

Средства активного контроля в процессе обработки

При контроле валов в процессе обработки (рис. III.19) контролируемым параметром является диаметр D обрабатываемой детали. Двух- и трехконтактные средства контроля валов (рис. III.19, а и б), основываются на прямом методе измерения. Измерительный подвижный 9 и опорные 6 наконечники этих приборов измеряют непосредственно диаметр D детали 7. Скобы 5 являются плавающими и подвешены шарнирно на плоской пружине 3 (см. рис. III.19, а) или специальном шарнирном механизме 3 (см. рис. III.19, б). Базой измерений является поверхность обрабатываемой детали, закрепленной в центрах или патроне станка. При применении средств контроля, сконструированных по этим схемам, полностью компенсируются систематические и случайные погрешности системы, зависящие от тепловых и силовых деформаций станка, износа инструмента — шлифовального круга, систематические погрешности, зависящие от силовых деформаций детали.

Средства активного контроля, использующие одноконтактные устройства (рис. III.19, в), могут быть отнесены к прямому методу измерения условно, так как они измеряют не диаметр D детали 7, а ее радиус R . Устройства, в которых применяются седлообразные скобы (рис. III.19, г), и устройства, осуществляющие контроль по положению поверхности шлифовального круга 8 (рис. III.19, е) или бабки шлифовального круга 10 (рис. III.19, д), основываются на косвенном методе измерения.

Базой измерений в одноконтактных устройствах является стол или станина 1 станка, на которой закреплена стойка 2 устройства. При таком методе измерений компенсируются, полностью погрешности, зависящие от износа шлифовального круга 8, в значительной мере — от силовых деформаций детали, и не компенсируются погрешности, зависящие от тепловых и силовых деформаций станка. Суммарная погрешность этого метода активного контроля значительно выше, чем при использовании двух- и трехконтактных устройств.

При контроле с использованием в качестве воспринимающего элемента плавающей седлообразной скобы 5 (см. рис. III.19, г) между изменением δD диаметра контролируемой детали 7 и изменением показаний δy у измерительного прибора 4 существует зависимость [6]

$$\delta y = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} - 1 \right) \delta D \quad (\text{III.42})$$

Базой измерений является поверхность обрабатываемой детали. При этом методе контроля полностью компенсируются погрешности вследствие тепловых и силовых деформаций станка, износа круга, систематическая составляющая погрешностей от силовых деформаций детали. Суммарная погрешность метода зависит в значительной степени от угла α призмы скобы 5 и погрешностей геометрической формы обрабатываемой детали.

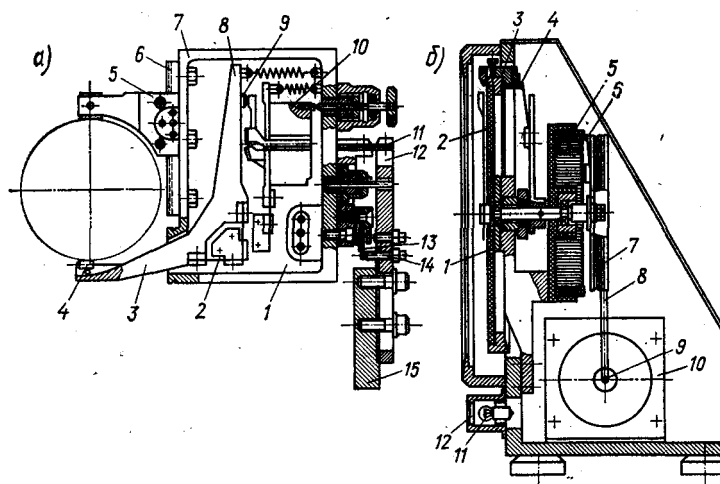


Рис. III.20. Индуктивное устройство активного контроля БВ-1017

О размере детали можно судить также по положению инструмента — шлифовального круга 8 (см. рис. III.19, е) или бабки шлифовального круга 10 (см. рис. III.19, д). Базой измерений является станина 1 станка. При применении этих методов контроля не компенсируются силовые и тепловые погрешности

станка, тепловые и силовые де-формации детали и лишь в первой схеме (см. рис. III.19, е) — износ шлифовального круга. Суммарные погрешности этих методов активного контроля велики, и применение их целесообразно лишь при больших допусках на обработку.

Двухконтактные устройства наиболее широко применяются в практике активного контроля.

В БВ разработано устройство БВ-1017, основанное на индуктивном методе измерения [5]. Двухконтактная измерительная скоба 1 устройства (рис. III.20, а) крепится с помощью кронштейна 15 к механизму подвода, закрепленному на столе круглошлифовального станка. На корпусе 7 скобы закрепляется неподвижная губка 5, которая может перемещаться при настройке на размер шлифуемой детали по направляющей 6. Пределы контролируемых диаметров деталей 30 — 100 мм. Подвижный измерительный наконечник 4 закреплен на рычаге 3, который подвешен к корпусу 7 скобы на крестопружинном шарнире 2. На вертикальном плече 8 рычага закреплен упор 9, связанный с якорем индуктивного датчика 10 (типа БВ-Н-1007А). Корпус скобы подвешен на плоской пружине 11 к планке 12 кронштейна 15. Регулировка усилия прижима верхней губки 5 производится с помощью винта 14 и рессоры 13. Отсчетное устройство прибора (рис. III.20, б) устанавливается на станке в удобном для наблюдения месте и имеет круговую шкалу 1 диаметром 150 мм. На ней нанесено 120 делений с ценой деления 1 мкм. Стрелка 2 отсчетного устройства вращается вокруг оси, на которой закреплена щетка 4. По окружности ободка шкалы устанавливаются контакты 3. На той же оси закреплена щетка 6, скользящая по реохорду 5, включенному в мостовую схему с индуктивным датчиком. Поворот стрелки 2 и щеток 4 и 6 производится электродвигателем 10 с помощью шкивов 9 и 7 и нити 8. В нижней части расположены сигнальные лампочки 11 с цветными колпачками 12, которые зажимаются при замыкании соответствующих контактов, выдающих команды на управление циклом станка.

Погрешность устройства $\pm 1,5$ мкм; применяется оно при изготовлении деталей 2-го класса точности. Недостатком устройства является возможность растяжения нити 8.

За рубежом и в Советском Союзе применяются индуктивные устройства активного контроля, выпускаемые фирмой “Марпосс” (Италия).

Двухконтактное устройство типа “Микромар” предназначено для контроля гладких валов на круглошлифовальных станках. Скоба автоматически подводится к обрабатываемой детали с помощью гидравлического механизма подвода. Каждая из измерительных губок подвешена независимо на плоскопружинном параллелограмме и воздействует на индуктивный датчик, расположенный в корпусе скобы. Пределы измерений $6 \div 76$ и $76 \div 120$ мм. Электронный пульт имеет две шкалы: для грубого и точного отсчета с ценами делений 0,01 и 0,001 мм. Общий предел измерения 0,5 мм. Нестабильность срабатывания не превышает 0,2 — 0,3 мкм, предельная погрешность, включая смещение настройки за смену, по данным фирмы, не превышает 1 мкм.

Устройство БВ-1096М основано на пневматическом методе измерения. Схема устройства изображена на рис. III.21 [13]. Сжатый воздух поступает от сети под давлением $(3,9 \div 6)10^5$ н/м² в блок фильтра со стабилизатором 4 и далее через распределитель 7 в измерительную цепь системы, состоящую из входного сопла 23, сильфона 21, шланга 22, измерительного сопла 25 измерительной скобы 26, и в цепь противодействия, состоящую из входного сопла 3, сильфона 5, сопла противодействия 2 и пятки 1.

При изменении зазора s между соплом 25 и пяткой 27 подвижная система датчика с кареткой 6 перемещается на величину, пропорциональную изменению диаметра детали 32. Перемещение каретки 6 передается с помощью рычажно-зубчатой передачи 16 на стрелку 15 отсчетного устройства. На каретке 6 установлены подвижные контакты 18, 9, а на каретках 17, 10, закрепленных на корпусе прибора, — неподвижные регулируемые контакты 19, 8. При достижении заданных размеров контакты замыкаются, импульс усиливается электросхемой прибора и на исполнительный механизм станка подается соответствующая команда.

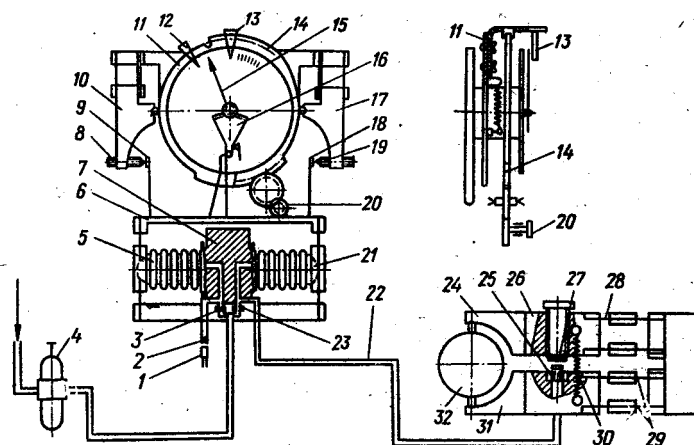


Рис. III.21. Пневматическое устройство активного контроля
БВ-1096М

Настройка регулируемых контактов 8 и 19 производится путем смещения кареток 10, 17 с помощью кулачков 11, 14, профили которых выполнены в виде архимедовой спирали так, что величина смещения контакта равна величине перемещения указателей 12, 13 по шкале прибора. Поворот кулачков 11 и 14 производится кнопкой через зубчатую передачу. Измерительная двухконтактная скоба 26 имеет две подвижные

губки 24, 31, щодпружиненные пружиной 30 и подвешенные к корпусу скобы на плоскопружинных параллелограммах 28, 29.

Конструкция скобы изображена на рис. III.22. Измерительные цилиндрические наконечники 1 и 21, выполненные из твердого сплава, закреплены в измерительных губках 2 и 20, подвешенных к колодкам 11 на плоскопружинных параллелограммах 8 и 13. При настройке скобы на заданный размер губки 2 и 20 перемещаются по направляющим 6 и 23 типа “ласточкин хвост” с помощью реечных передач 3, 19 и закрепляются на них винтами 4 и 18. Колодки 11 закреплены на корпусе скобы 9. В губке 2 установлено измерительное сопло 5, а в губке 20 — винт 17, положение пятки которого определяет величину измерительного зазора. Положение пятки фиксируется винтом 16. Измерительное сопло соединяется с пневматическим датчиком с помощью штуцера 10 и шланга. Подвижная система скобы закрыта пластинами 22 и откидной крышкой 15 кожуха. Перемещение губок ограничивается упорами 14. Измерительное усилие создается пружиной 12.

Благодаря инерционности пневматического метода измерений устройство может быть использовано также для контроля при шлифовании прерывистых поверхностей (например, шлицевых валов). Для этой цели над измерительным соплом 5 скобы с зазором 0,1 мм установлен ограничительный колпачок 7. При прохождении измерительных наконечников над впадинами между соплом и пяткой устанавливается минимальный зазор, а при их прохождении над выступами — зазор, соответствующий обрабатываемому диаметру детали.

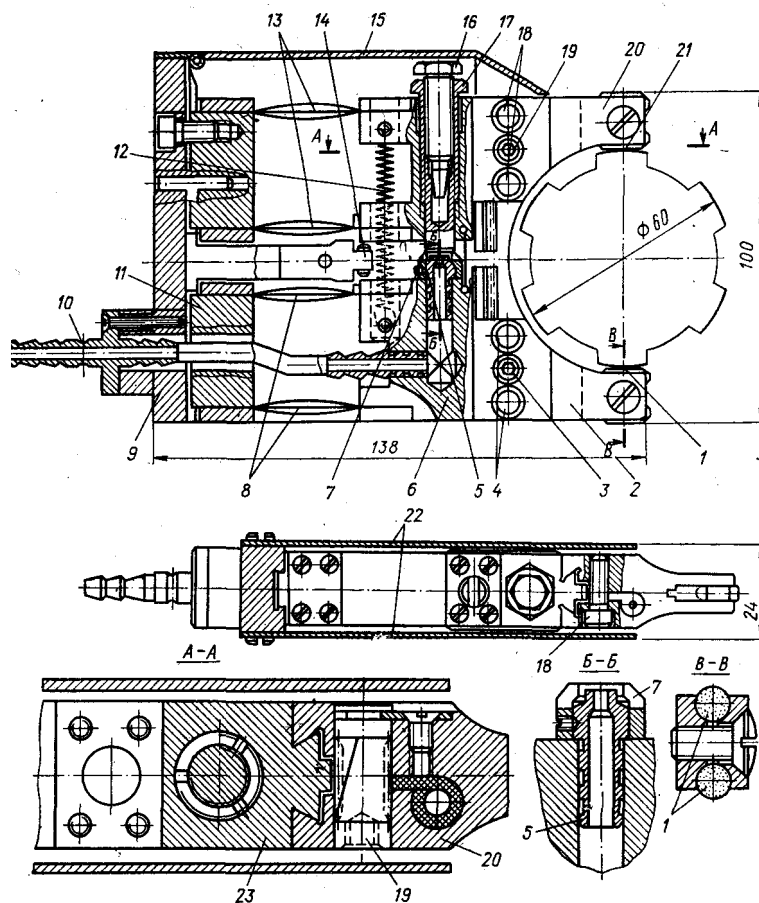


Рис. III.22. Конструкция измерительной скобы БВ-1096-III2

При испытаниях серийно выпускаемых Челябинским инструментальным заводом (ЧИЗ) устройств 1096М в БВ установлено, что нестабильность срабатываний лежит в пределах 0,5 мкм, погрешность настройки контактов составляет 0,4 мкм, смещение настройки при изменении давления с 3,5 105 до 6,7 105 н/м² — 0,3 мкм, изменении напряжения на входе электрической схемы — 0,2 мкм. Смещение настройки после 25000 циклов составило 20 мкм. При обработке на станке ЗА 151 небольшой партии (46 шт.) гладких цилиндрических валов с припуском 0,1 мм (припуск на выхаживание 0,03 мм) зона рассеивания размеров составила 4,5 мкм, при обработке прерывистых поверхностей эта зона увеличилась до 7,5 мкм. К числу недостатков устройства следует отнести необходимость его подстройки через каждый час — полтора работы и частые поломки плоских пружин скобы.

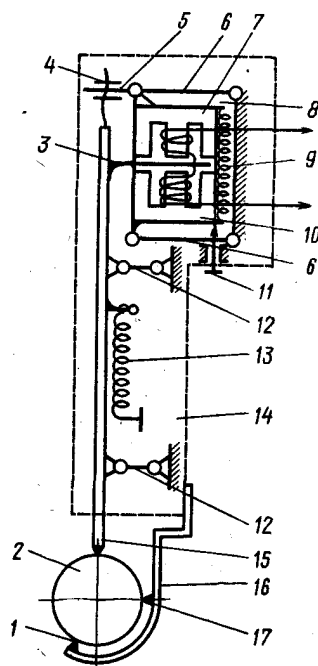


Рис. III.23. Принципиальная схема индуктивного устройства АК-2

Многокомандные устройства МАМИ-3 с двухконтактной скобой [5], основанные на пневмоэлектроконтактном методе измерения, установлены в автоматической линии МАМИ — НИИТракторосельхозмаш для шлифования осей катка трактора ДТ-54 на Саратовском заводе “Серп и Молот”. Устройство управляет многоступенчатым автоматическим циклом шлифования МАМИ, состоящим из этапов быстрого резания, черновой подачи, реверса для снятия натяга в системе и чистовой подачи до достижения окончательного размера. Устройство осуществляет также измерение заготовки до начала обработки, и в случае попадания заготовок с завышенными или заниженными припусками и обработку удаляет их. Внедрение системы автоматизации позволило повысить вдвое производительность станков, обеспечить точность шлифования и получить значительный экономический эффект.

На автомобильных и тракторных заводах страны широко применяются трехконтактные подвесные скобы конструкции ЗИЛ [5], которые отличаются прямоугольной формой сечения измерительного стержня, перемещающегося в плоских направляющих.

В Алтайском научно-исследовательском и проектно-технологическом институте (АНИТИМ) разработаны устройства АК-2 и АК-3 с трехконтактными накладными скобами, основанные на индуктивном методе измерения [5] (рис. III.23). К корпусу 14 прибора на плоскопружинном параллелограмме 12 подвешен измерительный стержень 5, который поджимается к поверхности обрабатываемой детали 2 пружиной 13. К верхней части стержня неподвижно крепится якорь 3, расположенный между верхним 7 и нижним 10 магнитопроводами индуктивного датчика 8, который закреплен в корпусе 14 прибора. Магнитопроводы 7 и 10 жестко скреплены между собой и подвешены к корпусу 14 на двух плоских пружинах 6. Пружина 9 непрерывно оджимает магнитопровод 10 к регулируемому упору 11, закрепленному в корпусе 14. Перемещение стержня 15 с якорем 3 ограничивается двумя гайками 4 и упором 5, закрепленным на магнитопроводе 7. К корпусу 14 прикрепляется сменная скоба 16 с неподвижными наконечниками 1 и 17. Устройство настраивается по образцовой детали. Вращением регулируемого упора 11 перемещают магнитопроводы относительно якоря 3 до тех пор, пока стрелка отсчетного прибора не установится на нуль. В начале шлифования, если припуск превышает предельную величину хода якоря, ограничительные гайки 4 упираются в упор 5 и отрывают магнитопроводы от регулируемого упора 11. По мере шлифования диаметр заготовки уменьшается, стержень 15 опускается и магнитопроводы касаются упора 11. С этого момента начинает работать измерительная схема прибора. Шкала прибора позволяет следить за ходом процесса. Прибор АК-2 дает одну команду на управление станком и пригоден

для управления одноступенчатым циклом, прибор АК-3 дает две команды на управление циклом станка.

Электрическая схема устройства показана на рис. III.24. Сигнал с датчика ИД поступает на дифференциальный трансформатор Tr_1 и усиливается двухкаскадным усилителем на лампах 6Н8С. Выходной трансформатор Tr_2 служит нагрузкой второго каскада усилителя. Показывающий прибор подключен к вторичной обмотке трансформатора Tr_2 через фазочувствительный выпрямитель. Параллельно вторичной обмотке этого трансформатора включены селеновые шайбы, являющиеся нелинейным элементом. Сопротивление селеновых шайб падает с увеличением напряжением на них, что позволяет получить нелинейную шкалу показывающего прибора с широким пределом измерений и защитить его от перегрузок при крайних положениях измерительного стержня. Исполнительная часть схемы питается от анода лампы L_{16} . Напряжение, снятое с анода, усиливается лампой L_{2a} и подается на электронное фазочувствительное реле, собранное на лампе L_{26} , в анодную цепь которой включено электромагнитное реле Р. В качестве показывающего прибора применяется щитовой вольтметр М-340. Устройства АК-2 и АК-3 серийно выпускаются Челябинским инструментальным заводом. Они просты в настройке, удобны в эксплуатации, достаточно надежны. Нагрев электросхемы и катушек датчиков оказывает влияние на смещение настройки и статическую ошибку устройств. Смещение настройки при прогреве схемы в течение 1,5 ч ставило 3,5 мкм, время запаздывания — 0,18 сек.

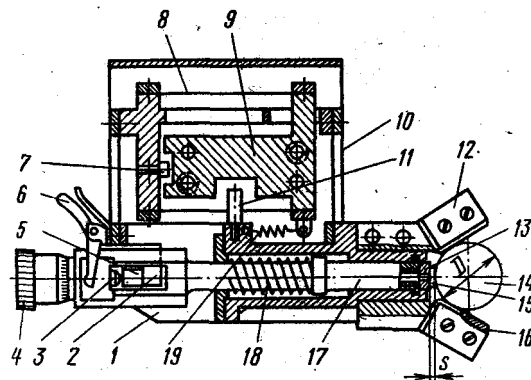


Рис. III.25. Схема седлообразной скобы устройства БВ-3087

Устройство для последовательного контроля шеек ступенчатых валов конструкции Ярославского моторного завода [5] состоит из набора трехконтактных навесных индикаторных скоб, подвешенных шарнирно к общему валу, закрепленному на двух стойках, установленных на станине станка.

Устройство “Фенар” фирмы “Марпосс” предназначено для той же цели и состоит из набора трехконтактных скоб, оснащенных индуктивными датчиками, подключенными к одному стандартному пульту. Переключение скоб производится автоматически.

В качестве устройства, в котором используется седлообразная скоба, можно привести быстро переналаживаемое устройство БВ-3087. Устройство основано на бесконтактном пневматическом методе измерения и предназначено для контроля валов с диаметром $30 \div 70$ мм в процессе обработки в мелкосерийном производстве. Наблюдение за изменением размера производится с помощью отсчет-пневматического устройства типа БВ-1096 или другого пневматического датчика. Скоба крепится на механизме подвода, установленном на стол станка, может быть также подвешена на кожухе шлифовального круга. Схема седлообразной пневматической скобы устройства изображена на рис. III.25. На корпусе 1 скобы закреплен наездник 12 с твердосплавными наконечниками 16, которые опираются на поверхность обрабатываемой детали 14. Корпус 1 скобы подвешен к опоре 9 на двух плоскопружинных параллелограммах 8 и 10, что дает скобе возможность самоцентрироваться по контролируемой детали. Щелевидное сопло 15 закреплено на штоке 17, в верхнюю часть которого ввернут установочный винт 3 с микрометрической головкой 4. Винт 3 постоянно прижат к сменной плитке 5, лежащей на опорной планке 2, закрепленной на опоре 9, усилием пружины 18. При изменении диаметра D обрабатываемой детали измерительный зазор s между торцом сопла 15 и поверхностью детали меняется, изменяются давление в измерительной цепи и положение подвижной системы пневматического датчика. Усилие прижатия наездника к поверхности детали создается пружиной 19. Перемещение скобы в горизонтальном и вертикальном направлениях ограничивается упорами 7 и 11. Наездник 12 сменный. В комплект прибора входит два наездника: для диаметров $30 \div 50$ мм и $50 \div 70$ мм. Настройка скобы при контроле деталей, находящихся в первом интервале размеров, производится с помощью эталона $\varnothing 40$ мм, во втором – с помощью эталона $\varnothing 60$ мм. Перенастраивают скобу на размер, находящийся в интервале ± 10 мм от размера эталона, путем смены установочных плиток 5. Тонкая регулировка измерительного зазора и настройка датчика на нуль производится с помощью винта 3, аррестирование штока для замены плитки — рычагом 6. Поверхность сопла защищена от повреждений коронкой 13. Усилие прижатия наездника равно 5 ± 1 н, погрешность прибора при настройке по эталону $\pm 0,002$ мм, на пределе измерений - $\pm 0,004$ мм.

К серийному производству на ЧИЗ принято пневматическое бесконтактное устройство БВ-4105М с седлообразной скобой для контроля в процессе продольного шлифования.

Валы с прерывистой поверхностью (валы со шпоночным пазом, шлицевые валы имеют широкое применение в машиностроении. Обычные устройства активного контроля неприменимы для контроля таких валов, так как измерительные наконечники западают во впадины и удары по ним приводят к порче прибора и к нарушению его точности.

Устройства, предназначенные для контроля прерывистых поверхностей в процессе обработки, основываются на применении наконечников специальной формы (дуговые наконечники),

перекрывающих разрывы (канавки) на поверхности, и затормаживающихся наконечников или на использовании пневматического метода измерений (см. рис. III.22).

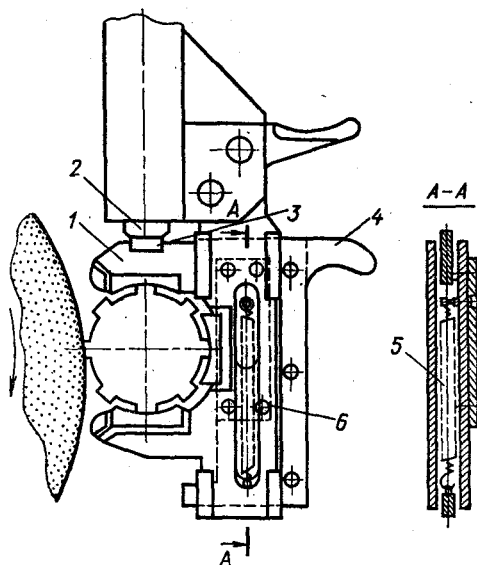


Рис. III.26. Устройство ЗИЛ для контроля прерывистых поверхностей

К устройствам первой группы относятся устройства конструкции ЗИЛ с трехконтактными скобами (рис. III.26). Скоба имеет три дугообразных контакта, которые перекрывают места разрывов на поверхности. Верхняя подвижная губка 1 перемещается в направляющих скользя в корпусе 6 скобы. Измерительный стержень 2 устройства опирается на верхнюю плоскость 3 губки. Измерительное усилие создается спиральной пружиной 5, находящейся в корпусе скобы. Отвод губки 1 производится с помощью лапки 4. Трение в направляющих губки 1 и демпфирующее влияние пружины 5 уменьшают вибрации измерительного стержня 2 прибора. Радиус дугообразных наконечников должен быть не меньше радиуса заготовки с наибольшим припуском. Погрешности устройств с дугообразными наконечниками велики, и они могут применяться для контроля валов, изготавливаемых по 3-му классу точности.

Из устройств второй группы можно назвать одноконтактное устройство конструкции ОМПИ [5] с затормаживающимся наконечником и двухконтактное устройство “Унивар” фирмы “Марпосс”.

При обработке конических деталей требуется выдержать в пределах заданных допусков расчетный диаметр конуса, т. е. диаметр на заданном расстоянии от базы конуса и угол конуса или конусность. Точный контроль конических поверхностей в процессе обработки затруднен, так как база конуса может изменять свое положение по оси станка. Угол конуса в процессе обработки не контролируется, так как этот параметр обычно не регулируется по сигналам устройства.

МАМИ при участии 1-го ГПЗ разработана новая технология и оптимальный автоматический цикл шлифования роликовых дорожек внутренних колец конических роликоподшипников и создана система автоматизации станка мод. 3486, 3А486 (рис. III.27) для его модернизаций на основе активного контроля. В устройстве активного контроля МАМИ-16 применены пневматическая двухконтактная скоба БВ-1096 ; Ш2-125 (см. рис. III.22) и датчик мод. 235 (см. рис. III.13).

Применение системы комплексной автоматизации на основе активного контроля и оптимального автоматического цикла шлифования позволили повысить точность обработки конических поверхностей при высокой производительности. Зона рассеивания снизилась с 0,08 до 0,02 мм. Чистота поверхности повысилась с $\nabla 7$ до $\nabla 10$ класса, что позволяет отказаться от операции суперфиниширования. Значительно сокращается количество оборудования и рабочих на участке. Годовая экономия от внедрения одного станка около 3000 руб. в год, окупаемость затрат – около года. Повышение точности и чистоты поверхности колец приводит к значительному повышению долговечности подшипников и дает существенную народнохозяйственную экономию.