комплексы») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. С. Ю. Жачкин. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. – 41 с.

В методических указаниях изложены общие вопросы по содержанию и требования к оформлению лабораторных работ, рассматриваются вопросы обеспечения надежности и диагностики исправности средств технологического оснащения при обработке технических объектов, приводятся алгоритмы расчетов.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ.ЛР.НиДТС.pdf.

Ил. 47. Табл. 4. Библиогр.: 9 назв.

УДК 621.01(07)
ББК 34.5 я7

Рецензент – С. Н. Яценко, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

Лабораторная работа № 1
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы: изучить методику наладки станков, как основу технологического обеспечения показателей надежности оборудования.

Оборудование и приборы: станки универсальные с ЧПУ, стойка ЧПУ H22/M, тахометр, секундомер, мерительный и режущий инструмент, термопара, шумомер, виброметр, комплект деталей-представителей.

Общие сведения

Внедрение станков с ЧПУ – это комплексное мероприятие, в котором наладка является одним из этапов организации их эксплуатации. Подготовка этих станков к сдаче в эксплуатацию рассмотрена на примере многооперационного станка с ЧПУ (МС с ЧПУ), (рис. 1). На приведенной схеме выделены этапы, в реализации которых принимает участие наладчик или коллега, с которым он связан при выполнении наладочных работ.

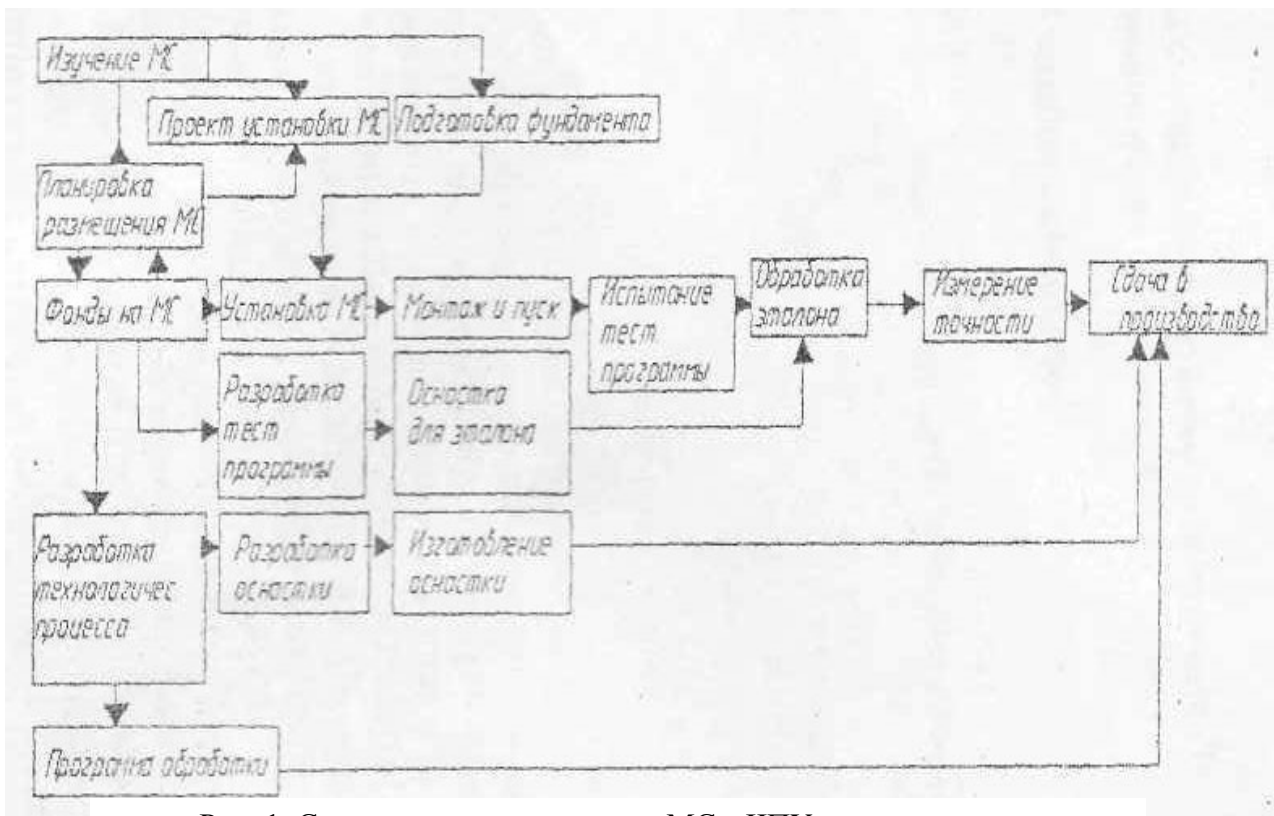


Рис. 1. Схема подготовки и сдачи МС с ЧПУ в эксплуатацию

1. ПОДГОТОВКА И СДАЧА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНОВ С ЧПУ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Специфика наладки станков с ЧПУ заключается в том, что в процессе эксплуатации приходится периодически (при переходе на обработку каждой новой заготовки) выполнять настройку: необходимых характеристик гидравлических, пнев- матических, механических узлов; электрических аппаратов; электронных устройств; блоков ЧПУ; систем автоматической регулировки; регулируемых приводов подач.

Наладчик, выполняя наладку станка, пользуется картой, в которой приведены исходные данные для настройки инструментов (длина и вылет инструмента) и приспособлений. Если при обработке требуется обеспечить восьмой и более квалитет точности, наладку на обработку первой заготовки осуществляют методом пробных проходов.

В процессе наладки электронных и электрических аппаратов систем управления станками с ЧПУ проводят осциллографическое исследование напряжения и формы сигналов, а также переходных процессов.

Наладку устройства ЧПУ (УЧПУ) выполняют последовательно, по каждому устройству, блоку, узлу (например, по устройству считывания и ввода информации, арифметическому устройству, блокам индикации, интерполяции, памяти; узлам задания скорости и др.). Не изменяя схемы устройства, блока, узла, получают оптимальные значения выходных сигналов, обеспечивающих точность и работоспособность устройства в целом. Наладку выполняют с помощью настроечных элементов, предусмотренных в конструкции, схеме устройства, блока, узла (например, переменного резистора), или путем подбора какого-либо из элементов схемы, влияющего на выходной параметр.

В УЧПУ выполнение наладочных работ связано с разнообразными, проводимыми в контрольных точках измерениями, по результатам которых оценивают выходные параметры устройства в целом или блока, узла. Наладка УЧПУ считается законченной после проверки функционирования станка с ЧПУ в различных режимах и в соответствии с заданной программой.

При наладке необходимо пользоваться различными методами оценки технического состояния станка с ЧПУ.

Метод наблюдений является простейшим и заключается в том, что наладчик, наблюдая за функционированием устройства, узла или элемента станка с ЧПУ, и оценивая правильность их действия, может судить об их работоспособности.

Метод исключения или локализации состоит в том, что путем искусственного сокращения связей (реализуемых функций) в устройстве, содержащем неисправный элемент, последовательно отключают элементы до обнаружения неисправного. Под связями в данном случае понимают все виды связей – гидравлические, механические, электрические.

Метод сравнения заключается в замене проверяемого элемента устройства, узла или блока, соответственно, заведомо исправным. Если после замены работоспособность станка восстанавливается, неисправность следует искать в изъятом элементе (устройства, узла или блока).

Последовательный метод поиска неисправности применяют при проверке схемы, состоящей из нескольких звеньев, связанных функциональной зависимостью, измеряя или фиксируя контрольные сигналы последовательно, от последующего к предыдущему.

При наладке и ремонте электрооборудования, электроприводов и систем ЧПУ станков из-за сложности последних возникает необходимость иметь в наличии определенное количество электро- и радиоизмерительных приборов. Подбор типа приборов и их количества зависит от типа станков и

систем ЧПУ, а также от необходимой точности измерения. Для наладочных и ремонтных работ станков с ЧПУ могут быть рекомендованы приборы, перечень которых приведен в табл. 1. Технические данные рекомендуемых приборов можно найти в соответствующих каталогах.

Таблица 1

Рекомендуемый перечень приборов для наладочных и ремонтных работ станков с ЧПУ

Приборы <i>1</i>	Модель <i>2</i>	Назначение <i>3</i>
Мегаометр	M1101; M1102; M4122	Измерение сопротивление изоляции электрических цепей
Мост постоянного тока (омметр)	P353; MMB; M71; МОД61; МТВ; M57; P316; M218	Измерение сопротивления
Вольтметр	B2-14; B2-25; BK2-27; B3-33; B3-38; B3-40. B4-2; B4-12; B7-13; B7-16; B7-22	Измерение напряжения, силы тока
Измеритель параметров: маломощных полевых транзисторов; мощных полевых транзисторов; интегральных схем	Л2-22; Л2-43; Л2-42; Л2-34; Л2-38; Л2-41; ИЦИС	Измерение параметров полупроводниковых приборов и интегральных логических схем
Измерительные генераторы	Г3-36; Г3-102; Г4-117; Г3-106; Г6-15; Г5-55	Исследование работ вычислительной техники
Шлейфовый осциллограф	K12-22; K20-22.	Регистрация сигнала
Мост переменного тока	P577; M16; E8-2	Измерение индуктивности, емкости
Фотоуказатель	ИЗ 7,3-500.	Определение чередования фаз сети
Частотомер	43-1; 43-4А; 43-36; 43-41.	Измерение частоты
Осциллограф	C1-15; C1-9Б; C1-49; C1-16; C1-18; C8	Наблюдение, измерение формы сигнала

Кроме указанных в таблице приборов для выполнения наладочных и ремонтных работ необходимы следующие специальные приборы и устройства:

- векторметр для измерения силы тока и напряжения по амплитуде и фазе;
- приборы для измерения частоты вращения - стробоскоп СТ-1, и линейного перемещения - многопредельный тахометр СК751 (секундомер);
- приборы для снятия характеристик с электроприводов: указатель полярности обмоток М227, индикатор искрения ПН-1 для оценки коммутации щеток, милливольтметр МП9 для измерения магнитных потоков, приборы для проверки состояния обмоток электрических машин и электродвигателей;
- различные стрелочные приборы для измерения силы тока и напряжения в электрических цепях: амперметры, вольтметры, микроамперметры, миллиамперметры классов 1 и 0; можно использовать также многопредельные приборы типа вольтметров, тестеров, самописцев;
- приборы и устройства для измерения режима работы и параметров гидроаппаратуры при наладке и проверке гидростанций, насосов, гидродвигате-

лей и других узлов и элементов гидросистем станков с ЧПУ: манометры, датчики давления, индикаторы линейных перемещений, специальные стелды.

Проверку функционирования станка с ЧПУ в целом целесообразно осуществлять в три этапа.

Первый этап – проверка программы без инструмента, оснастки и заготовки. С помощью ручного управления узлы станка устанавливают в исходное положение, а затем включают автоматическое управление по программе. Контролируют перемещение всех узлов и их возвращение в исходное положение. Контроль осуществляют по лимбам с помощью упоров, индикаторов и др.

Второй этап – обработка макетной заготовки, выполненной в отдельных случаях из листового металла, пластмассы и др. Обычно такую операцию выполняют, если заготовки сложны и количество их ограничено.

Третий этап – обработка контрольной (эталонной) детали. Комплексной проверкой точности обработки на станке с ЧПУ является проверка эталонной детали (мамина), обработанной по управляющей программе (УП). На рис. 2 изображен чертеж эталона для комплексных испытаний качества наладки многооперационного станка с ЧПУ. Для станков с горизонтальным шпинделем эталон может быть выполнен в виде угольника.

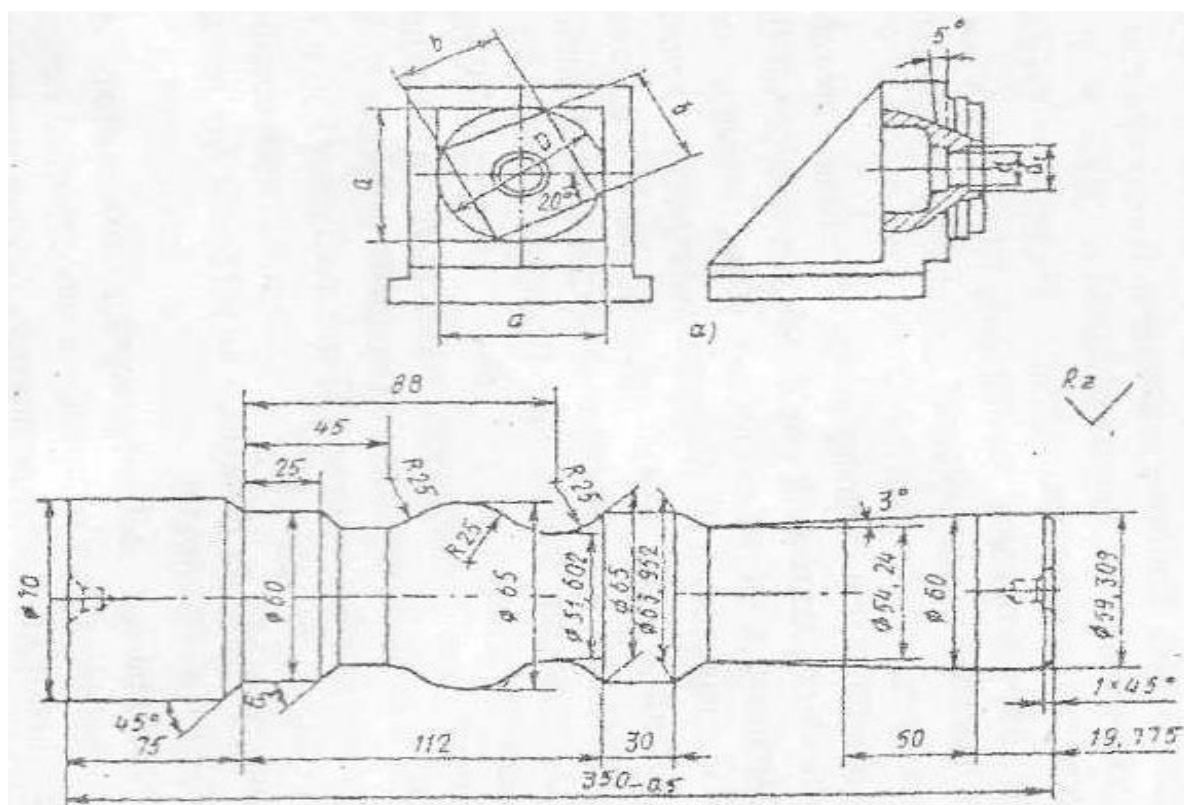


Рис. 2. Чертежи деталей эталонов:

- а) эталон для комплексных испытаний металлорежущего станка с ЧПУ;
- б) эталон для комплексных испытаний токарного станка

Для горизонтальных многооперационных станков при отношении максимальных перемещений 1,6 и более по осям X и Y и для вертикальных многооперационных станков при том же отношении максимальных перемещений по осям X и Y, рекомендуется использовать два эталона. Эталон оконча-

тельно обрабатывают по базовым поверхностям с точностью, в два раза превышающей допуски на проверяемые поверхности.

Кроме комплексной проверки необходима проверка точности межосевых расстояний обработанных отверстий. Для этого по программе в эталоне сверлят и растачивают пять отверстий по качеству H7. Длина отверстия должна превышать диаметр или быть равной ему.

Возможно растачивание отверстий для проверки межосевых расстояний и на эталоне для комплексной проверки. Проверку проводят с использованием микроскопа или приспособления, предназначенного для измерения межосевых расстояний. Допуск для МС с длиной перемещения рабочего органа (l) от 400 до 630 мм, для классов точности П и А составляет 30 и 10 мкм соответственно, а для МС с длиной перемещения рабочего органа (l) от 630 до 1000 мм, – 40 и 12 мкм соответственно для тех же классов точности.

Для горизонтальных МС проверяют отклонение от соосности отверстий, обработанных с поворотом стола. Измерение выполняют дважды, принимая за базовое отверстие каждое из расточенных отверстий. Отклонение от соосности проверяемых осей равно наибольшему из полученных отклонений.

эталон для токарного станка мод. 17А20ПФ30 с ЧПУ показан на рисунке 2, б. Деталь обрабатывают, соблюдая технические параметры (режим резания, материал, геометрию режущих инструментов, СОЖ), рекомендуемые заводом-изготовителем оборудования.

На станках с ЧПУ выполняют испытания на максимальные нагрузки и уточняют режимы резания для характерных видов обработки инструментом. При испытаниях на максимальное усилие привода главного движения, приводов подач осуществляют сверление инструментом наибольшего диаметра и фрезерование торцевыми фрезами с максимальным припуском на обработку. Вначале обработку ведут в расчетных режимах резания, затем режимы увеличивают и определяют максимальные.

2. ОСОБЕННОСТИ НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

2.1 Наладка токарных станков с ЧПУ

2.1.1 Последовательность наладки

Наладку токарного станка с ЧПУ рекомендуется выполнять следующим образом.

1. В начале смены необходимо проверить основные функции, выполняемые станком. Кроме того, в целях тепловой стабилизации станка и устройства ЧПУ включить на холостом ходу вращение шпинделя со средней частотой и питание устройства ЧПУ на 20-25 мин (при этом станок прогревается).

2. Подобрать согласно карте наладки режущий инструмент для обработки заготовки и оснастку для ее крепления. Проверить состояние инструмента. Установить инструмент в соответствующие позиции револьверной головки, указанные в карте наладки.

3. Настроить кулачки, ограничивающие перемещение суппорта и его нулевое (исходное) положение. Ввести УП с пульта УЧПУ, с бланка или из кассеты внешней памяти. Проверить УП сначала в кадровом режиме, а затем – в автоматическом, наблюдая за правильностью ее осуществления.

4. Закрепить обрабатываемую заготовку в соответствии с указаниями в карте наладки. Выполнить размерную настройку режущего инструмента. Обработать заготовку по УП. Определить размеры готовой детали, и ввести необходимые коррективы с пульта управления УЧПУ (при обработке партии заготовок периодически проверять размеры деталей и при необходимости вводить коррективы).

5. При обработке первой заготовки необходимо наблюдать за процессом резания (особенно за стружкообразованием и шероховатостью обработанной поверхности); при необходимости вводить коррективы режимов резания (с пульта управления УЧПУ).

Качеством наладки станка во многом определяется его производительность.

2.1.2. Порядок работы станка

Перед началом работы включить станок, и проверить положение и надежность крепления кулачков аварийного ограничения хода по продольной и поперечной линейке, а также положение и надежность крепления задней бабки на станине (в случае ее применения). При обработке детали, установленной в патроне, заднюю бабку отвести в крайнее правое положение. С помощью специальных рукояток проверить легкость перемещения суппорта в продольном и поперечном направлениях.

В режиме **ручное управление** проверить работу:

- механизмов переключения диапазонов частот вращения шпинделя, перемещения суппорта в продольном и поперечном направлении, на быстром ходу и при рабочих подачах;
- аварийных и блокировочных электропереключателей;
- подачи СОЖ в зону обработки и др.

Проверив работу станка в ручном режиме и убедившись в ее правильности, включить автоматический цикл – обход контура на холостом ходу (без установки заготовки).

Общий вид токарного станка мод. 16К20Т1 представлен на рисунке 3.

На основании 1 жестко закреплена станина 2, по направляющим которой перемещается каретка 3 продольного перемещения двухкоординатного суппорта. Привод продольной подачи суппорта состоит из электродвигателя 6 постоянного тока с редуктором и шариковой винтовой передачи 14. Ходовой винт установлен на опорах 4 и 16. Каретка 13 поперечного перемещения суппорта также имеет привод с электродвигателем 24 с редуктором 25 и шариковой винтовой парой 12. На каретке 13 установлена револьверная шестипозиционная головка 11. На левой стороне станины 2 жестко закреплена шпиндельная бабка 5, в корпусе которой размещена коробка скоростей со шпиндельным узлом, датчиком резбонарезания 8 и механизированным приводом 23 зажимного патро-

на. На передней панели коробки скоростей установлена рукоятка 10 переключения диапазонов частот вращения шпинделя.

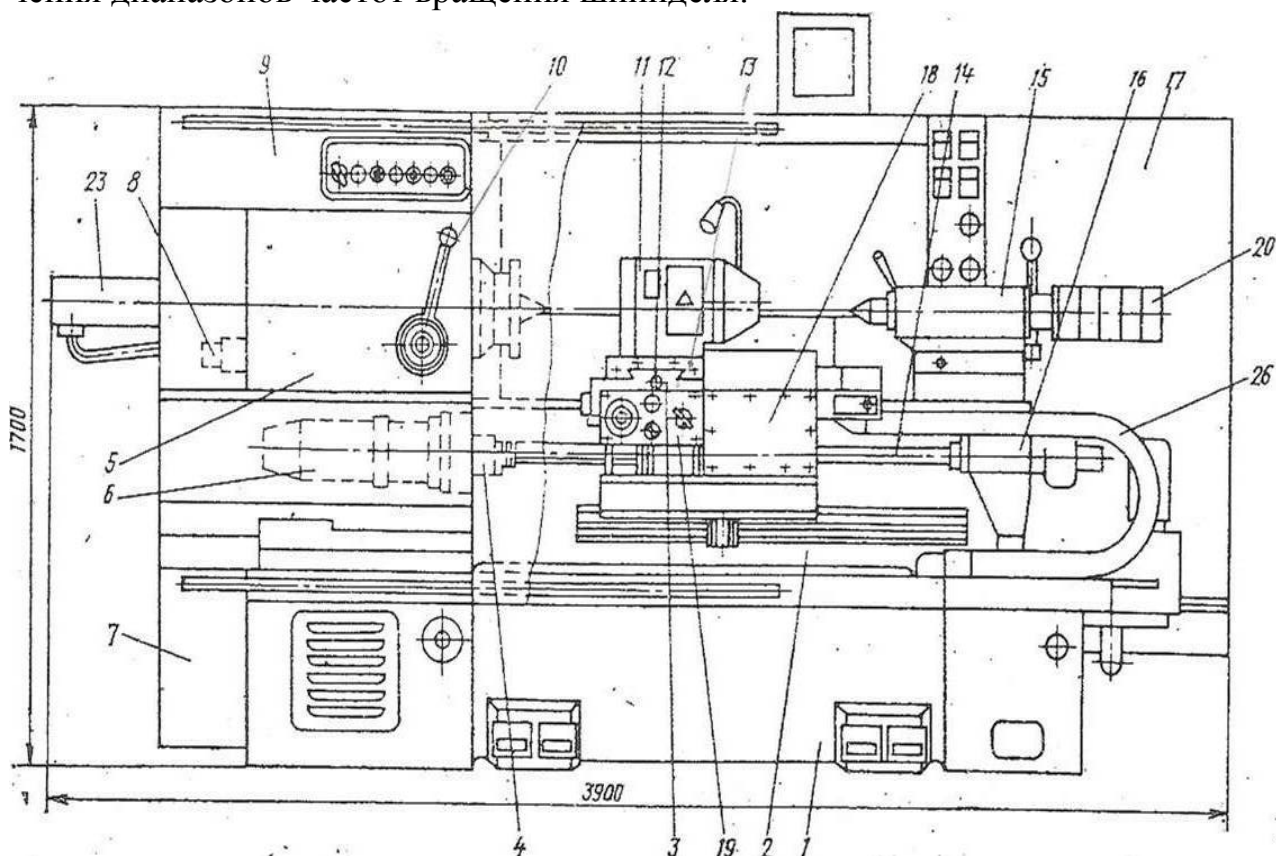


Рис. 3. Токарный станок мод.16K20T1

Шкаф управления 9 с панелью управления установлен на основании станка. Блок ручного управления 19 и пульт управления 18 с блокировочными устройствами приводов станка размещены на передней панели суппорта. Электроавтоматика станка находится в шкафу 17 с пультом управления на передней стенке. Контроль за процессом обработки детали осуществляется по дисплею.

2.2 Наладка многооперационных станков с ЧПУ

Наладку МС с ЧПУ (рис. 4) начинают с установки зажимного устройства на столе станка или на приспособлении-спутнике (ПС).

2.2.1. Установка зажимного приспособления

Если ПС состоит из нескольких, не связанных друг с другом элементов, сначала устанавливают базовые элементы, ориентируя заготовку относительно ПС. Расположение базовых и крепежных элементов должно строго соответствовать требованиям карты наладки, так как от этого зависит точность расположения заготовки по отношению к системе координат станка, а, следовательно, погрешности установки. Если на станке впервые обрабатывается программа обработки заготовки с нескольких сторон, необходимо определить координаты центра стола от абсолютного нуля по оси X. Эта координата для данного станка является величиной постоянной и может быть использована при настройке баз для других наладок.

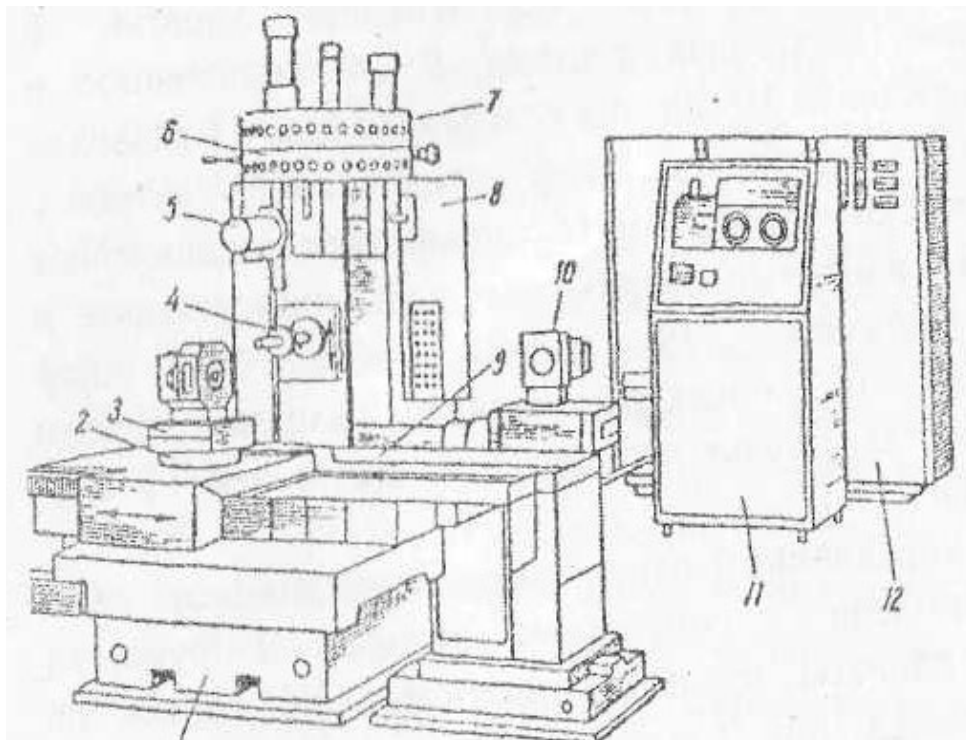


Рис. 4. Многооперационный станок мод. ИР-500МФ4:

- 1 – станина; 2 – поворотный стол станка; 3 – приспособление-спутник; 4 – шпиндельный узел;
 5 – шпиндельная бабка; 6 – устройство для автоматической смены инструмента;
 7 – инструментальный магазин; 8 – подвижная стойка с пультом управления;
 9 – двухпозиционный стол; 10 – заготовка; 11 – УЧПУ;
 12 – шкафы системы управления

Положение ПС, а, следовательно, и заготовки, задается заранее технологом (программистом), который разрабатывает программу в абсолютных (по отношению к нулю станка) или относительных координатах, с учетом положения нуля заготовки по отношению к нулю станка.

Нуль станка – это исходное положение стола и шпинделя станка, при котором все датчики перемещения показывают нуль. Базовые поверхности заготовки и опорные поверхности ПС, на которые она устанавливается, образуют систему координат, начало которой называют нулем заготовки.

Если задать положение заготовки по отношению к системе координат станка размерами x' и y' (рис. 5, а), то при обработке, например отверстия 1, в программе может быть задано перемещение по оси X , равное $+x'+x$; по оси Y – перемещение, равное $+y'+y$ и т. д. Перемещения по осям X_0 , Y_0 , Z_0 можно получать с помощью имеющегося на станке устройства смещения нуля, набирая значения координат на пульте управления при наладке станка на данную операцию.

Иногда базирование корпуса 4 ПС осуществляют с помощью базовых элементов (базовых планок) Б1 и Б2 (рис. 5, б). Эти планки образуют систему координат ПС, положение которого по отношению к системе координат данного станка известно, и может быть учтено при составлении программ.

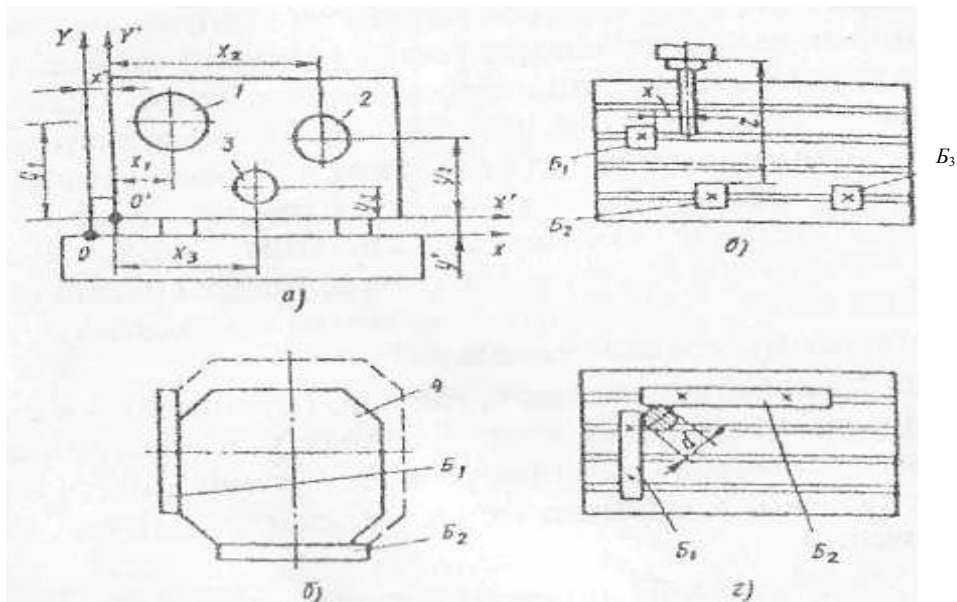


Рис. 5. Способы установки ПС на многооперационном станке:
 а) размещение заготовки в системе координат станка: 1, 2, 3 – отверстия;
 б) установка базовых элементов на столе станка
 ПС: 4 – корпус ПС; в), з) варианты установки базовых элементов

Можно расставить установочные элементы с базовыми поверхностями B_1 , B_2 , B_3 по пазам стола (рис. 5, в), находящегося в положении нуля станка, и измерить расстояние x до мерной оправки и z до базовой торцевой поверхности шпинделя. Эти расстояния (с учетом диаметра оправки) принимают во внимание при перемещении нуля станка.

Нашел применение способ наладки базовых элементов, показанный, на рис.5, г, которые устанавливаются параллельно движениям стола по координатам. Выверяя с помощью индикатора, их закрепляют в таком месте стола (в общем случае), где удобнее всего разместить ПС и заготовку, а затем находят положение системы координат заготовки по отношению к нулю станка. Для этого в шпиндель МС вставляют оправку диаметром d , а затем перемещают стол в положение, при котором оправка касается планок B_1 и B_2 . На пульте индикации высвечиваются значения координат, которые затем используют для контроля смещения нуля.

После установки ПС необходимо произвести ввод базовых координат, который осуществляют путем совмещения оси шпинделя с базовой поверхностью или осью заготовки. Одновременно фиксируют расстояние от базовых элементов до абсолютных нулей по всем координатам. Для введения базовых координат используют вспомогательный инструмент, устанавливаемый в шпиндель станка, и концевые меры. Проще базовые координаты вводятся корректорами плавающих нулей путем совмещения оси шпинделя с осью отверстия.

2.2.2 Установка режущих и вспомогательных инструментов в инструментальный магазин

Измерения длин и диаметров, на которые настроен инструмент, проведены вне станка. Оператор вводит эти данные на корректор системы ЧПУ, например, (Размер 4) или с пульта оператора отдельной программой в память систем 2У32, 2С42, «Фанук 6М» и др.

Дополнительную поднастройку некоторых инструментов выполняют, при необходимости, непосредственно на станке по результатам контрольных измерений обработанных поверхностей. Измерение некоторых размеров обрабатываемых поверхностей возможно введением коррекции на пульте управления. Проще всего корректируется длина обработки по координате Z (см. рисунок 5, в). Часто коррекцию вводят на радиус фрезы при работе в режиме круговой интерполяции (например, при обработке отверстий, криволинейного наружного контура и в других случаях).

Расстановку инструментов (например, оправок) в гнезда магазина револьверной головки выполняют в соответствии с требованиями программной карты. При этом необходимо тщательно сверить номер инструмента (оправки) с номером гнезда магазина, а на станках, где кодируется номер инструмента, установить соответствующую кодовую комбинацию на хвостовике оправки.

При установке в магазин особое внимание необходимо обратить на инструмент, работающий с первоначально ориентированным шпинделем, так как он должен быть установлен в ячейку определенным образом.

Кроме того, необходимо проверить: заточку инструмента; крепление сверлильных патронов на конусе оправки и сверл в патроне; крепление концевых фрез в переходных втулках; крепление инструмента в цанговых патронах; настройку резбонарезных патронов и закрепление метчика в переходной втулке; закрепление насадных зенкеров и разверток на плавающих оправках; биение сверл или метчиков при установке в патроне с целью его уменьшения.

Если прибор для настройки инструмента вне станка отсутствует, длину инструмента определяют на станке. В зависимости от расчета координаты z измеряют длину инструмента от торца шпинделя до вершины режущей кромки, или определяют отклонение действительной длины инструмента от запрограммированной. При обработке с применением СОЖ необходимо проверить состояние защитных элементов станка, отсутствие щелей между элементами защиты, работу насоса и наличие СОЖ в системе. Так как на МС отсутствует следящая система подачи СОЖ в зону резания, необходимо обеспечить подвижность трубки, по которой СОЖ поступает на заготовку, что позволит выполнить настройку в процессе работы. На некоторых станках возможна установка на шпиндель кольца с рядом отверстий, через которые обеспечивается полив или распыление СОЖ в зоне резания.

3. УСТАНОВКА И КРЕПЛЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ АЛ, ГНС, ГАУ

3.1. Рекомендации по установке и креплению оборудования массой до 30 тонн на полу первого этажа здания

Точность обработки и шероховатость обработанной поверхности, стабильность точностных параметров и производительность, а также долговечность станков в значительной степени зависят от их правильной установки и крепления на фундаменте.

Назначение фундамента – воспринимать массу оборудования и равномерно передавать ее на грунт, а также воспринимать и гасить колебания, возникающие при работе оборудования.

Площадь фундамента рассчитывают так, чтобы удельная, приходящаяся на один квадратный сантиметр нагрузка оборудования и самого фундамента, не превышала допустимой нагрузки, выдерживаемой грунтом. Для станков нормальной точности номинальная высота бетонного фундамента рассчитывается по формуле $H = K\sqrt{L}$, где K - коэффициент пропорциональности, зависящий от вида монтируемого оборудования (табл. 2); L - длина фундамента (м).

Таблица 2

Значения коэффициента K для расчета минимальной высоты фундамента

Виды оборудования	Значения коэффициента K
1	2
1. Токарные, горизонтально-протяжные, продольно-строгальные, продольно-фрезерные станки	0,3
2. Шлифовальные станки	0,4
3. зуборезные, карусельные, вертикальные токарные полуавтоматы и автоматы, консольные и бесконсольные, фрезерные, горизонтально-расточные станки	0,6
4. Поперечно-строгальные и долбежные станки	От 0,8 до 1,4
5. Вертикально- и радиально-строгальные станки	От 0,6 до 1,0
Примечание. Для АС и станков с ЧПУ значение коэффициента K следует увеличить на 20 %.	

На фундамент типа общая бетонная плита толщиной 15-25 см (рис. 6) устанавливается на клиньях (рис. 7) различное неметаллообрабатывающее технологическое оборудование, размещаемое вне зоны работы мостовых кранов, требующее частой перестановки, работающее спокойно, без ударов (автоматы для мойки, сборки, упаковки, электропечи, баки и др.).

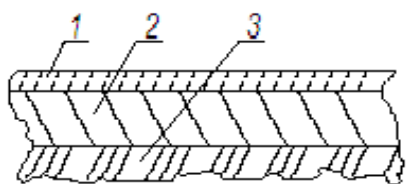


Рис. 6. Фундамент:
1 – чистый пол; 2 – плита бетонная; 3 – грунт

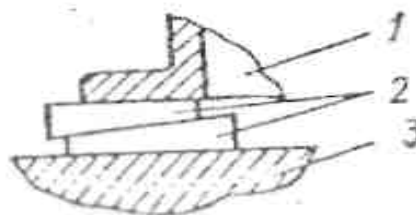


Рис. 7. Крепление оборудования на клиньях:
1- оборудование; 2 – клинья; 3 – бетонная плита

Небольшие станки, массой до пяти тонн, с короткими станинами, используемые на операциях невысокой точности, и работающие в легком режиме, устанавливаются на клиновом башмаке (рис. 8) и подкладке на винтовой опоре (рис. 9).

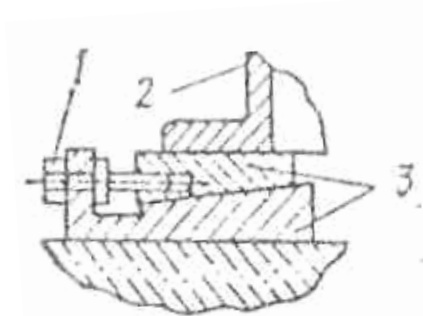


Рис. 8 Клиновые башмаки:
1 – регулировочный винт; 2 – оборудование;
3 – подвижная и неподвижная часть башмака

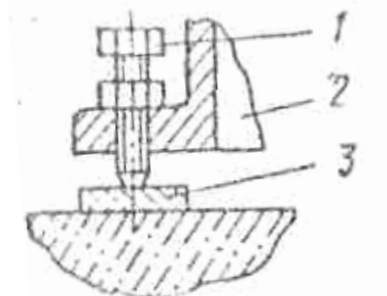


Рис. 9 Установка оборудования на подкладке и винтовой опоре:
1 – опорный винт; 2 – оборудование;
3 – полкпалка

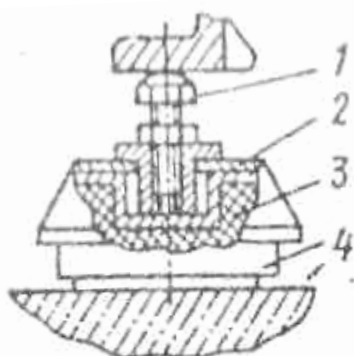


Рис. 10. Виброизолирующая опора:
1 – регулировочный винт; 2 – крышка;
3 – резина; 4 – опора

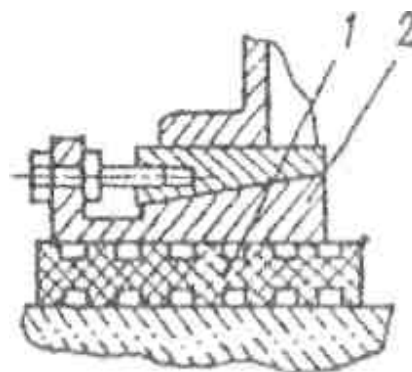


Рис. 11. Виброизолирующий коврик;
1 – коврик из резины;
2 – башмак (клинья, винтовая опора)

На виброизолирующих опорах (рис. 10) и изолирующих ковриках (рис. 11) устанавливаются небольшие станки, работающие в условиях вибрации, а так же станки, используемые для обработки уравниваемых заготовок, работающие в легком режиме на операциях невысокой точности.

Станки массой до 15 тонн с длинными станинами, нормальной точности, находящиеся вне зоны работы мостовых кранов, не крепящиеся фундаментными болтами, работающие в среднем режиме, устанавливаются на клиньях (рис. 12) с заливкой опорной поверхности станины цементным раствором.

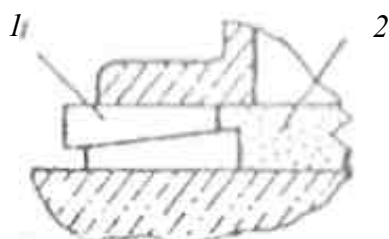


Рис. 12. Крепление на клиньях:
1 – клинья (башмак, типовая опора);
2 – подливка из цемента

Болтами (рис. 13) крепят станки с длинными составными станинами, устанавливаемыми в зонах работы мостовых кранов; прессы с резкими возвратно-поступательными перемещениями узлов; оборудование АЛ, ГПС с жесткой взаимосвязью.

На ленточный фундамент 1 с утолщенной частью, высотой 35-40 см (рис. 14), устанавливают станки нормальной точности, массой до 30 тонн, используемые для обработки неуравновешенных заготовок в широком диапазоне ре-

жимов. Такие станки крепятся упорными анкерными фундаментными болтами на клиновом башмаке (рис. 15). Отверстия под анкерные болты выполняют в фундаменте заранее.

Различное неметаллорежущее оборудование, АЛ, станки нормальной точности, массой до 15 тонн, устанавливаются на винтовых опорах с цанговым креплением (рис. 16).

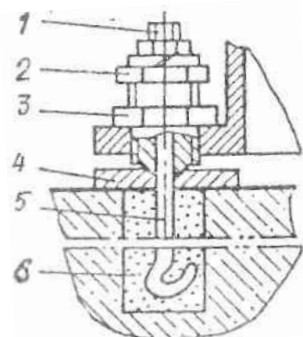


Рис. 13. Установка оборудования на винтовой опоре с заливным фундаментом:

- 1 – гайка с пружинной шайбой; 2 – винтовая опора; 3 – контр-гайка; 4 – сферическая шайба;
- 5 – заливной фундаментный болт;
- 6 – отверстие под болт

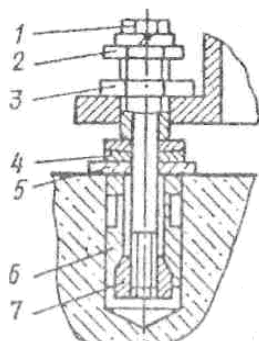


Рис. 16. Установка оборудования на винтовых опорах с цанговым креплением:

- 1 – болт крепления; 2 – винтовая опора;
- 3 – контргайка; 4 – сферические шайбы;
- 5 – подкладка; 6 – разрезная цанга;
- 7 – конусная втулка

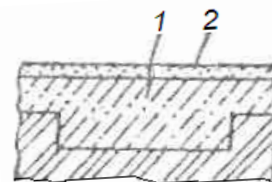


Рис. 14. Ленточный бетонный фундамент (1); чистый пол (2)

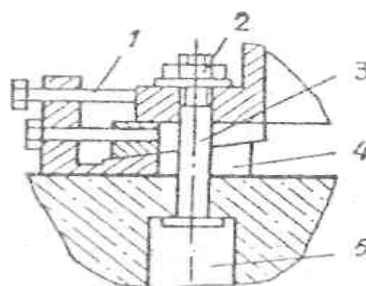


Рис. 15. Крепление анкерными фундаментными болтами:

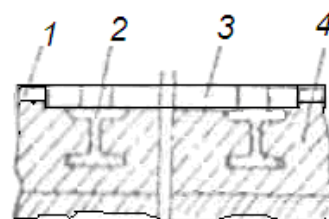


Рис. 17. Балочный фундамент:
1 – чистый пол; 2 – двутавровая балка;
3 – короб для сбора СОЖ;
4 – цементная плита

С целью повышения точности установки станков нормальной точности с длинными составными станинам, массой до 10 тонн, а также с целью быстрой смены встроенных автоматических систем в АЛ, используемых при режимах обработки широкого диапазона, включая обдирочные работы, применяют балочные фундаменты (рис. 17) с винтовыми креплениями (рис. 18).

Средние станки, массой 15-30 тонн и более, которые применяют на работах с ударными динамическими нагрузками при тяжелых режимах резания, и прессы для вырубки и вытяжки устанавливают на индивидуальный фундамент, высоту которого рассчитывают заранее (рис. 19), и крепят на клиновом башмаке упорными анкерными фундаментными болтами.

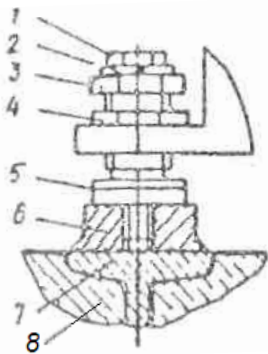


Рис. 18. Винтовая опора крепления оборудования к балке фундамента:
 1 – болт крепления; 2 – разрезная шайба;
 3 – винтовая опора; 4 – контргайка;
 5 – сферические шайбы;
 6 – планка, приваренная к балке;
 7 – балка фундамента

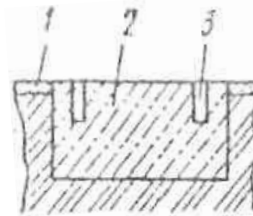


Рис. 19. Фундамент обычного типа, индивидуальный:
 1 – чистый пол; 2 – фундамент;
 3 – отверстия под болты

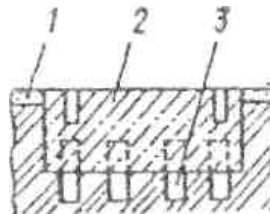


Рис. 20. Свайный фундамент:
 1 – чистый пол; 2 – фундамент;
 3 – забитые бетонные сваи

На свайные фундаменты устанавливают различные станки высокой и нормальной точности, массой до 15 тонн, работающие без ударных нагрузок (рис. 20).

Для крепления станков, используемых для выполнения операций высокой точности (финишных) без ударных нагрузок, с целью обеспечения надежной виброизоляции применяют виброизолированные фундаменты на пружинах (рис. 21).

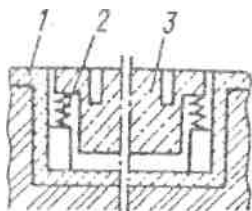


Рис. 21. Фундамент виброизолированный:
 1 – бетонный приямок; 2 – пружина;
 3 – бетонный блок

При установке промышленных роботов (ПР) различного типа, подъемников, колонн, стоек, стеллажей ГПС и другого оборудования используют фундаменты и крепежно-регулируемые устройства, крепящиеся на подкладках болтами регулирования и крепления (рис. 22).

С помощью болтов 1 подъемник (колонна, стойка) 2 выставляется в вертикальной плоскости (рис. 23). Затем с помощью уровня проверяется точность расположения плоскостей оборудования относительно подставки 4. Корректировка производится с помощью клиновой подкладки 5, а после этого осуществляется общая затяжка болтами 3.

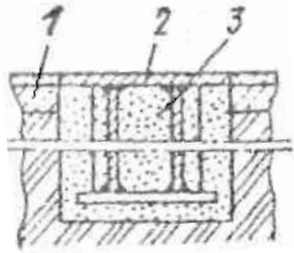


Рис. 22. Фундамент для установки стоек, ПР, подъемников и др.:
1 – бетонная плита;
2 – сварной подколонник;
3 – приямок, залитый бетоном

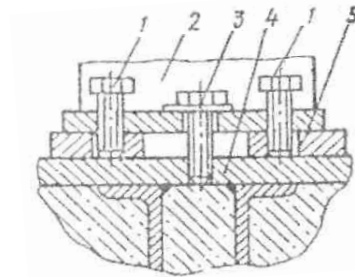


Рис. 23. Крепежно-регулируемое устройство:
1 – болты для выставления подъемника;
2 – подъемник; 3 – болты крепления к подставке;
4 – подставка, залитая бетоном;
5 – клиновья полкпалка

Задания к лабораторной работе № 1

1. Изучить методики настройки токарных станков с ЧПУ и МС с ЧПУ.
2. Ознакомиться с приборами для наладочных и ремонтных работ металлорезающих станков с ЧПУ.
3. Изучить методы оценки технического состояния станков с ЧПУ.
4. Провести проверку функционирования станков с ЧПУ.
5. Провести наладку токарного станка с ЧПУ.
6. Изучить рекомендации по монтажу, установке и креплению агрегатных станков, автоматов, полуавтоматов, АЛ и ГПС.
7. Ознакомиться со способами установки и крепления различного оборудования, требующего частой перестановки.
8. Освоить порядок установки и крепления станков, массой 5-10 тонн, нормальной точности.
9. Разработать схему установки и крепления станка по заданию преподавателя.
10. Проверить правильность установки станка.

Порядок выполнения лабораторной работы № 1

1. Провести наладку устройства ЧПУ и токарного станка.
2. Проверить программу управления без инструмента, оснастки и заготовки.
3. Обработать макетную заготовку.
4. Обработать деталь.
5. Произвести контроль обработки.
6. Выполнить схемы видов фундаментов, установки и крепления оборудования.

Содержание отчета по лабораторной работе № 1

1. Схемы станков.
2. Методики наладки МС с ЧПУ и токарных станков с ЧПУ.
3. Описание приборов и их характеристики.
4. Методы оценки технического состояния станка.
5. Чертеж эталона для комплексных испытаний МС с ЧПУ и токарного станка с ЧПУ.

6. Порядок настройки и обработки детали.
7. Схемы монтажа легкого оборудования, требующего частой перестановки.
8. Порядок установки средних станков на ленточном фундаменте.
9. Особенности установки и крепления оборудования АЛ, АС и ГПС. массой до 10 тонн.
10. Виды фундаментов для крепления станков высокой точности, массой до 15 тонн, способы их крепления.
11. Способы установки и крепления различных ПР, подъемников, колонн, стоек, стеллажей и др.

Выводы.

Контрольные вопросы

1. Чем отличаются методики наладки МС с ЧПУ от методик наладки токарных станков с ЧПУ?
2. Особенности наладки токарных станков с ЧПУ.
3. По какой программе происходит обработка на токарных станках?
4. Как проверить функционирование станка с ЧПУ?
5. Какие методы используются для оценки технического состояния станка с ЧПУ при наладке?

Лабораторная работа № 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ АЛ И ГПС

Цель работы: изучить методику наладки АЛ и ГПС, как основу технологического обеспечения показателей надежности автоматизированного производства.

Оборудование и приборы:

- станки-автоматы, токарные станки с ЧПУ, фрезерно-сверлильно-расточные станки, агрегатные станки; стойка ЧПУ H22/M;
- режущий инструмент, демпфирующие опоры; мерительный инструмент, тахометр, секундомер, шумомер, виброметр;
- комплекты динамометрических ключей, щупов; термомпара, комплект деталей-представителей, лазерный комплекс уровня.

Последовательность и объем работ по монтажу оборудования АЛ и ГПС применительно к монтажу на заводе-потребителе, поскольку в этом случае необходимый объем выполняемых работ значительно превышает объем работ по монтажу оборудования, проводимый на заводе-изготовителе.

1. ПОДГОТОВКА ПОМЕЩЕНИЯ ПОД МОНТАЖ НА ЗАВОДЕ-ПОТРЕБИТЕЛЕ

До начала монтажа заказчику АЛ или ГПС необходимо закончить все строительные и санитарно-технические работы, в том числе:

- подготовить фундаменты для установки оборудования в соответствии с требованиями технической документации;

- нанести на колоннах цеха базовые отметки (плашки и реперы), а также номера колонн;
- изготовить в полу каналы с целью размещения конвейеров для сбора и удаления стружки;
- установить трансформаторные подстанции и распределительные щиты;
- подвести и испытать цеховые магистральные коммуникации электро-воздухоснабжения, подачи воды, газа, СОЖ от централизованных циркуляционных установок, необходимых для нормальной работы оборудования;
- смонтировать и пустить в работу подъёмно-транспортные средства соответствующей грузоподъёмности, необходимые для монтажа и эксплуатации оборудования.

Монтаж и наладку оборудования АЛ или ГПС целесообразно выполнять в последовательности, представленной на рис. 24 и в табл. 3.

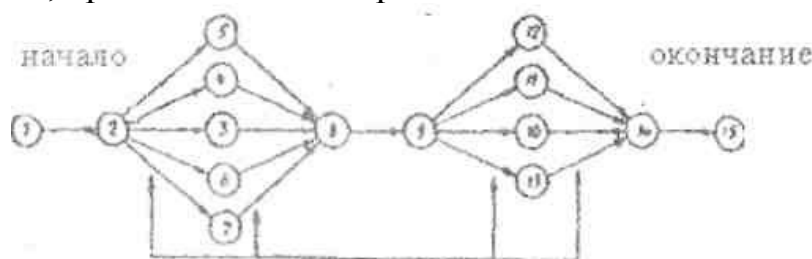


Рис. 24. Последовательность монтажа АЛ

Таблица 3

Примерная последовательность монтажа элементов АЛ или ГПС

Переходы	Наименование и содержание работ по каждому переходу
1...2	В заранее подготовленных каналах пола цеха смонтировать конвейеры для сбора и удаления стружки; с помощью временной подводки подключить приводы конвейеров в электросети; обкатать и испытать конвейеры в работе; устранить выявленные недостатки.
2...3	Доставить оборудование АЛ, ГПС и расставить его на заранее подготовленные фундаменты, в соответствии с требованиями установочного чертежа и с учетом привязки по заранее выполненным на колоннах цеха базовым отметкам, причем, в начале доставить и смонтировать основное металлообрабатывающее и другое технологическое оборудование, а затем – вспомогательное (ПР, контролирующие устройства, инструментальные магазины, стеллажи, транспортные устройства и др.); доставить и смонтировать вспомогательное оборудование, не требующее точной привязки к АЛ или ГПС, в том числе:
2...4	- гидрооборудование (насосные установки гидроприводов и централизованной подачи смазки, трубопроводы и др.);
2...5	- электрооборудование (генераторы постоянного тока, шкафы и пульты управления, коробка трубопроводов);
2...6	- трубопроводы централизованной подачи и отвода СОЖ, сжатого воздуха, воды, газа и др.;
2...7	- оборудование рабочих мест обслуживающего персонала (инструментальные шкафы, стеллажи, столы и др.).
3...8	- тщательно удалить с поверхности оборудования противокоррозионный смазочный материал, затем покрыть его тонким слоем жидкого масла, промыть все вращающиеся узлы в керосине.

4...8 5...8 6...8 7...8	- подготовленные к монтажу электро- гидро- и пневмосистемы, трубопроводы очистить от грязи и промыть; перед монтажом труб гидросистему прокачать маслом под давлением на специальной установке.
8...9	С помощью опорных элементов выверить оборудование по высоте (от чистого пола), а с помощью измерительных средств и уровней - выставить его по шагу и прямолинейности в горизонтальной и вертикальной плоскостях; доставить фундаментальные приварки планок, затянуть болты, при необходимости залить цементный раствор в промежуток между опорной поверхностью станин и фундаментом (установленные на фундамент опорные элементы должны быть обеспечены возможностью их регулирования в процессе эксплуатации оборудования).
9...10	- смазать все подвижные узлы и механизмы в соответствии с картами смазки оборудования.
9...11 9...12 9...13	- соединить трубопроводы гидро- и пневмосистемы подачи и отводов СОЖ, воды, газа между оборудованием; спрессовать их на давление, указанное в чертежах (утечка масла, СОЖ, воды и др. не допускается: наличие течи жидкости устанавливается визуально, а утечку воздуха, газа определяют, смачивая мыльной водой места соединений).
11...14	Проверить правильность монтажа трубопроводов гидросистемы в работе.
12...14	При монтаже трубопроводов СОЖ проверять обеспечение беспрепятственного поступления последней ко всему режущему и абразивному инструменту в заданных количествах и под требуемым давлением; убедиться в выполнении следующих требований: - трубы и краны не должны мешать доступу к обрабатываемой заготовке и инструменту; - все горизонтальные участки напорного трубопровода должны иметь уклон 1:500 в сторону бака, чтобы обеспечить сток жидкости;
	- в целях гарантированного заполнения напорной трубы, ее следует устанавливать под магистральной трубой подачи СОЖ; - для очистки труб в них необходимо предусмотреть отверстия, закрываемые пробками.
9...13	Выполнить верхний монтаж трубопроводов электропроводки, соединяющих шкафы управления с цеховыми магистральными коммуникациями и оборудованием; завести в трубопроводы, собранные в жгуты электропровода; соединить их с зажимами электроаппаратуры; проверить правильность соединения проводов прозвониванием; соединить основное оборудование с заземляющей шиной цеха.
10...13	Проверить станки на соответствие их установки нормам точности, указанным в паспортах; при необходимости устранить недостатки.
13...14	Проверить правильность направления вращения электродвигателей привода и безотказность срабатывания кнопок управления на пультах.
14...15	Обкатать оборудование на холостом ходу, устранить выявленные в нем недостатки и сдать для последующей наладки.

2. ПРОВЕРКА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АЛ И ГПС

Проверка 1.

Расположение станка и другого оборудования относительно колонны и чистого пола цеха в горизонтальной и вертикальной плоскостях (рис. 25).

Рулеткой проверить правильность расположения станка 5 от базовой отметки 3 на колонне 4 (размеры А и Б). Проверить правильность выставления высоты В от чистого пола 9, расположения станка относительно других станков вдоль АЛ. уровнями 6 проверить правильность выставления станка в горизонтальной и вертикальной плоскостях (допустимая точность установки оборудования указана в табл. 2).

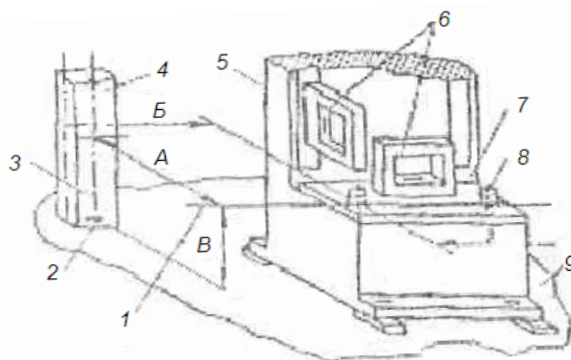


Рис. 25. Лазерный комплекс уровня: 1 – лазерный луч; 2, 3 – базовые отметки (плашка, репер); 4 – колонна; 5 – станок; 6 – уровни; 7 – базовая поверхность для установки заготовки; 8 – фиксатор; 9 – чистый пол

Проверка 2.

Взаимное расположение трех станков АЛ по высоте (контрольные линейки) показано на рисунке 26 (размер в продольном направлении).

На базовые планки 4 трех смежных станков положить контрольную линейку 2, а на нее – уровень 3 с ценой деления 0.01 мм (допустимое отклонение по таблице 4); при необходимости, регулировать оборудование по высоте винтами, опорными башмаками и др.; во избежание повреждения опорной поверхности обрабатываемой заготовки обеспечить необходимые перепады по высоте между верхними поверхностями базовой планки 4 и промежуточных планок 5 и 6, по которым перемещаются заготовки. Эти перепады, определяемые щупом, составляют 0,1 мм между планками 5 и 4 и 0,25 мм – между планками 4 и 6.

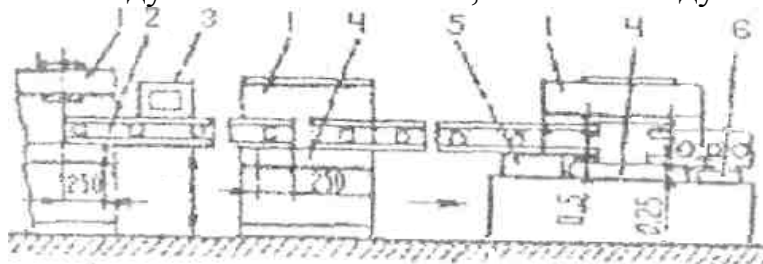


Рис. 26. Взаимное расположение станков АЛ: 1 – станки АЛ; 2 – контрольная линейка; 3 – уровень; 4 – базовая планка приспособления станка; 5, 6 – промежуточные планки (направляющие)

Таблица 4

Точность установки оборудования на фундамент (проверкой по уровню или специальному устройству, мм/м)

Оборудование	Допустимые отклонения (в продольном и поперечном направлении)
Станки агрегатные, токарные	0,04
Станки фрезерные, сверлильно-расточные, протяжные, горные (нормальной точности); шлифовальные с ЧПУ	0,02
Неметаллорежущее технологическое оборудование	0,04
Транспортно-загрузочные и бункерные устройства	0,06
Подвесные в напольные промышленные роботы (средняя погрешность позиционирования $\pm 0,7$ мм)	- 0,04 – в горизонтальной плоскости; - 0,06 – в вертикальной плоскости; - дополнительные отклонения по параллельности расположения траверсы относительно оборудования (при отсутствии указаний в паспорте ПР) – в пределах: $\pm 0,5$.

Проверка 3.

Для проверки параллельности положения штанги конвейера относительно гидроцилиндра привода необходимо выполнить следующие действия (рис. 27):

- отсоединить штангу 2 от каретки 4, установить стойку с индикатором 3 на каретке 4 и подвести измерительные наконечники индикатора 3 к поверхности штанги 2;
- переместить каретку из одного крайнего положения в другое и измерить отклонение от параллельности штанги относительно каретки;
- повторить измерения также при касании наконечником индикатора 3 боковой поверхности штанги 2. Допустимое отклонение составляет 0,07 мм на 100 мм длины хода каретки.

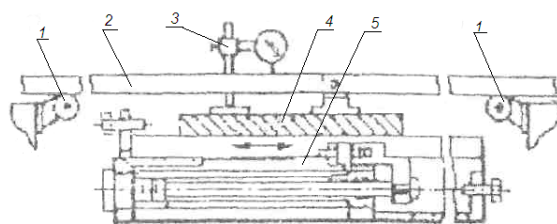


Рис. 27. Проверка параллельности штанги конвейера относительно гидроцилиндра привода:

- 1 – направляющий ролик станка; 2 – штанга; 3 – индуктор;
4 – каретка привода конвейера; 5 – гидравлический цилиндр привода

Проверка 4.

Прилегание опорной поверхности штанги конвейера к направляющим роликам проверяется выполнением следующих действий: штангу 2 переместить по направляющим роликам 1 назад и вперед, проверив при этом щупом зазор между штангой и роликами, который должен составлять не более 0,1 мм (см. рис. 27).

Проверка 5.

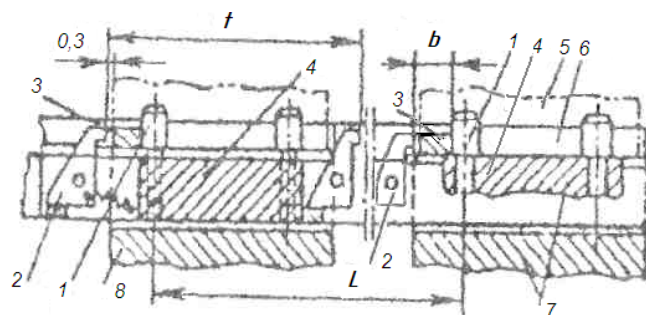


Рис. 28. Проверка отклонения расположения смежных станков:

- 1 – вставной штырь; 2 – собачка; 3 – мерная плитка;
4 – штанга; 5 – перемещаемая заготовка; 6 – направляющая планка;
7,8 – корпус приспособления станка

В АЛ или ГПС точность взаимного расположения станков проверяется по ленте конвейера и штанге (относительно рабочих поверхностей собачек 2, служащих для перемещения заготовки 5 по направляющим планкам 6) при отсоединенной от привода штанге 4 (рис. 28).

В технологические отверстия приспособлений 7 и 8 смежных станков необходимо вставить штыри 1. От штыря 1 с помощью мерной плитки 3 требуется проверить расстояния b до рабочей поверхности собачки 2 штанги 4, вручную подвинутой к мерной плитке 3. Если расстояние L между отверстиями

приспособлений 7 и 8 станков кратно шагу t конвейера, то используют плитки одинаковой длины, а если расстояние не кратно шагу конвейера, то используют плитки разной длины. При выставлении ленты конвейера необходимо обеспечить зазор 0,3 мм между рабочей поверхностью собачки 2 и заготовкой 5, необходимый для отрыва последней от собачки при входе фиксаторов в базовые отверстия заготовки.

Отсоединив от привода штангу 2 (рис. 29), вручную переместить последнюю до совмещения ее контрольных отверстий с технологическими отверстиями приспособления 1 первого станка, после чего в отверстия вставить штыри 3. Аналогично проверить установленное расстояние L между первым и вторым станками и т.д. При необходимости переместить станки в продольном или поперечном направлениях (допустимое отклонение расстояния t составляет $\pm 0,1$ мм).

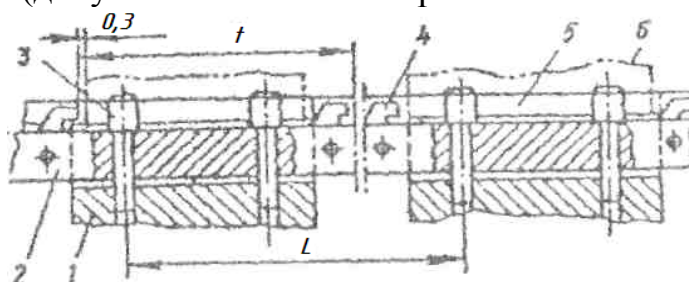


Рис. 29. Проверка отклонения расположения станков по штанге конвейера:

- 1 – корпус приспособления; 2 – штанга;
3 – вставной штырь; 4 – собачка;
5 – направляющая планка; 6 – перемещающаяся заготовка

Проверка 6.

Отклонение расстояния между верхней поверхностью направляющих планок и вершинами собачек от номинального проверяется по показаниям индикатора 2 (рис. 30).

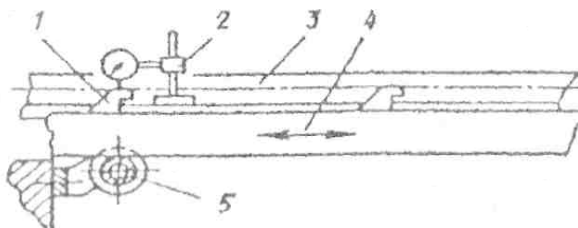


Рис. 30. Проверка отклонения от номинального расстояния:

- 1 – собачка; 2 – стойка с индикатором; 3 – направляющая планка;
4 – штанга; 5 – направляющий ролик

Проверка 7.

Параллельность и высота оборудования двух потоков АЛ (рис. 31).

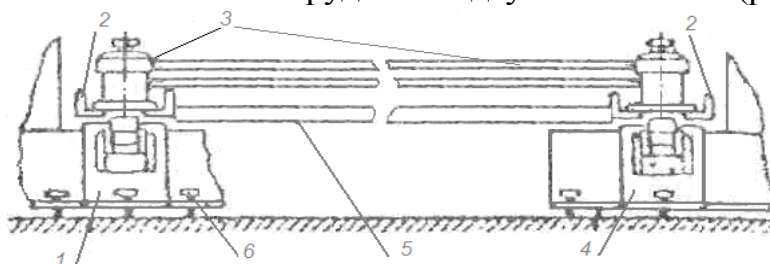


Рис. 31. Два потока станков АЛ:

- 1,4 – агрегатные станки; 2 – направляющие планки;
3 – гидростатический уровень; 5 – контрольная линейка;
6 – опорный винт станины станка

Контрольной линейкой 5 и щупом проверить расстояние между направляющими планками обоих потоков агрегатных станков (АС) в начале и конце каждого потока (допустимое отклонение составляет ± 5 мм на один метр длины). На базовые поверхности направляющих планок 2 (или приспособлений) АС обоих потоков установить гидростатический уровень 3 и определить отклонение установки оборудования по высоте (допустимое отклонение составляет 0,1 мм/м).

Проверка 8.

Правильность монтажа конвейеров для перемещения приспособления-спутника (ПС) в АЛ (рис. 32, 33, 34).

Контрольной линейкой 2 (рис. 32) проверить правильность верхнего и нижнего расположения столов 1 и 6 (в одной плоскости) с рабочими поверхностями направляющих планок 5 и 7 конвейеров 3 и 8 (допустимый перепад в местах перехода ПС 4 составляет 0,25 мм по ходу их движения).

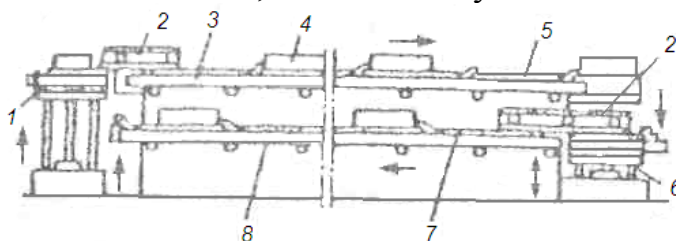


Рис. 32. Проверка расположения шаговых конвейеров в вертикальной плоскости:

- 1, 6 – столы подъемника и опускателя; 2 – контрольная линейка;
- 3, 8 – верхний и нижний конвейеры; 4 – ПС;
- 5, 7 – верхняя и нижняя направляющие планки

Выполнить проверку точности расположения роликотрибных конвейеров в вертикальной плоскости аналогично предыдущей – при установке линейки 3 на ролики конвейеров 5 и 7 (рис. 33). При сверхдопустимых отклонениях, уточнить выставления конвейеров.

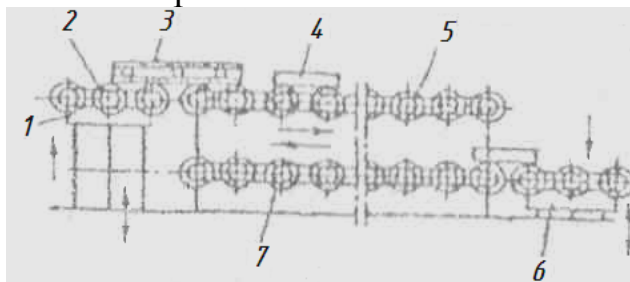


Рис. 33. Проверка роликотрибных конвейеров 5 и 7:

- 1, 6 – столы подъемника и опускателя;
- 2 – роликотрибной конвейер стола;
- 3 – контрольная линейка; 4 – ПС;
- 5, 7 – верхний и нижний конвейеры

Контрольной линейкой 2 (рис. 34), установленной на ролики всех поворотных столов 1 и 6, проверить правильность расположения наружных поверхностей роликов в одной плоскости (допустимое отклонение обычно составляет $\pm 0,2$ мм). При отклонениях сверхдопустимых, уточнить выставление оборудования.

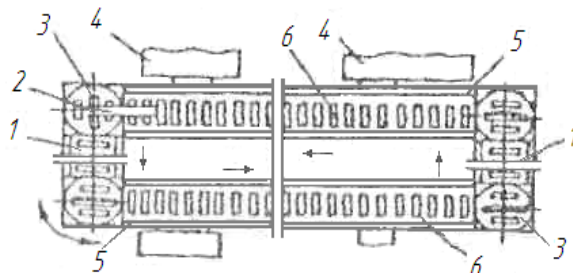


Рис. 34. Проверка роlikоприводных конвейеров, расположенных в горизонтальной плоскости:

1,6 – поперечные и продольные роlikоприводные конвейеры; 2 – контрольная линейка;
3 – поворотный стол с приводными роliками, 4 – ролик; 5 – станок

Проверка 9.

Правильность монтажа промышленных роботов (ПР).

С помощью уровня, приложенного к поверхности стоек 5 и 8 ПР (рис. 35, а), проверить правильность их расположения в вертикальной плоскости. По уровню проверить расположение в горизонтальной плоскости верхней поверхности портала (траверсы) 6 или хобота 10 ПР, представленных на рис. 35, а и б соответственно.

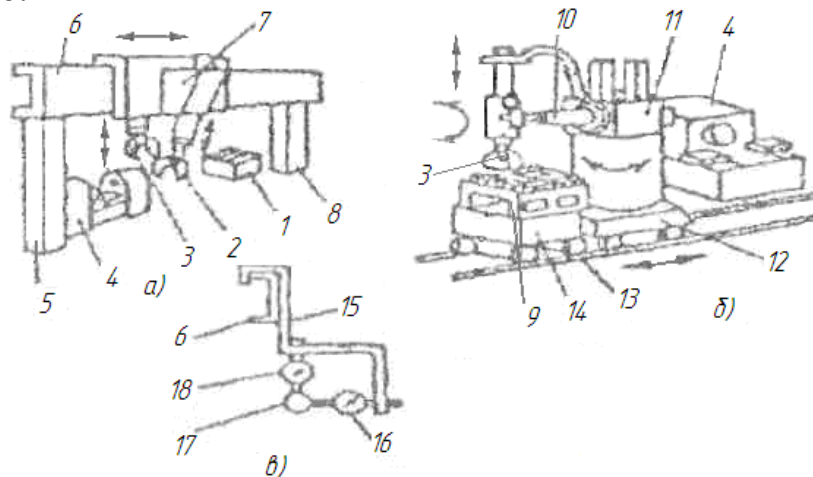


Рис. 35. Проверка правильности монтажа подвешенного (а) и напольного (б) ПР:

1 – накопитель; 2, 3 – механическая рука; 4 – станок; 5, 8 – стойки; 6 – траверса (портал);
7 – каретка; 9 – кассетный накопитель; 10 – хобот механической руки ПР; 11 – ПР;
12, 14 – тележка ПР; 13 – рельсы; 15 – устройство для проверки параллельности;
16, 18 – индикаторы; 17 – контрольная оправка

С помощью специального устройства 15, представленного на рис. 35, в), установленного на траверсе 6, по контрольной оправке 17, зажатой в патроне одного станка 4 (или нескольких станков, обслуживаемых ПР), и уложенной в роlikоприводной конвейер 1 (накопитель) с ПС, по индикатору 16 проверить параллельность расположения траверсы 6 относительно оборудования в горизонтальной плоскости, а по индикатору 18 – в вертикальной (допустимое отклонение выбирают из табл. 4). При необходимости, уточнить расположение станка 4 (станков) и накопителя 1 относительно траверсы 6.

Окончательно проверить правильность выставления ПР относительно обслуживаемого оборудования по эталонной детали, зажатой в захватном устройстве ПР, при ее установке в раскрытый патрон, либо в ПС.

В том случае, если заготовка не входит в патрон станка, либо в ячейку ПС, или рука ПР не захватывает заготовку из последнего, необходимо скорректировать положение оборудования относительно установленного ПР.

Задания к лабораторной работе № 2

1. Изучить методику монтажа и наладку АЛ, ГПС.
2. Освоить методику поверки станков, ПР, АЛ, ГПС.
3. Провести проверку правильности установки и монтажа агрегатных и других станков, ПР, конвейера, АЛ, ГПС.

Порядок выполнения лабораторной работы № 2

1. Начертить схему монтажа АЛ, ГПС.
2. Выполнить эскизы объектов проверки.
3. Провести проверки точности установки оборудования.
4. Определить правильность установки основного и вспомогательного технологического оборудования АЛ, ГПС.

Содержание отчёта по лабораторной работе № 2

1. Схема монтажа АЛ, ГПС.
2. Методика наладки и монтажа АЛ, ГПС.
3. Методы проверки расположения МС, конвейеров, ПР и других элементов АЛ, ГПС.

Выводы.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается монтаж оборудования АЛ от монтажа ГПС?
2. Какие проверки необходимы для запуска АЛ?
3. Какое технологическое оборудование применяют для АЛ и ГПС?
4. Какое вспомогательное оборудование необходимо для работы АЛ и ГПС?
5. В каких областях промышленности применяются АЛ и ГПС?

Лабораторная работа № 3

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ И ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Цель работы: изучить конструкцию ПР, применяемых на различных операциях в составе технологических систем. Исследовать показатели формирования точностных параметров ПР, Определить факторы повышения уровня надежности и диагностики роботизированного производства.

Оборудование и приборы: ПР, секундомер, мерительный инструмент, лазерный комплекс уровня.

Назначение, область применения и технические характеристики ПР.

Основное назначение ПР – для автоматизации механической обработки, холодной штамповки, процессов сборки и др.

Применяются роботы в электротехнической, электронной, машиностроительной промышленности.

Техническая характеристика ПР

Источники питания:

сеть переменного тока напряжением, В.....	220
частота переменного тока, Гц.....	50
пневмосистема с давлением, кг/см ²	4-6
Потребляемая мощность, не более, Вт.....	150
Грузоподъемность каждой руки, Н.....	не менее 2

Угол между осями установки рук, град. от 0 до 100
 Погрешность позиционирования
 при одновременном управлении
 по всем ординатам, м, не более $\pm 0,05$
 Величина линейного перемещения руки, мм, не менее 200
 величина регулировки, мм 5
 Величина перемещения колонны:
 (вертикального), мм, не менее 30
 величина регулировки, мм 20
 Величина поворота каждой руки:
 относительно вертикальной оси, град. от 0 до 120
 Величина ротации механизма зажима, град. ...от 0 до 180
 Номинальные скорости перемещения:
 линейного, каждой руки, м/с, не менее 0,7
 вертикального, колонны, м/с, не менее 0,2
 поворота руки относительно
 вертикальной оси, м/с, не менее 180
 ротации механизма зажима, м/с, не менее 360
 Количество каналов связи с внешним оборудованием 7
 Масса, не более:
 манипулятора автоматического, кг 37,5
 устройства управления, кг 22,0
 устройство подготовки воздуха, кг 5,0
 Габаритные размеры, не более, м, :
 манипулятора автоматического 765 x 585 x 268
 устройства управления 540 x 382 x 363
 устройства подготовки воздуха 420 x 310 x 155

1. УСТРОЙСТВО ПР

Общий вид ПР представлен на рис. 36. ПР мод. РФ-202М – модульной конструкции, состоит из автоматического манипулятора (МА), устройства подготовки воздуха (ПВ) и устройства управления (С) 5 с запоминающим устройством.

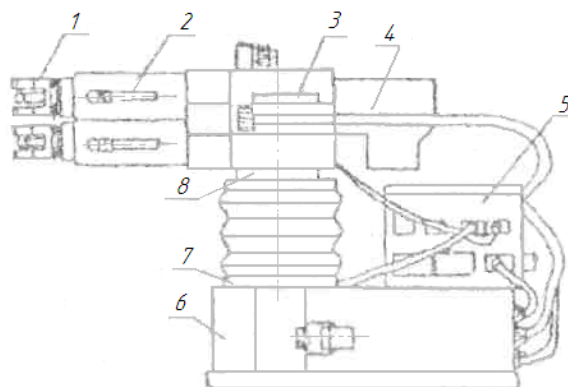


Рис. 36. Общий вид промышленного робота:

1 – модули зажима; 2 – модули ротации; 3 – блок электроуправления; 4 – кронштейны;
 5 – устройство управления; 6 – модуль поворота; 7 – модуль подъёма; 8 – стакан

Запоминающее устройство обеспечивает запись девяти программ и возможность перехода от одной программы к другой по сигналу внешнего оборудования или по выбору оператора. ПР обеспечивает программирование времени выдержки модуля зажима в данной точке от 0 до 9 с дискретностью 1 с. ПР перепрограммируется методом обучения пробных перемещений.

Возможна работа ПР в режиме наладки. При выключении ПР обеспечивается сохранность информации в запоминающем устройстве устройства управления 5.

Модули ПР имеют унифицированное фланцевое крепление с фиксацией штифтам.

Основанием манипулятора служит модуль поворота (МПВ) 6, в котором установлен модуль подъема (МП) 7 и блок электроуправляемых клапанов (БЭК) 3.

На МП монтируется стакан 8, на котором закреплены кронштейны 4 для двух модулей горизонтального перемещения (МГП). На обоих МГП имеются модули ротации (МР) 2 и модули зажима (МЗ), которые приводят в действие захваты 1. Каждый из модулей представляет собой пневматический узел. Подвод воздуха к модулям производится от пневмосети через блок электроуправляемых клапанов 3 по трубкам.

2. УСТРОЙСТВО И РАБОТА МОДУЛЕЙ ПОДВИЖНОСТИ ПР

Модуль поворота робота (МПВ) представлен на рис. 37 и 38. Основанием МПВ служит плита 2 (см. рис. 37), на которой неподвижно закреплен вал 35. На шейках вала установлены опоры качения поворотной колонны 15, к верхнему фланцу присоединяется модуль подъема.

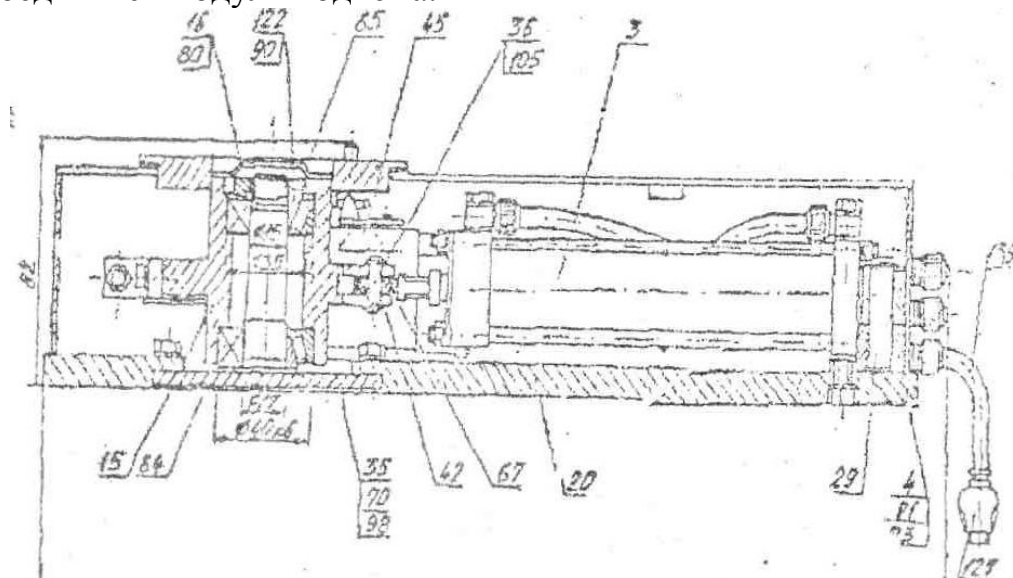


Рис. 37. Модуль поворота ПР

Колонна 15 имеет модуль с двумя проушинами, между которыми закрепляется сменный упор 40 с двумя ограничителями 50 (см. рис. 38). В проушинах 42 сектора колонны 15 вставлены оси 36, на которых устанавливаются шарикоподшипники 67. В правой части плиты 20 неподвижно закреплен кронштейн 14 с двумя осями 29, на которых подвижно с возможностью поворота в горизон-

тальной плоскости установлены два пневмоцилиндра 3. В отверстиях ушков штоков поршней цилиндров установлены шарикоподшипники 67, подвижно соединяющие штоки поршней с сектором колонны 15.

С двух сторон относительно колонны 15 на плите 20 установлены корпуса 13 с закрепленными в них демпферами 1, закрытыми крышками 81. На этих корпусах 13 закреплены накладки 44 со стойками 121 с припаянными контактами 132 для электромагнитного управления клапанами. С корпусами 13 подвижно соединены колодки 25, перемещающиеся по цилиндрическим направляющим.

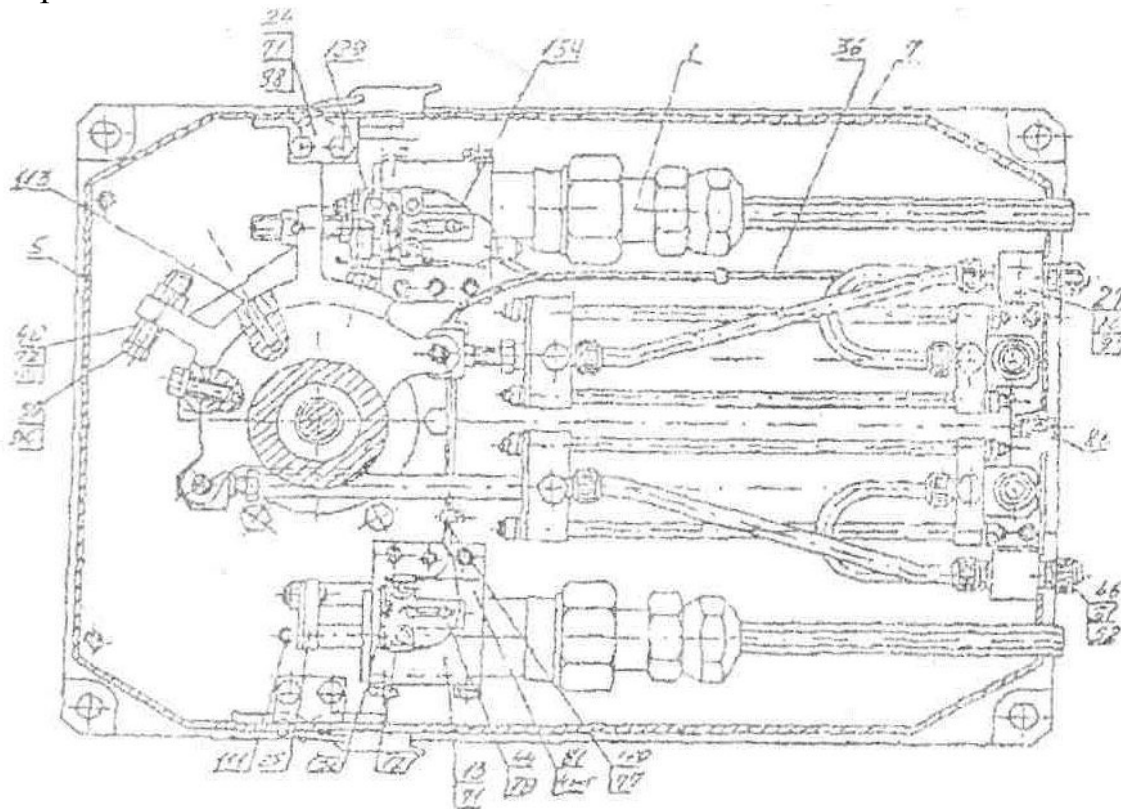


Рис. 38. Модуль поворота ПР

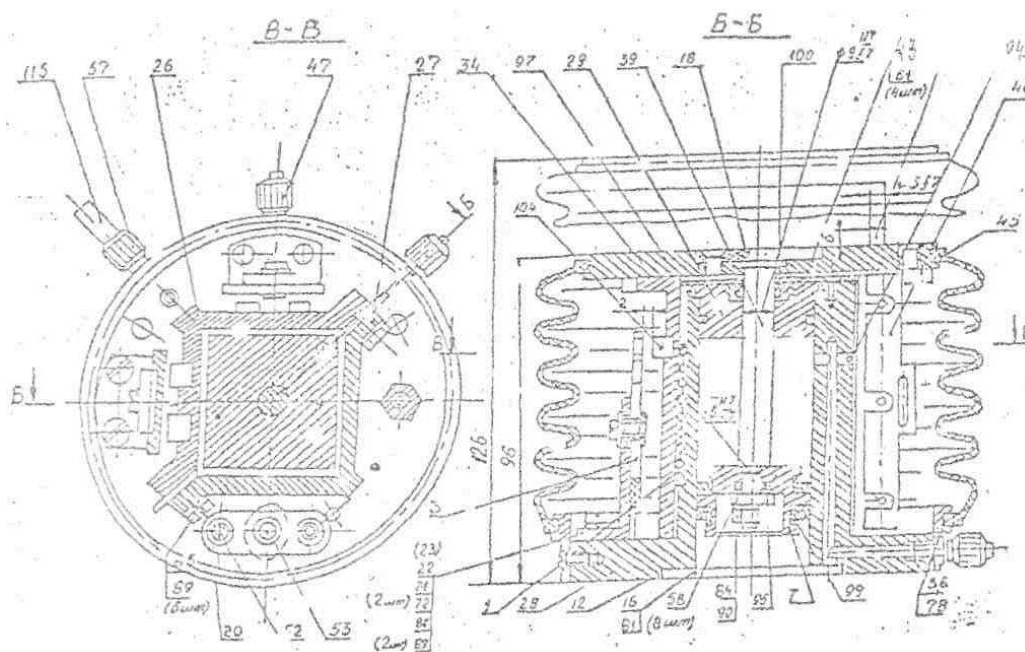


Рис. 39. Модуль подъема

Ход колодок 25 ограничивается штифтами 111, закрепленными в плите 20. В верхней части колодок 25 вклеены магниты 129, а в нижней части расположена площадка для контакта с ограничителем хода 50. С двух сторон кронштейна 14 на плите 20 закреплены корпуса 27 со штуцерами 46, гайками 31 и уплотнительными прокладками 52. В нижней части корпуса 27 ввернут штуцер с трубкой 138, в которой размещены провода от контактов 132. Концы проводов подпаяны к разъему 127. Остальные штуцеры служат для соединения трубок подачи сжатого воздуха, соединяющих МПВ с блоком электроуправляемых клапанов. Все устройства МПВ защищены кожухами 5 и 7.

Модуль подъема (МП) представляет собой пневмоцилиндр двухстороннего действия (рисунок 39). Наружная поверхность цилиндра 28 представляет собой направляющую квадратного сечения, образованную двумя угловыми направляющими 26 и 27.

Цилиндр 24 имеет нижний фланец для соединения с фланцем МПВ, Внутри цилиндра расположен поршень 7 с уплотняющими манжетами 99. Шток 39 поршня проходит через направляющую втулку 29 с уплотняющими манжетами. Шток 39 жестко соединен с верхним фланцем 34 с помощью крышки 18 и винтов 81. Фланец 34 закреплен болтами на направляющей 26, к которой, в свою очередь, винтами 89 присоединена направляющая 27.

Регулировка зазора между направляющими осуществляется прокладками 41. В зазоре между направляющими расположены сепараторы с телами качения 1. Отверстие цилиндра 28 снизу закрыто крышкой 16 с уплотнением 12 и болтами 81.

С боковой стороны МП расположено устройство регулирования величины хода модуля, состоящее из втулки со шпильками регулировки хода и колодки 20. Шпилька 53 закреплена в верхнем фланце, а шпилька 52 – в нижнем.

С двух других сторон МП на кронштейнах 22 закреплены платы 3 с датчиками положения типа КЭМ-2А, которые при подходе к магнитам 104 подтверждают подход движущегося к точке позиционирования.

В нижний фланец МП ввернуты три штуцера 47 для подсоединения трубок подвода воздуха и трубки с приводами.

К левому штуцеру присоединена изоляционная трубка 115 с проводами, подпаянными к разъему. К среднему и правому штуцерам подводится сжатый воздух, который по каналам в корпусе поступает в верхнюю или нижнюю полость цилиндра.

Модуль горизонтального перемещения (МГП) состоит из двух узлов: пневмоцилиндра 3 с валом 5 и модуля ротации I (рисунок 40). Пневмоцилиндр 3 двухстороннего действия. В гильзе цилиндра 3 перемещается полый шток-поршень 2 с двумя уплотняющими манжетами 70. Внутри полого штока-поршня 2 проходит вал 5, на левом конце которого запрессована пята 17 вала модуля ротации. С торца цилиндра 3 вставлена втулка 16, которая является опорой вала 5. Втулка 16 имеет установочный фланец для крепления корпуса модуля ротации. С другой стороны цилиндра расположена резьбовая втулка 14, которая является направляющей и ограничителем хода штока-поршня 2. На конце штока-поршня расположен фланец 21, а в отверстие штока вставлена втулка присоеди-

нительного фланца 20 для модуля зажима. Фланец 20 фиксируется от поворота относительно штока шпонкой 60.

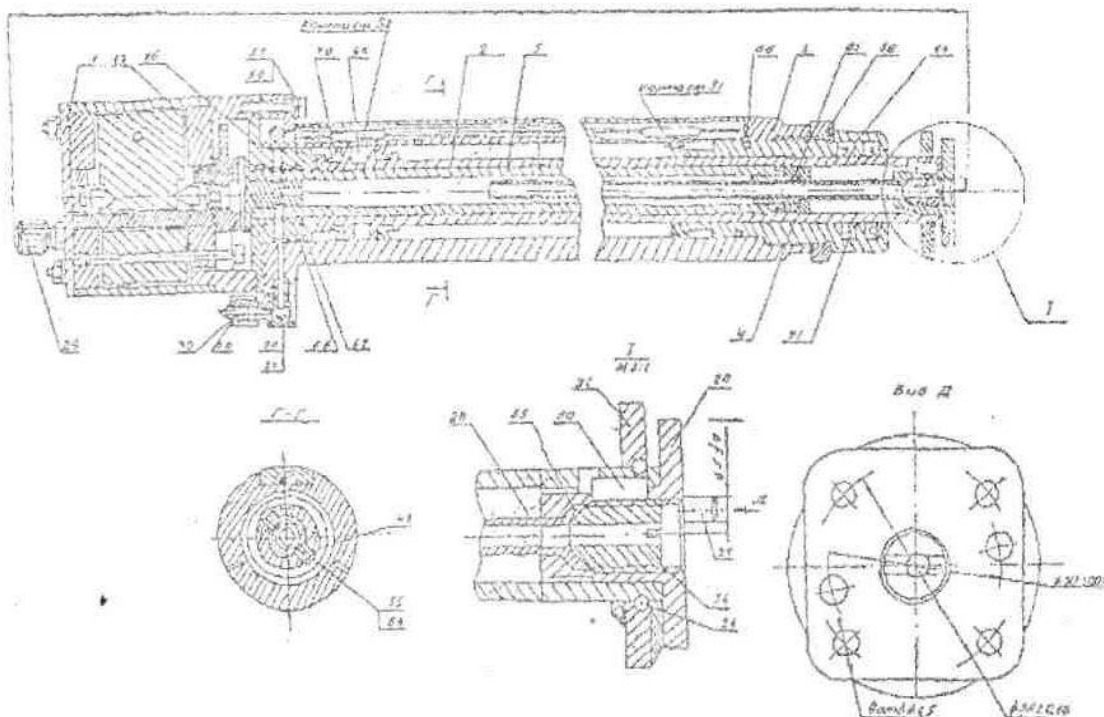


Рис. 40 Модуль горизонтального перемещения

Шток-поршень 2 и вал 5 соединены между собой подвижно в осевом направлении, что обеспечивается шпонкой 42.

На цилиндре имеются три штуцера 30 для подвода воздуха и штуцер 29 для вывода проводов от датчика положения. На цилиндре 3 закреплена плата с электромагнитными контактами 5 и 52. на поршне закреплены магниты 68.

Модуль ротации (МР) представляет собой поворотный пневмодвигатель двухстороннего действия 2 (рисунок 41). Цилиндр 5 закрыт фланцами 7 и 8, стянутыми шпильками. Внутри цилиндра закреплен винтами 29 сектор 1 с уплотнителями 18. Сектор 1 соединен с фланцами 7 и 8 штифтом 34. В центральных отверстиях фланцев установлен вал, правый конец которого соединен с пятой вала МГП и имеет сектор 13. В пазу вала 12 установлена колодка 3, положение которой регулируется винтами 20.

Сектор 1 и колодка 3 делят внутреннюю полость цилиндра на две части, в которые подается воздух через штуцеры 16 ввернутые во фланец 8.

На правом конце вала 12 имеется сектор 13, а в нижней части фланца 7 закреплен упор 14. Крепление модуля ротации с МГП осуществляется болтами 57.

Модуль зажима (МЗ) состоит из приводной части и захвата (рисунок 42). Привод МЗ представляет собой пневмоцилиндр одностороннего действия с механическим возвратом поршня. Корпус 1 имеет фланец для крепления рычагов зажима и ступенчатое отверстие, в котором расположен шток-поршень 12 с уплотнительной манжетой 31. На шток одета пружина 15, которая одним концом упирается в корпус 1, а другим - в шайбу 11. В проушине корпуса 1 на осях 8 установлены рычаги 10. На правых концах рычагов 10 на осях 29 установлены ролики 3; на левых концах рычагов имеются площадки для установления зажимов захвата 5 и 6. На выступающие концы винтов 22 надевается

пружина 14. Конический конец штока-поршня 12 упирается в ролики рычагов и воздух к МЗ подводится через трубку 28 и втулку 34 МП.

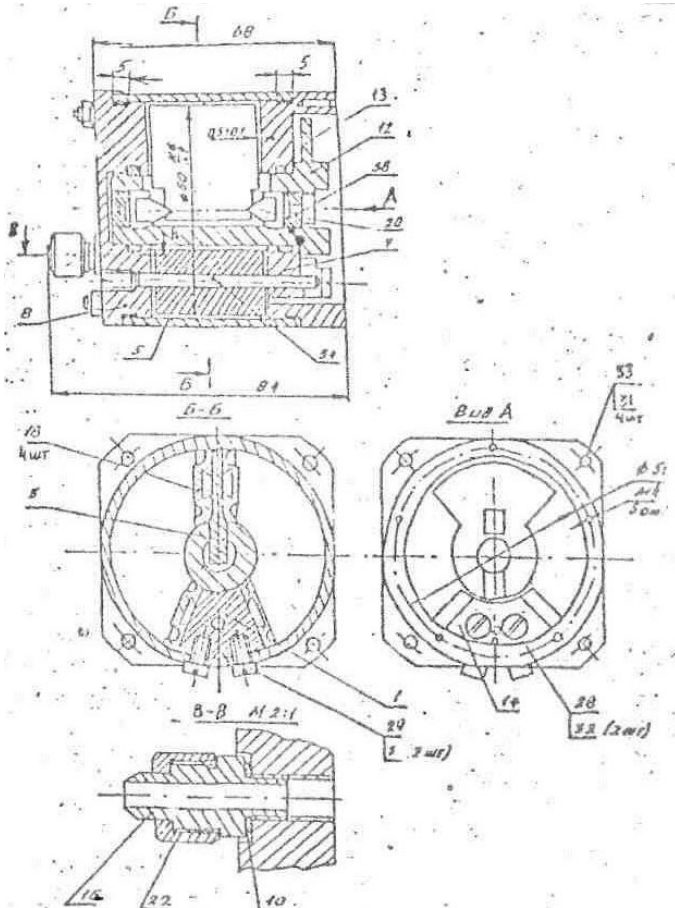


Рис. 41. Модуль ротации

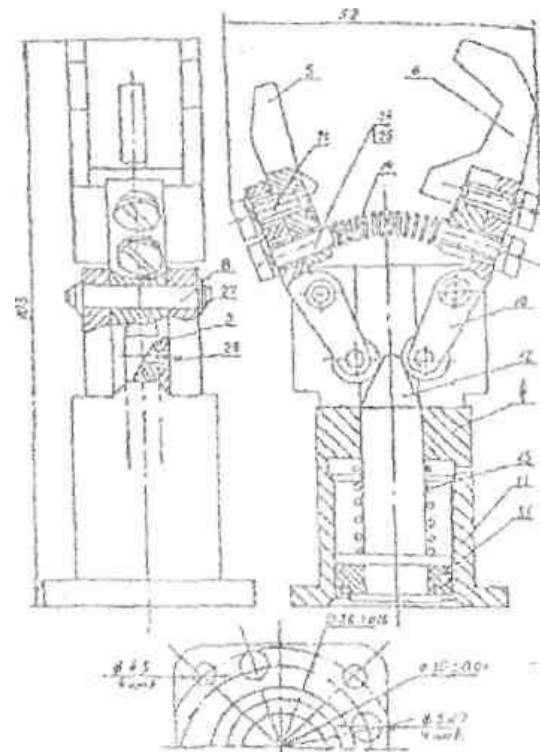


Рис. 42. Модуль зажима

3. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ (СУ) ПРОМЫШЛЕННЫМ РОБОТОМ (ПР)

Система управления СУ СУ-202М имеет два режима МА: режим обучения и автоматический режим.

В режиме обучения СУ обеспечивает:

- управление и программирование подвижных звеньев МЛ;
- выдачу и программирование команд на оборудование (максимальное количество одновременно выдаваемых команд – 7, минимальное – 1);
- программирование времени выдержки МЗ в точке в диапазоне от 0 до 9 с дискретностью 1 с, или от 0 до 4,5 с дискретностью 0,5 с;
- обучение и запись до девяти программ.

В режиме автоматической работы СУ обеспечивает:

- отработку одного шага программы, записанной в режиме обучения, и переход к следующему шагу при условии наличия сигнала конца обработки по координатам, командам, выдержкам захватов в точке.
- циклическое воспроизведение любой из девяти записанных трех программ по желанию оператора или командам с оборудования.
- возможность дистанционного управления и выдачу контрольной информации о состоянии МА.

СУ обеспечивает возможность визуального контроля информации, записываемой в трех программах, и извлекаемой из трех автоматических режимов.

Для этого на лицевой панели имеется световая сигнализация.

По команде оператора с панели управления СУ обеспечивается автоматический поиск программ при переходе из режима обучения в автоматический режим. При этом она автоматически находит третью программу, запрошенную оборудованием, или при включении автоматического режима оператор задает номер программы с панели управления. Лицевая панель СУ-202М (рис. 43) имеет следующие кнопки и символы.

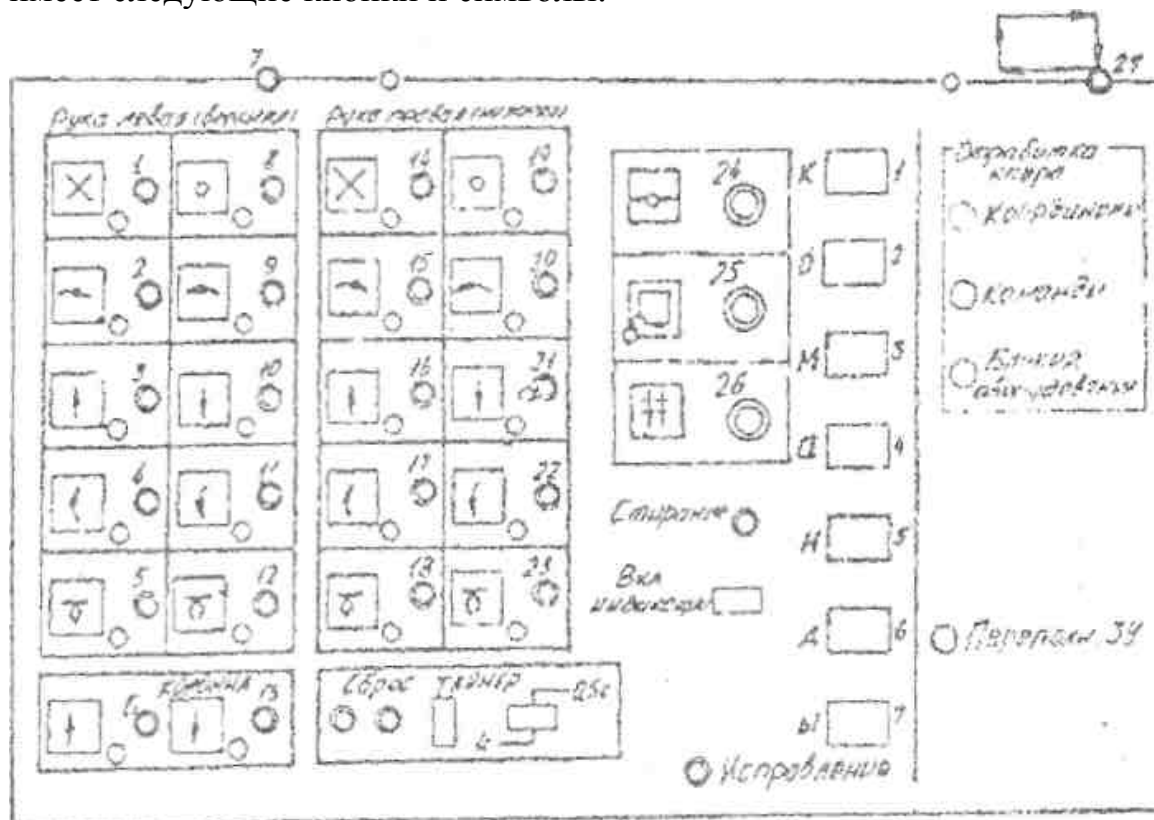


Рис. 43. Лицевая панель СУ ПР

Рука левая: 1 – рука 1 вперед; 2 – поворот 1 вправо; 3 – модуль линейной досылки 1 вверх; 4 – ротация 1 вправо; 5 – захват 1 сжат; 6 – колонна вверх; 9 – режим обучения; 8 – рука 1 назад; 9 – поворот 1 влево; 10 – модуль линейной досылки 1 вниз; 11 – ротация влево; 12 – захват 1 разжат; 13 – колона вниз.


Рука правая: 14 – рука 2 вперед; 15 – поворот 2 вправо; 16 – модуль линейной досылки 2 вверх; 17 – ротация 2 вправо; 18 – захват 2 сжат; 19 – рука 2 назад; 20 – поворот 2 влево; 21 – модуль линейной досылки 2 вниз; 22 – ротация влево; 23 – захват 2 разжат.

Кнопки управления в режиме обучения: 24 – начало программы; 25 – конец программы; 26 – запись.


Кнопки управления в автоматическом режиме: 27- автоматический режим.

4. РАБОТА СУ ПР



4.1. Порядок работы в режиме обучения

Включить СУ, нажав кнопку ВКЛ на блоке электропитания. При нажатой кнопке СТИРАНИЕ, нажмите и отпустите кнопку ЗАПИСЬ .


Установите программный переключатель **НОМЕР ПРОГРАММЫ** в положение "1".

Нажмите кнопку обучения . При этом должна загореться лампочка и цифра "1" на индикаторе Номер программы.

Введите МЗ МА в исходную точку программы, нажимая для этого необходимые кнопки из набора 1, ..., 23, обозначающих координаты МА.

Запишите координаты  исходной точки, для этого нажать и отпустить кнопку при нажатой кнопке .

Запишите, в случае необходимости, время выдержки МЗ в точке, нажав необходимое число раз (от 0 до 9) кнопку **ТАЙМЕР**, что соответствует записи выдержки МЗ: от 1 до 9 с или от 0,5 до 4,5 с при соответствующем масштабе таймера.

Запишите второй шаг программы, нажимая для этого кнопки из набора 1, ..., 23, и выводя МЗ во вторую точку программы, затем нажмите кнопку **ЗАПИСЬ** .

Таким образом записать все шаги программы, кроме последнего шага.

Запишите последний шаг программы (он должен соответствовать начальной точке программы), выводя МЗ с помощью кнопок 1, ..., 23 в исходную точку при нажатой кнопке.


КОНЕЦ ПРОГРАММЫ .

Нажмите и отпустите кнопку .

Для записи нескольких программ, меняя положение переключателя **НОМЕР ПРОГРАММЫ**, повторить все действия.

Для исправления шага или шагов записываемой программы, нажмите кнопку **ИСПРАВЛЕНИЕ** (эту кнопку необходимо нажать соответственно шагам числу раз). При этом счетчик адреса возвратится назад на число шагов, соответствующее нажатию кнопки **ИСПРАВЛЕНИЕ**. Затем продолжить запись программы.

4.2. Порядок работы СУ в автоматическом режиме

Нажмите кнопку . После этого должна загореться лампочка, а на индикаторе Номер программы должна появиться цифра, соответствующая номеру, установленному на программном переключателе.

Нажмите кнопку **ПУСК**. СУ начнет автоматически воспроизводить записанную в ЗУ под соответствующим номером программу.

Для прерывания отработки программы необходимо нажать кнопку **СТОП**.

5. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПР

Для выбора ПР и сравнения его характеристик в течение эксплуатации, необходимо выполнить следующие измерения:

а) геометрические характеристики: параметры рабочего пространства, статические параметры, позиционная точность, (точность повторного позиционирования и реверсивная точности), точность отслеживания траектории, перерегулирование, воспроизведение элементарных перемещений, точность синхронного перемещения, стабильность работы;

б) кинематические характеристики: длительность цикла управления, скорость, ускорение;

в) энергетические и шумовые характеристики;

г) температурные характеристики;

д) динамические характеристики: усилия захватывания и перемещения, программирования, упругости (частота, затухание, амплитуда, фаза), движущейся системы; данные для моделирования и оптимизации.

На рисунке 44 изображен тестовый стенд, состоящий из платформы и измерительной установки с тремя степенями подвижности, а также датчиков для измерения значений геометрических, силовых и температурных величин. С помощью такого стенда можно быстро получить интересную информацию, что обеспечивается соответствующими средствами обработки информации и программным обеспечением. Для измерений непосредственно в цехе могут быть использованы многоканальные магнитофоны с последующей обработкой информации на тестовом стенде.

Для определения геометрических размеров используются контактные и неконтактные измерительные головки; для статических измерений или для распознавания деталей в процессе роботизированной сборки применяются контактные датчики, оснащённые шупами с шариком. Из неконтактных датчиков наибольшее распространение получили ультразвуковые, лазерные и оптические; они формируют данные, удобные для обработки, обладают достаточно высокой разрешающей способностью и линейностью, широким рабочим диапазоном, и, кроме того, достаточно дешевы.

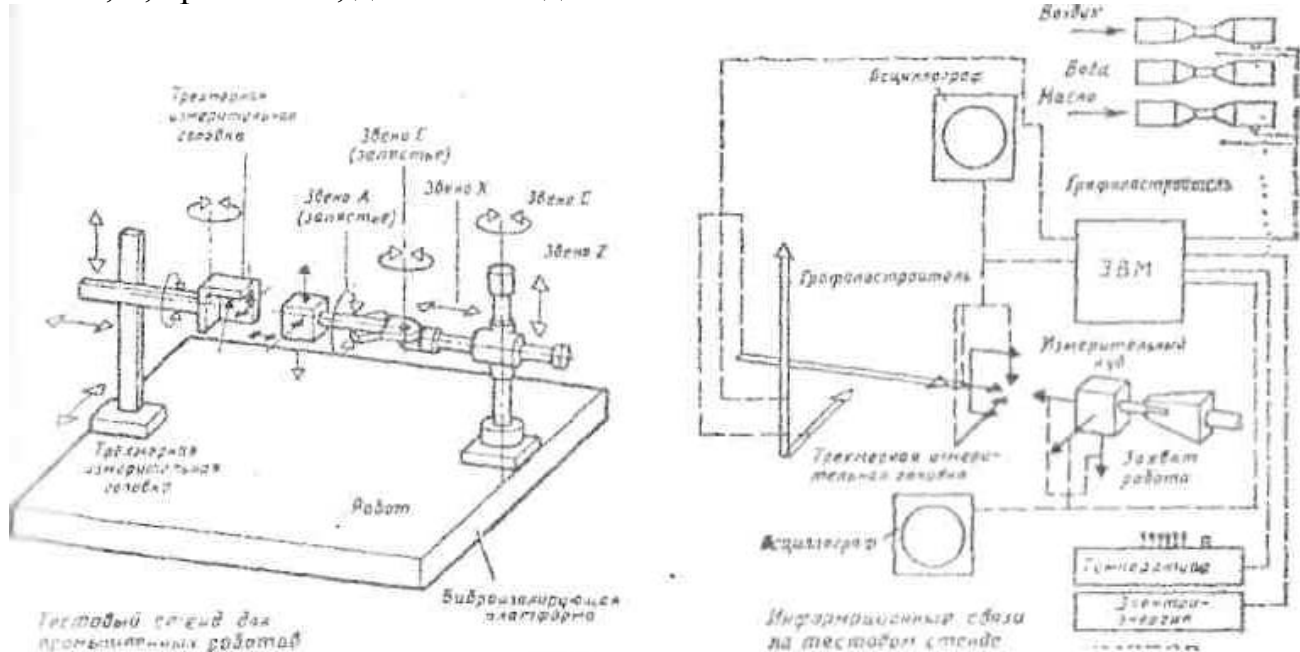


Рис. 44. Тестовый стенд для промышленных роботов

При выборе измерительной системы следует учитывать точность повторного позиционирования современных промышленных роботов. С помощью двух- и трёхмерных измерительных головок удалось получить удовлетворительные результаты измерений расстояния до зафиксированного объекта.

Датчиками для измерения негеометрических величин являются термоэлементы, фотодиоды, фотоэлементы и акселерометры (пьезокерамические, пьезорезистивные и индукционные).

6. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПР

Рабочее пространство. Рабочее пространство представляет собой геометрическое место положений центра присоединительного фланца манипулятора при всех возможных перемещениях осей подвижности.

Точность позиционирования. Под точностью позиционирования понимается точность повторного приведения рабочего органа в целевое положение при работе без нагрузки и при нормальной температуре.

Точность повторного позиционирования. Под точностью повторного позиционирования понимается среднее отклонение положения и ориентации повторного (трехкратная стандартная погрешность отклонений $3S_y$) (рис. 45).

Реверсивная погрешность: отклонение положения и ориентации и переход в конечное положение несколько раз по различным траекториям (числовое значение плюс или минус стандартное отклонение) (см. рис. 45).

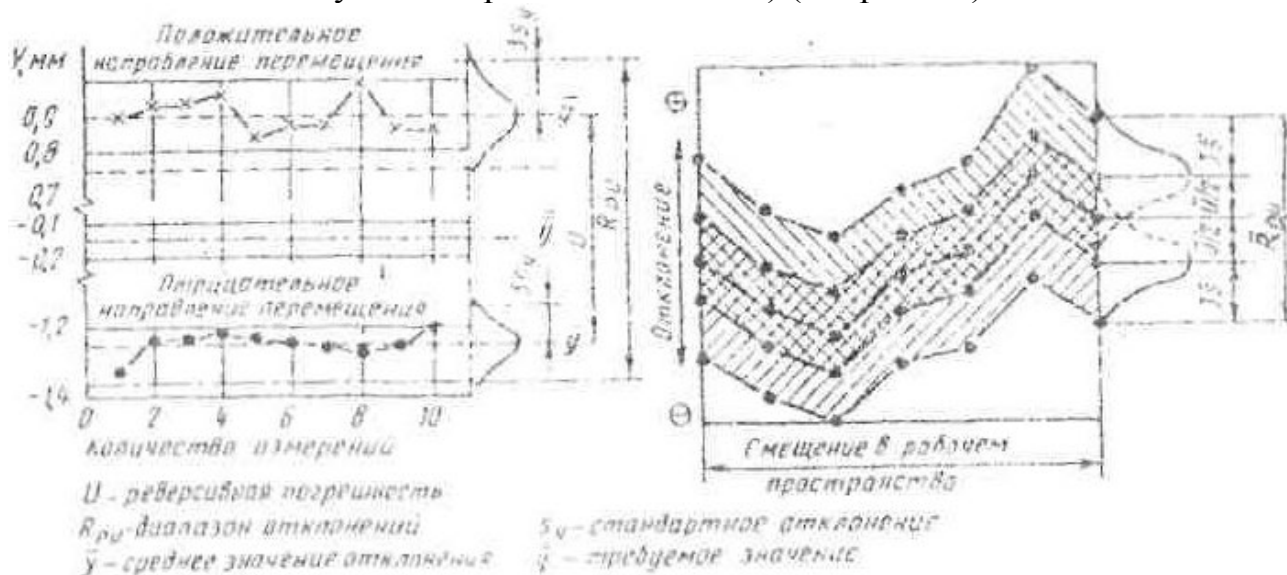


Рис. 45. Результаты измерений точности позиционирования ПР

6.1. Метод измерения геометрических характеристик ПР

Метод измерения включает в себя следующие этапы:

1. Задание с помощью трехмерной измерительной установки и трехмерного неконтактного датчика точки в рабочей зоне с координатами.

2. Калибровка системы с помощью измерительного куба (см. рис. 44), присоединенного к концу манипулятора. Уже это начальное положение обрабатывается с некоторой погрешностью.

3. Задание тестового цикла с одинаковыми (для определения точности повторного позиционирования) и с разными (для определения реверсивной по-

грешности) траекториями и с возвратом в начальное положение.

4. Измерение отклонений по осям X, Y, Z (и, если возможно, отклонений ориентации) при повторении цикла для одной точки не менее 10 раз.

Точность повторного позиционирования и реверсивная погрешность измеряются для роботов с цикловым и контурным управлением при выполнении заданий позиционирования. Обе погрешности зависят от того, в какой части рабочего пространства выполняются задания. Пользователю необходимо знать величину обеих погрешностей, поскольку они влияют на точность как программирования в режиме обучения, так и воспроизведения программы.

Точность отслеживания траектории для робота с позиционным управлением определяется уровнем точности прохождения центра присоединительного органа незагруженного манипулятора по запрограммированной кривой. Обычно используются следующие методы измерений:

1. Фотометрия. Перемещение снимается двумя или более фотокамерами. Это точный универсальный метод, но обработка результатов очень сложна.

2. Внешние измерения с помощью лазера. Этот универсальный метод пока еще не дает удовлетворительной точности.

3. Измерения с помощью масштабной линейки и индукционной измерительной системы. Применение ограничено прямолинейным перемещением.

На последнем методе остановимся более подробно, потому, что он широко распространен (недорогой, очень точный, данные представляются в удобной для последующей обработки форме, кроме того, большинство заданий, выполняемых роботами с контурным управлением, состоят из прямолинейных перемещений).

В рабочем пространстве устанавливается стальная линейка, начальная и конечная точки прямолинейного отрезка траектории задаются на определенном расстоянии между измерительной головкой (установленной на манипуляторе) и линейкой. Для определения точности прохождения траектории робот в автоматическом режиме проводит манипулятор между двумя этими точками. При этом можно измерить положение и ориентацию присоединительного фланца манипулятора относительно линейки, измерения повторяются в зонах рабочего пространства при различных нагрузках и скоростях.

На рис. 46 приведены типовые результаты определения погрешностей отслеживания траектории роботом.

1. Точность отслеживания траектории (средняя дисперсионная погрешность) обусловлена случайными отклонениями от прямой линии (усредненное отклонение равно 0). Дисперсионная погрешность определяется разностью между наибольшим и наименьшим отклонениями фактической траектории от прямой линии.

2. Погрешность запаздывания (среднее отклонение от траектории) обусловлена параметрами цепи «управление – привод», осуществляющего движение оси робота по траектории. На графике расстояние между аппроксимированной и реальной траекторией.

3. Перерегулирование при разгоне и торможении робота.

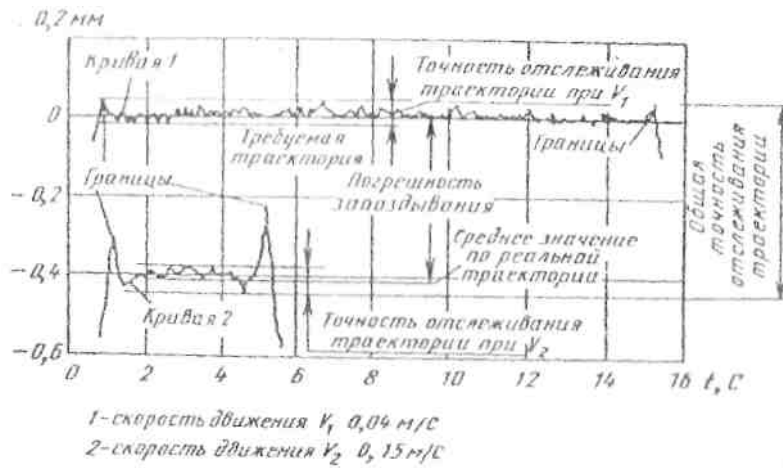


Рис. 46. Типовые результаты при определении погрешностей отслеживания траектории роботом

Все погрешности зависят от скорости, нагрузки и количества осей, обеспечивающих перемещение по траекториям в рабочем пространстве.

Точность синхронных перемещений в некоторых случаях при выполнении роботизированных операций требуется синхронизация действий робота с движением транспортера (например, при аэрозольной окраске или сборке). При этом большое значение имеет точность синхронизации перемещений.

На рис. 47 изображена измерительная установка и приведены результаты измерений.

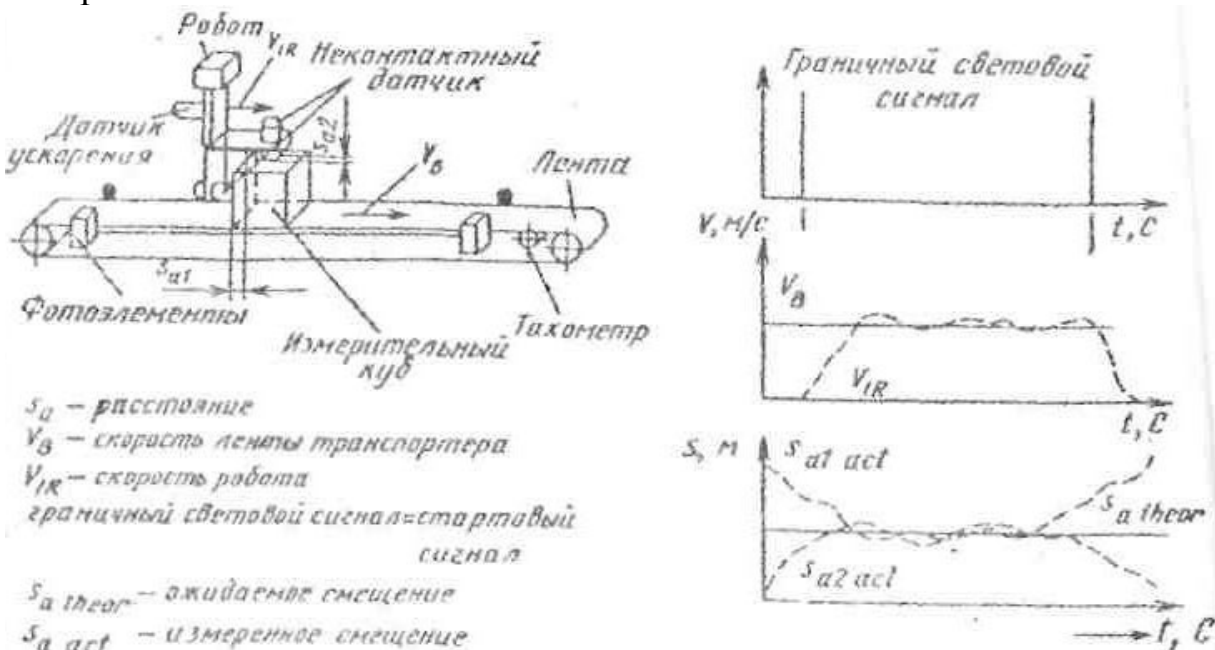


Рис. 47 Измерения точности синхронизации на транспортере (метод измерений и типовые результаты)

Для проведения измерений, на ленте перемещающегося с постоянной скоростью транспортера устанавливается измерительный куб. Робот должен сопровождать куб. Неконтактная измерительная головка устанавливается на манипуляторе робота. Производится измерение расстояния S_a .

Продолжительность стабилизации режима. Измерение продолжительности стабилизации режима заключается в определении продолжительности установления тепловых параметров. Эти характеристики особенно важны для гидравлических устройств. Измерения, состоящие из стандартных измеритель-

ных циклов, продолжаются не менее 4 ч. При измерениях должна соблюдаться стабильность следующих параметров: последовательности перемещений и их амплитуды, нагрузки, скорости и условия измерения.

Поиск участков температурной нестабильности производится в различных точках.

Кинематические параметры: скорость и ускорение, длительность заданного цикла измеряются в различных участках рабочего пространства.

По величине максимального ускорения определяется захватывающее усилие; при вращении звеньев тангенциальные ускорения принимают большие значения. Измерения производятся трехмерными измерительными приборами, снабженными индуктивными и пьезорезистивными акселерометрами. Кинематические параметры тесно связаны с динамическими параметрами.

Задания к лабораторной работе № 3

1. изучить конструкцию и систему управления ПР РФ-202М.
2. ознакомиться с системой управления модулями ПР.
3. Изучить методику измерения эксплуатационных характеристик.
4. Выполнить на ПР заданные операции.

Порядок выполнения лабораторной работы № 3

1. Настроить ПР РФ-202М на заданную работу.
2. Определить геометрические характеристики рабочего пространства и зарисовать в системе координат.
3. Выполнить заданные работы.
4. Определить точность позиционирования ПР, и обработать результаты измерений.
5. Определить эксплуатационные характеристики ПР.

Содержание отчёта по лабораторной работе № 3

1. Методика управления ПР.
2. Порядок работы в режиме обучения и автоматическом.
3. Методика определения эксплуатационных характеристик ПР.
4. Получение экспериментальных данных.
5. Обработка экспериментальных данных.

Выводы.

Контрольные вопросы

1. От работы каких модулей зависит точность позиционирования ПР РФ-202М?
2. Какие движения выполняет левая (верхняя) и правая (нижняя) рука ПР?
3. По каким программам работает ПР?
4. Какие приводы применяются для управления ПР?
5. Какие параметры ПР влияют на эксплуатационные характеристики?
6. Какие измерения проводят на тестовом стенде?
7. Что такое рабочее пространство и на какие параметры ПР его погрешности влияют?
8. От чего зависит точность синхронизации перемещений?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Терган, В.С. и др. Основы автоматизации производства / В.С. Терган, И. Б.Андреев, Б. С. Либерман. – М.: Машиностроение, 1982. – 269 с.
2. Робототехника и гибкое автоматизированное производство. В 9-ти книгах / под. ред. И.М. Макарова. – М.: Высшая школа, 1986.
3. Маталин, А. А. Технология машиностроения. – Л.: Машиностроение, 1985. – 485 с.
4. Дерябин, А. Л, Эстерзан И. А. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ и в ГПС / А. Л. Дерябин, И. А. Эстерзан. – М.: Машиностроение, 1989. – 228 с.
5. Проектирование технологии / под. ред. Ю.М Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.
6. Гибкое автоматическое производство / под. ред. С. А. Майорова. 2-е изд. – Л.: Машиностроение 1985. – 454 с.
7. Справочник технолога-приборостроителя / под. ред. В. П Сыроватченко. – 2-е изд. – М: Машиностроение, 1980.
8. Справочник технолога-машиностроителя / под. ред. А. Т. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.
9. Остряковский, В.А. Теория надежности: учеб. для вузов / В.А. Остряковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с: ил.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1. Технологическое обеспечение показателей надежности станочного оборудования.....	3
Лабораторная работа № 2. Технологическое обеспечение показателей надежности оборудования АЛ И ГПС.....	18
Лабораторная работа № 3. Применение промышленных роботов для повышения уровня надежности и диагностики технологических систем.....	26

**НАДЕЖНОСТЬ И ДИАГНОСТИКА
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ
для студентов направления 15.03.05
«Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
(профиль «Металлообрабатывающие станки и комплексы»
всех форм обучения)

Составитель
Жачкин Сергей Юрьевич

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 26.05.2022.
Уч.-изд. л. 2,2.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84