

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

Ю. В. Косычев, В. В. Емельянов

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ УСТРОЙСТВА
В АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

Утверждено
редакционно-издательским
советом института
в качестве
учебного пособия

КУЙБЫШЕВ 1987

Косычев Ю. В., Емельянов В. В. *Контрольно-измерительные приборы и автоматизированные устройства в авиадвигателестроении: Учебное пособие.* — Куйбышев: КуАИ, 1987. — 90 с.

В пособии приведены материалы по контрольно-измерительным машинам, контрольным роботам, средствам активного контроля; дана краткая характеристика погрешностей контрольных устройств; рассмотрены элементы контрольных приспособлений; приведены конструктивные схемы приспособлений для контроля линейных размеров и отклонений точности взаимного расположения поверхностей деталей, углов между плоскостями и осями отверстий, параллельности плоскостей, осей валов и отверстий, радиального биения и соосности деталей, а также сведения о пневматических приборах и средствах контроля параметров зубчатых колес; представлены конструкции контрольных приспособлений.

Пособие рекомендуется для студентов, выполняющих курсовое и дипломное проектирование.

Рецензенты: проф. Б. А. Кравченко,
доц. В. А. Николаев

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	5
1. УСТРОЙСТВА ЗАМЕРА ИЗДЕЛИЙ В ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ	7
1.1. Контроль обрабатываемых деталей на станках с ЧПУ	7
1.2. Контрольно-измерительные машины с ЧПУ	13
1.3. Машина для прецизионного измерения крупногабаритных деталей	16
1.4. Роботы для контроля в процессе обработки	18
2. УСТРОЙСТВА АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ	26
2.1. Средства активного контроля на шлифовальных станках	26
2.2. Средства активного контроля на токарных станках	33
2.3. Средства активного контроля при сопряженной обработке деталей	34
3. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОГРЕШНОСТЕЙ КОНТРОЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ	37
4. ЭЛЕМЕНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИИ	41
4.1. Базирующие элементы	41
4.2. Передаточные устройства	45
4.3. Вспомогательные элементы	48
4.4. Подвижные элементы	51
4.4.1. Детали вращения	51
4.4.2. Детали прямолинейного перемещения	54
4.5. Крепление измерительных устройств	56
5. КОНСТРУКЦИИ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИИ	57
5.1. Приспособления для контроля линейных отклонений	57
5.1.1. Приспособления для контроля линейных размеров	57
5.1.2. Приспособления для контроля точности взаимного расположения поверхностей деталей	59
5.2. Контроль углов между плоскостями и осями отверстий	59
5.3. Контроль параллельности плоскостей, осей валов и осей отверстий	60
5.4. Контроль радиального, торцевого биения и соосности деталей	61
5.5. Приспособления для контроля сферы	65
5.6. Пневматические приборы	66
5.7. Приборы для измерения зубчатых передач	69

5.7.1. Контроль цилиндрических зубчатых колес	70
5.7.2. Контроль конических колес	72
Библиографический список	75
Приложение	76

В В Е Д Е Н И Е

Современное машиностроение, и особенно двигателестроение, характеризуются значительным повышением требований к точности исполнения заданных геометрических параметров рабочих поверхностей деталей. Большое внимание уделяется и физико-механическим параметрам поверхностного слоя. Эти две группы параметров оказывают большое влияние на работоспособность узлов и агрегатов, их долговечность и надежность. Рост этих требований определяется эксплуатационными характеристиками машин: повышением рабочих скоростей, увеличением мощностей, теплонапряженности и т. д.

Соответственно с этим возрастают требования и к технике измерения. Наблюдается значительный прогресс в области создания средств контроля с высокими метрологическими характеристиками. Создаются все более совершенные средства контроля для измерения размеров, погрешности формы, взаимного расположения поверхностей, контроля физико-механического состояния поверхностного слоя деталей.

На XXVII съезде КПСС отмечалась необходимость ускоренного внедрения автоматизированных методов и средств контроля как составной части технологических процессов.

Характерная черта автоматизации в двенадцатой пятилетке — быстрое развитие робототехники, роторных и роторно-конвейерных линий, гибких автоматизированных производств, обеспечивающих высокую производительность /1/. Доминирующим принципом данного развития является сокращение времени между изготовлением детали и ее контролем, что достигается максимальным приближением средств контроля к зоне обработки. Идеальным является измерение детали в процессе производства, в результате чего контроль становится неотъемлемой частью производственного процесса. «Без высокого качества сегодня невозможно ускорение научно-технического прогресса» — отмечал в докладе ЦК КПСС XXVII съезду КПСС М. С. Горбачев /2/. Техническими средствами решения поставленной задачи являются контрольно-измерительные машины, роботы

для контроля, средства активного контроля. Наряду с автоматизированными средствами контроля находят широкое применение и контрольные приспособления.

Контрольным приспособлением называется специальное средство измерения, представляющее собой сочетание установочных, зажимных и измерительных устройств.

Основные требования, предъявляемые к контрольным приспособлениям, определяются необходимостью обеспечения оптимальной точности и производительности операций контроля. Кроме того, приспособление должно быть удобно в эксплуатации, технологично в изготовлении, износоустойчиво, сохранять заданную точность в процессе эксплуатации и экономически целесообразно.

При проектировании контрольного приспособления необходимо всесторонне изучить условия, в которых оно будет применяться. При этом необходимо иметь в виду, что в технике измерения размеров практика находится на достаточно высоком уровне, а контроль взаимного расположения поверхностей характеризуется более низким уровнем. Это объясняется тем, что методы контроля соотношения поверхностей иные, представляют собой более сложную задачу, решение которой не обеспечивается лишь точностью измерительных головок. Здесь чаще всего оказывается более важным правильный выбор принципиальной схемы контроля, установочных поверхностей, способов материальной реализации теоретических элементов и узлов приспособления. Авиадвигателестроение требует включения в конструкцию контрольного приспособления измерителей высокой чувствительности, тщательно выполненных базирующих и передаточных устройств.

Исключительно серьезное значение имеет анализ погрешностей измерения, присущих принятому методу, контроля и конструкции контрольного приспособления. Наиболее тщательно должна быть проанализирована погрешность конструктивной схемы проектируемого контрольного приспособления, которая определяется правильностью выбора баз измерения и конструкцией базирующего устройства, принятым измерителем и его погрешностью, неточностью устройств, передающих отклонения проверяемой детали измерителю, и т. п.

1. УСТРОЙСТВА ЗАМЕРА ИЗДЕЛИИ В ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

За последние годы возрасла необходимость максимального использования производственных мощностей, так как при выпуске продукции высокого качества они дадут наибольший экономический эффект. Это заставляет радикально изменить технику контроля качества.

При обработке партии заготовок в ГПС размеры деталей получают с заданной точностью:

1) при одной наладке технологической системы для всей партии заготовок, без подналадки системы;

2) при непрерывной коррекции обработки в зависимости от результатов контроля выполняемого рабочего хода (например, при шлифовании) или контроля выполняемого перехода (операции) обработки детали. Контроль положения и размеров заготовки, а также детали осуществляют на станке или на специальной контрольно-измерительной машине.

1.1. КОНТРОЛЬ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Станок с ЧПУ характеризуется достаточно высокой точностью позиционирования рабочих органов. Поэтому широкое применение получил способ контроля обрабатываемых деталей непосредственно на станке. Система управления состоит из измерительного щупа, установленного в шпинделе станка типа ОЦ, в револьверной головке или на столе станка, и системы обработки полученной информации и выдачи сигнала на подналадку технологической системы. Подналадка положения заготовки осуществляется соответствующей коррекцией управляющей программы.

Положение резца на станках токарной группы изменяют, смещая суппорт. Более сложно регулирование положения инструмента, закрепленного во вращающемся шпинделе. В этом

случае применяют специальные план-суппортные головки или расточные оправки с приводом, обеспечивающим радиальное смещение инструмента.

На рис. 1 приведена схема установки контрольно-управляющей системы. Для измерения детали 2 шуп 1 установлен

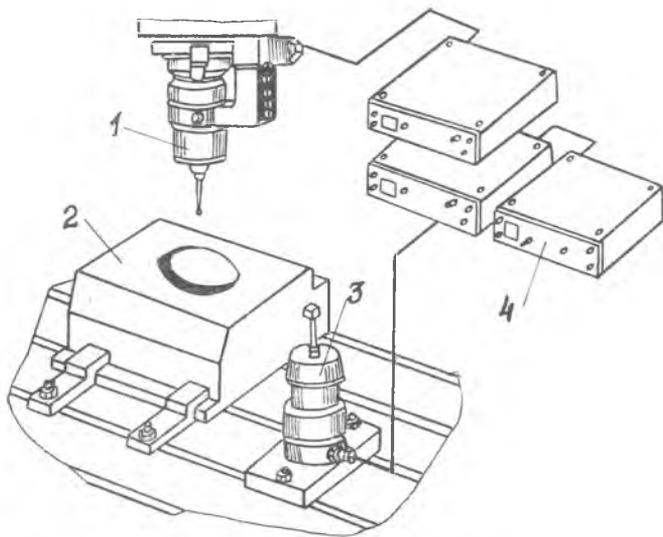


Рис. 1. Схема установки измерительных шупов на станке с ЧПУ

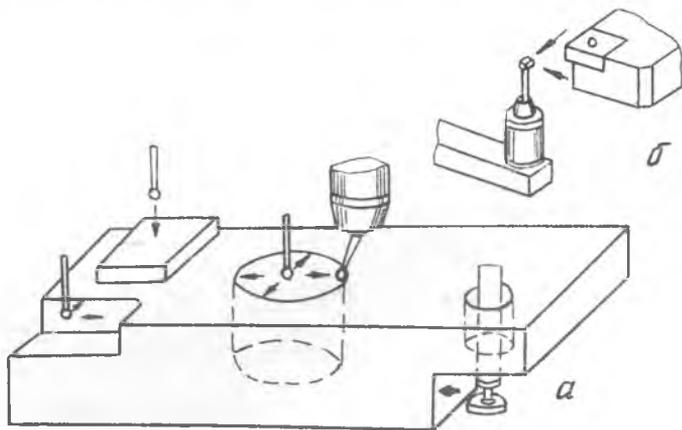


Рис. 2. Схемы измерений обрабатываемой детали (а) и режущего инструмента (б) шупами

в шпиндель станка. Для контроля размера и состояния инструмента щуп 3 установлен на столе станка. Сигналы этих щупов поступают в блоки 4 системы управления. Схемы измерения щупами показаны на рис. 2.

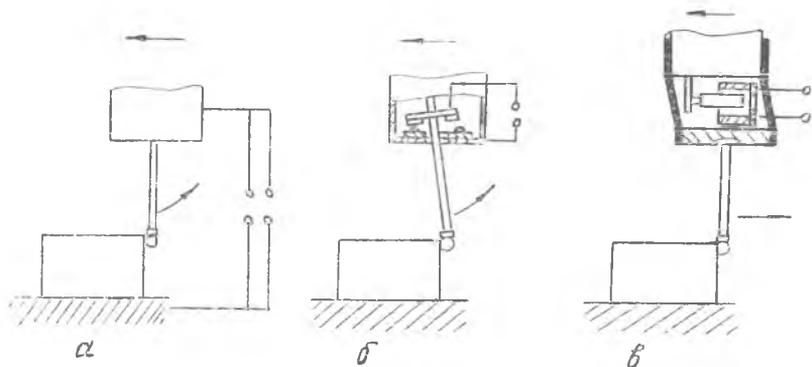


Рис. 3. Схема работы измерительных щупов: а — с внешним контактом; б — с внутренним контактом; в — индуктивного типа

По принципу работы измерительные щупы могут быть контактного (рис. 3,а,б) и индуктивного типов (рис. 3,в). На рис. 4

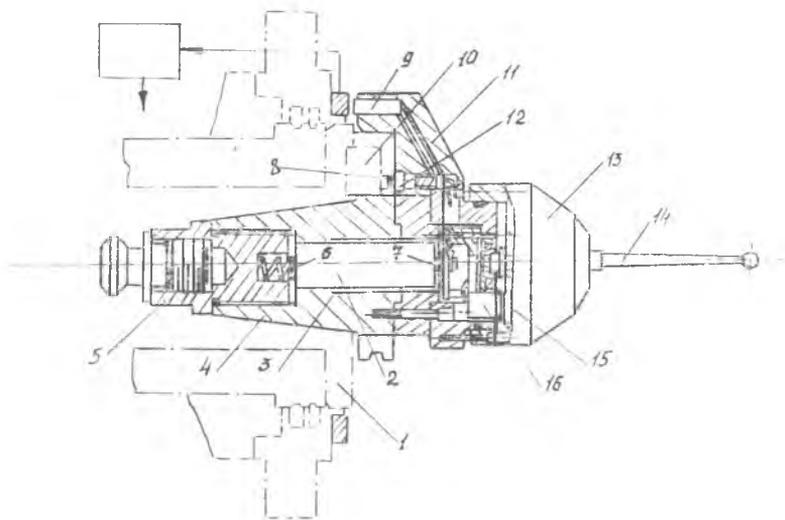


Рис. 4. Конструкция измерительного щупа

показан один из вариантов конструкции щупа. Щуп имеет хвостовик 4 для установки в шпинделе 1 станка и в инструменталь-

ном магазине. В полости 3 хвостовика установлена батарея 2. К внутреннему торцу хвостовика прикреплен сменный элемент 5 с пружиной 6, упирающейся в отрицательный вывод батареи 2 и являющийся для него заземлением. К положительному выводу батареи прижат контакт 7. К внешнему торцу хвостовика прикреплен корпус 13, в котором смонтирован щуп 14, связанный с блоком переключателей, расположенным в корпусе 13 (последний замыкает контакты при смещении щупа 14 по осям станка). Блок переключателей через штепсельные вилку 15 и розетку 16 электрически связан со схемой на печатной плате, содержащей схему генератора, сигнал с выхода которого поступает на первичную обмотку 9. Первичная обмотка установлена на кронштейне 11, в котором смонтирован переключатель 12 с плунжером 8. Плунжер срабатывает при контакте со шпонкой 10 при зажиме хвостовика 4 в шпинделе. Переключатель 12 соединяет батарею 2 с печатной схемой при установке в шпиндель и отсоединяет батарею, когда хвостовик извлечен из него. Для этого пружина переключателя сжимается при нормально разомкнутом его положении и разжимается сразу после выхода плунжера 8 из контакта со шпонкой 10 шпинделя.

Передача сигнала с измерительного щупа, установленного в шпинделе станка, в систему управления осуществляется бесконтактно-индуктивным (рис. 4) или оптическим способом (рис. 5).

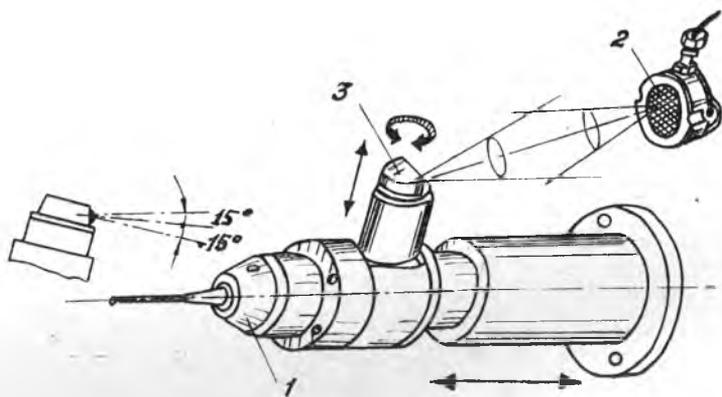


Рис. 5. Измерительный щуп с оптическим способом передачи сигнала: 1 — щуп; 2 — приемник сигналов измерений; 3 — передатчик сигналов измерения

Схемы применения щупов на станках с ЧПУ типа ОЦ приведены на рис. 6, а на токарных станках с ЧПУ — на рис. 7.

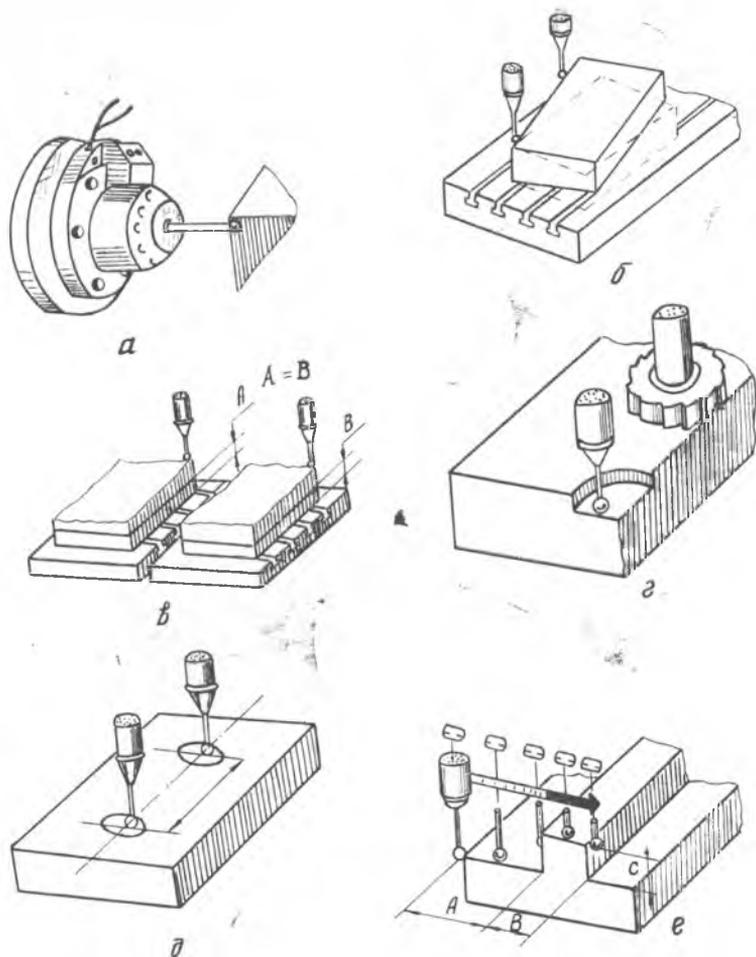


Рис. 6. Схемы применения шупов на станке с ЧПУ типа ОЦ для измерения: а — установки нулевой точки; б — погрешности установки заготовки на столе; в — снимаемого припуска; г — припуска на чистовой переход; д — межосевого расстояния; е — обработанной детали

Корректирующие микроперемещения реза в большинстве конструкций специальных расточных оправок обеспечивают путем деформации элемента оправки, несущего инструмент. Необходимые перемещения могут создаваться механическими, электромеханическими, пневматическими и гидравлическими приводами.

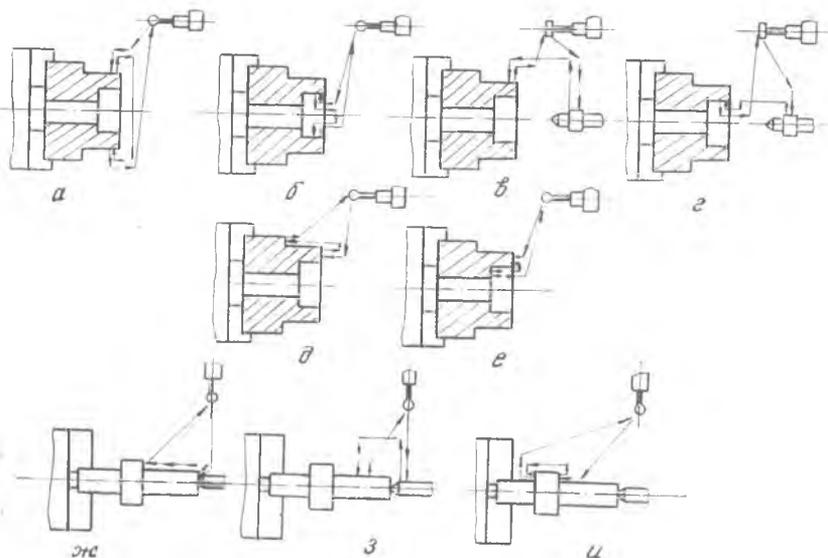


Рис. 7. Схемы применения щупов на токарном станке с ЧПУ для измерения: *а* и *б* — с двух сторон соответственно наружного и внутреннего диаметров детали в патроне; *в*, *г* — с одной стороны соответственно наружного и внутреннего диаметров детали в патроне с контролем по эталону; *д*, *е* — длины обработанной поверхности детали в патроне (соответственно наружной и внутренней поверхности); *ж* — длины обработанной поверхности детали в центрах; *з* — наружного диаметра детали в центрах с контролем по эталону; *и* — толщины фланца в средней части детали, обрабатываемой в центрах

Регулируемая расточная оправка с механическим приводом микроперемещений резца работает следующим образом. При нажатии на палец оправки поворачивается храповое колесо с винтом. В результате смещается гайка, которая деформирует упругую планку, соединенную с фланцем резцеджателя. При одном нажатии на палец резец смещается в радиальном направлении на 0,0025 мм. Необходимая коррекция осуществляется нажатием пальца или в автоматическом режиме.

На основе результатов измерения щупом предварительно расточенного отверстия в детали (рис. 8,а) корректируется радиальный вылет резца в расточной оправке (рис. 8,б). При опускании оправки со шпинделем на жесткий упор палец смещается (рис. 8,б) и проводится необходимая подналадка резца. Затем выполняется окончательное растачивание отверстия (рис. 8,в).

Конструкция регулируемой расточной оправки с пневмогидравлическим приводом показана на рис. 9.

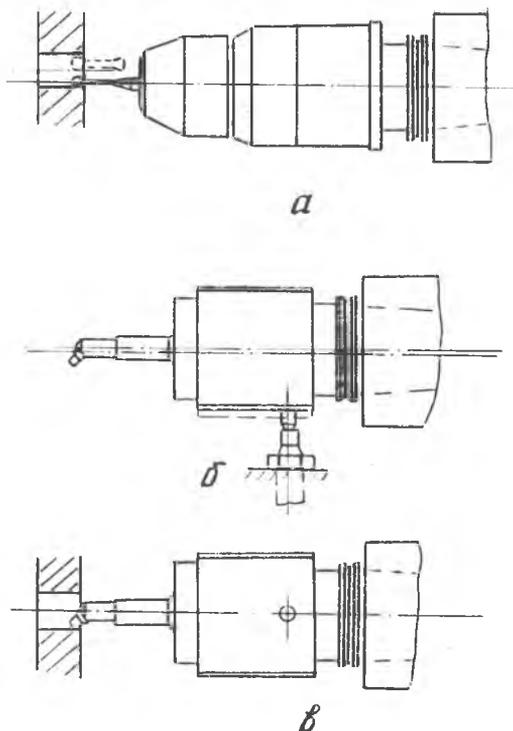


Рис. 8. Схемы внесения коррекций при использовании оправки с механическим приводом: *а* — измерение диаметра отверстия; *б* — коррекция радиального положения резца; *в* — окончательная обработка отверстия

При автоматическом контроле износа инструмента щупы 1 и 4 (рис. 10) подводятся к резцу 2 и специальному эталонному упору на оправке 3. Полученная разность размеров, характеризующая износ резца, используется для введения необходимой коррекции.

1.2. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ С ЧПУ

Один из самых мощных источников повышения точности обработки заключен в использовании информации об истинных размерах детали. Получить такую информацию непосредственно в процессе резания сложно даже для простейших деталей.

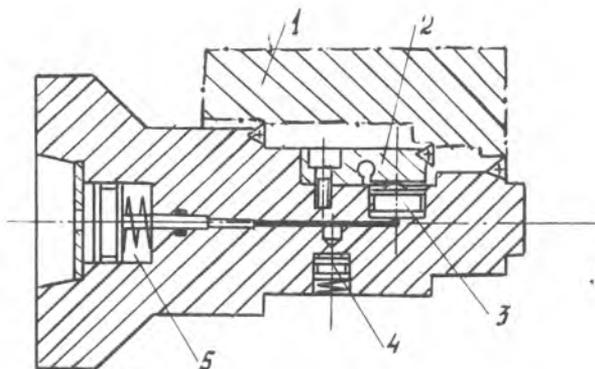


Рис. 9. Регулируемая расточная оправка с пневмогидравлическим приводом: 1 — деталь; 2 — деформируемый элемент оправки; 3 — пневмогидравлический цилиндр с поршнем привода; 4 — компенсатор утечек масла; 5 — рабочий поршень привода

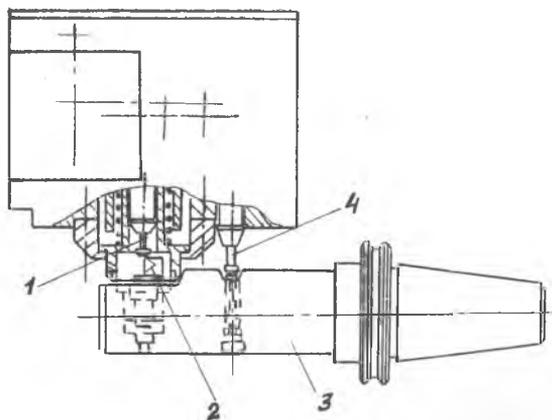


Рис. 10. Устройство автоматического контроля износа инструмента

Но большинство деталей невозможно измерить в процессе резания — это технологически нежесткие детали с плоскими поверхностями, детали сложной формы с большим числом определяющих координатных точек и др. В этом случае информация об истинных размерах может быть получена либо на холостом ходу, либо с помощью контрольно-измерительных машин с ЧПУ.

Контрольно-измерительная машина с ЧПУ является внешним по отношению к станку оборудованием, несмотря на это она может выполнять роль своеобразного агрегата адаптивной системы управления процессом обработки. При использовании контрольно-измерительной машины задачи измерения и коррекции программы решаются с помощью информации о теоретическом профиле детали, фактической траектории относительного движения исполнительных механизмов контрольно-измерительной машины и показаниях измерительной головки.

На рис. 11 показана структурная схема контрольно-измерительной машины для плоских деталей. Деталь 1 расположена на столе 2, который перемещается по оси X исполнительным

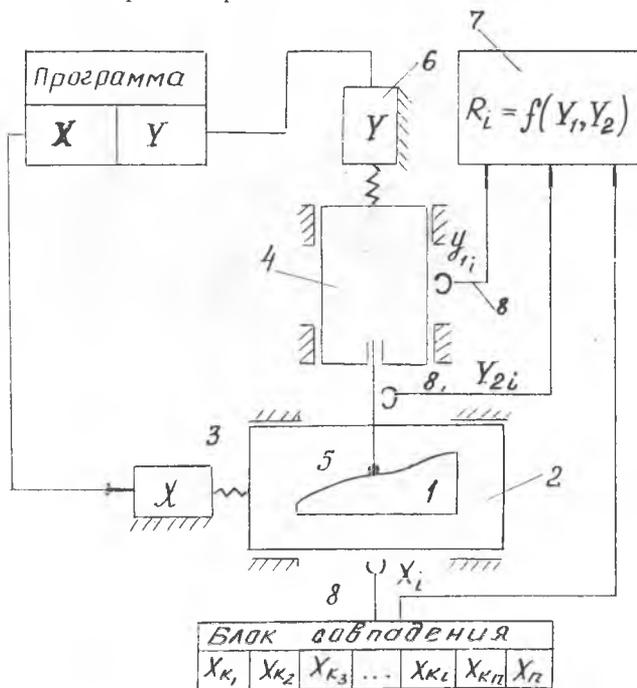


Рис. 11. Структурная схема контрольно-измерительной машины с ЧПУ

приводом 3. Корпус 4 измерительной головки перемещается вдоль оси Y двигателем 6, при этом шуп 5 контактирует с деталью. Положения стола X, корпуса измерительной головки Y_{1i} и ее шупа Y_{2i} регистрируются датчиками 8. На основании этой информации в блоке 7 вычисляется размер R_i в точках $X_i = X_{ki}$. Если в вычислительный блок ввести информацию Y_i теоретиче-

ского профиля соответственно тем же координатам $X_i = X_{Ri}$, то для этих контрольных точек может быть определена погрешность обработки. Очень важным является то обстоятельство, что траектория исполнительных механизмов машины может быть значительно проще, чем при обработке контролируемой детали на станке. Эта траектория может, например, соответствовать линейной аппроксимации теоретического профиля детали.

1.3. МАШИНА ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Общий вид машины представлен на рис. 12.

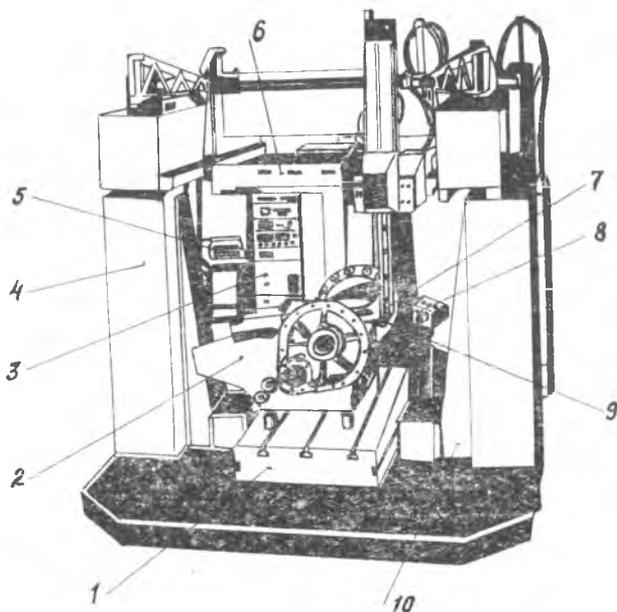


Рис. 12. Машина для прецизионного измерения крупногабаритных деталей: 1 — стол; 2 — измеряемая деталь; 3 — устройство для считывания с ленты; 4 — колонна; 5 — устройство для печатания данных; 6 — визуализаторы отметок; 7 — головка-держатель щупа; 8 — пульт и кнопки приведения к нулю; 9 — измерительные датчики

Три движения машины обеспечиваются двигателями с переменной скоростью. Максимальная скорость 5 м/мин, скорость микродвижений 5 мкм/с. Приведение в действие машины осуществляется от отдельно стоящего пульта управления.

Разрешающая способность оптических датчиков прямого действия для контроля положения по всем осям равна 0,002 мм.

Три семизначных визуализатора отметок (с указанием знака), по одному на каждую ось, непрерывно указывают величину перемещения.

Головка-держатель инструментов с горизонтальным позиционным вращением обеспечивает ввод инструмента в вертикальном (направлении Z) или горизонтальном положениях.

Когда инструмент находится в горизонтальном положении, позиционное вращение обеспечивает его ориентацию в направлениях +X и +Y, что исключает необходимость повторного извлечения и ввода инструмента.

Кнопки для приведения к нулю и коммутаторы для предварительного набирания исходной отметки позволяют выбрать любую точку для начала измерений.

Техническая характеристика	
Визуализаторы отметок	7 цифр + знак
Разрешающая способность	0,002 мм
Измерительная система	линейные оптические датчики дифференциального типа
Точность по осям X и Y	$\pm 0,010$ (на метр)
Точность измерения по каждой оси при 20°C	X = $\pm 0,015$ мм Y = 0,010 мм Z = $\pm 0,0075$ мм
Повторяемость установки	0,004 мм
Полезные ходы	1800×1000×1000 мм

Линия DEA мини-компьютерных систем управления и обработки данных для центров контроля на механизированных и ручных координатно-измерительных машинах состоит из трех основных моделей, охватывающих все требования по контролю от точки до точки. Модели данной серии позволяют три режима работы: прямое измерение, измерение с предварительным программированием, автоматические CNC измерения.

В серии используются электронные датчики, обеспечивается автоматическая компенсация при смещении деталей.

Язык взаимодействия высокого уровня, разработанный для решения проблем контроля и обработки данных, значительно упрощает программирование.

В состав оборудования линии DEA входят: мини-компьютер, блок управления приводом постоянного тока, пульт управления системой, портативный блок коммуникации человек—машина, цифровой дисплей, печатное устройство с клавиатурой, блок памяти на дисках, блок перфорации — считывания, блок памяти на hard дисках, блоки расширения памяти, буквенно-цифровой

дисплей, видеографический дисплей, устройство печати, графопостроитель, система принудительного охлаждения, соединение с компьютером.

Блок управления приводом постоянного тока является следящей системой, воспринимающей запрограммированные скорости до 7,5 м/мин по каждой оси и точно регулирующей ускорение и замедление от 0,06 до 0,25 м/с². Максимальная скорость позиционирования составляет 9 м/мин для каждой оси.

Программы диагностики осуществляют проверку системы при запуске. Калибровка блока управления осуществляется автоматически посредством адаптивной программы, оптимизирующей взаимодействие осей системы. Компьютер системы осуществляет все расчеты, относящиеся к положению, скорости и ускорению осей машины.

Портативный блок коммуникации человек—машина используется для механизированных машин. Цифровой дисплей используется для индикации: осей машины, осей детали и углового положения поворотного стола.

Ручное перемещение измерительной головки осуществляется с помощью установленного на ней сенсора. Наконечник сенсора

имеет три степени свободы. Скорость перемещений измерительной головки зависит от отклонения наконечника сенсора — чем больше отклонение, тем выше скорость. Для обеспечения надежного регулирования скорости сенсор имеет логарифмическую кривую скорости.

При каждом цикле измерений осуществляются автоматическая компенсация радиуса и смещения двадцати пяти различных наконечников датчиков (рис. 13).

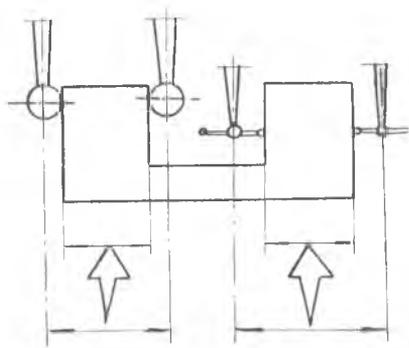


Рис. 13. Схема замера различными датчиками

1.4. РОБОТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ В ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ

Гибкий измерительный робот BRAVO фирмы DEA для контроля деталей в процессе изготовления обеспечивает гарантию качества с момента обработки, исключает брак в конце цикла обработки, оптимизирует производственный процесс, повышает производительность.

Возможность программирования и адаптивность робота обеспечивают его достаточную гибкость для серийного производства. Роботы хорошо совместимы с гибкими производственными комплексами, обрабатывающими центрами и автоматическими грузоподъемными системами (рис. 14).

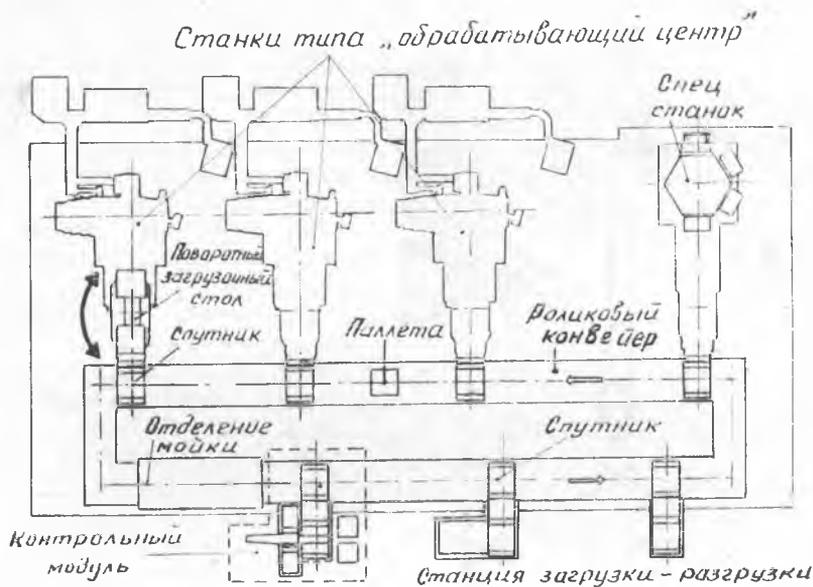


Рис. 14. Гибкая производственная система

Высокие скорости измерения позволяют довести выборочный контроль до 100%, что оказывает влияние на технологический процесс, так как позволяет обеспечить более быструю обратную связь за счет снижения простоев для проверки и корректировки программы. Скорость перемещения, равная 33 м/мин, достигается за 168 с. Измерение осуществляется при отсутствии ускорения, что обеспечивает полное исключение динамических погрешностей при замерах. Конструкция робота позволяет осуществлять систему проверки с применением одной или нескольких рук. Одновременное управление по нескольким осям на основании многоплановой оперативной системы обеспечивает метрологическую и операционную синхронизацию рук. Руки робота, являющиеся элементами модульной системы, могут служить многокомпонентными измерительными устройствами. Их можно размещать в соответствии со специфическими требованиями процесса обработки. Руки могут действовать на разных сторонах данной детали, что значительно снижает время конт-

роля. Рука робота оснащена измерительной головкой (рис. 15), имеющей 5 степеней свободы для быстрого контроля детали со всех сторон за одну установку. Перемещение и захват деталей

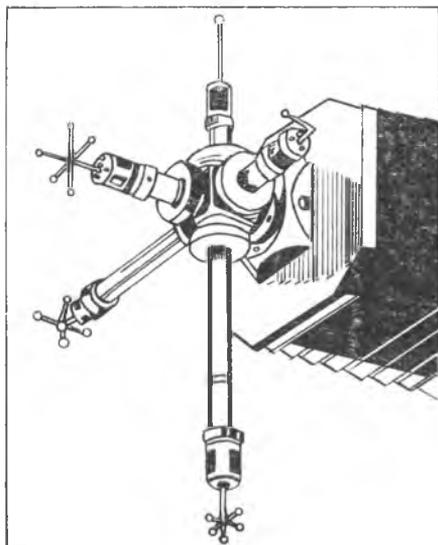


Рис. 15. Измерительная головка робота

осуществляется автоматической рукой. Горизонтальное расположение рук робота обеспечивает хороший доступ в зону контроля при загрузке, выгрузке или сквозной подаче деталей, что особенно ценно при контроле литья, форм, корпусных деталей, валов и т. д., когда требуется хороший доступ в горизонтальном направлении.

Наличие делительных столов дает значительные преимущества при контроле деталей сложного профиля: столы поворачиваются так, чтобы каждая сторона детали была доставлена к торцу руки и проверена. Автоматический магазин датчиков обеспечивает контроль деталей неудобной конфигурации датчиками различной геометрической формы. Автоматическая замена датчиков осуществляется системой числового программного управления (CNC). Устройства распознавания деталей обеспечивают автоматическое выявление деталей, поступающих с произвольной последовательностью.

Перемещение деталей может осуществляться и системами ленточных транспортеров. Данные контроля обрабатываются системой BRAVO, в результате чего поступает удобная для понимания информация о результатах измерения, потенциальных ошибках и параметрах, необходимых для воздействия на процесс производства. Все данные накапливаются и хранятся для статистического анализа при запросе оператора и используются для управления процессом производства и выявления возможных ошибок.

Модульная конструкция обеспечивает легкий доступ для быстрого ремонта заменой блоков. Пользователь может сам с помощью программы диагностики выявить неисправности. Система микропроцессоров управляет положением, скоростью и

ускорением роботов, освобождая мини-компьютеры управления от этих функций, увеличивая таким образом возможности и скорость обработки информации.

Адаптивное серворегулирование привода обеспечивает оптимальные характеристики системы. Автоматический цикл смены инструмента осуществляется в соответствии с программами автоматической перекалификации замеров. Комбинирование циклов контроля с функционально зависимыми операциями, такими как загрузка-выгрузка детали, определение наличия деталей и т. д., уменьшает затраты времени.

Возможность самообучения робота обеспечивает автоматическое составление программ контроля деталей в процессе выполнения цикла измерения первой партии деталей.

Возможность редактирования программы в процессе обработки обеспечивает быструю оптимизацию программы: могут быть добавлены, вычеркнуты или модифицированы целые блоки; участки программ, составленные в разное время и при использовании различной техники программирования, можно объединить вместе и образовать более сложную программу. Язык взаимодействия высокого уровня позволяет неквалифицированному оператору производить измерения и их обработку по программе, используя пульт управления.

Периферийные устройства коммуникации человек—машина упрощают фазу изучения программы, обеспечивая оператору полный контроль измерений и функций робота.

Система управления и ввода данных в мини-компьютер

Робот оснащен системой управления, включающей программное обеспечение, средства обработки и регистрации результатов измерения. Диаграмма обработки информации линии контроля BRAVO показана на рис. 16.

Система позволяет осуществлять:

управление электронными датчиками;

полную трехмерную автоматическую компенсацию при неправильном положении детали;

многоточечное измерение плоскостных и пространственных элементов геометрии (линии, окружности, цилиндры, сферы, углы);

обобщение функций трехмерной геометрии для математического построения элементов геометрии на основании измерений и геометрических зависимостей между элементами в пространстве;

измерение различных типов неточности конфигурации (прямолинейности, плоскостности, цилиндричности) и размещения

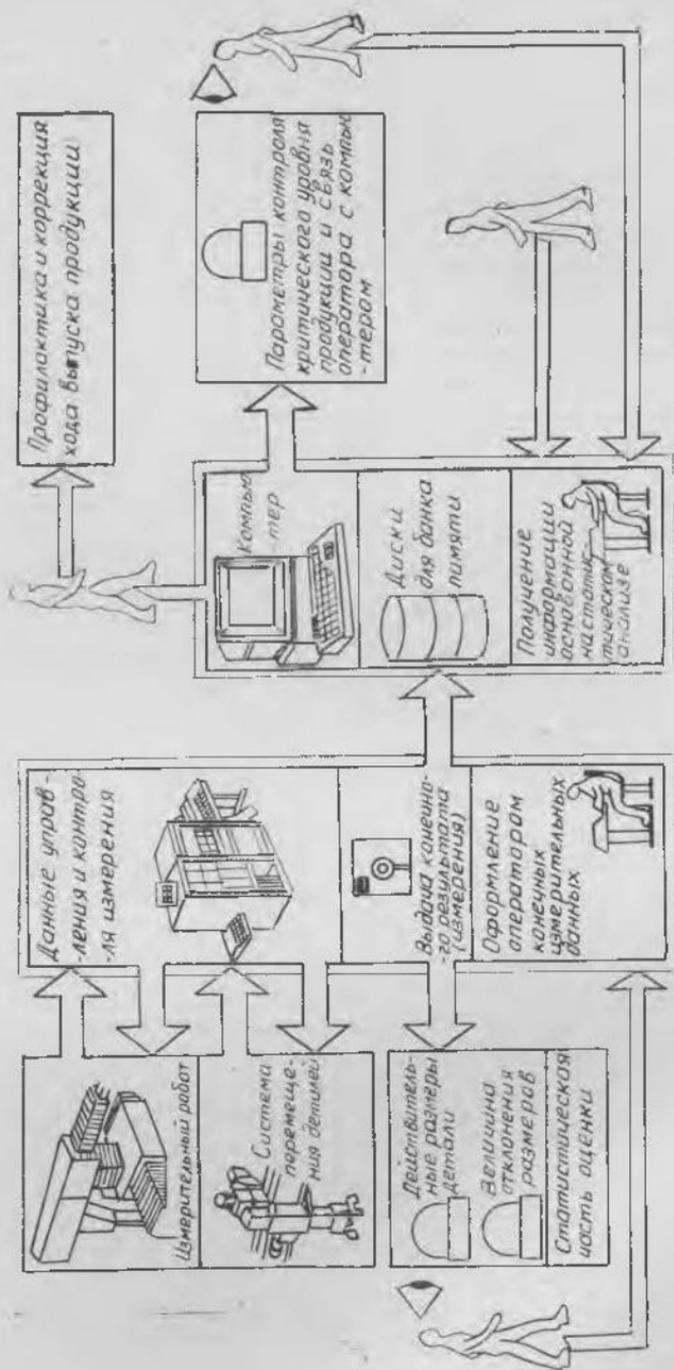


Рис. 16. Диаграмма обработки информации линии контроля «BRAVO»

(параллельности, прямоугольности), обработка величин зависящих допусков;

программы компенсации ошибок программного обеспечения, относящиеся к характеристикам размеров, деформации деталей под действием изменения окружающей среды, методам закрепления для определения качественных показателей детали в процессе обработки;

гибкий выходной формат, избираемый программой на деталь: сертификат контроля может включать либо всю группу измерений, либо только величины допусков;

интерфейс для системы машинной графики для управления производственным процессом в реальном масштабе времени;

протокол коммуникации данных и интерфейса для дистанционного программного управления производственным процессом.

Графопостроитель компьютера для статистического анализа данных контроля в реальном масштабе времени

Измерительный робот BRAVO может производить все измерения, необходимые для управления качеством производственного процесса, причем он формирует величины быстрее, чем их можно преобразовать. Поэтому печатные контрольные карты обычно не охватывают всех измеренных характеристик, 90% и более которых являются правильными и не требуют мер по немедленной корректировке. Если запись всех результатов хранится в запоминающем устройстве и непрерывно преобразуется в статистическую форму, то можно вывести кумулятивные результаты, по которым возможно определить намечающиеся отклонения и произвести корректировку, прежде чем будет иметь место дефект. Для этой цели разработана визуальная компьютерная система для статистического анализа данных контроля в цехе (SAGE). SAGE непрерывно управляет производственным процессом, регистрируя и анализируя результаты испытаний, произведенных роботом, и представляя их графически в виде гистограмм, таблиц частотности, диаграмм и т. д. Графическое представление данных дает больше информации, чем традиционный буквенно-цифровой дисплей, применение цветного изображения облегчает работу оператора.

Примеры применения

1. Литье алюминиевого сплава. Система: модель BRAVO AA02, две руки (рис. 17). Перемещение детали двухтактное — загрузка и разгрузка. Габариты детали: 27×210×170 мм. Количество измеренных характеристик — 165. Время

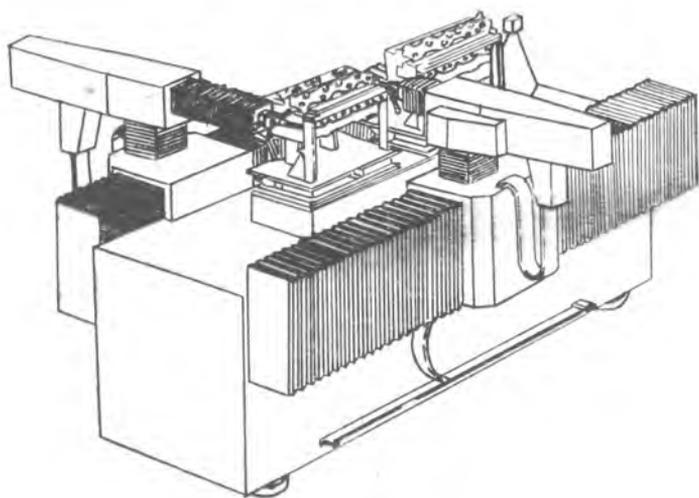


Рис. 17. Модель «BRAVO AA02» с двумя руками

проверки 2 мин. 48 с. Экономия времени по сравнению с обычными методами 93%. Количество измеренных деталей за 2 смены — 320.

2. Средние по размерам детали. Система: BRAVO AA02 с одной рукой (рис. 18). Обращение с деталью: робот для захвата и установки детали. Деталь: 70 различных типоразмеров до 914×250 мм. Количество измеряемых характеристик — 11, количество допусков по профилю — 2, количество допусков по положению — 2.

Время контроля 58 с, количество измеренных деталей за две смены — 840.

3. Обработанная коробка приводов (рис. 19). Система: модель BRAVO 1104, две руки. Обращение с деталью: механизированный конвейер. Деталь: общие размеры $1940 \times 625 \times 625$ мм. Количество измеряемых характеристик — 4. Количество допускаемых характеристик по профилю и положению — 20. Время контроля 7 мин 50 с. Экономия времени по сравнению с обычными методами 70%. Количество измеряемых деталей за день (2 смены) — 120.

Характеристики и технические данные

Руки. Измерительные роботы с тремя степенями свободы, соответствующие трем основным линейным перемещениям (по осям X , Y , Z).

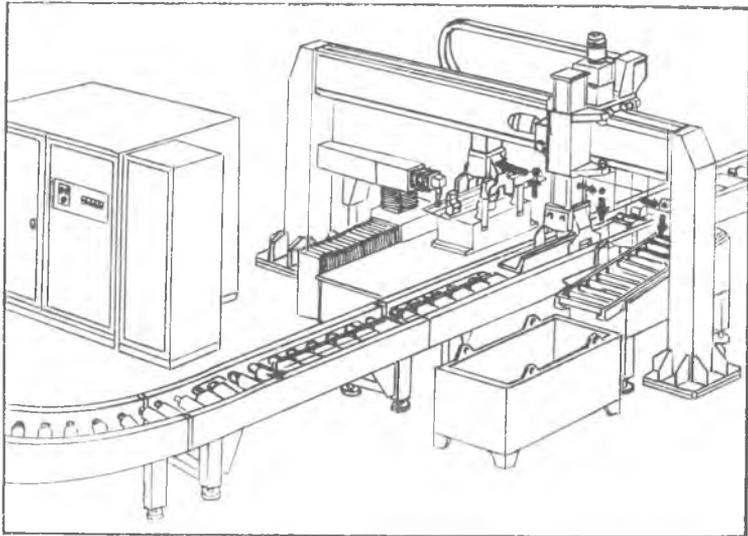


Рис. 18. Модель BRAVO AA02» с одной рукой

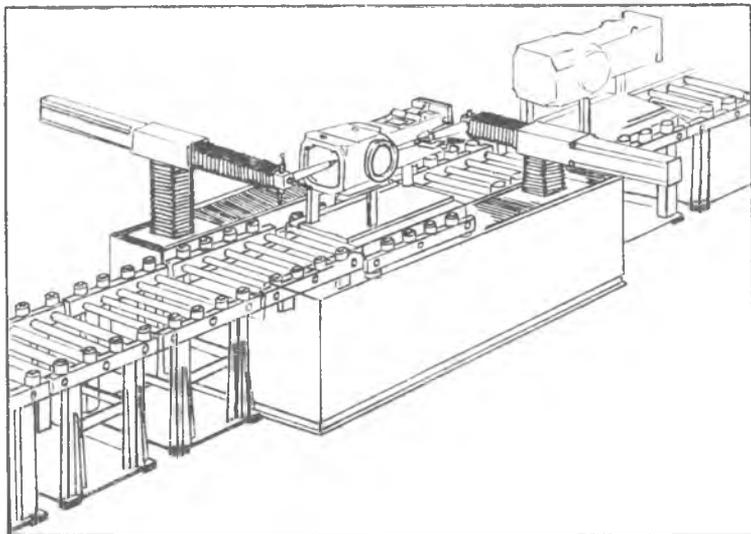


Рис. 19. Модель «BRAVO 1104» с двумя руками

Привод — двигатель постоянного тока, через зубчатое колесо и рейку. Все подвижные детали имеют опору на воздушной подушке.

Блок управления включает: мультипроцессорную систему с распределенной структурой обработки, содержащей центральный процессор DEC PDP 11/23 (обработка данных измерений и контроль); распределенные процессоры intel 8085 (управление осевым перемещением); обеспечение ввода программы на магнитных лентах; запоминающее устройство системы Винчестер на дисках емкостью 5 МБайт; внешние устройства; печатающий аппарат; портативный блок коммуникации человек—машина (для формирования программы самообучения); линейную интерполяцию; управление одновременно до 6 осей; многоцелевую операционную систему, позволяющую параллельное выполнение различных процессов плюс координация двух рук; интерфейс для системы DNC; программы на деталь, остающиеся в центральной памяти от начала цикла до выключения машины.

2. УСТРОЙСТВА АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ

Развитие активного контроля является важнейшей предпосылкой повышения качества изделия, автоматизации технологических процессов высокой точности, снижения потерь от брака и расходов на контроль.

Основной смысл применения активного контроля при обработке на станках заключается в повышении технологической точности путем компенсации погрешностей, вызываемых износом инструмента, тепловыми и силовыми деформациями технологической системы. Именно указанные факторы в основном вызывают рассеивание размеров деталей при их обработке на металлорежущих станках. Качество систем активного контроля в значительной степени определяется тем, насколько полно и совершенно они решают задачи компенсации технологических погрешностей.

2.1. СРЕДСТВА АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

Прибор (рис. 20) предназначен для контроля отверстий колец. Измерительное устройство установлено на передней бабке 3 внутришлифовального станка так, что измерительные наконечники при повороте всего устройства относительно оси 2 могут удаляться из зоны загрузки и вводиться внутрь детали

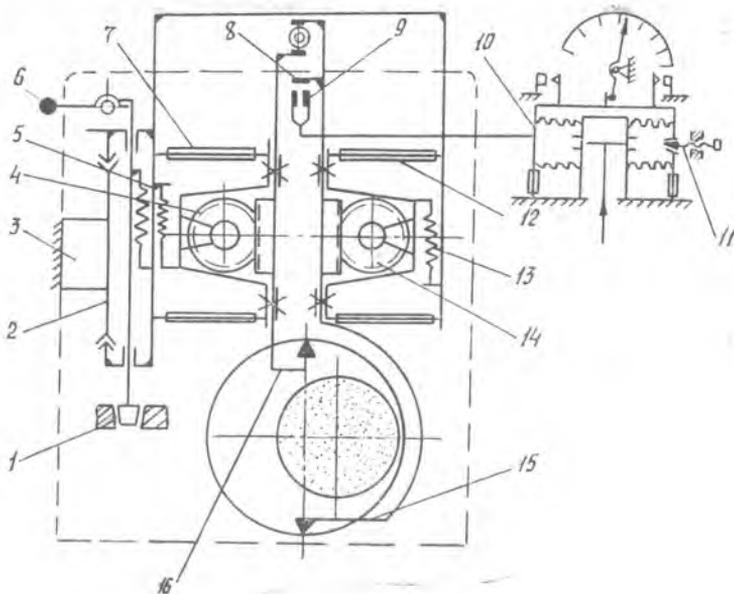


Рис. 20. Двухконтактное измерительное устройство с пневматическим преобразователем для контроля отверстий

при ее обработке. В рабочем положении измерительное устройство ориентируется и удерживается коническим фиксатором 1. Рукоятка 6 служит для вывода фиксатора, арретирования измерительных штоков и поворота всего измерительного устройства.

Измерительное устройство состоит из двух штоков 15 и 16 с алмазными наконечниками, подвешенных на плоских пружинах 7 и 12. Суммирование их перемещений за счет изменений размера детали и ее положения осуществляется соплом 9, прикрепленным к штоку 16, и заслонкой 8, жестко связанной со штоком 15.

Таким образом, погрешности, вызванные перемещением детали по линии измерения, автоматически в допустимых пределах исключаются. Измерительное усилие, создаваемое пружинами 5 и 13, в таких устройствах равно 3—6 Н (300—600 г). В качестве показывающего и командного прибора может быть использован дифференциальный сульфонный прибор 10.

Для грубой настройки, а также при контроле другого типа-размера колец измерительные штоки 15 и 16 перемещаются по направляющим типа «ласточкин хвост» при помощи зубчаточной передачи 4 и 14 с дальнейшей их жесткой фиксацией.

Тонкая настройка на размер осуществляется с помощью микроинта (на рис. 20 не указан), который перемещает заслонку 8 относительно сопла 9, а также винтом противодействия 11 сильфонного прибора.

За счет применения малогабаритного пневматического преобразователя в виде «сопло — плоская заслонка» значительно упрощена конструкция измерительного устройства, что позволяет получить точность таких устройств порядка $\pm 0,002$ мм.

На рис. 21 приведена принципиальная схема универсального прибора, предназначенного для контроля валов с гладкими и прерывистыми поверхностями.

Прибор устанавливается на столе шлифовального станка и с помощью подводящего устройства 3 (гидравлический цилиндр с поршнем) вводится на позицию измерения.

Измерительное устройство представляет собой скобу с плавающими губками 6 и 1. Обе губки имеют самостоятельную подвеску на пружинных параллелограммах 9 и 11. С одной губкой связан винт-заслонка 7, с помощью которого производится плавная настройка прибора на размер. Другая губка несет измерительное сопло 2. Измерительные наконечники 4 и 5 выполнены из твердого сплава и имеют цилиндрическую форму. Пружина 8 создает измерительное усилие.

С помощью упора 10 обеспечивается ограничение провалов губок в пазы детали. При правильной настройке скобы губки опускаются в пазы на незначительную величину, так что при касании с упорами 10 расстояние между ними на 0,01—0,015 мм меньше окончательного размера детали по наружной поверхности.

Таким образом, в начале обработки зазор между соплом и заслонкой при вращении детали со шлицами будет изменяться на большую величину, чем в конце обработки.

Вследствие инерционности пневматической системы колебание измерительного давления будет с некоторым отставанием повторять характер колебания зазора, но с меньшей амплитудой колебания.

В качестве показывающего и командного прибора может быть применен любой дифференциальный прибор высокого давления. В приведенной схеме применен сильфонный дифференциальный прибор, ветви которого начинаются входными соплами 14 и 15. Правая ветвь включает узел противодействия 13, левая — является измерительной. С целью уменьшения колебания измерительного давления от провалов наконечников скобы в пазы детали инерционность прибора специально повышается за счет постановки дросселя 12.

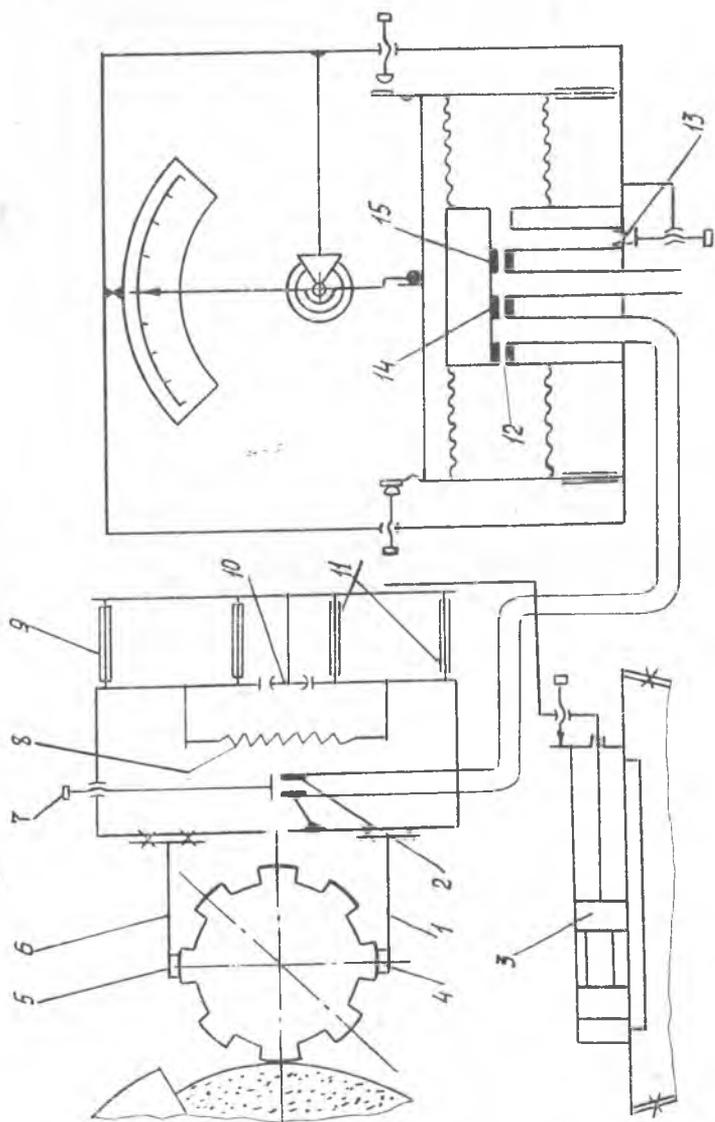


Рис. 21. Принципиальная схема прибора для контроля валов с гладкими и прерывистыми поверхностями

Имеется достаточно большое разнообразие конструктивных разработок двухконтактных измерительных устройств, принципиальные схемы некоторых из них показаны на рис. 22.

Все показанные устройства для контроля валов отличаются от вышеописанной конструкции тем, что одна из губок 1 жестко связана с корпусом и только вторая губка воспринимает и передает изменение размера детали относительно корпуса. Все устройство под действием своего веса опирается губкой 1 на поверхность детали и может изменять свое положение, поворачиваясь относительно шарнира 3. Эти устройства значительно про-

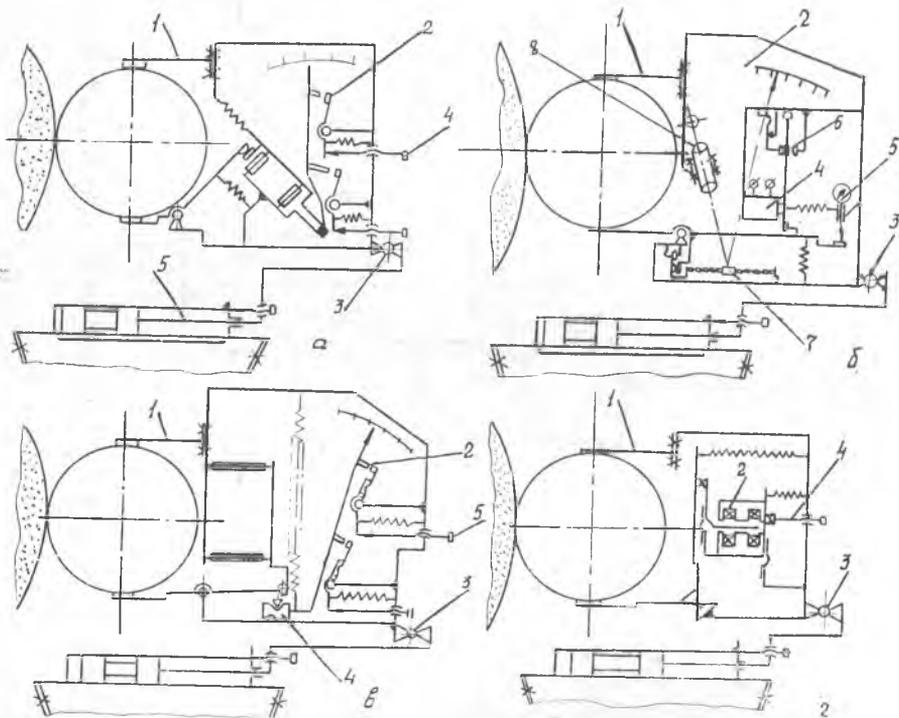


Рис. 22. Принципиальные схемы двухконтактных измерительных устройств для контроля деталей в процессе их шлифования: а) 1 — неподвижная губка, 2 — электрические контакты, 3 — шарнир, 4 — винт настройки электрических контактов, 5 — подводящее устройство; б) 1 — неподвижная губка; 2 — командный фотоэлемент, 3 — шарнир, 4 — электромагнит, 5 — микромер для грубого отсчета, 6 — подвижный электрический контакт, 7 — пружинная передача для точного отсчета с малым пределом измерения, 8 — оптическая система прибора; в) 1 — неподвижная губка, 2 — электрические контакты, 3 — шарнир, 4 — передаточный механизм на ножках, 5 — винт настройки контактов; г) 1 — неподвижная губка, 2 — индуктивный преобразователь, 3 — шарнир, 4 — настройка прибора на нуль

ще в настройке. Однако им присущи повышенные динамические погрешности. Большая подвижная масса всего устройства порождает значительные динамические силы, вызванные вибрацией детали, а также перемещениями, связанными с неправильной геометрической формой детали и др. Эти силы вызывают деформацию деталей измерительной цепи устройства, нарушают постоянство контакта верхней губки с деталью, а также увеличивают износ ее контактной поверхности.

На рис. 22,а,б,в приведены принципиальные схемы двухконтактных устройств, в конструкции которых содержатся полностью все элементы, обеспечивающие как сам процесс измерения, так и выдачу команды и отсчет по шкале.

Такое конструктивное решение приводит к более тяжелым условиям работы всех элементов измерительной цепи по сравнению с дистанционными приборами (например, рис. 21 или 22,г). Кроме того, дополнительные механизмы увеличивают подвижную массу устройства, что ведет к увеличению динамических погрешностей. Вся конструкция нуждается в надежной герметизации.

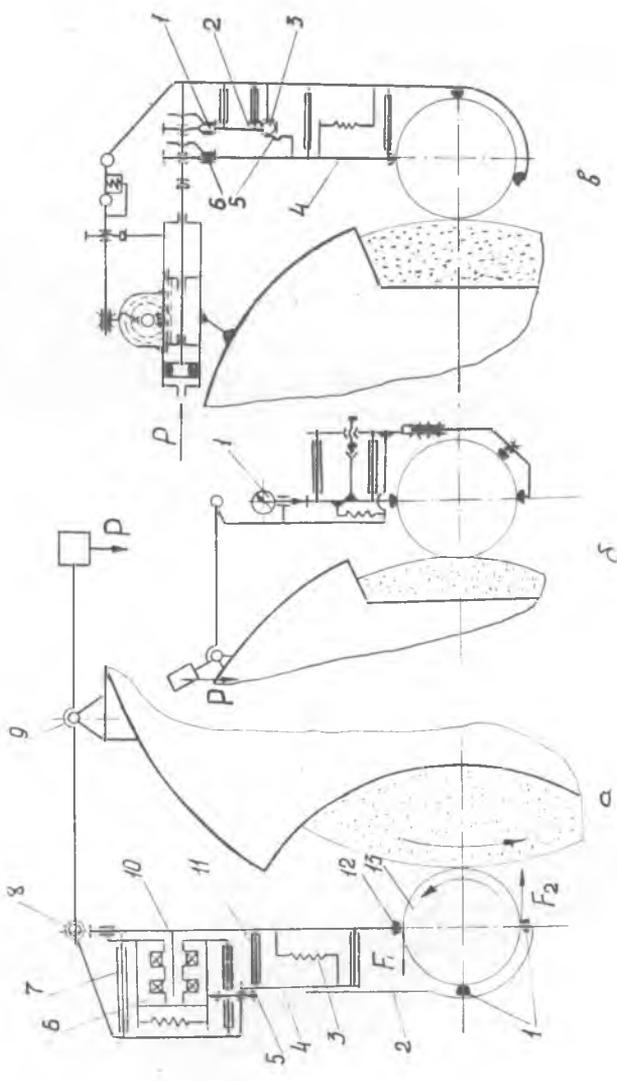
При обработке длинных валов с большим количеством шлифуемых шеек особо выгодно использовать измерительные устройства, которые могут перемещаться совместно со шлифовальной бабкой вдоль оси вала. К таким измерительным устройствам относятся трехконтактные скобы и устройства с призмами.

На рис. 23,а представлена принципиальная схема трехконтактной скобы с индуктивным дифференциальным преобразователем. Обычно такие устройства крепятся к кожуху шлифовального круга. Скоба неподвижными твердосплавными опорами 1 прижимается к поверхности детали 13 за счет усилий груза P и силы трения F_2 , причем сила F_2 , которая прижимает скобу к детали, будет всегда больше сталкивающей силы F_1 .

Наличие шарниров 8 и 9 исключает отрыв неподвижных наконечников скобы от контролируемой поверхности при биении, отжиге и других перемещениях детали.

Подвижный третий наконечник 12 связан с якорем 10 дифференциального индуктивного преобразователя 6 и подвешен на пружинном параллелограмме 11 к корпусу 4. Для настройки прибора на нуль предназначен винт 5, при вращении которого изменяется относительное положение катушек преобразователя 6, подвешенных на плоских пружинах 7, и якоря 10.

Для настройки скобы на другой типоразмер в конструкции предусмотрено перемещение губки 2 относительно корпуса 4 или установки губки другого размера. Пружина 3 создает измерительное усилие.



Р и с. 23. Принципиальные схемы трехконтактных скоб: а — с индуктивным дифференциальным преобразователем; б — со стандартным микро мером; в — с пневматическими преобразователями

В промышленности имеется большое конструктивное разнообразие трехконтактных скоб, но принципиально они не отличаются друг от друга, а конструктивное отличие вызвано применением различных типов первичных преобразователей.

На рис. 23,б приведена принципиальная схема скобы, в которой информацию о контролируемом размере несет стандартный микромер 1 с ценой деления 0,01—0,001 мм. Этот микромер иногда включает в себя также механизм электроконтактного преобразователя. Установка и съем этих скоб с позиции измерения осуществляются вручную.

Иногда эта операция автоматизируется, что и показано на рис. 23,в. Кроме того, конструкция измерительного устройства позволяет контролировать не только диаметры детали, но и ее овальность. При отсутствии овальности измерительный стержень 4, по мере снятия припуска, опускается вниз без колебаний. В случае наличия овальности стержень начинает колебаться и за счет сил трения подпружиненная пластина 5 увлекает за собой шар 3, который, в свою очередь, через шток 2 изменяет величину зазора у сопла 1.

Данный механизм дает уменьшенную в 2 раза величину перемещения стержня 2 по отношению к перемещению стержня 4. В этой конструкции применяют пневматический метод контроля. Сопло 1 и сопло 6 включены в самостоятельные измерительные схемы. В существующих конструкциях трехконтактных скоб обычно усилие прижима нижней контактной поверхности к детали за счет груза P или пружины 2 (рис. 23,б,в) равно 10—15 Н (1,0—1,5 кг).

Трехконтактные скобы обеспечивают надежное изготовление деталей по 7-му качеству, в некоторых случаях обеспечивается и более высокая точность.

2.2. СРЕДСТВА АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

Токарная обработка характеризуется рядом факторов, существенно затрудняющих применение традиционных средств размерного контроля, широко используемых при шлифовальных операциях. К таким факторам относятся высокие угловые скорости обрабатываемых деталей, значительная шероховатость поверхности заготовок и деталей, наличие в зоне обработки стружки и СОЖ, труднодоступность обрабатываемых поверхностей, вибрации, сложность размещения измерительных устройств в зоне резания.

Применение оптико-электронных и лазерных измерительных систем является одним из основных и перспективных направле-

ний в области автоматического контроля линейных размеров фасонных деталей.

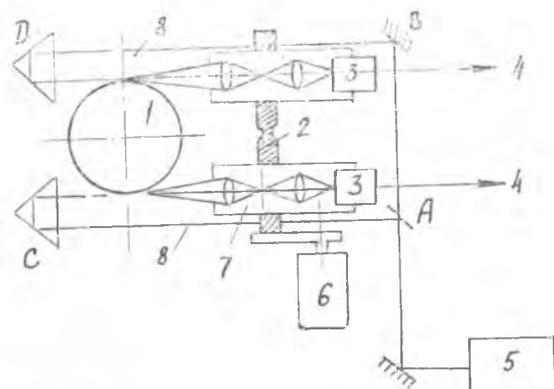


Рис. 24. Схема лазерной установки для применения на токарных станках

В Японии разработана лазерная установка для измерения диаметра цилиндрических деталей при обработке на токарных станках. Излучение лазера 5 (рис. 24), пройдя систему зеркал и призму ABCD, направляется на обрабатываемую деталь 1. Часть светового потока, прошедшая по касательной к поверхности контролируемой детали, отклоняется под углом к основному потоку 8 и оптическими системами 7 направляется на фотоприемники 3, выходной сигнал 4 которых соответствует диаметру отклонению диаметра изделия. Система контролирует диаметр детали в различных сечениях. Настройка на номинальное значение размера осуществляется дифференциальным винтом 2 с помощью серводвигателя 6. Предел измерений диаметра 0...200 мм, погрешность системы ± 10 мкм. Недостатки системы: невозможность применения при резании с СОЖ и относительно высокая стоимость /5/.

2.3. СРЕДСТВА АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПРИ СОПРЯЖЕННОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ

Получение сопряжений с допуском на зазор или натяг в несколько микрон при обеспечении полной взаимозаменяемости экономически невыгодно, так как в настоящее время изготовление деталей с допуском 1—2 мкм является весьма сложной технической задачей. Для получения таких сопряжений

в основном пользуются индивидуальной пригонкой сопрягаемой пары, а в массовом производстве — селективной сборкой.

Индивидуальная пригонка является трудоемкой и дорогостоящей операцией, селективная сборка также вызывает определенные трудности, особенно при небольшом объеме производства. По этим причинам в последнее время начал применяться способ сопряженной обработки, при котором поверхность сопряжения одной из деталей, чаще отверстие втулки, изготавливается по сравнительно широким, экономически выгодным допускам, а затем к каждой из втулок автоматически с помощью прибора при обработке на станке пригоняется вал. Диаметр вала должен быть таким, чтобы при сборке с парной втулкой обеспечивался требуемый зазор или натяг.

Приборы активного контроля при сопряженной обработке строятся таким образом, чтобы их показания или выдача команд на исполнительные органы станка зависели только от разности сопрягаемых деталей:

$$\Delta = D_1 - D_2,$$

где D_1 — размер охватывающей детали; D_2 — размер охватываемой детали.

Осуществление этого требования может быть достигнуто с помощью различных методов измерения. Однако наиболее просто эту задачу можно решить при помощи пневматических приборов.

На рис. 25 приведена принципиальная схема пневматического прибора активного контроля при сопряженном шлифовании, построенная по недифференциальной схеме измерения.

На измерительную позицию I устанавливается втулка с окончательно обработанным отверстием D_1 . Втулка на позиции измерения центрируется по пробке 2, в вырезах которой перемещаются измерительные штоки 1 и 3, которые подвешены на плоских пружинах 4 и 6 и несут на себе измерительное сопло 9 и плоскую заслонку 8.

Подвеска штоков на пружинных параллелограммах обеспечивает их перемещение только по линии измерения. Суммирование перемещений штоков 1 и 3 осуществляется элементом «сопло—заслонка», это дает возможность исключить погрешности базирования детали по линии измерения. Измерительное усилие создается пружинами 5 и 7.

Позиция II представляет собой двухконтактную скобу, установленную на столе шлифовального станка. С помощью гидродоуплинера 11 скоба подается на деталь, измерительные твердосплавные наконечники 15 и 16 охватывают деталь в диаметральной плоскости. Постоянство этого положения обеспечивается

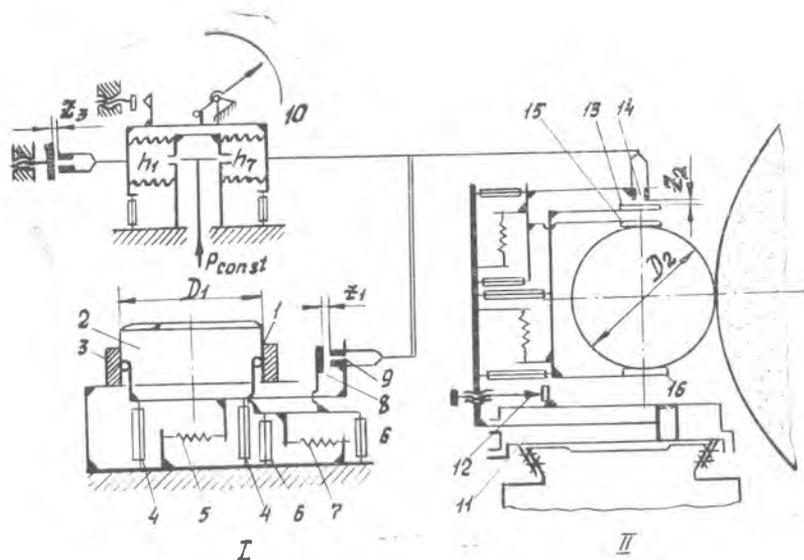


Рис. 25. Пневматическая измерительная система активного контроля при сопряженном шлифовании

упором 12. Конструкция скобы аналогична конструкции измерительного устройства для контроля отверстия втулки, только выполнено другое крепление измерительного сопла 14 и заслонки 13, так что при увеличении вала зазор Z_2 увеличивается, в то время как при контроле отверстия зазор Z_1 уменьшается при увеличении отверстия.

Измерительная скоба контролирует диаметр D_2 обрабатываемого валика, который пригоняется к втулке D_1 .

Давление в правой ветви пневматического дифференциального прибора 10 зависит от суммы $z_1 + z_2$. Давление в левой ветви устанавливается в зависимости от величины зазора z_3 в узле противодействия, который служит для настройки прибора по шкале и для выдачи команды станку при достижении валом размера, обеспечивающего в сопряжении со втулкой заданный зазор или натяг.

Если обработку вала прекратить при одном и том же показании прибора, что соответствует $z_1 + z_2 = \text{const}$ и постоянству измерительного давления в правом сильфоне, то независимо от размера отверстия втулки (в допустимых пределах) будет соблюдаться условие

$$\Delta = D_1 - D_2 = \text{const},$$

Это условие обеспечивается соответствующим построением измерительных устройств для контроля вала и втулки.

Предположим, что прибор настроен по образцовой втулке и образцовому валу, которые в сопряжении дают заданный зазор $z_1 + z_2 = c$. Допустим, что очередная втулка имеет размер больше образцовой на a мм. Тогда зазор z_1 уменьшается также на a мм, так как обработку вала мы прекращаем при $z_1 + z_2 = c$, а это условие будет выполнено только при увеличении z_2 на a мм, т. е. когда обрабатываемый вал будет больше образцового на a мм.

Таким образом, независимо от изменения размера втулки, величина зазора в сопряжении осталась неизменной. Все эти рассуждения будут справедливы лишь в том случае, когда зазоры у сопел 9 и 14 в процессе работы прибора будут изменяться в пределах линейных участков расходных характеристик, т. е.

$$z_{\min} < z_1 < z_{\max};$$

$$z_{\min} < z_2 < z_{\max};$$

где z_{\min} ; z_{\max} зазоры, соответствующие границам линейного участка расходной характеристики сопел.

Недифференциальная схема измерения применяется при малых допусках на диаметр втулки, она удобна в эксплуатации.

3. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОГРЕШНОСТЕЙ КОНТРОЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Под погрешностью показаний приборов понимается разность между показанием прибора и действительным значением измеряемой величины. Погрешность показаний зависит от влияния большого количества различных факторов.

К погрешностям измерительных приборов можно отнести кинематические и технологические погрешности цепей передачи приборов. Другая группа погрешностей зависит не только от измерительного прибора, но и от условий измерения. В нее входят погрешности отсчета, погрешности, возникающие за счет силовых деформаций измерительной цепи, погрешности за счет порогов чувствительности и зазоров в подвижных стыках цепи передачи прибора, погрешности, вызываемые износом измерительных наконечников прибора.

К кинематическим относятся погрешности, присущие конструктивным схемам приборов. Они имеют место при любом методе преобразования измерительного импульса, вызывая функциональное изменение мгновенного передаточного отношения. Кинематические погрешности не связаны с неточностью изготовления средств измерения. Они зависят от линейности харак-

теристик измерительных средств и постоянства передаточных отношений. У механических (например, рычажных) приборов кинематические погрешности в чистом виде не существуют. К ним всегда в большей или меньшей степени примешиваются технологические погрешности. У пневматических измерительных устройств имеется кинематическая погрешность, поскольку закон изменения их характеристики носит нелинейный характер. Погрешность показаний приборов во многом зависит от того, соблюдается ли в их конструкциях принцип Аббе.

Согласно этому принципу контролируемая величина и образцовая, с которой сравнивается первая, должны располагаться последовательно, т. е. лежать на одной прямой. Применительно к конструированию контрольных устройств условием соблюдения принципа Аббе является расположение на одной прямой линий измерения и передач измерительного импульса. При соблюдении принципа Аббе погрешности от перекосов « δ » являются ошибками второго порядка малости по сравнению с погрешностями, возникающими при несоблюдении этого принципа. На рис. 26,а приведена схема прибора, у которого соблюден принцип Аббе, а на рис. 26,б — схема измерительного устройства, сконструированного без учета принципа Аббе.

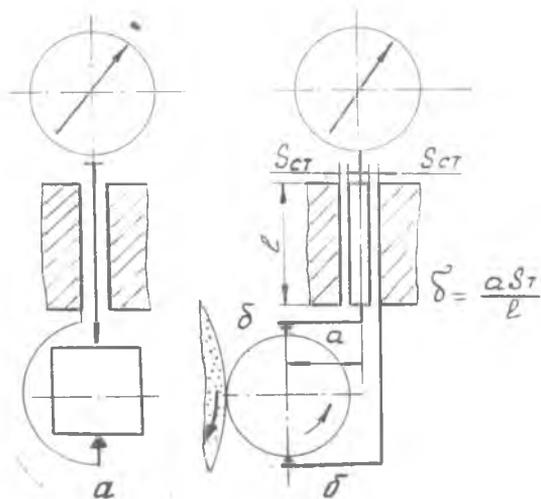


Рис. 26. Схема прибора, сконструированного:
а — с соблюдением принципа Аббе; б — без учета принципа Аббе

В метрологии принято различать прямые и косвенные методы измерения. При прямых методах измеряют непосредственно

искомую величину. При косвенных методах значение искомой величины определяют по результату измерения некоторой величины, связанный с искомой определенной зависимостью.

Точность косвенных методов во многом зависит от передаточного отношения между контролируемой и искомой величинами. Если передаточное отношение больше единицы, то точность косвенных методов выше точности прямых, если меньше единицы — то ниже точности прямых. Эти положения вытекают из следующей зависимости:

$$y = ax; \quad \delta_x = \delta_y / a;$$

где x — значение искомой величины;

y — значение контролируемой величины;

a — передаточное отношение между контролируемой и искомой величинами;

δ_y — погрешность измерения;

δ_x — погрешность определения искомой величины.

На рис. 27,а изображена схема радиального измерения.

При измерении деталь установлена в центрах или патроне. Передаточное отношение между измеряемым радиусом и искомым диаметром равно 1/2. Если искомой величиной является радиус, который определяется по результату измерения диаметра, то передаточное отношение равно 2.

На рис. 27,б показана схема измерения эксцентриситета посредством контроля величины биения. Передаточное отношение между контролируемой и искомой величинами равно 2 (величина биения $y = b - a = 2x$; $\delta_x = \delta_y / 2$, где x — величина эксцентриситета).

При измерении по схеме, изображенной на рис. 27,в между изменениями показания прибора и диаметра контролируемой детали существует следующая зависимость:

$$\delta_y = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right) \delta_D,$$

где δ_y — изменение показания прибора (погрешность измерения);

δ_D — изменение искомого диаметра (погрешность определения искомой величины).

При $\alpha \approx 39^\circ$ $\delta_y = \delta_D$. При этом точность косвенного метода равна точности прямого. При $\alpha = 60^\circ$ $\delta_y = \frac{\delta_D}{2}$; а при $\alpha = 90^\circ$

$$\delta_y \approx \frac{\delta_D}{5}.$$

При измерении по схемам, изображенным на рис. 27,г, в зависимости от расположения измерительного наконечника

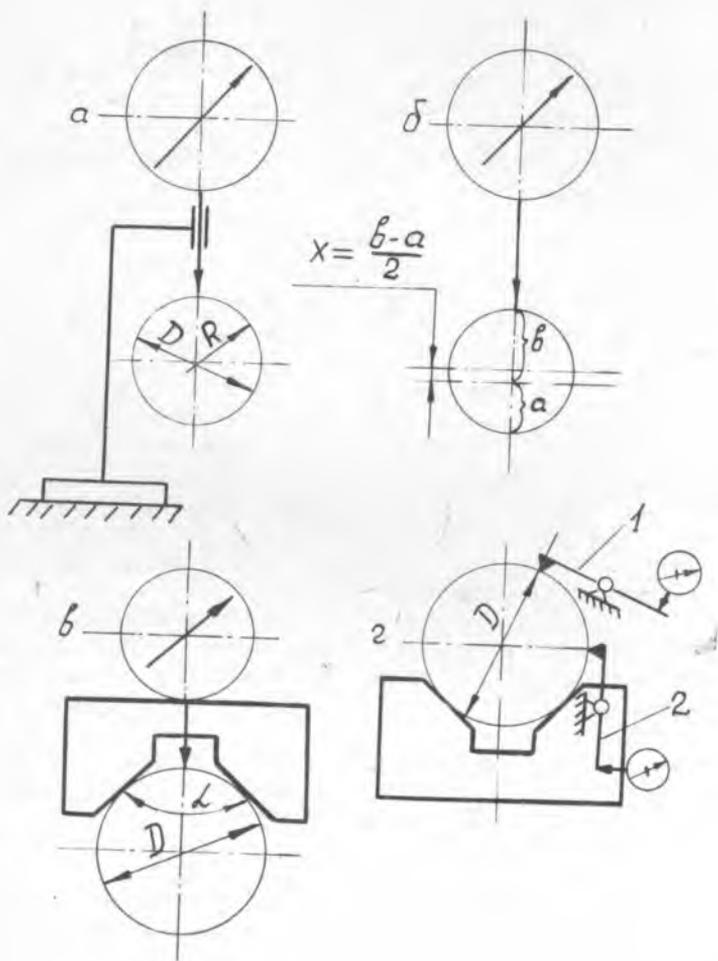


Рис. 27. Схема прямых и косвенных методов измерения:
 а — радиального; б — биения; в, г — в призме

и рычага прибора измерение может быть косвенным или прямым (по схеме 1 измерение является прямым, т. е. диаметрально-ным, по схеме 2 — косвенным, радиальным).

4. ЭЛЕМЕНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИИ

4.1. БАЗИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Одним из важнейших условий обеспечения требуемой точности контрольного приспособления является выбор правильной базы для установки проверяемой детали на приспособлении и применение базирующего устройства надежной и целесообразной конструкции.

Ряд базирующих элементов приспособлений по своей конструкции одновременно являются и зажимными.

Базирование контролируемой детали производят разными способами. Основные из них: установка по плоскости; установка по наружной или внутренней цилиндрической поверхности.

Базирование по плоскости применяется как для обработанных, так и для необработанных поверхностей деталей. Установка по необработанным поверхностям применяется в случаях, когда проверяются размеры с широкими допусками (не менее 1 мм), т. е. при контроле отливок и поковок.

Все опорные поверхности контрольных приспособлений необходимо выполнять из высокоуглеродистых или цементируемых сталей с закалкой до твердости не менее $H_{RC} 58$.

Наиболее широко применяемым методом базирования по наружным цилиндрическим поверхностям является установка детали на призму.

На погрешность измерения оказывает влияние не только неточность базовой поверхности, но и погрешность изготовления самой призмы и установки ее на приспособлении. Точно расположить ось призмы при изготовлении приспособления часто бывает довольно затруднительно. В этих случаях рекомендуется конструкция призмы, имеющей регулирование углового положения оси в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Для повышения точности базирования в призме и уменьшения влияния неправильности формы цилиндрической поверхности детали в средней части призмы делают выборку. Призмы для уменьшения износа необходимо изготавливать из высокоуглеродистой и цементируемой стали твердостью $H_{RC} = 58 \dots 62$. Одним из методов повышения износостойчивости призмы

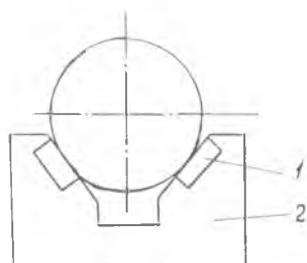


Рис. 28. Установка детали в призму с пластинками из твердого сплава

является оснащение ее рабочих поверхностей пластинками из твердого сплава. Пластины 1 заделывают в корпус 2 так, чтобы не было выступающих острых кромок (рис. 28). При проверке тяжелых деталей для увеличения срока службы приспособления рекомендуются призмы с цилиндрическими сухарями 2, вставленными в отверстия корпуса 3 и закрепленными винтами 1 (рис. 29). По мере износа сухарей их следует повернуть на некоторый угол и вновь закрепить.

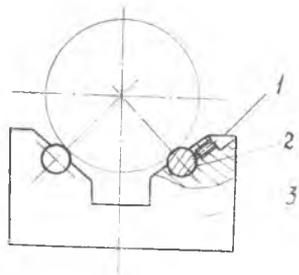


Рис. 29. Установка детали на призму с цилиндрическими сухарями

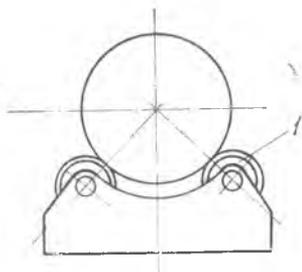


Рис. 30. Установка детали на вращающиеся ролики

Для облегчения вращения детали взамен жесткой призмы могут быть применены два вращающихся ролика 1 (рис. 30). Они должны быть изготовлены с высокой точностью. Замена роликов стандартными подшипниками возможна лишь в тех случаях, когда не требуется высокая точность, так как подшипники обычных классов имеют относительно широкие допуски на биение. Хорошие результаты дает установка роликов на иглах, причем иглы подбирают по классам.

Базирование наружных цилиндрических поверхностей в гладких отверстиях применяется относительно редко, потому что трудно установить деталь в отверстие с малым зазором. При базировании по отверстию фактически происходит не центрирование, а установка детали по одной образующей.

Более точное центрирование по наружным цилиндрическим поверхностям производят мембранные и гидропластовые патроны. Зажим деталей происходит за счет упругой деформации мембраны или втулки. Кулачки мембраны или диаметр гидропластовой втулки должны шлифоваться в сборе до размера закрепляемой поверхности детали при предварительном разжатии на 0,05—0,15 мм.

Зажимаемая поверхность детали не должна быть большой длины относительно диаметра и допуск на ее изготовление не должен превышать 0,06—0,08 мм. При высокой точности центрирования мембранные и гидропластовые патроны не обеспечива-

ют большого усилия зажима, поэтому они не применяются для деталей большого веса или имеющих значительные несбалансированные массы.

Мембрана при диаметре 180—200 мм должна иметь толщину $\delta = 7$ мм и изготавливаться из пружинной стали (ст. 65 Г и др.) с термической обработкой до твердости $H_{RC} = 40$.

Установка по цилиндрическому отверстию деталей производится большей частью различными оправками: гладкими, разжимными и т. д. Базирование по отверстию выполняется одним из двух основных способов: односторонним базированием или центрированием.

При одностороннем базировании происходит точная установка оси отверстия детали в одном направлении со значительно повышенной точностью в перпендикулярном направлении.

Односторонний выбор зазора на пальце может достигаться различными конструктивными способами.

При базировании легких деталей, имеющих поверхность со значительной шероховатостью и высокой твердостью, отжим может производиться шариком. На рис. 31,а показан палец с шариком, постоянно нагруженным пружиной.

Значительно жестче и надежнее палец, в котором шарик принудительно отжимается винтом (рис. 31,б).

Если палец имеет выборку или лыску (рис. 31,в), то вместо шарика используется плунжер, на который действует пружина.

Использование штока для отжима шарика в пальце

Использование штока 3 для отжима шарика 2 в пальце 1 (рис. 31,г), который перемещается гайкой, эксцентриком или пневматикой в направлении, показанном стрелкой, значительно повышает силу зажима. Обратное движение штока во избежание его заклинивания должно осуществляться также принудительно.

Более надежной является конструкция, в которой шарик заменен отжимным сухарем 3 (рис. 32). Она может успешно применяться и в тех случаях, когда базовые поверхности имеют невысокую твердость (алюминий, баббит и т. д.). От выпадания сухарь предохраняется двумя замками в виде колец 4.

При базировании по двум отверстиям с параллельными осями применяется установка на два пальца — цилиндрический и срезанный.

При контроле деталей вращения или деталей с отверстиями широко применяется проверка на центрах непосредственно или с помощью оправок. В зависимости от конструктивных особенностей каждого приспособления базирование может производиться как в горизонтальных, так и в вертикальных центровых бабках.

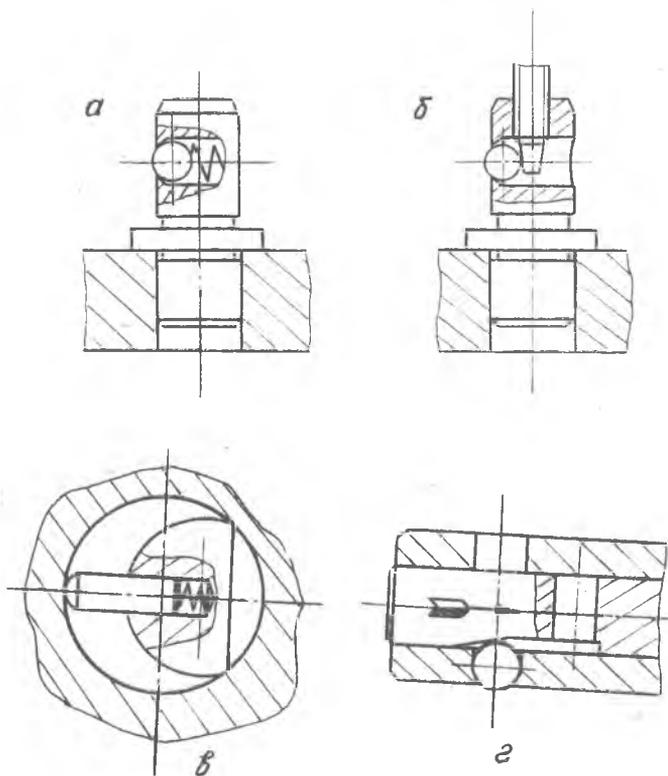


Рис. 31. Схема одностороннего базирования по отверстию с применением пальца: *а* — с шариком и пружиной; *б* — с шариком и винтом; *в* — с плунжером и пружиной; *г* — с шариком и штоком

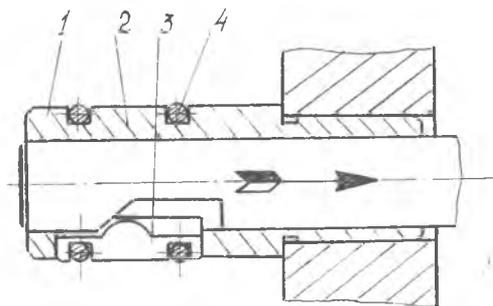


Рис. 32. Схема одностороннего базирования по отверстию с сухарем: *1* — палец, *2* — шток, *3* — сухарь, *4* — кольцо

Центрирование на конических оправках является широко распространенным и удобным методом базирования деталей небольших размеров. При посадке конической оправки в отверстие детали происходит точное центрирование по кромке отверстия. Одновременно имеет место заклинивание за счет упругой деформации металла, в результате чего создается контактный пояс. Биение конусной части оправки относительно оси центровых отверстий ограничивается допуском на изготовление, равным 10% от допуска на деталь с округлением до тысячных долей мм, но не менее 0,003 и не более 0,015.

Значения конструктивных элементов оправок приведены в таблице. Для диаметров больше 45 мм оправки делают пустотелыми с запрессовкой с одной стороны пробкой, заштифтованной поперечным штифтом. Конические оправки изготавливают из высокоуглеродистой или цементируемой стали с $H_{RC} \geq 57$.

Таблица

Конусность	1/500... 1/1000	1/500... 1/1000	1/750... 1/1000	1/750... 1/1000	
Допуск на D	0,010	0,005	0,003		
F	15	25	40		

4.2. ПЕРЕДАТОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Основное назначение передаточных устройств: передача измеренных величин на некоторое расстояние от измеряемой поверхности; изменение направления передаваемых величин; предохранение измерительного наконечника прибора от непосредственного контакта с контролируемой деталью.

Передаточные устройства подразделяются на две основные группы: прямые и рычажные.

Прямые применяются в тех случаях, когда контактирующая с измерительным наконечником поверхность детали перемещается относительно индикатора, например, при проверке биения (рис. 33). Эти устройства обычно состоят из стержня 1, который соприкасается непосредственно с проверяемой деталью или индикатором, направляющих втулок (гладких 2 или резьбовых 3), промежуточного стержня 4, который в случае износа может быть заменен новым. Регулированием резьбовой втулки можно создать необходимый натяг стержня.

Рычажные передачи применяются для углового изменения направления передаваемых измеренных величин, для передачи их в направлении, параллельном первоначальному, но не нахо-

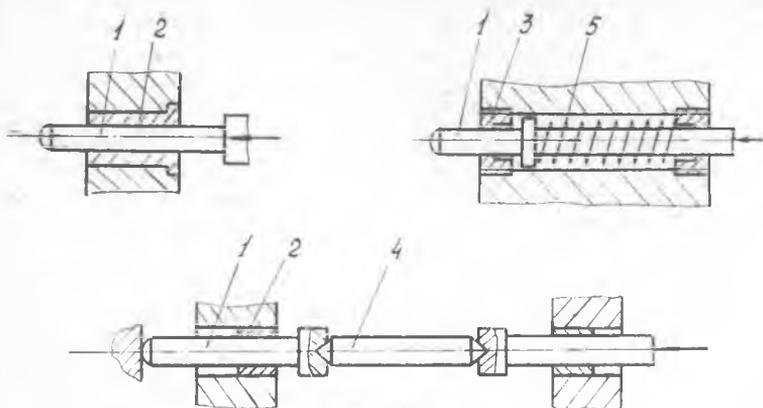


Рис. 33. Прямые передаточные устройства: 1 — стержень; 2, 3 — ступка направляющая; 4 — стержень промежуточный; 5 — пружина

дящемся с ним на одной прямой, и для преобразования (увеличения или уменьшения) передаваемой величины (рис. 34).

Рычажные передачи имеют контакт непосредственно с контролируемой деталью или с другими элементами самого приспособления — передаточными стержнями, измерительными наконечниками и т. д.

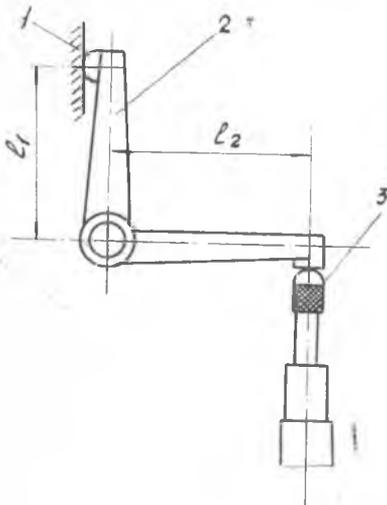


Рис. 34. Рычажные передаточные устройства: 1 — проверяемая деталь; 2 — рычаг; 3 — измерительный прибор

Концы плеч рычагов должны иметь точечный контакт с поверхностью проверяемой детали или следующим передаточным звеном приспособления. Для этого поверхности концов плеч рычагов выполняются трех типов: сферическая поверхность контактирует с поверхностями детали (плоской или цилиндрической большого радиуса); плоская поверхность контактирует со сферической поверхностью детали; ножеобразная

(или полуцилиндрическая) поверхность — с перпендикулярной ей цилиндрической поверхностью.

При использовании увеличивающих и уменьшающих рычагов рекомендуется принимать передаточные отношения равными 1,5:1,0; 2:1; 3:1 и реже 5:1 /6/.

Для ограничения хода рычага под действием пружины и предохранения индикатора от возможных ударов при установке детали на приспособление рычажная передача имеет регулируемые предохранительные винты.

Наиболее распространенной конструкцией шарнира, на котором качаются передающие рычаги, является каленый штифт, проходящий через отверстие рычага (рис. 35,а).

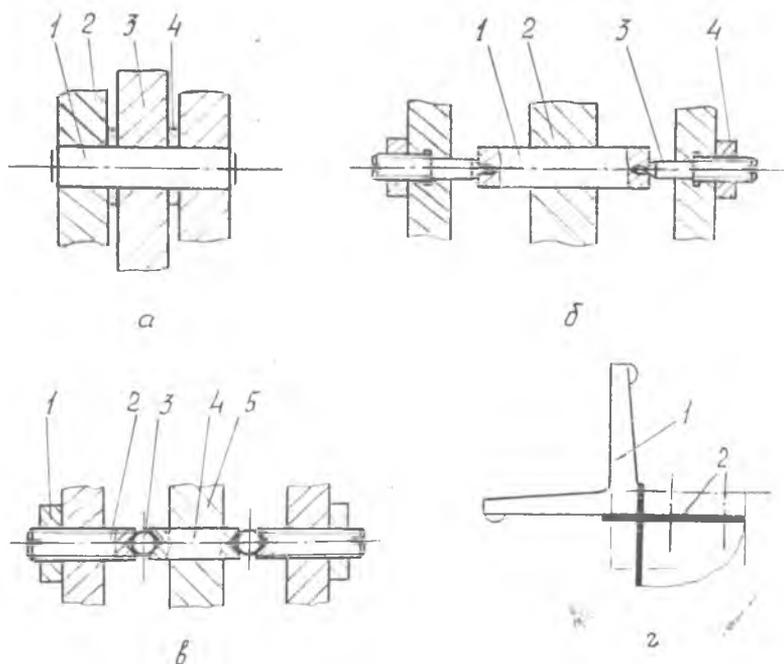


Рис. 35. Конструкции рычагов, качающихся: а — на штифте (1 — штифт, 2 — корпус приспособления, 3 — рычаг, 4 — шайба регулировочная); б — на центрах (1 — ось, 2 — рычаг, 3 — центр, 4 — контргайка); в — в шариках (1 — контргайка, 2 — центр обратный, 3 — шарик, 4 — ось, 5 — рычаг); г — на плоских пружинах (1 — рычаг, 2 — пружина плоская)

Качание рычага осуществляется двумя способами: штифт 1 посажен неподвижно в корпусе 2 приспособления, а рычаг 3 ка-

чается на штифте; при этом трущиеся поверхности штифта и рычага должны быть высокой твердости. Штифт посажен неподвижно в рычаге и совместно с рычагом качается в отверстиях корпуса приспособления. При этом корпус должен быть каленым или иметь запрессованные каленые втулки, в которых качается штифт. Преимуществом последней конструкции является то, что опорная база рычага разнесена на большую ширину, благодаря чему уменьшается боковая качка рычага. Эту конструкцию применяют для рычагов, имеющих плечи большой длины.

Посадка рычага по боковым сторонам (по торцам бобышек) и по отверстию должна быть по H_7/h_6 .

Более высокой точностью отличается рычажная передача, ось 1 которой качается на центрах 3 (рис. 35,б). Эту конструкцию высокой чувствительности применяют на приборах и приспособлениях повышенной точности, предохраненных от возможных ударов. За счет регулирования винтов достигается легкая беззаярная посадка рычага. По мере износа центровые винты можно подтягивать и тем продлить срок службы передачи. Чувствительность и точность передачи обеспечивается соосностью центров, для чего они, помимо посадки по резьбе, имеют посадку по отверстиям в корпусе. Коническая часть центра не должна иметь биения более 0,01 мм относительно цилиндрической направляющей части. Для плавного регулирования центров применяют мелкую резьбу. После регулирования центры 3 должны быть обязательно законтрены при помощи контргаек 4.

Центры должны иметь более высокую твердость, чем отверстия, это обеспечивает хорошую притираемость конуса центрального гнезда и уменьшает возможность появления выработки на конусе центра.

Рычаг 5, качающийся на шариках 3 (рис. 35,в) аналогичен рычагу на центрах. За счет уменьшения площади контакта этот шарнир более чувствителен, но в то же время менее износостойчив, вследствие чего требует более частого регулирования.

Центровые гнезда под шарики должны иметь угол 60 или 90°, шероховатость не более $R_a = 0,160$ и твердость $H_{RC} 60$.

Наиболее простой конструкцией является подвеска на одной или двух плоских пружинах 2 (рис. 35,г). Такая подвеска весьма чувствительна, однако может явиться источником погрешности измерения, так как нарушается положение оси рычага 1.

4.3. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Для надежной установки проверяемых деталей на контрольных приспособлениях применяются зажимные устрой-

ства. Они должны закреплять деталь, не вызывая при этом ее смещений и деформаций, и обеспечить надежность установки проверяемой детали относительно измерительного устройства. Таким образом, условия работы зажимов контрольных приспособлений принципиально отличаются от условий работы зажимов станочных приспособлений, которым приходится преодолевать значительные усилия резания.

В ряде случаев — при устойчивом базировании проверяемой детали на контрольном приспособлении, когда центр тяжести проектируется внутри опорного треугольника и когда усилия, создаваемые измерительным устройством, не нарушают этой устойчивости положения детали — вообще отпадает необходимость в зажимном устройстве.

Необходимым условием является быстрота управления зажимом, что уменьшает вспомогательное время. Поэтому при проектировании контрольного приспособления рекомендуется пользоваться преимущественно быстродействующими рычажными, эксцентриковыми, байонетными и пневматическими зажимами.

Зажимные устройства, применяемые в контрольных приспособлениях, можно разделить на две группы по характеру силового источника: а) ручные, б) пневматические.

Ручные зажимы

Применение винтовых зажимов не рекомендуется вследствие их низкой производительности и малой чувствительности.

Удачной конструкцией является перекидной рычажно-пружинный зажим. Преимуществом данной конструкции является ее простота, возможность отхода прижимного рычага 2 при зажиме вращающихся деталей (вследствие их некруглости, биения и т. д.) и небольшое усилие зажима, не вызывающее деформаций проверяемой детали. Если проверяемая деталь 3 в процессе измерения должна вращаться, то зажим снабжают роликом 1 или шарикоподшипником (рис. 36).

Удобным и надежным является шарнирно-рычажный зажим (рис. 37). Его отдельные элементы (серьга 2 и рукоятка 1) первоначально устанавливаются под очень малыми углами, развивая значительное усилие. Расположение рычагов зажима обеспечивает не только быстрое и легкое включение и выключение зажима, но и большой отвод зажимной планки 5.

Шарнирный зажим зажимает детали, имеющие сравнительно малый допуск на изготовление (0,5—0,7 мм).

Применять байонетный зажим рекомендуется в случаях, когда не требуется значительных усилий. Обычный байонет (рис. 38) имеет шток 1, на котором профрезерована канавка

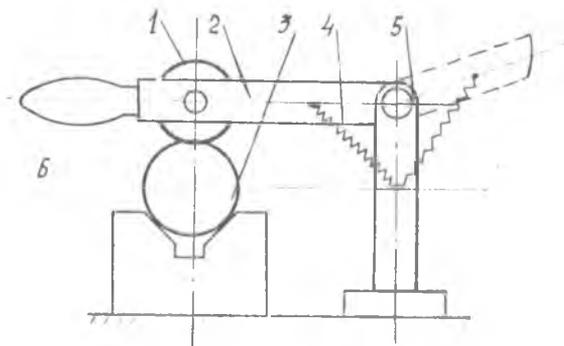


Рис. 36. Рычажно-пружинный зажим: 1 — ролик; 2 — рычаг прижимной; 3 — деталь проверяемая; 4 — пружина; 5 — стойка; 6 — призма

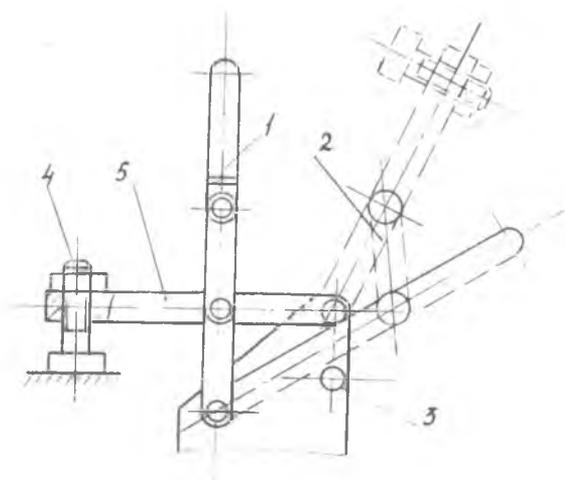


Рис. 37. Шарнирно-рычажный зажим: 1 — рукоятка; 2 — серьга; 3 — штифт; 4 — болт; 5 — планка зажимная

под наконечник направляющего винта 2. Канавка имеет прямой участок, расположенный вдоль оси штока, и зажимной участок, образующий спираль с углом $4-5^\circ$ к оси штока. Конец штока, обращенный к зажимаемой детали, оснащается наконечником 3, на противоположном конце штока имеется рукоятка 4, при помощи которой шток перемещают в осевом направлении и поворачивают вокруг оси.

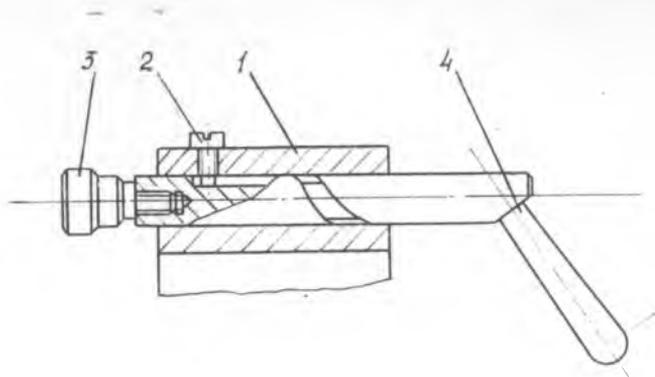


Рис. 38. Байонетный зажим

Прямой участок канавки позволяет быстро подводить и отводить шток, а спиральный участок, имеющий угол спирали в пределах угла торможения, обеспечивает надежное зажатие детали.

4.4. ПОДВИЖНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Большинство контрольных приспособлений имеет различные подвижные элементы. Это могут быть или детали, в которых осуществляется вращение шпинделя, центры и т. д. или детали, имеющие продольное перемещение — шупы, каретки и др.

Подвижные детали, в зависимости от необходимой точности и чувствительности, могут перемещаться с трением скольжения или с трением качения. В некоторых случаях применяются конструкции с сочетанием обоих видов трения в одном узле.

4.4.1. Детали вращения

Наиболее распространенная конструкция шпинделя контрольного приспособления показана на рис. 39. Шпиндель вращается во втулках 2. От осевых перемещений шпиндель предохраняется шлифованной шайбой 3, гайкой и контргайкой 5, позволяющими точно регулировать величину осевого зазора. Втулки 2 стальные, закаленные. Посадка пальца 1 во втулках зависит от точности приспособления и может быть выполнена по 5—6 квалитетам или в особо точных случаях с индивидуальной пригонкой.

Зазор между шпинделем и втулкой по мере износа непрерывно увеличивается. Это требует восстановительного ремонта с заменой или хромированием изношенных деталей. Такого не-

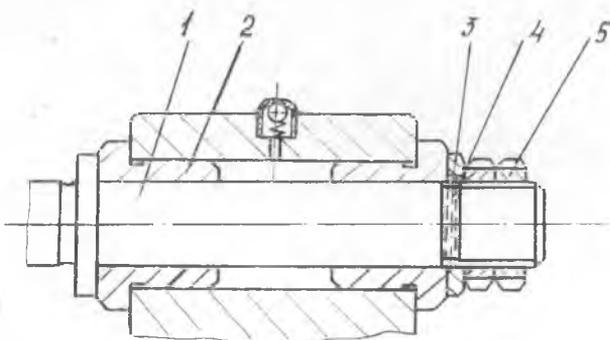


Рис. 39. Шпindelь цилиндрический: 1—палец; 2—втулка; 3 — шайба; 4 — шуп; 5 — гайка

достатка лишены шпиндели с конической посадочной поверхностью. Преимущество конического шпинделя (рис. 40) заключается в том, что путем изменения толщины шайбы 1 (рис. 40,а), гайки 6 (рис. 40,б) или регулировочного винта 4 (рис. 40,в) можно достигнуть посадки шпинделя во втулке с минимальным зазором.

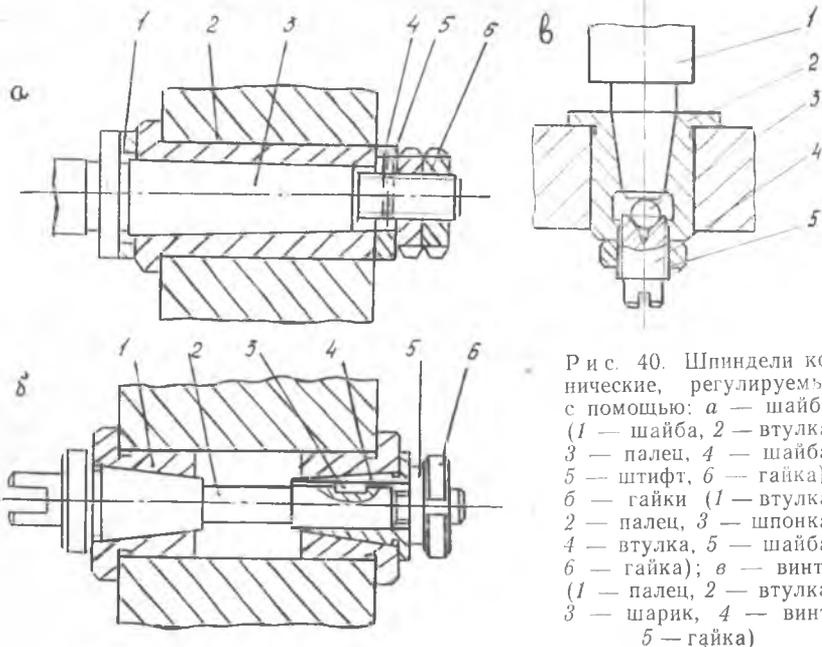


Рис. 40. Шпиндели конические, регулируемые с помощью: а — шайбы (1 — шайба, 2 — втулка, 3 — палец, 4 — шайба, 5 — штифт, 6 — гайка); б — гайки (1 — втулка, 2 — палец, 3 — шпонка, 4 — втулка, 5 — шайба, 6 — гайка); в — винта (1 — палец, 2 — втулка, 3 — шарик, 4 — винт, 5 — гайка)

На рис. 41 показан шпиндель, предназначенный для базирования тяжелых деталей. Хвостовик шпинделя 1 надежно центрируется во втулке 2, а его бурт, опирающийся на шарики 3, обеспечивает легкость вращения. Наличие плоских беговых дорожек 6 и отбор шариков в один размер с точностью 1—2 мкм обеспечивает высокую точность по торцевому биению.

В ряде случаев применяют специальные встроенные шарикоподшипники, в которых радиальные дорожки заменены прямолинейными поверхностями качения. Подобные конструкции имеют два ряда шариков, расположенных в осевом направлении далеко (рис. 42, а) или близко друг от друга (рис. 42, б), или же только один ряд шариков.

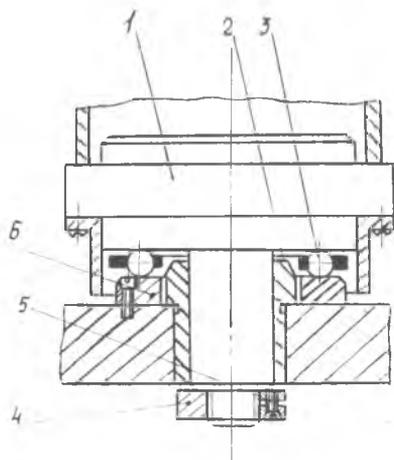


Рис. 41. Шпиндель на шариковой опоре: 1 — хвостовик шпинделя; 2 — втулка; 3 — шарик; 4 — гайка; 5 — винт; 6 — дорожка беговая

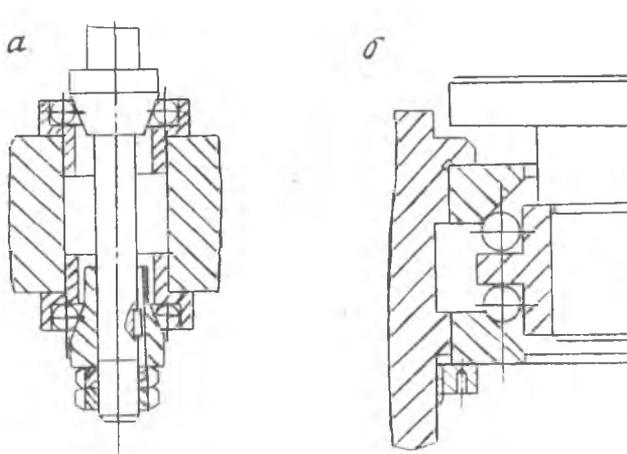


Рис. 42. Узлы, вращающиеся на шариках, расположенных друг от друга: а — далеко; б — близко

Для того, чтобы устранить проскальзывание шариков в местах контакта, необходимо учитывать, что касательная к шартику АО и линия, проходящая через точки контакта К и К₁, должны пересекаться на оси вращения (рис. 43).

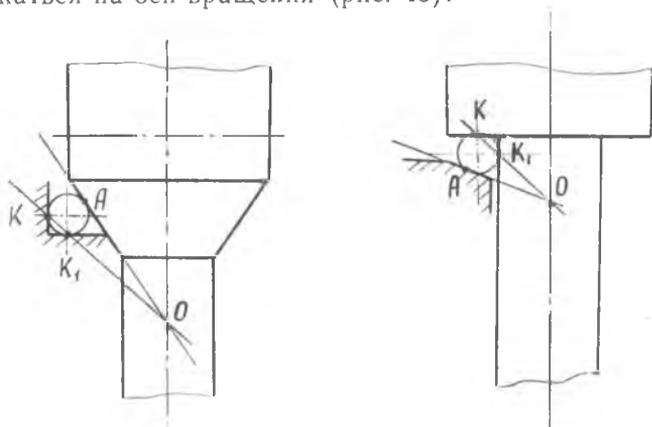


Рис. 43. Построение вращающихся направляющих качения

4.4.2. Детали прямолинейного перемещения

К деталям и узлам прямолинейного перемещения относятся всевозможные планки, направляемые шупы, скалки, каретки, столы и т. д.

Для деталей прямолинейного перемещения точность направляющих определяется величиной боковой качки, т. е. посадкой и длиной направления.

Каретки, перемещаемые на шариках или роликах, являются наиболее чувствительными и широко применяются при проектировании контрольных приборов и приспособлений. Они разделяются на два типа: каретки, висящие на шариках, и каретки, лежащие на шариках.

На рис. 44,а показано конструктивное оформление каретки, висящей на шариках. Каретка 1 имеет на боковых сторонах две призматические канавки. Подобные же призматические канавки предусматриваются в двух направляющих планках — регулируемой 2 и неподвижной 3. Между призматическими канавками помещаются шарики 4, на которых и висит каретка. Двумя винтами 5 регулируется планка 2 для получения оптимальных условий качения шариков и перемещения каретки. Преимущество данной конструкции в том, что она легко перемещается, обладает высокой жесткостью и хорошим ограничением от смещения как в боковом, так и в вертикальном направлениях. Но быстрое появление зазоров и качки по мере износа требует относительно частого регулирования планки. Этого недостатка лишена карет-

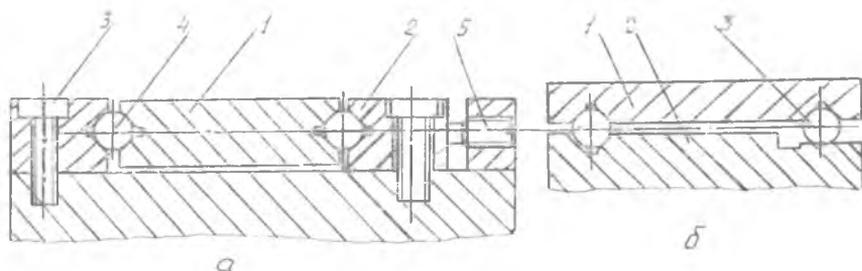


Рис. 44. Каретки на шариках: а — висящие; б — лежащие

ка, лежащая на шариках (рис. 44,б). На верхней плоскости 1 этой каретки имеются два параллельных призматических паза. На нижней плоскости 2 плиты находятся один призматический паз и плоскость, по которой катаются три шарика: два направляющих (между двумя призмами) и один опорный (между призмой и плоскостью). Каретка лежит на этих трех шариках и притягивается к ним пружиной, расположенной в центре тяжести опорного треугольника, вершинами которого являются центры шариков 3.

Преимущество этой конструкции заключается в простоте, точности и технологичности. Благодаря этому, несмотря на износ, в каретке не возникает качка.

Недостатком шариковых направляющих является то, что величина хода каретки ограничивается величиной хода шариков.

Помимо кареток с шариками, нашли применение и передаточные устройства на плоских пружинах (рис. 45). У них отсутствует износ, а необходимое измерительное усилие обеспечива-

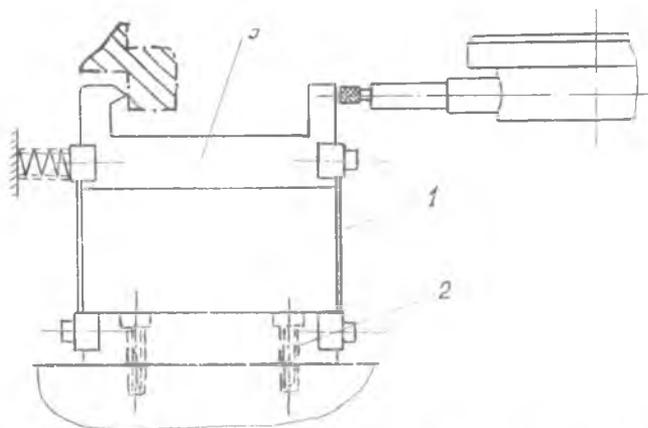


Рис. 45. Передаточное устройство на плоских пружинах

ётся изменением толщины, ширины или длины пружины. Передача представляет собой параллелограмм, двумя сторонами которого служат упругие плоские пластины 1, третьей стороной (неподвижной) — корпус приспособления или планка 2, а четвертой — передающий элемент 3.

Для нормальной работы передачи на пластинах должна быть выдержана параллельность противоположных сторон параллелограмма с точностью до 0,05 мм.

Упругие пластины изготавливаются из стальной пружинной ленты, закаленной и отпущенной до твердости $H_{RC} 40$. В зависимости от конструктивных условий, они применяются толщиной 0,1—0,3 мм, шириной 6—12 мм и длиной 30—100 мм.

4.5. КРЕПЛЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Правильное и надежное крепление измерительных устройств оказывает значительное влияние на точность контрольного приспособления. Крепление должно быть жестким, обеспечивать быструю установку и снятие измерительного прибора и в то же время не деформировать гильзу. На рис. 46 по-

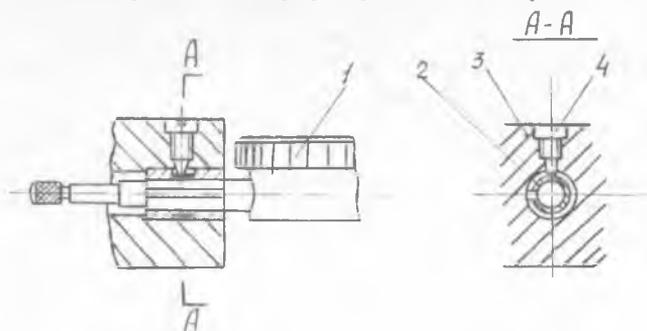


Рис. 46. Крепление индикатора: 1 — индикатор; 2 — втулка разрезная; 3 — приспособление; 4 — винт

казано крепление индикатора 1 часового типа за гильзу. Гильза вставляется в разрезную втулку 2, которая находится в гнезде приспособления 3. Втулка обжимается винтом 4. При таком методе крепления возможно производить продольное перемещение индикатора во втулке, изменяя натяг измерительного стержня. При этом изменяется используемый участок шкалы индикатора и соответственно удлиняется срок его службы.

Измерительные приборы могут крепиться за трубку с присоединительным диаметром 28 мм. Крепление осуществляется как с регулирующим устройством для осевого перемещения, так и без него.

Конструкция индикаторного штатива приведена на рис. П1. Он состоит из подставки 1 с укрепленной на ней скалкой 12. По скалке 12 в вертикальной плоскости перемещается хомут 20 с установленной в нем скалкой 4. Скалка 4 посредством сухаря 5, кольцевой пружины 9 и оси 10 связана с сухарем 8. В сухаре 8 посредством винта 21, пружины 22 и гайки 23 закрепляется планка 2, в которой с помощью винта 7 и гайки 23 зажимается индикатор. Положение оси индикатора в вертикальной плоскости регулируется гайкой 14 с помощью тяги 11. Крепление хомута 20 на скалку 12 осуществляется посредством втулки 16, болта 15, пружины 18 и гайки 19.

5. КОНСТРУКЦИИ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

5.1. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ

Приспособления для контроля линейных отклонений можно разделить на три группы: приспособления для контроля линейных размеров (длин, диаметров, высот и др.); приспособления для контроля точности взаимного расположения поверхностей деталей (отклонения от параллельности, перпендикулярности и т. п.); приспособления для контроля отклонений от правильной формы поверхности деталей (некруглость, конусность, неплоскостность и т. д.).

Номенклатура контрольных приспособлений, охватываемых приведенными укрупненными группами, исключительно разнообразна и широка.

Учитывая, что в настоящее время приспособления для контроля линейных отклонений широко освещены в литературе [7—10 и др.], ниже будут приведены схемы характерных конструкций.

5.1.1. Приспособления для контроля линейных размеров

Для измерения действительных размеров (длин, глубин, толщин, диаметров наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей и т. п.) наряду с универсальными средствами измерения (штанген-инструмент, микрометри, штангмассами, индикаторными скобами, нутромерами и т. д.) широко применяются и специальные приспособления.

На рис. П2 показан унифицированный прибор для контроля размера втулки. Измеряемая втулка устанавливается на сменной подставке, которая крепится к плите 1 с помощью пальца 2. Крепление втулки осуществляется гайкой 13 через быстросменную шайбу. Механический датчик, выполненный в виде рычага 3, передает измерительный импульс на индикатор, который крепится на стойке 7.

Ограничение перемещения рычага 3 осуществляется винтом 9. Рычаг 3 в вертикальной плоскости перемещается с помощью ползуна 4, который по направляющим типа «ласточкин хвост» смещается относительно стойки 5. Фиксация ползуна 4 происходит с помощью винта 18.

Приспособление для измерения расстояния между осями отверстий показано на рис. ПЗ. Измерение производится методом двойного замера. Наладка приспособления на измеряемый размер осуществляется при помощи эталона или плоскопараллельных концевых мер длины. Схема измерения представлена на рис. 47. Приспособление оснащено комплектом сменных накопечников. Настраечные размеры определяются по формуле

$$A = \frac{a + b}{2},$$

где a и b находятся по рис. 47. Пределы измерения приспособления $A = 40 \div 75$ мм.

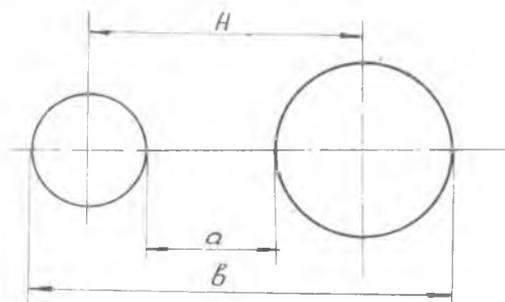


Рис. 47. Схема измерения расстояния между осями отверстий

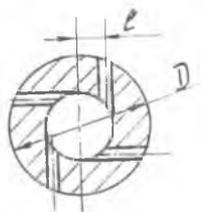


Рис. 48. Схема расположения отверстий у форсунки

Прибор для контроля форсунок показан на рис. П4. С его помощью определяется величина размера l относительно наружного диаметра D форсунки (рис. 48). Форсунка по наружной цилиндрической поверхности диаметра D устанавливается в призме 17, в которой поджимается прижимом 18.

Призма 17 крепится к плите 8. На этой же плите установлен индикатородержатель 7 и подушка 23. В подушке по направ-

ляющим перемещается угольник 5, с помощью его и индикатора определяется величина размера l .

5.1.2. Приспособления для контроля точности взаимного расположения поверхностей деталей

При проверке выполнения технических требований возникает необходимость контроля радиальных и торцевых биений деталей типа тел вращения, точности относительного расположения поверхностей в корпусных деталях и т. д. Ниже приведены типовые схемы наиболее распространенных методов контроля взаимного расположения поверхностей деталей. В каждом отдельном случае эти методы могут совершенствоваться с целью повышения производительности.

5.2. КОНТРОЛЬ УГЛОВ МЕЖДУ ПЛОСКОСТЯМИ И ОСЯМИ ОТВЕРСТИЙ

Если плоскости, между которыми необходимо измерить угол, открыты и доступны для измерений, то для контроля применяется нормальный угольник (90°) или специальный с необходимым углом. Нормальным угольником 90° можно также измерить угол между плоскостью 1 и осью двух соосных отверстий одинакового диаметра. Для этого на проверочную плиту 3 ставят домкраты 2, а на них — проверяемую деталь 6. С помощью микронной головки, закрепленной на стойке, плоскость 1 устанавливается параллельно плоскости проверочной плиты. Затем в отверстия вставляют контрольный валлик 5 и требуемый угол проверяют угольником 4 (рис. 49,а).

Взаимную перпендикулярность проверяют специальным приспособлением. Изменение показаний микронной головки 1 при повороте вала 2 на 180° соответствует отклонению от перпендикулярности осей отверстий на длине l (рис. 49,б).

Прибор для контроля биения торца относительно общей оси двух отверстий корпуса редуктора показан на рис. П5. Корпус редуктора устанавливается на оправу 3. В осевом направлении его положение фиксируется упором 4. Определение величины торцевого биения происходит рычагом 16, которое затем через шток 9 передается на индикатор.

Индикатор крепится с помощью зажима 6. Оправа 3 установлена в корпусе 2.

На рис. П6 представлен прибор для замера неперпендикулярности торца относительно общей оси двух отверстий диаметрами $72 \pm 0,03$ и $106 \pm 0,054$. Установка прибора в этих отверстиях осуществляется на гидропластовых втулках 6 и 8.

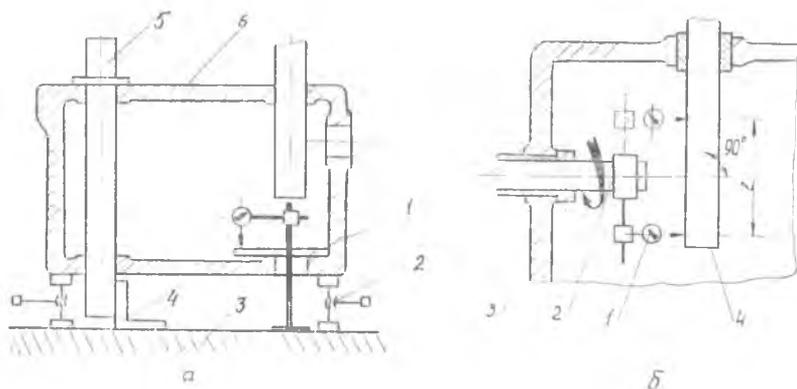


Рис. 49. Схемы контроля углов между плоскостями и осями отверстий: а — угольником (1 — контролируемая плоскость, 2 — домкрат, 3 — плита проверочная, 4 — угольник, 5 — валик контрольный, 6 — проверяемая деталь); б — микронной головкой (1 — головка микронная, 2 — вал, 3 — проверяемая деталь, 4 — оправка)

Крепление осуществляется винтом 1. Замер неперпендикулярности происходит с помощью индикатора, установленного в кронштейне 15. Для фиксации прибора в осевом направлении имеется упор 5. Вращение индикатора относительно оси отверстий $\varnothing 72$ и 106 осуществляется вместе со втулкой 4, которая установлена на оправе 7 с зазором 0,003—0,006 мм.

5.3. КОНТРОЛЬ ПАРАЛЛЕЛЬНОСТИ ПЛОСКОСТЕЙ, ОСЕЙ ВАЛОВ И ОСЕЙ ОТВЕРСТИЙ

Параллельность между двумя плоскостями проверяют с помощью микронной головки или индикаторного нутромера.

Проверка параллельности между плоскостями направляющих 1 и 3, а также между осью отверстия и плоскостями направляющих показана на рис. 50,а. На доводочную плиту 4 ставят домкраты 5, а на них располагают изготавливаемую деталь 6. Используя микронную головку 7, закрепленную на стойке, и домкраты, выравнивают направляющую плоскость 1 параллельно плоскости доводочной плиты. Затем с помощью этой же головки проверяют параллельность плоскости 3 плоскости доводочной плиты и параллельность оси контрольного валика 2, вставленного в отверстие, плоскостям 1 и 3. В отдельных случаях можно применять также контрольные валики 2 совместно со втулками 8 (рис. 50,б).

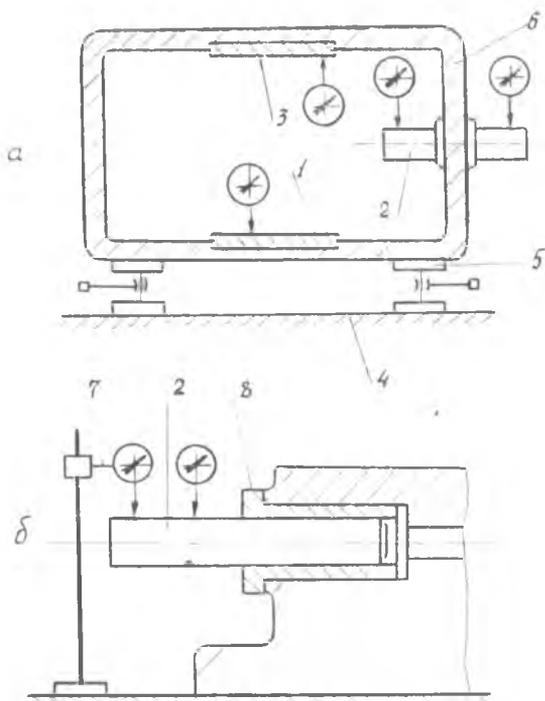


Рис. 50. Схема контроля параллельности плоскостей, осей валов и осей отверстий: а — с помощью контрольного валика и домкратов; б — контрольными валиками и втулками

Специальное контрольное приспособление для замера непараллельности плоскостей у серьги показано на рис. П7. Оно состоит из следующих основных деталей — плиты 2, установленных на ней призм 5, упора 19, каретки 15, планок 14 и скалки 10. Серьга с помощью пальца 26—32 устанавливается на призме 5 с фиксацией по упору 19. Замер непараллельности производится с помощью рычага 6 и индикатора, крепление которого на скалке 10 происходит с помощью винта 9.

5.4. КОНТРОЛЬ РАДИАЛЬНОГО, ТОРЦЕВОГО БИЕНИЯ И СООСНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

Для проверки радиального биения вала (или цилиндрической детали) относительно оси центров вал закрепляют в центрах и при его вращении проверяют биения с помощью микро-

ной головки. При этом могут быть применены горизонтальные или вертикальные центры. В случае установки детали в вертикальных центрах зазор между центром и деталью распределяется равномернее.

Если деталь имеет отверстие, то в этом случае применяют специальные контрольные оправки.

Для ускорения проверки радиального биения используют приспособления с резиновым роликом 1, прижимающим проверяемую деталь к призмам 2 и вращающим ее (рис. 51). Биение

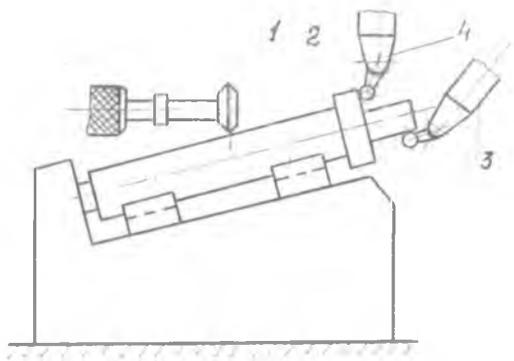


Рис. 51. Схема контроля торцевого биения и соосности диаметров у детали

малого цилиндра проверяют с помощью рычажного индикатора 3, который можно также использовать для контроля соосности малого и большого диаметров детали. Для этого индикатором 3 проверяют большой диаметр и затем сопоставляют результаты измерений большого и малого диаметров.

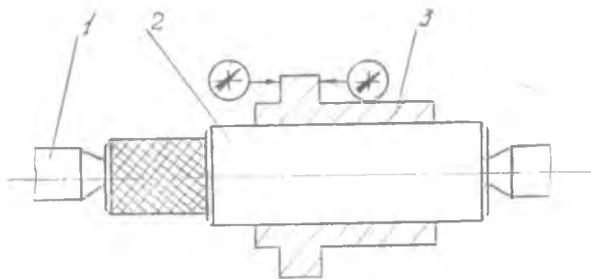


Рис. 52. Схема контроля торцевого биения. 1 — центр; 2 — оправка; 3 — проверяемая деталь

Наличие торцевого биения характеризует неперпендикулярность торца к оси изделия или к оси его отверстия. Торцевое биение можно проверить так же, как и радиальное, в центрах *1* без контрольной оправки или с помощью специальной контрольной оправки *2* (рис. 52), или рычажным индикатором *4* (рис. 51) в специальном приспособлении. В отдельных случаях для проверки неперпендикулярности торцов к осям отверстий используют специальные валки *1* и втулки *2*, а равномерность зазора по окружности втулки проверяют с помощью щупов (рис. 53).

На рис. 54 и 55 показан ряд схем проверки соосности расположения цилиндрических поверхностей. Соосность двух отверстий можно проверить и специальными калибрами.

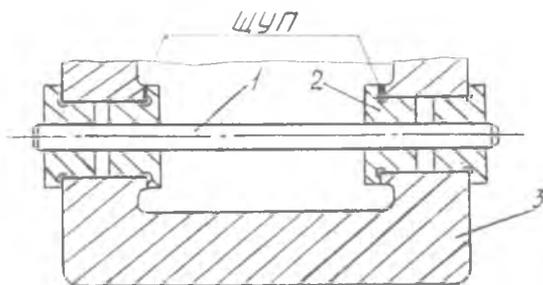


Рис. 53. Схема проверки неперпендикулярности торцов к осям отверстий: *1* — валок; *2* — втулка; *3* — проверяемая деталь

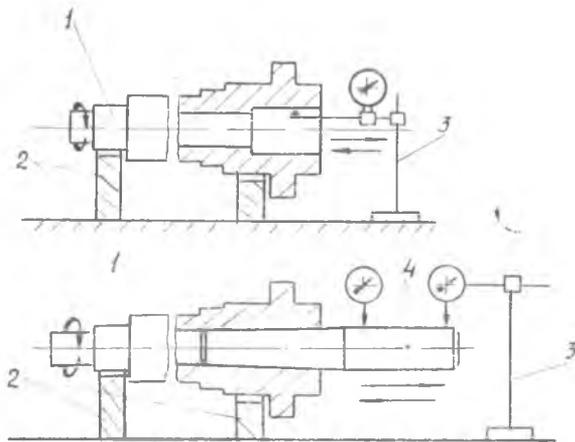


Рис. 54. Схемы проверки соосности цилиндрических поверхностей: *1* — проверяемая деталь; *2* — призма; *3* — стойка индикаторная; *4* — оправка

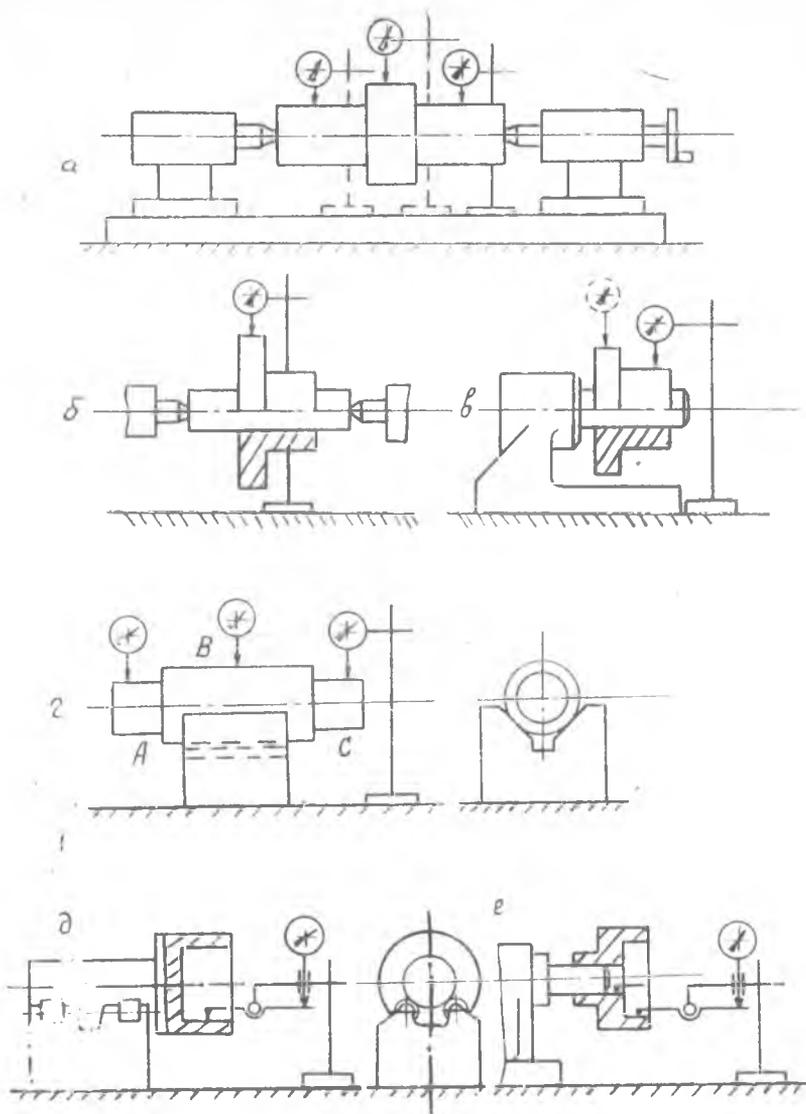


Рис. 55. Примеры проверки радиального биения деталей: *a* — в центрах биения поверхностей вала относительно оси центров; *б* — на оправке в центрах биения наружных поверхностей втулки относительно внутренней; *в* — на оправке биения наружных поверхностей втулки относительно внутренней; *г* — на призме биения поверхностей *A* и *C* относительно поверхности *B*; *д* — на роликах биения внутренней выточки валика относительно наружной его поверхности; *е* — взаимного биения двух отверстий втулки

В приложении приведен ряд конструкций приборов, предназначенных для замера радиальных и торцевых биений у деталей.

Прибор для контроля биений диаметров деталей типа втулок показан на рис. П8. Прибор состоит из плиты 1 с закрепленным на ней кронштейном 8. Кронштейн 8 в зависимости от размеров контролируемых втулок может перемещаться по пазу в плите 1. На кронштейне 8 установлен рычаг 4, с помощью которого измеряется биение внутренних диаметров втулки. Перемещение рычага 4 передается на индикатор. Для замера биения наружных диаметров втулки имеется второй индикатор, который установлен на индикаторном штативе 11. Контролируемая втулка устанавливается на переходнике с двумя роликами. Переходник крепится на плите 1 в отверстии диаметром D гайкой.

Прибор для замера биения торцов и диаметров для деталей типа «валик» показан на рис. П9. Деталь-валик устанавливается по центровым фаскам. Для этого у приспособления имеются две центровые бабки 1 с центрами 2. Центр правой бабки подвижен. Бабки 1 установлены на плите 12. Правая бабка устанавливается относительно плиты 12 в зависимости от длины контролируемого валика. На этой же плите на стойках 4 и 10 закреплены измерительная головка 7 и переходник 8, связанные с индикаторами 6. С помощью измерительной головки 7 измеряется торцевое биение поверхностей валика, а переходником 8— радиальное биение. Крепление стоек 4 и 10 в плите 12 осуществляется гайками 5 и винтами 9. Стойки также могут перемещаться относительно плиты 12 по пазам в зависимости от размеров контролируемой детали. Измерительные головки крепятся винтами 3.

Конструкции центровых бабок приведены на рис. П10. Бабки имеют подвижные центры. Перемещение центра нижней бабки влево осуществляется пружиной 16, а в обратном направлении— рычагом 14. Верхняя бабка имеет подвижную пинноль, которая перемещается винтом 6.

5.5. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СФЕРЫ

Конструкция приспособления для контроля сферы в детали 1 приведена на рис. П11.

Устройство содержит корпус 6, базирующий элемент 2 с базовой плоскостью 13, несущий элемент 7, установленный в корпусе 6 с возможностью поворота относительно оси 14, измерительный шток 8 с конической поверхностью 11, установленный с возможностью перемещения в плоскости, перпендикулярной базовой плоскости 13, штангу 17, передаточный узел, выполненный в виде системы подпружиненных толкателей 3 и 5 и шарика 4, а также тросовый привод 16 несущего элемента 7, связан-

ный одним концом со штангой 17, а другим — с осью 14, отсчетный узел 22, установленный на штанге 17, тягу 16 и ручку 20, сменную вставку 9, шкалу 15, расположенную на базирующем элементе 2. От проворота тяга 18 предохраняется штифтом 21. В корпусе 6 имеется паз 19. Для возврата несущего элемента 7 в исходное положение служит пружина 10. Контроль сферы в двух взаимно перпендикулярных плоскостях осуществляется перемещением корпуса 6 по пазу 19 и вращением ручки 20, поворот которой через тягу 18 и трос 16 передается оси 14 и корпусу 6 со сменной вставкой 9. Показания прибора фиксируются с помощью шкалы 12.

5.6. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Пневматические приборы обладают высокой точностью, позволяют производить дистанционные измерения, малогабаритная пневматическая измерительная оснастка позволяет проводить измерения в относительно труднодоступных местах и создавать наиболее простые конструкции многомерных устройств для контроля практически любых линейных параметров деталей.

Однако для работы пневматических приборов необходима воздушная сеть с определенным давлением воздуха, подготовка которого требует особого внимания в процессе эксплуатации прибора. Пневматические приборы обладают значительной инерционностью, снижающей их производительность.

Однако последний недостаток иногда является положительным качеством прибора, так как создает нечувствительность его к вибрациям.

В пневматических приборах для линейных измерений использована зависимость между площадью f проходного сечения канала истечения и расходом G сжатого воздуха. Площадь истечения изменяется за счет измеряемого линейного перемещения.

Таким образом, $G = \varphi(P, f)$, где P — давление воздуха, под которым он истекает через проходное сечение канала площадью f .

Измеряя расход G , при постоянном давлении P мы можем судить о размере контролируемой детали.

Пневматический прибор в общем виде может быть представлен блок-схемой, приведенной на рис. 56, где П — первичный пневматический преобразователь-устройство, которое воспринимает перемещения детали I и преобразовывает их в соответствующие изменения расхода воздуха; ИС — измерительная пневматическая схема — предназначена для преобразования сигнала первичного преобразователя в удобный для измерения расхода другой газовой параметр — давление или скорость;

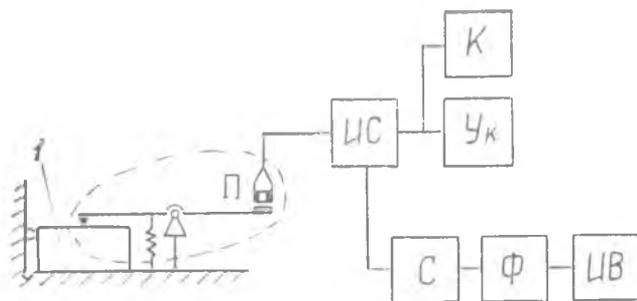


Рис. 56. Блок-схема пневматического прибора

УК — указательное устройство — служит для воспроизведения измеряемой величины в принятых единицах измерения; К — командное устройство — предназначено для подачи сигналов-команд для управления технологическим процессом; С, Ф — стабилизатор давления и фильтр очистки воздуха; ИВ — источник сжатого воздуха.

Принципиальные схемы пневматических преобразователей показаны на рис. 57. Пневматический преобразователь, показанный на рис. 57,а, представляет собой измерительное сопло 2,

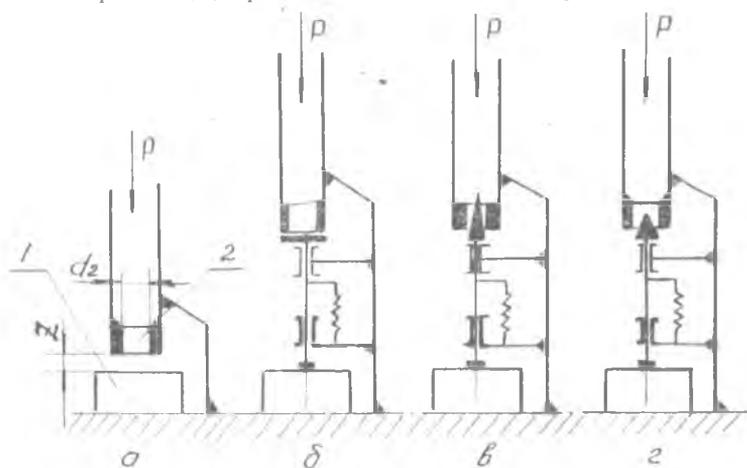


Рис. 57. Принципиальные схемы пневматических преобразователей: а, б — с плоской заслонкой; в — с конической заслонкой; г — заслонка-параболоид вращения

в качестве заслонки которого служит контролируемая деталь 1. Расход воздуха в данном случае будет определяться площадью

кольцевого зазора f_2 , образованного торцом измерительного сопла с диаметром проходного сечения d_2 и поверхностью контролируемой детали:

$$f_2 = \pi d_2 z.$$

Практически измерение возможно при условии

$$\pi d_2 z \ll \frac{\pi d_2^2}{4}, \quad \text{т. е. } z \ll 0,25 d_2.$$

В противном случае изменение площади канала истечения не будет зависеть от изменения z .

Преобразователи с плоской заслонкой могут быть выполнены для контактных измерений (рис. 57,б). С целью увеличения предела измерения используют преобразователи с заслонкой в виде конуса (рис. 57,в), параболоида (рис. 57,г) шара и др. [6].

Прходное сечение площадью f_2 у преобразователей с конической и шаровой заслонкой нелинейно зависит от перемещения. Заслонки вносят некоторую нелинейность в общую характеристику прибора. Для построения широкопредельных пневматических приборов с линейной шкалой используют преобразователи с заслонкой в виде параболоида вращения.

Пневматический метод измерения широко применяется и для контроля отверстий.

Для измерения площади поперечного сечения малых отверстий применяется метод непосредственного истечения воздуха через эти отверстия. При контроле диаметра отверстий свыше 3 мм применяются в большинстве случаев бесконтактные пневматические пробки. В некоторых случаях необходимо использование контактных пробок.

Пробки для контроля отверстий с диаметром свыше 3 мм в большинстве случаев имеют два сопла, расположенных диаметрально. Диаметры сопел выбираются в зависимости от пределов измерений в диапазоне 0,5—2,0 мм.

Торцы сопел занижаются относительно наружной поверхности пробок на величину 0,01—0,015 мм на сторону. Это занижение обеспечивает бесконтактность измерений, отсутствие износа сопел и работу на наиболее выгодном участке характеристики прибора. Ввод пневматической пробки в отверстие облегчен по сравнению с обычными калибрами-пробками тем, что ее наибольший диаметр уменьшен относительно наименьшего диаметра контролируемого отверстия на 0,01—0,02 мм. Предварительное направление пробки создается заходным пояском. Диаметр заходного пояса D_1 занижен на 0,07—0,1 мм по сравнению с наименьшим предельным диаметром обрабатываемой детали.

В конструкции пробки должны быть предусмотрены продольные канавки у каждого из сопел для отвода воздуха в атмосферу. Ширина и глубина канавок принимается не менее 1 мм (рис. 58).

Конструкция пробки для проверки биения диаметра посадочной поверхности относительно делительной окружности шлица показана на рис. П12.

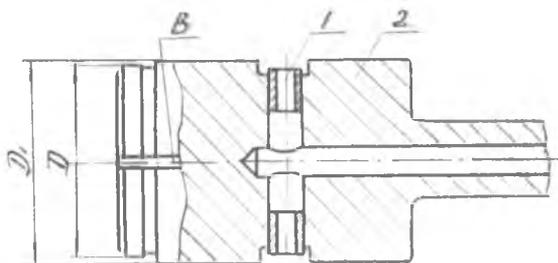


Рис. 58. Пневматическая пробка: 1 — сопло; 2 — пробка

Расход воздуха в пневматических приборах в основном измеряют с помощью манометров и ротаметров, в зависимости от чего все пневматические измерительные схемы делятся на две основные группы:

манометрические — реагирующие на изменение давления;

ротаметрические — реагирующие на изменение скорости воздушного потока.

5.7. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Отсутствие единообразия требований к зубчатым колесам, вызываемое различными условиями их эксплуатации, различия габаритных размеров колес и технологии их изготовления не позволяют установить единый унифицированный способ контроля всех видов колес.

Стандарты на допуски зубчатых передач устанавливают три нормы точности цилиндрических и конических передач, нормы бокового зазора и предусматривают десять возможных комплексов контроля. Нормами точности регламентируются: кинематическая точность передачи и контакт зубьев.

Независимо от степени точности зубчатых колес и передач устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес в передаче и восемь видов допуска на боковой зазор, обозначаемых в порядке его возрастания буквами: h , d , c , b , a , z , y , x .

Допуски цилиндрических эвольвентных зубчатых колес и передач внешнего и внутреннего зацеплений приводятся в ГОСТ 9178-81 при модуле от 0,1 до 1,0 мм, делительном диаметре колес до 400 мм (при $m_n \leq 0,5$ мм до 200 мм) для прямозубых и косозубых колес и винтовых передач и в ГОСТ 1643-81 при модуле от 1 до 56 мм, делительном диаметре до 6300 мм, межосевом расстоянии до 6300 мм для прямозубых, косозубых и шевронных колес и передач.

Ниже рассматриваются примеры конструкций средств измерения для контроля параметров цилиндрических и конических зубчатых передач, а также примеры наладок и указания по технике измерений.

5.7.1. Контроль цилиндрических зубчатых колес

Средства контроля цилиндрических зубчатых колес в зависимости от контролируемых ими элементов могут быть разделены на десять групп:

- 1) приборы для комплексной однопрофильной проверки;
- 2) шагомеры для окружного и углового шага;
- 3) шагомеры для основного шага;
- 4) нормалемеры;
- 5) межцентромеры;
- 6) бленнемеры;
- 7) эвольвентомеры;
- 8) ходомеры и направленномеры;
- 9) контактомеры;
- 10) зубомеры.

Комплексная проверка зубчатых колес. Основным методом представленного контроля точности геометрии

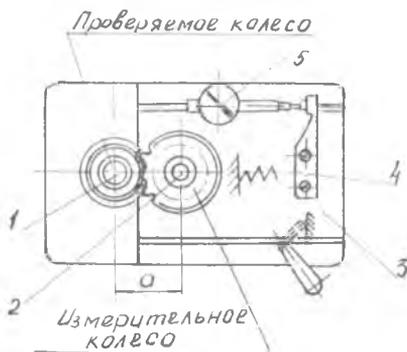


Рис. 59. Схема приспособления для комплексной проверки цилиндрических колес

цилиндрических зубчатых колес является комплексная проверка в плотном (беззазорном) зацеплении рабочего колеса с мерительной шестерней, которая производится на несложных контрольных приспособлениях. Принципиальная схема подобного приспособления приведена на рис. 59.

Проверяемое колесо устанавливается на пальце 1, укрепленном в неподвижной части приспособления. Измерительная шестерня уста-

навливается на палец 2, смонтированном на подвижной каретке 3. Обкатываемые колеса находятся в плотном зацеплении, так как пружина 4 постоянно отжимает подвижную каретку 3 с измерительной шестерней в направлении к проверяемому колесу.

В идеальной паре мерительное межцентровое расстояние «а» должно оставаться неизменным. Следовательно, отклонения от расчетного межцентрового расстояния «а» при полном обороте проверяемого зубчатого колеса, отмеченные индикатором 5, позволят судить о степени его точности.

При этом погрешность измерительной шестерни условно принимается за величину, малую в сравнении с проверяемым допуском, и вообще не учитывается.

Комплексная проверка в плотном зацеплении выявляет все основные погрешности колес: отклонение основного шага $f_{p\alpha}$, наибольшую разность соседних окружных шагов $f_{m\alpha}$, отклонения профиля $f_{f\alpha}$.

При контроле зубчатых колес должно строго соблюдаться основное правило выбора баз измерения: для всех видов межоперационного контроля измерительная база должна совпадать с технологической, а для окончательного контроля база измерения должна совпадать с конструктивной базой детали.

Шагомеры для окружного шага предназначаются для определения разности окружных шагов по одной окружности колеса. Шагомер устанавливают на размер по произвольно выбранной паре соседних зубьев, после чего определяют отклонения окружных шагов по всей окружности колеса.

Определение накопленной погрешности окружного шага по результатам измерения отдельных шагов требует математической обработки.

Для быстрого определения накопленной погрешности окружного шага применяются приборы, непосредственно контролирующие накопленную погрешность на угле 180° . Измерение производят по одноименным профилям зубьев диаметрально противоположных впадин контролируемого колеса. В одну вводится жесткий упор, а в другую — измерительный наконечник.

Шагомеры для основного шага предназначены для определения отклонений основного шага от номинального значения и колебания его в пределах колеса. Основной шаг зубчатого колеса определяется расстоянием между параллельными прямыми, касательными к двум смежным одноименным профилям.

Нормалемеры предназначаются для определения среднего значения и колебаний длины общей нормали к разноименным профилям зубьев. Число охватываемых при измерении

зубьев обычно принимают близким к $z/9$, где z — число зубьев колеса.

Колебания общей длины нормали в одном колесе определяют его кинематическую (тангенциальную) погрешность, а отклонение средней длины общей нормали от ее расчетного значения характеризует толщину зубьев.

Измерение длины общей нормали производят с помощью микромеров со специальными губками и индикаторных скоб.

Биенные меры используются для контроля радиального биения зубчатого венца, т. е. колебания расстояний от постоянных хорд впадин (зубьев) колеса до оси его вращения.

Измерительные наконечники имеют форму усеченного конуса с углом при вершине $40^\circ \pm 7'$.

Наибольшая разность показаний индикатора при измерениях в различных точках колеса определяет величину биения зубчатого венца.

Эвольвентомеры предназначены для проверки эвольвентного профиля в торцевом сечении цилиндрических колес с прямыми и косыми зубьями.

Принцип действия эвольвентомеров основан на воспроизведении движения измерительного наконечника относительно проверяемого зубчатого колеса по эвольвенте его основной окружности. Погрешности профиля зубьев вызывают отклонения измерительного наконечника, регистрируемые отсчетным устройством и самописцем.

Полученные на эвольвентомере кривые погрешностей профиля позволяют не только определить наибольшее отклонение действительного профиля от теоретического, но по характеру кривой отклонения профиля определить и причину погрешности.

Зубомеры предназначены для измерения элементов зубьев, определяющих боковой зазор в зацеплении.

На производстве в основном применяются три типа накладных зубомеров для цилиндрических зубчатых колес: штангензубомер, индикаторно-микрометрический зубомер — предназначенные для измерения толщины зубьев на заданном расстоянии от окружности выступов, и тангенциальный зубомер для определения положения исходного контура относительно наружного диаметра.

5.7.2. Контроль конических колес

Контроль конических зубчатых колес представляет значительные трудности в сравнении с контролем цилиндрических колес.

Измерение конических колес по элементам затрудняется необходимостью осуществлять проверку всех зубьев одного колеса на неизменном расстоянии от вершины начально-производ-

ственного конуса, а также отсутствием правильного эвольвентного профиля.

В условиях индивидуального и мелкосерийного объема производства наиболее целесообразна проверка конических колес по боковому зазору и пятну касания при зацеплении на теоретических «монтажных» расстояниях. «Монтажным» называется расстояние от опорного торца колеса до вершины начально-производственного конуса.

Контрольное приспособление для проверки конических колес по боковому зазору приведено на рис. 60.

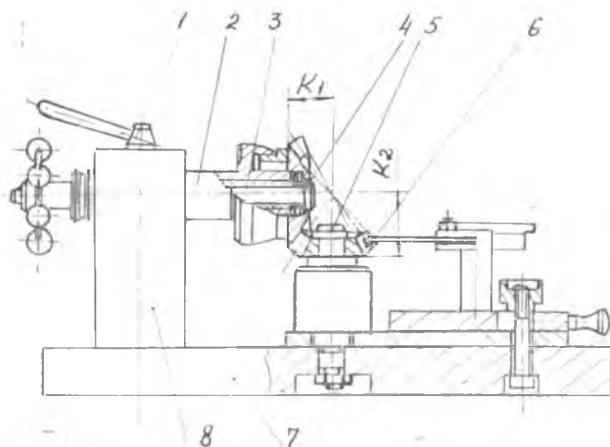


Рис. 60. Приспособление для контроля зубчатых колес

Проверяемое колесо устанавливается в шпindelь 2 и крепится шайбой 4 через тягу 3. Шпindelь 2 с установленным на нем колесом выдвигается до упора торцом в левую плоскость стойки 8. Это положение соответствует теоретическому монтажному расстоянию K_1 и фиксируется зажимом 1.

Предварительно измерительная шестерня устанавливается на палец 5, закрепленный в плите 7; это положение соответствует теоретическому монтажному расстоянию K_2 .

При замере проверяемое колесо удерживается от вращения, а измерительное поворачивается в обе стороны в пределах имеющегося бокового зазора между зубьями. Полученный боковой зазор регистрируется индикатором через рычажок 6.

Для проверки пятна касания зубья измерительной шестерни покрывают тонким слоем краски и затем обкатывают пару колес в обе стороны; на зубьях проверяемого колеса получится отпечаток — пятно касания.

В условиях значительного объема производства конических зубчатых колес описанный метод их комплексной проверки вследствие низкой его производительности не может удовлетворить требованиям цехового контроля.

Основным методом производственного контроля конических колес с прямыми и косыми зубьями является проверка в двухпрофильном плотном зацеплении с измерительными шестернями по отклонению расстояния от оси одного колеса пары до торца сопряженного колеса, т. е. по величине комплексного линейного допуска $\delta_{a..}$.

Контрольные приспособления для этой цели в основном повторяют конструкции описанных выше приспособлений для проверки цилиндрических колес в плотном зацеплении, отличаясь лишь относительным расположением осей обкатываемых колес.

Универсальное переналаживаемое приспособление с призмой для контроля толщины зуба и радиального биения венца конических зубчатых колес представлено на рис. П13. Приспособление состоит из корпуса 1, выполненного в виде прямоугольной планки с прорезью, и базирующей призмы. На корпусе расположена подвижная рамка 9, в которой закрепляется траверса 3, входящая в прорезь корпуса 1. Индикатор часового типа закреплен в держателе 24, соединенном с траверсой 3 так, чтобы была возможность производить установку ее на требуемый угол наклона. Положение траверсы фиксируется винтом. Приспособление снабжено комплектом сменных наконечников 17. При контроле биения приспособление базируется по диаметру и опорному торцу проверяемой шестерни, а измерительный наконечник 17 поочередно вводится во впадины зубьев. Приспособление позволяет осуществлять измерение биения шестерни непосредственно на станке.

Прибор для замера углов α и γ и расстояния l от опорного торца до вершины конуса венца конической шестерни показан на рис. П14. Он состоит из корпуса 1, на котором закреплена стойка 18. На стойке устанавливаются сменные призмы, по которым осуществляется базирование проверяемой шестерни. Крепление призм происходит с помощью винтов 16. В корпусе 1 по направляющим втулкам 3 может перемещаться скалка 2, на левом конце которой установлен хомут 22, а на правом имеется переходник 7. В нем установлена втулка 5, по которой перемещается скалка 9 с нониусом и сектором. Крепление скалки 9 относительно переходника происходит винтом 6.

Для замера расстояния l от опорного торца до вершины конуса венца конической шестерни угломер устанавливается до совпадения поля градусов сектора с нулевым делением нониуса. Затем закрепляется и подводится линейка 15 до вершины конуса

шестерни. В этом положении скалка фиксируется винтом b , а угломер раскрепляется. Это будет настройка прибора по вертикали. Для настройки прибора в горизонтальном направлении между торцами C устанавливается эталон и индикатор настраивается на ноль. Отклонение размера l определяется при помощи индикатора, а угол α и γ — по нониусу.

Библиографический список

1. Об основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года: Доклад Председателя Совета Министров СССР тов. Рыжкова Н. И. 3 марта 1986 г.
2. Политический доклад ЦК КПСС XXVII съезду КПСС: Доклад Генерального секретаря ЦК КПСС тов. Горбачева М. С. 26 февраля 1986 г.
3. Волосов С. С., Педь Е. И. Приборы для автоматического контроля в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1970.
4. Активный контроль размеров / Под ред. проф. С. С. Волосова. — М.: Машиностроение, 1984, с. 94—95.
5. Активный контроль размеров / Под ред. проф. С. С. Волосова. — М.: Машиностроение, 1984, с. 126—127.
6. Гипп Б. А. и др. Контрольные приспособления. — М., 1960.
7. Апарин Г. А., Городецкий И. Е. Допуски и технические измерения. — Машгиз, 1956.
8. Григорьев И. А., Дворецкий Е. Р. Контроль размеров в машиностроении. — Машгиз, 1959.
9. Левенсон Е. М., Гоникберг Ю. М., Введенский Т. А. Конструирование измерительных приспособлений и инструментов в машиностроении. — Машгиз, 1956.
10. Левенсон Е. М. Контрольно-измерительные приспособления в машиностроении. — 2-е изд. — Машгиз, 1960.

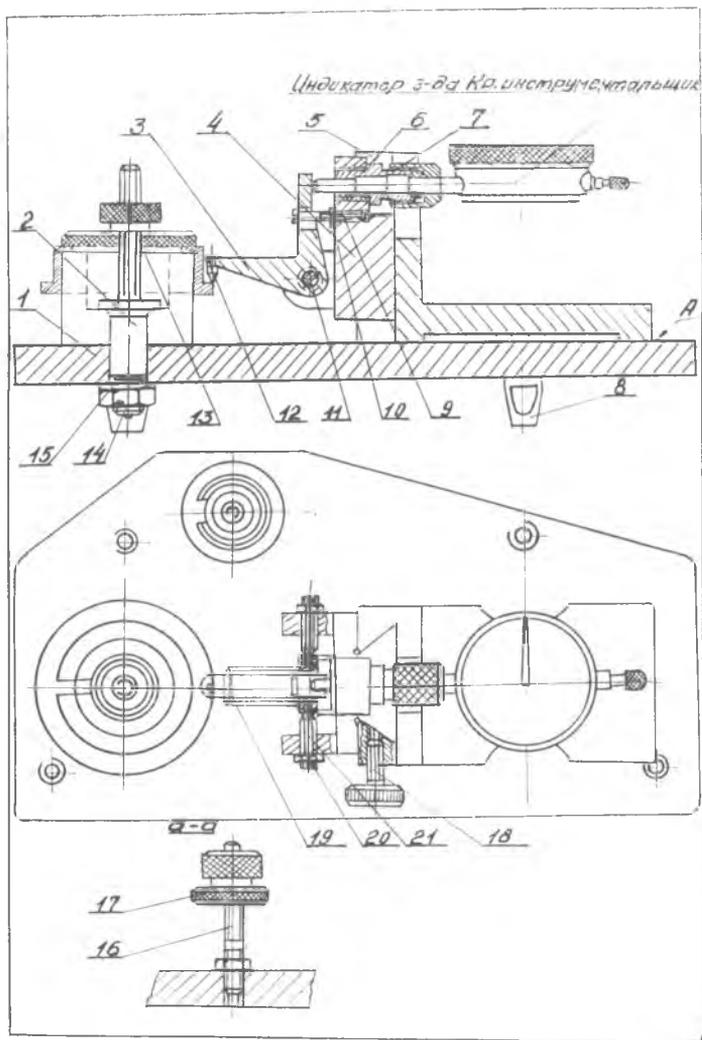


Рис. П2. Универсальный прибор для контроля размера втулки: 1 — плита; 2 — палец; 3 — рычаг; 4 — ползу; 5 — стойка; 6 — вставка; 7 — зажим; 8 — ножка; 9, 18, 21 — винты; 10, 13, 14, 20 — гайки; 11 — ось; 12 — упор; 15 — шайба; 16 — шпилька; 17 — шайба; 19 — пружина

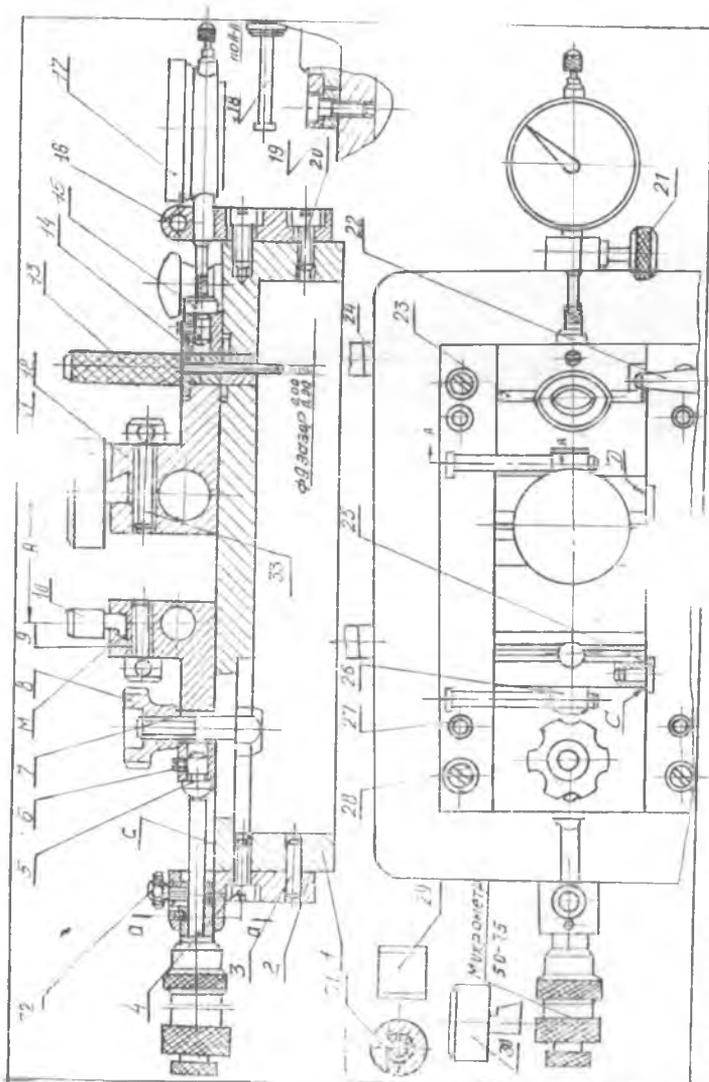


Рис. 13. Прибор для измерения межцентровых расстояний: 1 — плита; 2, 16 — стойка; 3, 23, 27 — штифты; 4, 20, 21, 26, 28, 33 — винты; 5, 15, 25, 31 — упоры; 6 — стопор; 7 — болт; 8 — гайка; 9, 12 — полушны; 10, 11 — пальцы; 13 — штырь; 14 — втулка; 17 — индикатор; 18, 22, 24 — ручки; 19 — планка направляющая; 29 — эталон; 30 — установочный калибр; 31 — сегмент; 32 — стопорный винт

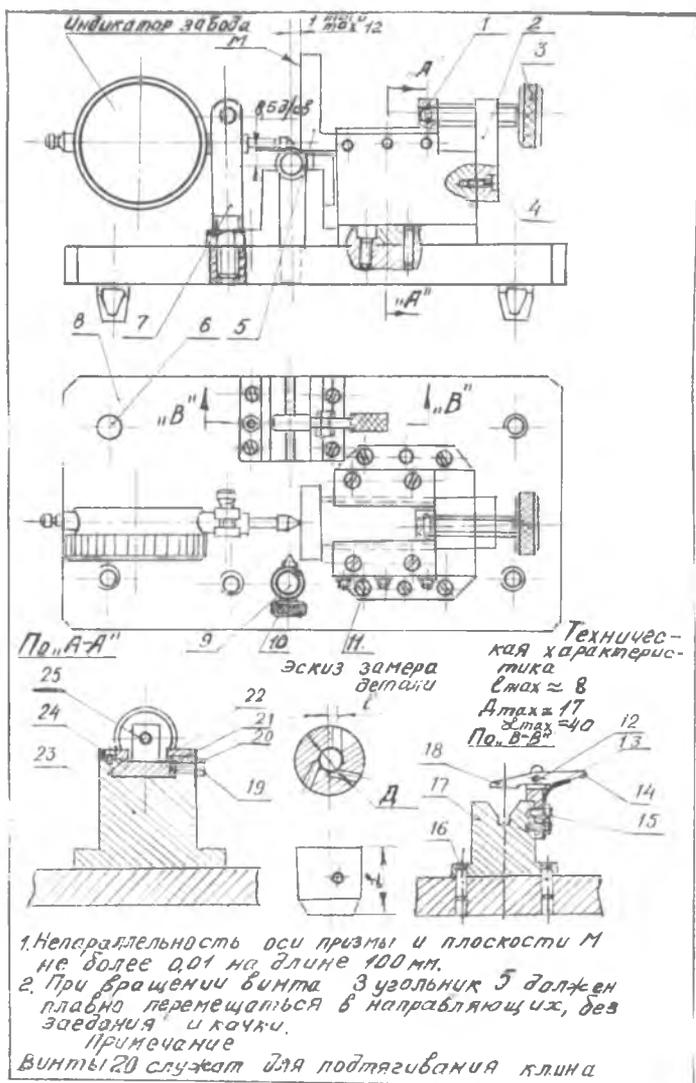
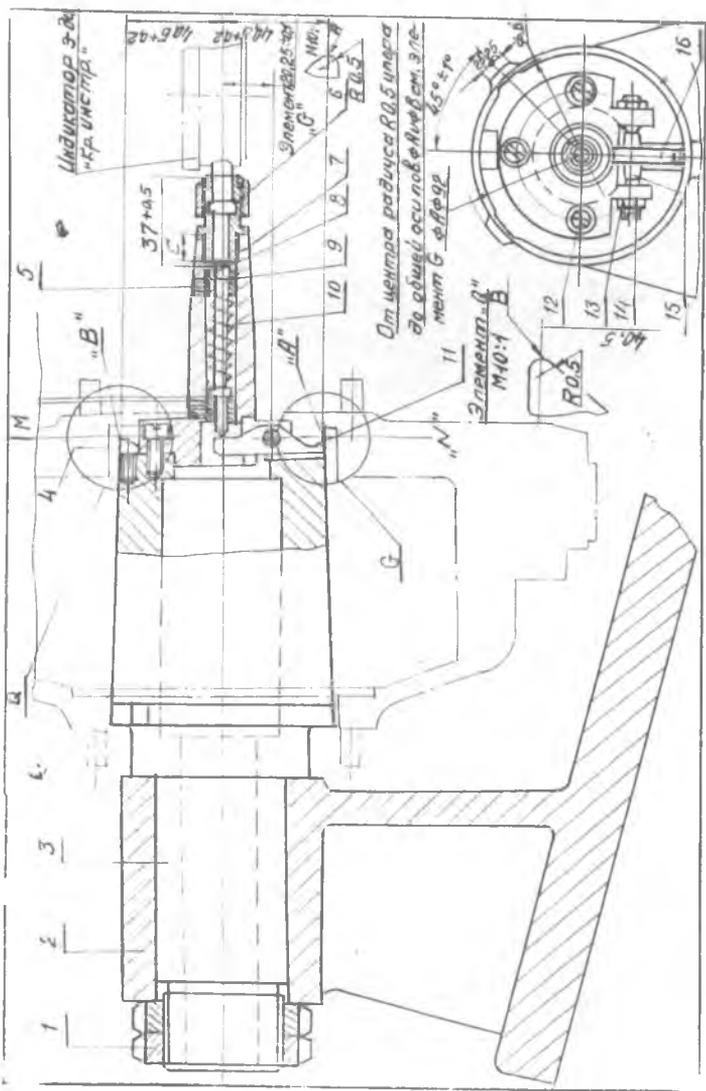
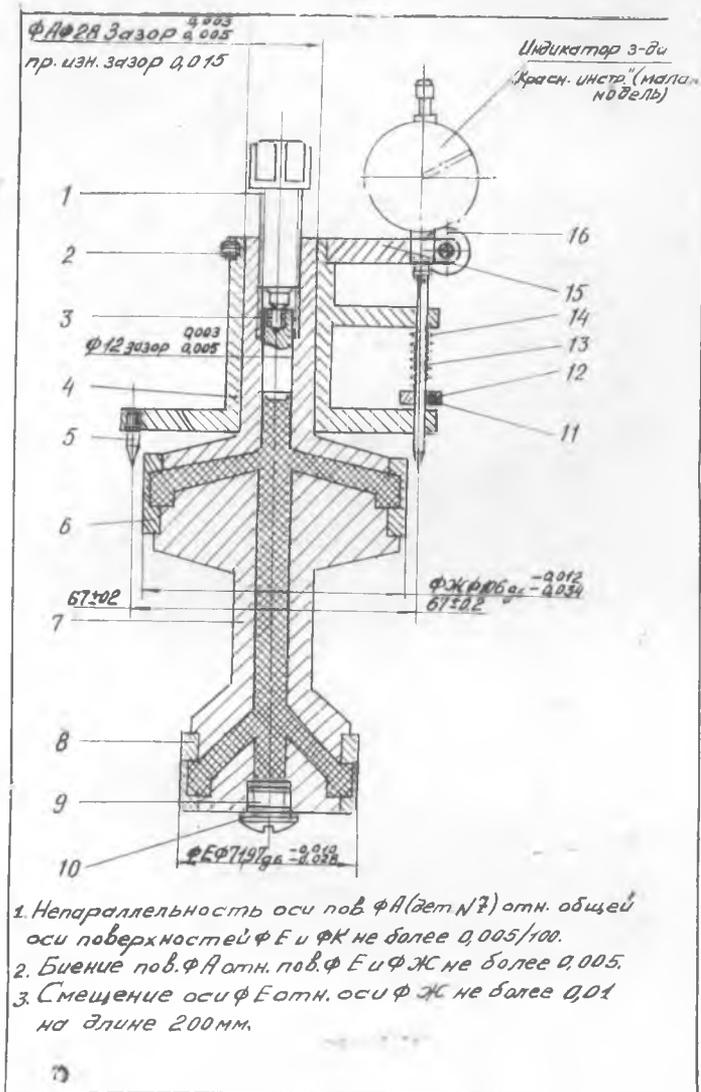


Рис. П4. Прибор для форсунок: 1, 12, 16, 22 — штифты; 2, 13, 25 — планки; 3, 4, 10, 11, 15, 20, 24 — винты; 5 — угольник; 6 — ножка; 7 — держатель; 8 — плита; 9 — стойка; 14 — пружина; 17 — призма; 18 — прижим; 19 — гайка; 21 — клин; 23 — подушка

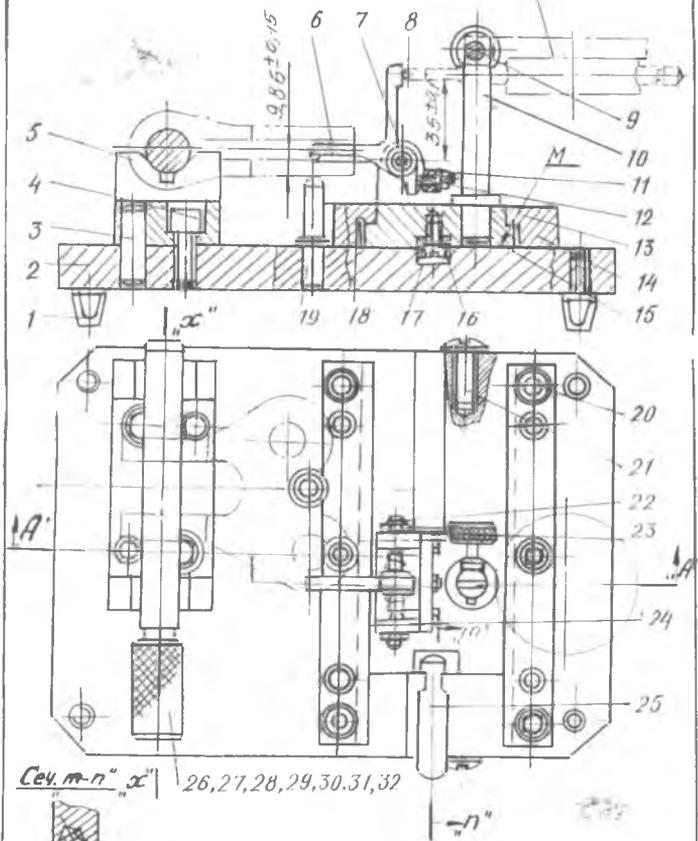


Р и с. П5. Прибор для корпуса редуктора: 1, 13 — гайки; 2, 7 — корпус; 3 — оправа; 4, 11 — упоры; 5, 12, 14 — винты; 6 — зажим; 8 — втулка; 9 — шток; 10 — пружина; 15 — ось; 16 — рычаг



Р и с. П 6. Прибор для картера редуктора: 1, 2, 9, 12, 16 — винты; 3 — плунжер; 4, 6, 8 — втулки; 5 — упор; 7 — опора; 10, 11 — шайбы; 13 — шток; 14 — пружина; 15 — кронштейн

Разрез по А-А" Индикатор 3-й кл. Кр. инстр."



Сеч. м-п "x" 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32

- 1. Непараллельность оси "x-x" призмы
отн. направления шпоночного паза
не более 0,1.*
- 2. Непараллельность оси "x-x" отн.
пов. "М" не более 0,005.*

Р и с. П7. Приспособление для серьги: 1 — ножка; 2 — плита; 3 — штифт; 4, 9, 12, 17, 20, 21, 22, 24 — винты; 5 — призма; 6 — рычаг; 7 — пружина; 8 — ось; 10 — скалка; 11, 14, 18 — планки; 13, 23 — гайки; 15 — каретка; 16 — шпонка; 19 — упор; 25 — рукоятка; 26—32 — пальцы

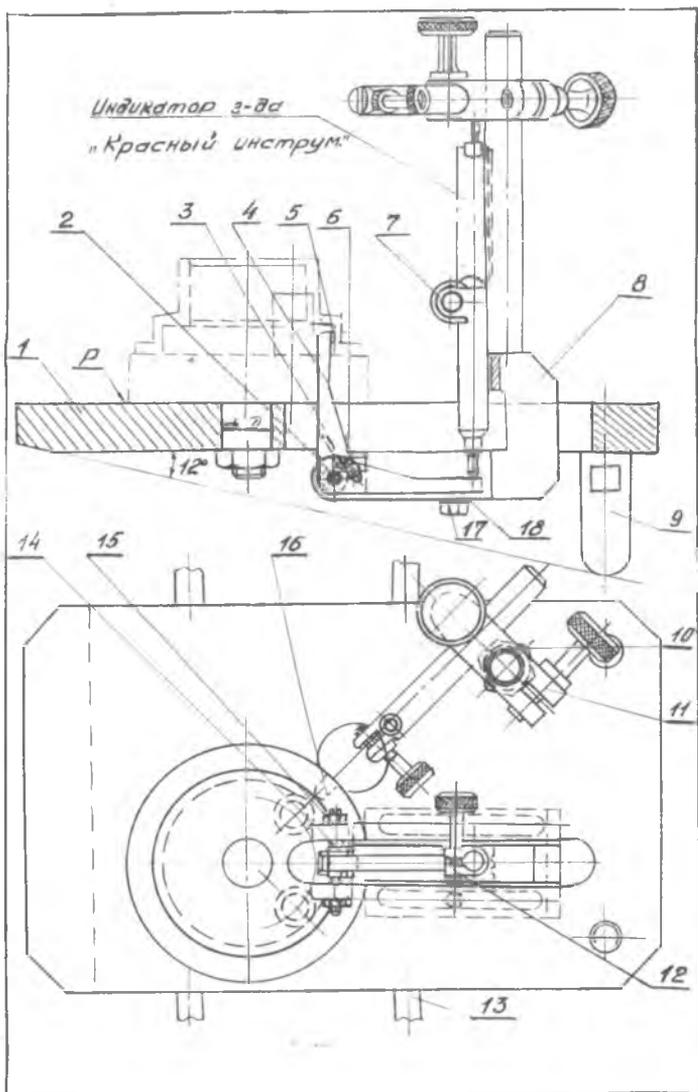
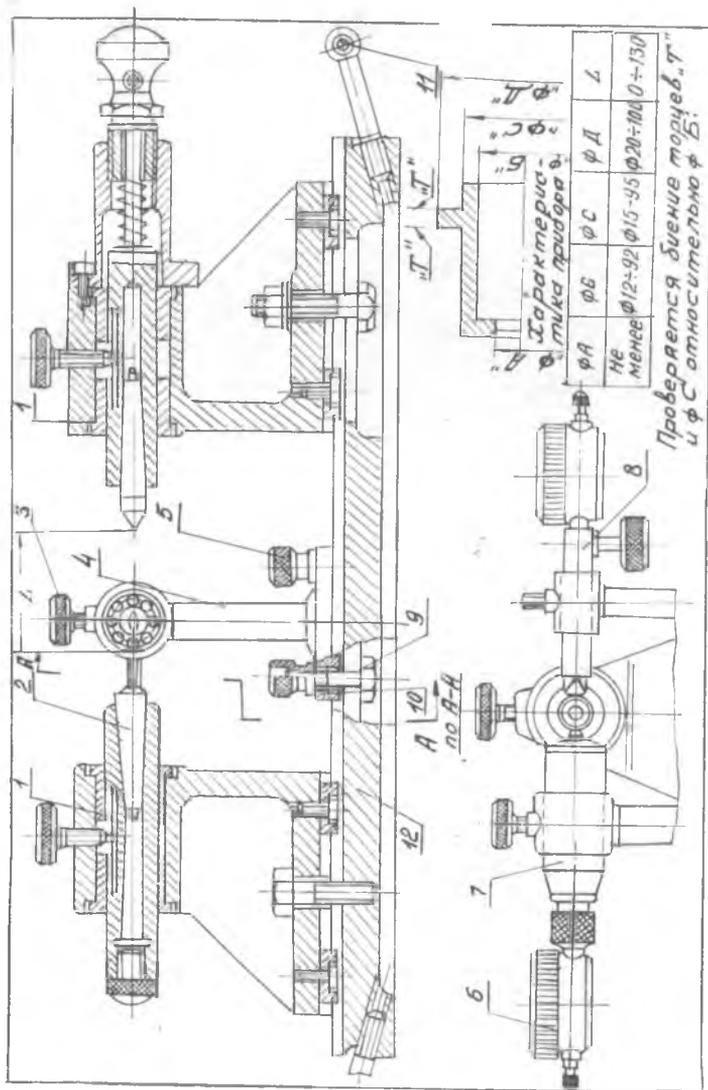


Рис. П8. Прибор для деталей типа втулок: 1 — плита; 2 — ось; 3 — пружина; 4 — рычаг; 5 — наконечник; 6 — штифт; 7 — переходник; 8 — кронштейн; 9 — ножка; 10 — гайка; 11 — штатив индикаторный; 12, 16 — винты; 13 — ручка; 14 — шарик; 15 — гайка; 17 — болт; 18 — шайба



Р и с. П9. Прибор для контроля биений торцов и диаметров

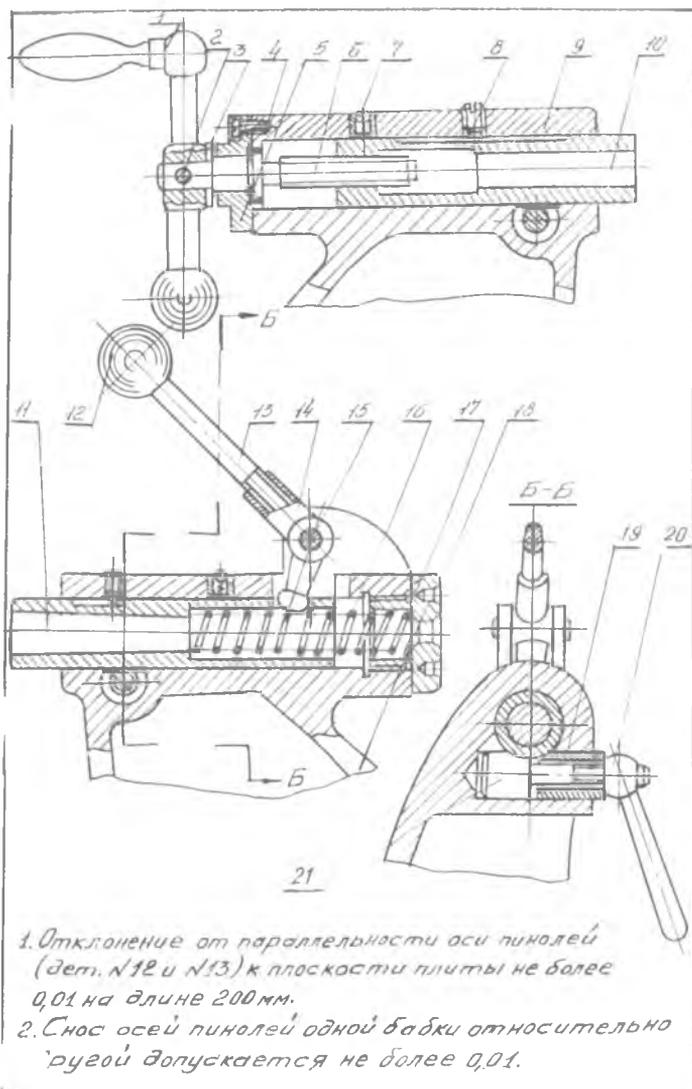


Рис. П10. Бабки для центров с подвижной пинолью. 1, 20 — рукоятка; 2, 15 — штифт; 3 — шайба; 4, 6, 8 — винты; 5 — фланец; 7 — масленка; 9, 18 — бабки; 10, 11 — пиноли; 12 — шаровая ручка; 13 — шпилька; 14 — рычаг; 16 — пружина; 17 — заглушка; 19 — втулка; 21 — болт

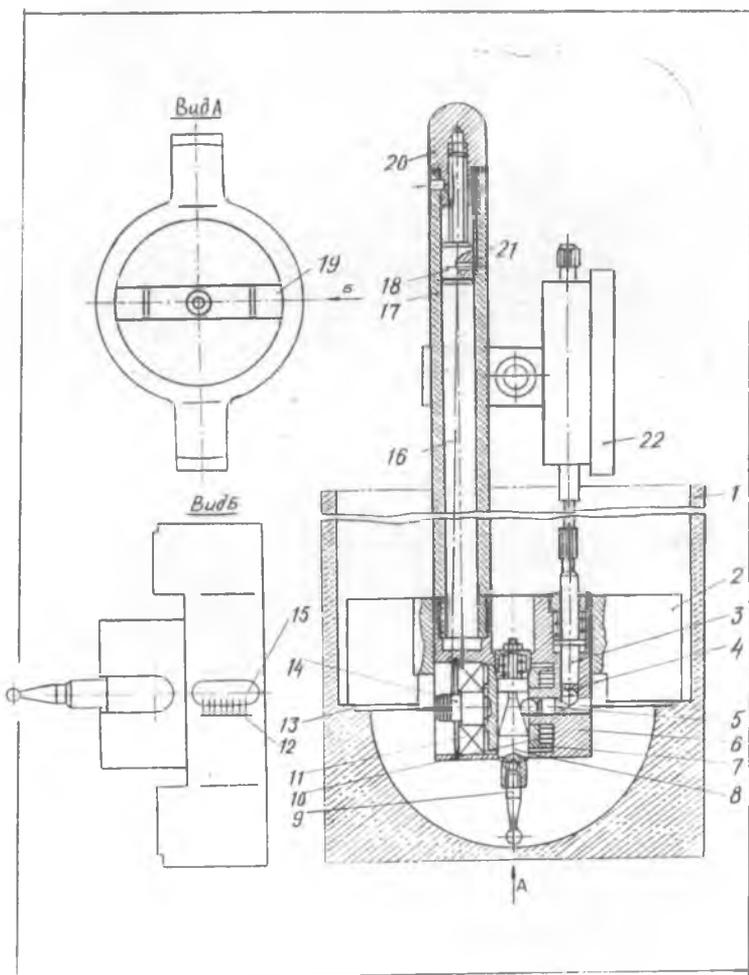
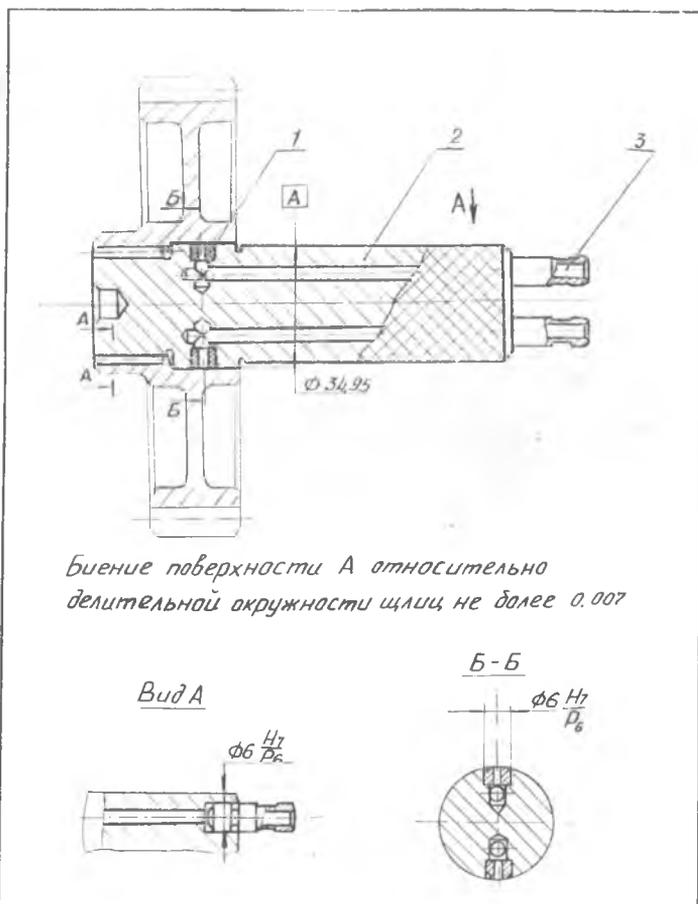


Рис. П.11. Приспособление для контроля сферы



Р и с. П12. Пробка пневматическая для контроля соосности шлиц и посадочного диаметра: 1 — сопло; 2 — корпус; 3 — штанцер

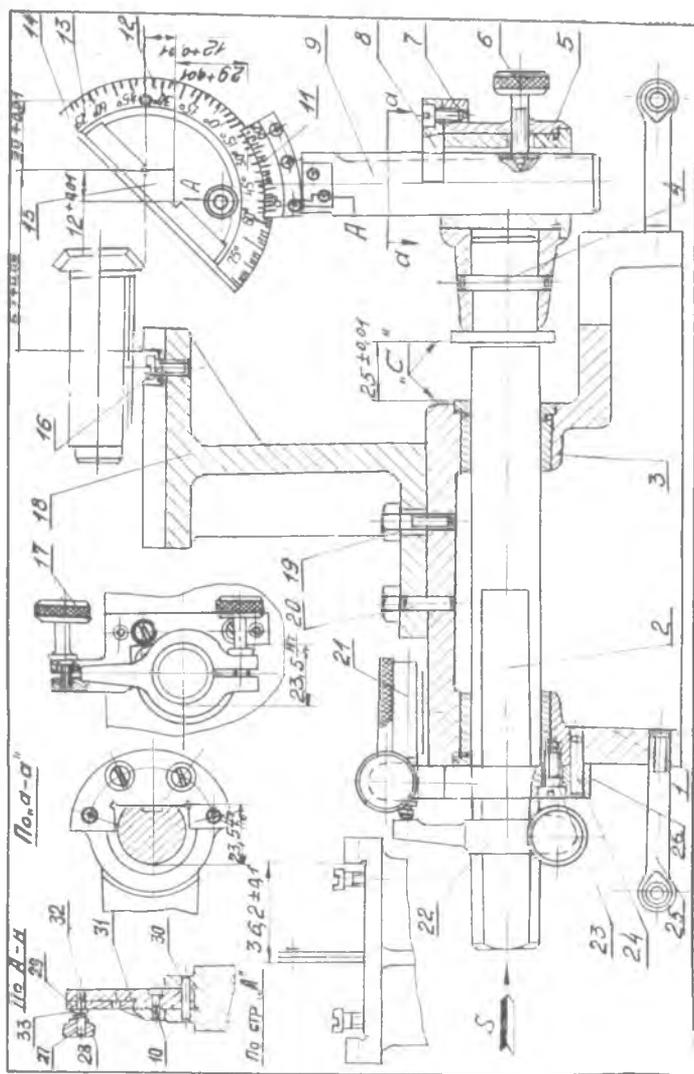


Рис. П14. Прибор для контроля конических шестерен: 1 — корпус; 2, 9 — скалки; 3, 5 — втулки; 4, 14, 20, 24, 30 — штифты; 6, 10, 13, 16, 17, 23, 32 — винты; 7 — корпус; 8 — планка; 11 — нониус; 12 — сектор; 15 — стойка; 18 — линейка; 19 — болт; 21 — индикатор; 22 — хомут; 25 — ручка; 26, 31 — державка; 27 — пружина; 28 — гайка; 29 — прижим; 33 — шайба

Св. план, 1987, поз. 85.

*Юрий Владимирович Косычев,
Валентин Васильевич Емельянов*

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ УСТРОЙСТВА
В АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

Редактор Т. К. Кретинина
Техн. редактор Н. М. Каленюк
Корректор Н. С. Куприянова

Сдано в набор 1.06.87 г. Подписано в печать 17.09.87 г.
ЕО 00309. Формат 60×84 1/16.
Бумага оберточная. Печать высокая.
Усл. п. л. 5,5. Уч.-изд. л. 5,0. Т. 500 экз.
Заказ 597. Цена 15 к.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип. ЭОЗ КуАИ, г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.