

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



В.В. Марфицын, В.Е. Овсянников

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Учебное пособие



Курган 2012

УДК 621.735 (075.8)

ББК 34.63

М 25

Рецензенты

Тюменский государственный нефтегазовый университет (заведующий кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты», д.т.н., профессор Е.В. Артамонов); Курганский центр метрологии, стандартизации и сертификации (заместитель директора, к.т.н., доцент А.В. Брюхов).

Печатается по решению методического совета Курганского государственного университета.

Марфицын В.В., Овсянников В.Е. Расчет и проектирование контрольных приспособлений: Учебное пособие. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2012. – 57 с.

В пособии изложена методика расчета контрольных приспособлений на точность. В систематизированном виде приведены данные об основных источниках погрешностей измерений: погрешность базирования, закрепления, передаточных механизмов, средств измерений, износа и изготовления элементов контрольного приспособления, погрешности условий измерения, передаточных механизмов и т.д. Пособие содержит все необходимые для расчетов контрольных приспособлений на точность справочные данные и расчетные зависимости, что не вызывает необходимости в использовании дополнительных источников технической информации. С целью улучшения усвоения материала, пособие содержит дополнительный материал, касающийся основных схем базирования заготовок и установочных устройств и основных конструкций зажимных устройств, которые используются в контрольных приспособлениях.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальностям 151001 «Технология машиностроения» и 200503 «Стандартизация и сертификация» и по направлениям 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» и 221700 «Стандартизация и метрология». Может быть, полезно широкому кругу инженерно-технических работников, связанных с проектированием и эксплуатацией контрольно-измерительной аппаратуры.

Рис. – 27, табл. – 11, библиограф. – 10 назв.

ISBN 978-5-86328-

© Курганский
государственный
университет, 2012
© Марфицын В.В.,
Овсянников В.Е., 2012

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
Введение	4
1. Назначение и классификация контрольных приспособлений, требования к ним	5
2. Конструктивные элементы контрольных приспособлений	11
2.1. Установочные элементы	11
2.2. Зажимные устройства	11
2.3. Измерительные устройства	12
2.4. Вспомогательные устройства	13
3. Погрешности измерения в контрольных приспособлениях	14
4. Базирование изделий в контрольных приспособлениях	16
4.1. Установка на плоскости	16
4.2. Установка по наружной цилиндрической поверхности	17
4.3. Установка по отверстию	22
4.4. Рекомендации по расчету погрешностей базирования	28
5. Оценка погрешности закрепления	32
6. Оценка погрешности изготовления и износа элементов приспособления	34
7. Передаточные устройства и оценка их погрешности	36
7.1. Определение погрешности изготовления плеч рычагов Δ_{p1}	37
7.2. Определение погрешности от зазора между отверстием и осью рычага Δ_{p2}	41
7.3. Определение погрешности от непропорциональности между линейным перемещением измерительного стержня и угловым перемещением рычага Δ_{p3}	42
7.4. Определение погрешности от смещения точки контакта сферического наконечника при повороте плоского рычага Δ_{p4}	43
7.5. Определение погрешности прямой передачи Δ_{p5}	44
8. Эталонные детали и оценка их погрешности	47
9. Измерительные устройства и их погрешности	49
10. Оценка погрешности от условий измерения	53
Список литературы	55

ВВЕДЕНИЕ

Контроль качества изделий является актуальной и важной задачей в современном машиностроительном производстве. Применение универсальных и специальных измерительных инструментов не всегда обеспечивает требуемую точность и удобство контроля, а в ряде случаев вообще не приемлемо.

Для повышения производительности труда контролеров, улучшения условий их работы, повышения качества и объективности контроля применяются контрольные приспособления. Необходимость контрольных приспособлений особенно велика при изготовлении деталей высокой точности. Причем следует отметить, что контрольные операции преимущественно осуществляются посредством специальной оснастки. В случаях, когда требуется контролировать размеры и форму деталей сложного контура, расположение или биение поверхностей, то их применение становится обязательным. Часто могут использовать приспособление единой конструкции для контроля сразу нескольких параметров, тогда их называют универсальными или многомерными.

Проектирование любого контрольно-измерительного приспособления характеризуется большим объемом работы, значительную часть которой занимают проектно-конструкторские расчеты, важнейшим среди которых является расчет точности контрольных приспособлений. Хотя данный вопрос достаточно полно освещен в справочной литературе, сведения носят разрозненный характер и зачастую расчет контрольного приспособления на точность требует работы с большим количеством источников.

В данном учебном пособии предпринята попытка обобщения и формализации методики расчета контрольно-измерительных приспособлений на точность. Целью пособия является приобретение студентами навыков в области расчета на точность контрольно-измерительных приспособлений, для реализации технологических процессов контроля изделий машиностроения.

1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ, ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Контрольные приспособления - специальные производственные средства измерения, представляющие собой конструктивное сочетание базирующих, зажимных и измерительных устройств.

Контрольные приспособления предназначены для проверки точности выполнения размеров и технических требований на изготовление деталей и узлов машин.

Приспособления могут быть классифицированы:

а) *по габаритам и условиям работы* (стационарные и накладные или переносные, одномерные и многомерные);

б) *по принципу работы* (со шкальными и бесшкальными измерениями);

в) *по технологическому назначению* (для приемочного контроля обработанных деталей, контроля правильности обработки деталей на станках и воздействия на технологический процесс, контроля правильности наладки станка и протекания процесса сборки).

Контрольные приспособления должны обеспечивать:

- точность и производительность контроля;
- удобство и простоту эксплуатации;
- технологичность изготовления и износостойкость;
- экономическую целесообразность.

При конструировании контрольных приспособлений необходимо тщательно изучить физическую сущность возникновения первичных погрешностей и отыскать пути их уменьшения.

Приспособления должны быть подчинены основной задаче производственного контроля - обеспечить возможность не только определения окончательной годности деталей, но и, прежде всего, предупреждения брака при требуемой производительности. Обязательным условием, которому должна отвечать конструкция контрольного приспособления, является удобство пользования им. Работа на приспособлении не должна утомлять контролера или требовать применения больших физических усилий. Проверяемая деталь или сборочная единица должны легко устанавливаться на приспособление и легко сниматься с него.

Точность контрольного приспособления, малая величина погрешностей измерения должны обеспечиваться конструкцией не только в новом приспособлении, но и в процессе его эксплуатации. Основными причинами, вызывающими потерю точности, являются: износ направляющих, шарниров и поверхностей, соприкасающихся с проверяемыми деталями. Необходимость повышения износоустойчивости требует высокой твердости трущихся поверхностей контрольных приспособлений. Как правило, детали контрольных приспособлений не испытывают больших нагрузок, следовательно, возможно использование высокоуглеродистых и легированных сталей с закалкой до

твердости порядка 60...65 HRCэ. Повышение износостойчивости может быть также достигнуто хромированием деталей.

Экономическая целесообразность применения контрольных приспособлений определяется:

- совершенствованием и упрощением конструкций контрольных приспособлений, что приводит к сокращению числа контролеров, при возможном снижении требований к их квалификации;
- повышением качества процесса контроля с одновременным снижением брака.

Контрольные приспособления позволяют контролировать различные элементы изделий:

- размеры;
- взаимное расположение осей, плоских и криволинейных поверхностей;
- отклонения от правильной геометрической формы;
- параметры зацепления зубчатых колес;
- припуски на механическую обработку;
- правильность работы собранных агрегатов, механизмов и машин и другие элементы.

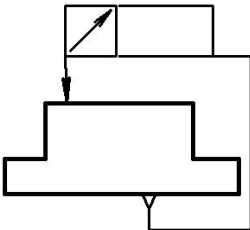
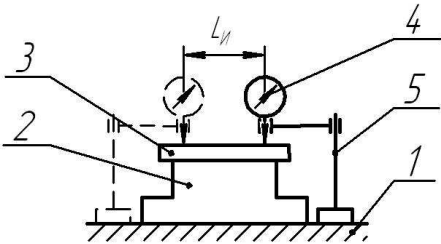
Наибольшее число разрабатываемых конструкций приспособлений предназначены для контроля расположения поверхностей. Наиболее часто встречающиеся схемы приведены в табл. 1.1.

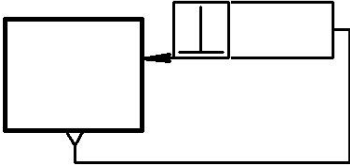
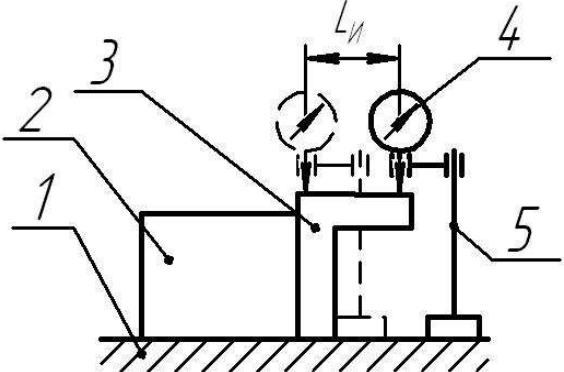
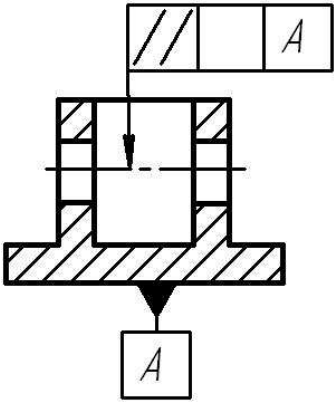
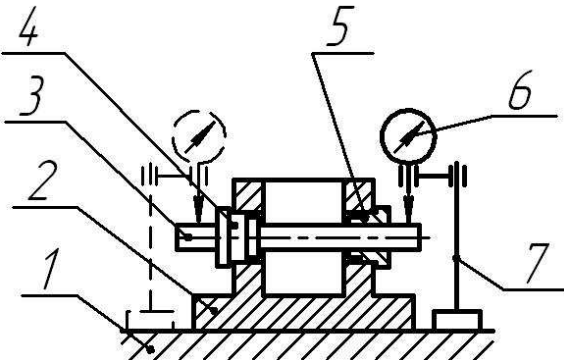
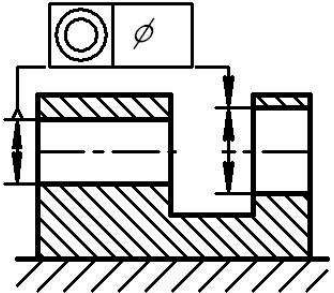
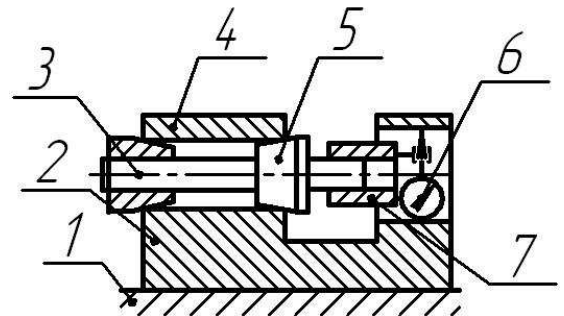
Для проверки небольших и средних деталей и сборочных единиц применяют стационарные контрольные приспособления. Для крупных изделий используют переносные приспособления, устанавливаемые на деталь (сборочную единицу).

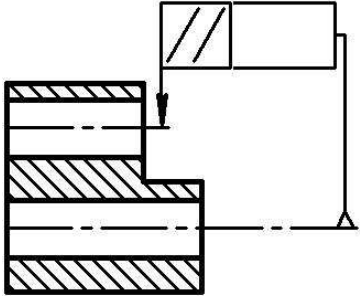
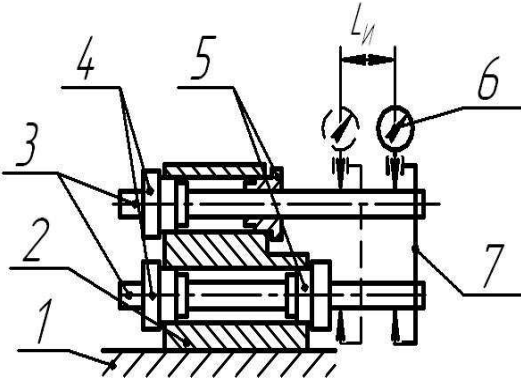
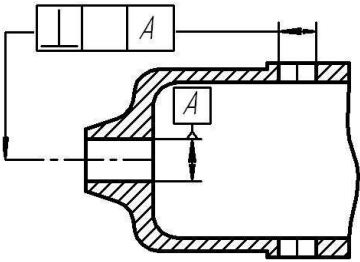
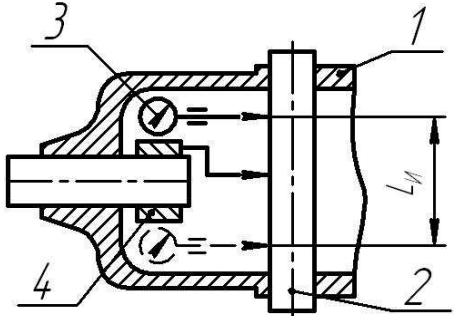
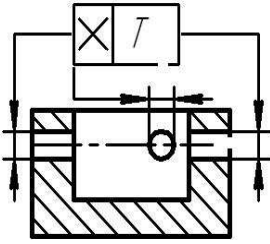
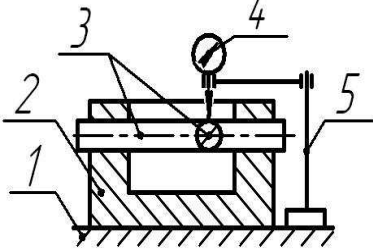
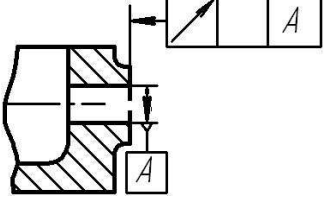
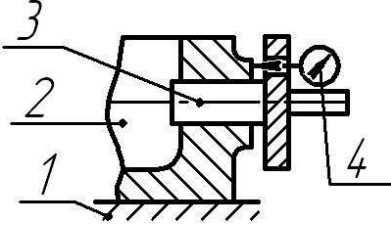
Наряду с одномерными находят широкое применение многомерные приспособления, где за один установ проверяют несколько параметров. Повышение производительности контроля и облегчение условий труда достигают, применяя контрольные полуавтоматы и автоматы, являющиеся звеньями автоматических линий обработки и сборки.

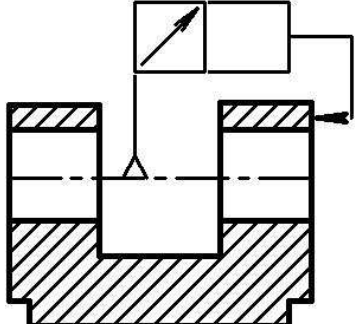
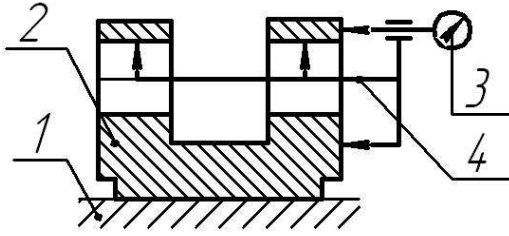
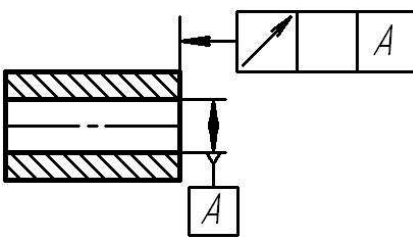
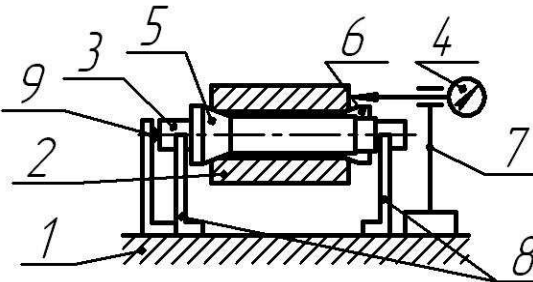
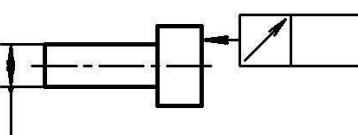
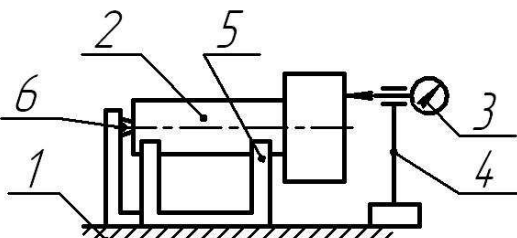
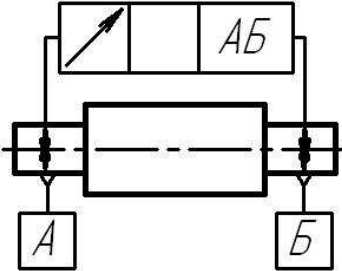
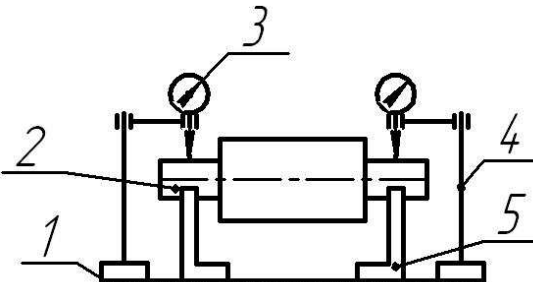
Таблица 1.1

Типовые схемы приспособлений

Условное обозначение на чертеже	Схема измерения	Перечень элементов
Отклонение от параллельности поверхности относительно базовой плоскости		
		<p>1 – плита; 2 – деталь; 3 – плоскопараллельная пластина; 4 – прибор; 5 – стойка. $L_{и}$ – длина измерения</p>

Условное обозначение на чертеже	Схема измерения	Перечень элементов
Отклонение от перпендикулярности поверхности относительно базовой плоскости		
		<p>1 – поверочная плита; 2 – деталь; 3 – угольник; 4 – измерительный прибор; 5 – стойка. L_и – длина измерения</p>
Отклонение от параллельности общей оси отверстий относительно базовой плоскости		
		<p>1 – поверочная плита; 2 – деталь; 3 – контрольная оправка; 4 и 5 неподвижный и подвижный диски; 6 – измерительный прибор; 7 – стойка.</p>
Отклонение от соосности отверстия относительно базовой оси		
		<p>1 – поверочная плита; 2 – деталь; 3 – контрольная оправка; 4 и 5 неподвижный и подвижный диски; 6 – измерительный прибор; 7 – вертушка</p>

Условное обозначение на чертеже	Схема измерения	Перечень элементов
Отклонение от параллельности осей отверстий		
		<p>1 – поверочная плита; 2 – деталь; 3 – контрольная оправка; 4 и 5 – неподвижный и подвижный диски; 6 – измерительный прибор; 7 – рычажная скоба. $L_{н}$ – длина измерения</p>
Отклонение от перпендикулярности осей отверстий		
		<p>1 – деталь; 2 – контрольная оправка; 3 – измерительный прибор; 4 – вертушка $L_{н}$ – длина измерения</p>
Отклонение от пересечения осей отверстий		
		<p>1 – поверочная плита; 2 – деталь; 3 – контрольная оправка; 4 – измерительный прибор; 5 – стойка</p>
Торцовое биение плоскости относительно оси отверстия корпусной детали		
		<p>1 – поверочная плита; 2 – деталь; 3 – контрольная оправка; 4 – прибор</p>

Условное обозначение на чертеже	Схема измерения	Перечень элементов
Торцовое биение плоскости относительно общей оси отверстий корпусной детали		
		<p>1 – поверочная плита; 2 – деталь; 3 – измерительный прибор; 4 – приспособление</p>
Торцовое биение плоскости относительно оси отверстия втулки		
		<p>1 – поверочная плита; 2 – деталь; 3 – контрольная оправка; 4 – измерительный прибор; 5, 6 – неподвижный и подвижный диски; 7 – стойка; 8 – призмы; 9 – упор</p>
Торцовое биение плоскости относительно оси шейки вала		
		<p>1 – плита; 2 – деталь; 3 – прибор; 4 – стойка; 5 – призмы; 6 – прибор</p>
Биение шеек вала относительно их общей оси		
		<p>1 – плита; 2 – деталь; 3 – прибор; 4 – стойка; 5 – призмы</p>

Биение поверхности вала относительно общей оси шеек		
		<p>1 – плита; 2 – деталь; 3 – прибор; 4 – стойка; 5 – призмы</p>
Биение поверхности вала относительно оси центральных отверстий		
		<p>1 – плита; 2 – деталь; 3 – центры; 4 – прибор; 5 – стойка</p>

Одним из наиболее перспективных в условиях современного автоматизированного производства является контроль в процессе обработки и сборки. В этом случае контроль из пассивного превращается в активный, предупредительный. Контрольные приспособления из самостоятельных устройств превращаются в составную часть автоматических систем. Это позволяет снизить себестоимость продукции в результате устранения брака и в результате исключения контроля как самостоятельной операции.

2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Контрольное приспособление состоит из установочных, зажимных, измерительных и вспомогательных элементов, установленных в корпусе приспособления.

2.1. Установочные элементы

Установочными называют элементы, на которые проверяемая деталь (узел) ставится своими измерительными базами в процессе контроля.

Для установки на базовые плоскости применяют постоянные опоры со сферическими и плоскими головками, опорные пластины, а также специальные детали (секторы, кольца) в зависимости от конфигурации базовой поверхности в плане.

Опоры со сферическими головками применяют для установки деталей на необрабатываемые базы; для установки на обработанные базы используют опоры с гладкой и достаточно развитой поверхностью. Для повышения износостойкости опоры рекомендуется термически обрабатывать до твердости 55.. .60 HRCэ [9].

Для установки на внешние цилиндрические поверхности используют призмы различных конструкций. На рабочие поверхности призм для повышения их износостойкости наплавляют пластинки из твердого сплава.

Для установки деталей на внутренние цилиндрические поверхности используют гладкие цилиндрические оправки или пальцы. Для устранения влияния зазора применяют конические или разжимные оправки. В качестве разжимных элементов используют шарики, планки, разрезные втулки. Для повышения износостойкости оправки подвергают термической обработке до твердости 55...60 HRCэ.

2.2. Зажимные устройства

Зажимные устройства в контрольных приспособлениях предупреждают *смещения* установленной для проверки детали (узла) относительно измерительного устройства и обеспечивают плотный контакт измерительных баз детали с опорами приспособления.

Работа зажимных устройств контрольных приспособлений существенно отличается от работы аналогичных устройств в станочных приспособлениях. Для предупреждения деформаций проверяемых изделий силы закрепления должны быть небольшими, а их величина - стабильна. Необходимость в зажимных устройствах отпадает, если деталь занимает вполне устойчивое положение на опорах приспособления, и силы от измерительного устройства не нарушают этой устойчивости. Для

повышения производительности контрольное зажимное устройство должно быть быстродействующим и удобным для обслуживания.

В контрольных приспособлениях применяют ручные зажимные устройства (рычажные, пружинные, винтовые, эксцентриковые), а также устройства с механизированным приводом. Достаточно часто применяют комбинированные зажимные устройства, обеспечивающие одновременный и равномерный прижим контролируемых деталей к нескольким опорным элементам приспособления. Место приложения силы выбирают так, чтобы исключить недопустимые деформации детали и элементов контрольного приспособления.

2.3. Измерительные устройства

Измерительные устройства контрольных приспособлений делятся на предельные (бесшкальные) и отсчетные (шкальные).

Особую группу составляют устройства, работающие по принципу нормальных калибров. В зависимости от типа измерительного устройства проверяемые изделия при контроле делятся на три категории: годные, брак по переходу за нижнюю границу допуска и брак по переходу за верхнюю границу допуска.

В качестве простейших устройств применяют встроенные контрольные приспособления, жестко закрепленные или выдвижные предельные элементы (скобы, пробки, щупы). Примеры таких устройств приведены [9], их используют при сравнительно грубых допусках на проверяемые размеры.

В контрольных приспособлениях и контрольно-сортировочных автоматах широко применяются электроконтактные датчики. Этот вид датчиков удобен для многомерных контрольных приспособлений [7]. Получили развитие также приспособления с емкостными, индуктивными и фотоэлектрическими датчиками.

В качестве отсчетных измерителей обычно используют индикаторы с рычажной или зубчатой передачами. Индикаторы в большинстве случаев имеют цену деления 0,01 мм (часового типа) и 0,001- 0,002 мм (многооборотные). Для контроля прецизионных деталей применяют рычажно-зубчатые головки (цена деления - 0,001 мм), пружинно-измерительные головки - (цена деления - 0,0001 мм).

Для выбора отсчетных измерительных средств в зависимости от величины допусков и серийности производства необходимо учитывать их метрологические и экономические показатели.

К метрологическим характеристикам относятся: цена деления шкалы; пределы измерения; чувствительность; погрешность показаний (отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины), порог чувствительности (наименьшее значение измеряемой величины, которое может вызвать изменение положения указателя прибора),

период успокоения стрелки, что существенно влияет на производительность контроля.

К экономическим показателям относятся: затраты на измерительное устройство; продолжительность его работы до ремонта; время, затрачиваемое на измерение; квалификация контролера; время и затраты на установку измерительного устройства; увеличение затрат вследствие уменьшения допусков, вызываемого погрешностью измерительного устройства. При выборе измерительных устройств необходимо в каждом конкретном случае находить наиболее выгодное решение для получения изделий с наименьшей себестоимостью.

В качестве устройств, работающих по принципу нормальных калибров, в контрольных приспособлениях используют контурные, плоские или объемные шаблоны. Оценка соответствия проверяемых деталей производится с помощью щупов или на просвет. Часто в приспособлениях этого типа проверяют координацию контура базовым отверстиям. Это осуществляется с помощью контрольных скалок (пробок). Деталь бракуют, если не удастся установить ее в приспособлении и ввести пробки, а также, если ее установка производится с большим зазором.

2.4. Вспомогательные устройства

Вспомогательные устройства контрольных приспособлений имеют различное целевое назначение.

В приспособлениях для проверки радиального или осевого биения применяют поворотные устройства; в приспособлениях для проверки прямолинейности или параллельности используют ползуны для перемещения измерительных элементов. Для контроля цилиндрических деталей, у которых проверяют правильность формы шеек или соосность ступеней, применяют приводные механизмы для их вращения. Примеры вспомогательных устройств контрольных приспособлений приведены в [7; 8; 9].

3. ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ В КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

Основными факторами, оказывающими влияние на точность контрольного приспособления, являются:

- принятая схема приспособления;
- точность изготовления элементов приспособления;
- метод измерения.

Суммарная погрешность измерения может быть определена по закону Гаусса:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}, \quad (3.1)$$

где $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_n$ – поля первичных погрешностей.

При разработке контрольного приспособления необходимо определять погрешность измерения при выбранной схеме контроля, для чего следует анализировать все погрешности, влияющие на точность измерения. Под погрешностью измерения следует понимать разность между показаниями контрольного приспособления и действительным значением проверяемой величины.

Общая погрешность измерения в приспособлении ($\Delta_{КП}$) определяется:

- погрешностью установки контролируемой детали в приспособлении (ε_y), которая определяется величиной погрешности базирования (ε_B), погрешности закрепления (ε_3) и погрешности ($\varepsilon_{ПР}$), вызываемой неточностью изготовления и износа элементов приспособления:

$$\varepsilon_{\acute{o}} = \sqrt{\varepsilon_A^2 + \varepsilon_C^2 + \varepsilon_{\acute{D}}^2}, \quad (3.2)$$

- погрешностью передаточных устройств приспособления ($\Delta_{ПУ}$);
- погрешностью эталонных деталей, служащих для настройки приспособления ($\Delta_{\acute{Э}}$);
- погрешностью средства измерения ($\Delta_{И}$);
- погрешностью, учитывающей условия измерения ($\Delta_{УИ}$).

На стадии проектирования контрольного приспособления целесообразно определять его общую погрешность:

$$\Delta_{\acute{E}I} = \varepsilon_{\acute{o}} + \Delta_{\acute{I}o} + \Delta_{\acute{Y}} + \Delta_{\acute{E}} + \Delta_{\acute{o}\acute{E}}. \quad (3.3)$$

Действительное значение погрешности контрольного приспособления определяется в процессе его аттестации и может быть уменьшено до определенного предела при наладке, регулировке и юстировке. Погрешности измерения в приспособлении должны иметь по

возможности минимальное значение. Однако повышение точности измерений может привести к усложнению и удорожанию приспособления.

Расчет точности контрольного приспособления (определение погрешности измерения) сводится к расчету или выбору по табличным данным первичных составляющих общей погрешности ($\Delta_{\text{КП}}$) и сопоставлением полученного значения с допускаемым [$\Delta_{\text{КП}}$] в соответствии с ГОСТом 8.661-81, в зависимости от допусков на изготовление [7] или по формуле:

$$[\Delta_{\hat{E}i}] = k \cdot JTA, \quad (3.4)$$

где JTA – допуск измеряемой величины A; k – коэффициент, определяемый в соответствии с [8]. Для квалитетов JT2...JT5 – k=0,35; JT6...JT7 – k=0,3; JT8...JT9 – k=0,25; JT10...JT12 – k=0,2.

Контролируемой величиной, по которой следует отбраковывать детали, является $\Delta_{\text{КОНТ}}=JTA-\Delta_{\text{КП}}$ либо JTA, но при этом $\Delta_{\text{КП}}$ следует учесть при настройке приспособления.

Обобщение производственного опыта показывает, что величина погрешности измерения находится в пределах 10-20 % от поля допуска контролируемого параметра.

4. БАЗИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ В КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

Эффективность работы контрольного приспособления в значительной степени предопределяется правильным выбором измерительной базы, то есть поверхностями детали, которыми она устанавливается на контрольном приспособлении, относительно измерительного устройства.

Подход к выбору баз измерения должен быть различным в зависимости от того, на каком этапе технологического процесса намечается контролировать изделие.

Контрольные приспособления, предназначенные для промежуточного межоперационного контроля, то есть контролирующие правильность наладки определенной производственной операции, должны использовать по возможности технологическую базу, которая принята в соответствующем станочном приспособлении.

Приспособления, предназначенные для проверки окончательно обработанных деталей, должны использовать в качестве измерительной базы конструкторскую базу детали, что определяет ее условия работы в механизме.

Основной составляющей погрешности базирования (ϵ_B) детали в контрольном приспособлении, в отличие от станочных приспособлений, является неточность изготовления измерительных баз у детали, поскольку погрешности изготовления базовых элементов контрольного приспособления в основном можно компенсировать настройкой на контролируемый параметр, так как элементы приспособления, предназначенные для базирования, после их изготовления имеют строго определенные значения параметров и подвергаются аттестации.

Наиболее характерными формами поверхностей деталей, которые принимаются в качестве измерительных баз, являются плоские и цилиндрические (наружные и внутренние) поверхности.

4.1. Установка на плоскости

Погрешности базовой плоскости детали - ее отклонение от плоскостности - и параметры качества поверхности определяют и погрешность базирования детали в конкретном приспособлении. Эти погрешности могут быть значительными при использовании для установки всей базовой поверхности детали. Поэтому в конструкции приспособления целесообразно сохранять для базирования лишь три точки, образующие опорный треугольник, в который должны быть вписаны центр тяжести детали и проекции точек приложения силы зажима, наибольшее распространение в качестве опор получили постоянные опоры (штыри) со сферической головкой (для деталей с

необработанными базами) и плоской головкой (для установки деталей с обработанными базами).

При высоком качестве обработки базовой поверхности небольших размеров допускается установка не по отдельным точкам, а по всей плоскости. Для установки на базовые плоскости применяют также специальные детали (секторы, кольца). При выборе измерительных баз всегда следует стремиться к их совмещению с технологическими. В этом случае погрешность базирования $\varepsilon_B=0$. При несовмещении возникает погрешность базирования $\varepsilon_B = J_{ТН}$, где $J_{ТН}$ - допуск на размер H между измерительной и технологической базами.

4.2. Установка по наружной цилиндрической поверхности

Наиболее широко применяемым методом базирования по наружным цилиндрическим поверхностям является метод установки проверяемой детали в призму.

При использовании призмы может возникнуть погрешность измерения, вызываемая перемещением центра базового диаметра по оси призмы в зависимости от действительного размера базовой цилиндрической поверхности. Так как колебание размера ограничено допуском Δ на его изготовление, то величина перемещения оси детали легко определяется [2,5] по формуле:

$$S = \frac{\Delta}{2 \cdot \sin \alpha}, \quad (4.1)$$

где α — половина угла призмы.

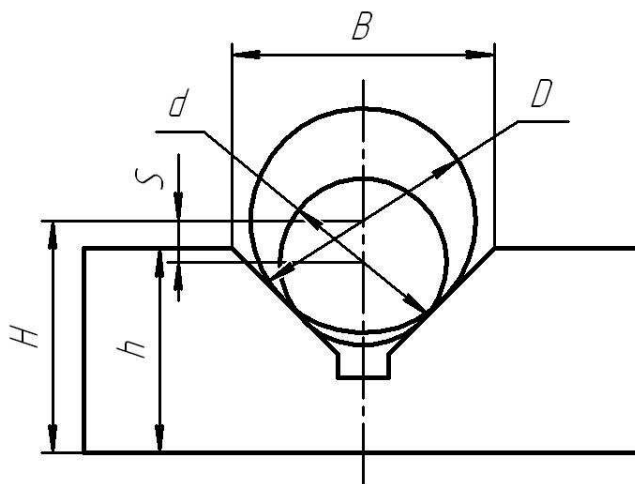


Рис. 4.1. Схема установки деталей в призму

Из этой формулы и рис. 4.1 видно, что величина перемещения будет тем больше, чем меньше угол α . Однако применение призм с большими углами не рекомендуется ввиду того, что они не создают достаточно надежного

базирования в поперечном горизонтальном направлении. Рекомендуемым является угол призмы $2\alpha = 90^\circ$, при котором перемещение оси детали выразится величиной

$$S = \frac{\Delta}{1,414}.$$

Погрешность, возникающая за счет перемещения может быть двух видов:

а) погрешность измерения при проверке биения;

б) погрешность измерения при проверке размера относительно базовой цилиндрической поверхности.

В первом случае проверяемая деталь, установленная базовой поверхностью в призму, поворачивается, а проверку биения производят по другой цилиндрической поверхности, соосной с базовой. Так как в данном случае не измеряется линейный размер, то перемещение центра детали на величину s , вызываемое колебанием размера диаметра базовой поверхности, не играет роли. Однако в этом случае в измерение войдет погрешность за счет некруглости (овальности, огранки) базовой поверхности, которая также вызовет перемещение центра детали.

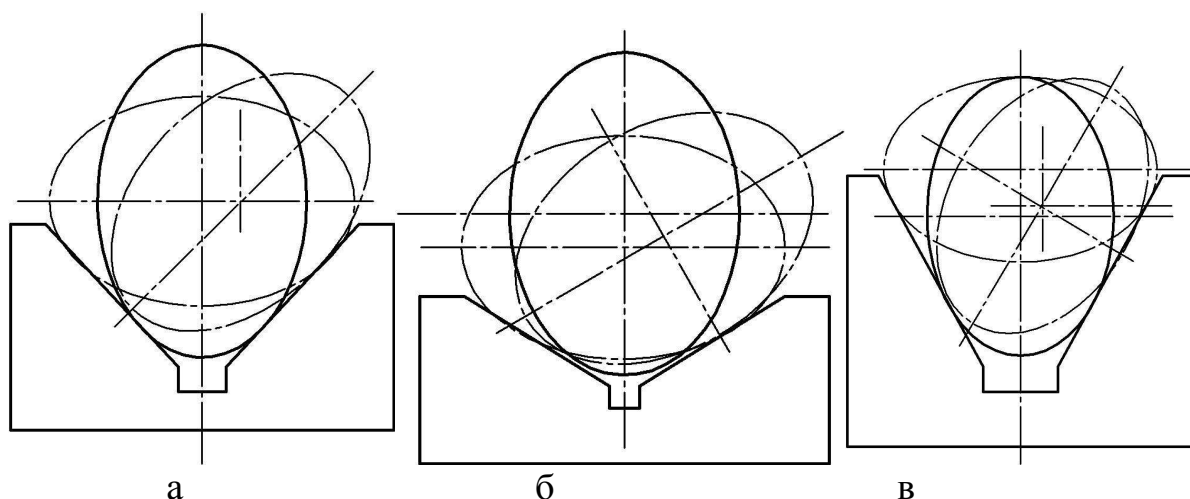


Рис. 4.2. Влияние угла призмы на погрешность базирования

Как видно из рис. 4.2 а, при пользовании призмой, имеющей угол $2\alpha = 90^\circ$, влияние овальности на вертикальное перемещение центра детали будет наименьшим. При этом наибольшее горизонтальное смещение центра будет соответствовать положению большой и малой осей овала под углом 45° к биссектрисе угла призмы.

При совпадении любой из осей овала с биссектрисой угла призмы положение центра детали по высоте останется неизменным.

При других углах призм в процессе вращения центр детали будет иметь не только горизонтальное, но и вертикальное перемещение (рис. 4.2 б, в).

Величину перемещения практически нельзя рассчитать, так как она является функцией величин радиусов R и r , образующих овал, в то время как известными являются только величины большой и малой осей овала, которые допускают различные комбинации величин R и r .

При измерении размера относительно наружной цилиндрической поверхности сказывается уже не только возможная ее некруглость, но и допуск на изготовление. В случае, если допуск на размер диаметра базовой поверхности значителен относительно проверяемого допуска, то для уменьшения погрешности измерение следует производить перпендикулярно биссектрисе угла призмы.

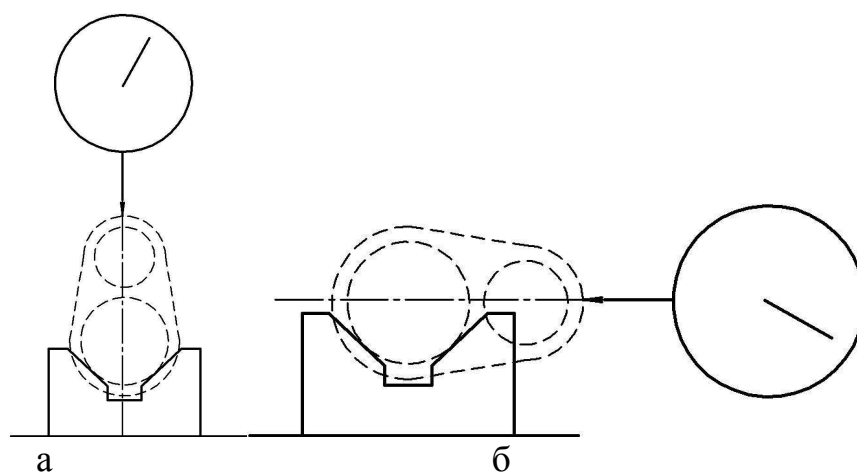


Рис. 4.3. Схема приспособления для проверки величины эксцентриситета ступенчатого валика

На рис. 4.3 показаны схемы двух случаев построения приспособления для проверки величины эксцентриситета ступенчатого валика и влияние колебания размера базовой цилиндрической поверхности на возникновение погрешности измерения.

Как видно из схем, расположение индикатора по биссектрисе угла призмы (рис. 4.3 а) вызывает возникновение погрешности за счет колебания размера базовой цилиндрической поверхности. Правильное расположение индикатора перпендикулярно биссектрисе угла базовой призмы (рис. 4.3 б) позволяет освободиться от этой погрешности.

Конструктивное оформление базовых призм может быть самым различным.

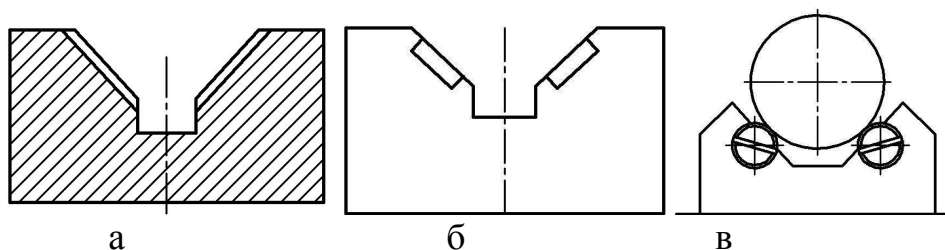


Рис. 4.4. Конструкции призм

Для повышения точности базирования обычной призмой и уменьшения влияния неправильности формы цилиндрической базовой поверхности детали (кривизны, бочкообразности и др.) в средней части призмы рекомендуется делать выборки, оставляя базирующие пояски на концах (рис. 4.4 а). В случае значительной длины детали применяют две призмы.

Так как контакт между деталью и призмой происходит по двум линиям, то призмы весьма подвержены износу, особенно в случае вращения детали. Поэтому в конструкциях призм необходимо применять высокоуглеродистую сталь с закалкой до твердости $HRC = 58...62$.

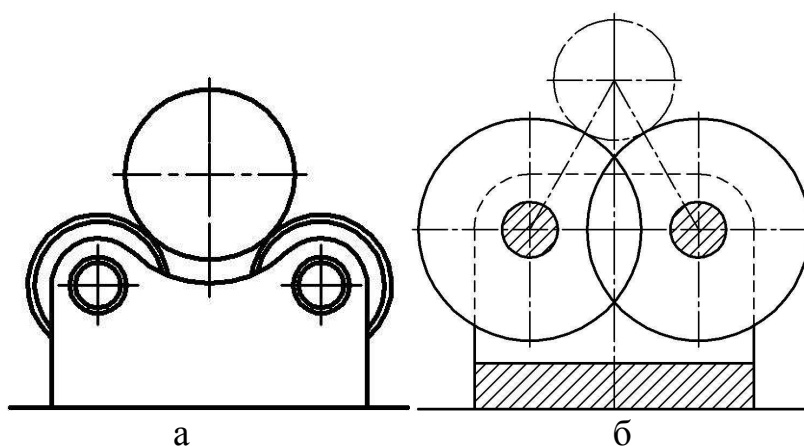


Рис. 4.5. Конструкции специальных призм

Одним из методов повышения износоустойчивости призмы является выполнение ее рабочих поверхностей из твердого сплава (рис. 4.4 б). При этом корпус призмы можно делать термически необработанным или с невысокой закалкой, а твердосплавные пластины вкладывать в простроганные пазы и припаивать медным припоем. Пластины заделывают в корпус призмы так, чтобы не было выступающих кромок. Выступающие кромки и углы твердосплавных пластин могут царапать поверхность даже закаленных деталей; кроме того, ввиду их хрупкости, они могут отколоться от удара деталью при установке ее на приспособление.

Поэтому во избежание раскалывания пластин их не следует применять на приспособлениях, предназначенных для контроля тяжелых деталей (коленчатых валов и т. п.).

При проверке тяжелых валов для увеличения продолжительности службы приспособления может быть рекомендована призма с термически необработанным корпусом и двумя цилиндрическими сухарями, закаленными до твердости $HRC = 62...65$ (рис. 4.4 в). Сухари 2 вставляются в неполные отверстия корпуса и фиксируются винтами.

По мере износа сухарей, когда на них появится выработка в виде лунок, сухари можно повернуть на небольшой угол. В результате этого с проверяемой деталью будут соприкасаться неизношенные поверхности сухарей.

Основным преимуществом данной конструкции является возможность восстановления призмы в цеховых условиях без отправки в ремонт и перешлифовывания.

При проверке тяжелых деталей, которые в процессе измерения необходимо вращать, вместо неподвижной призмы можно предусматривать два вращающихся ролика (рис. 4.5 а). Ролики должны быть изготовлены с высокой точностью, так как некруглость наружной и внутренней поверхностей и их взаимное биение входят в погрешность измерения. Роликам должно быть обеспечено легкое вращение. Желательно подвести смазку, а на осях и в отверстиях роликов предусмотреть смазочные канавки.

Следует учитывать, что в случае заедания роликов при вращении проверяемых валов большого веса, в результате проскальзывания между поверхностями ролика и детали на первой из них будет образовываться выработка в виде лунок. Небольшие лунки, постепенно расширяясь, могут привести в дальнейшем к полному нарушению вращения ролика.

Для повышения легкости вращения ролика необходимо стремиться увеличить его наружный размер с одновременным уменьшением внутреннего, т. е. с уменьшением размера диаметра оси, на которой установлен ролик.

Пользование стандартными шарикоподшипниками взамен роликов возможно только в тех случаях, когда не требуется высокой точности базирования, вследствие сравнительно широких допусков на изготовление шарикоподшипников. Подшипники повышенной точности, например классов А и С, можно применять шире, но это не всегда экономически оправдано.

Повышения точности базирования можно достигнуть путем применения роликов увеличенного наружного размера (рис. 4.5 б). При этом размер диаметра ролика должен в несколько раз превышать величину диаметра проверяемой детали. Для того чтобы при больших размерах роликов сохранить наиболее выгодный угол β касания с поверхностью вала, ролики целесообразно располагать с перекрытием, для чего их следует смещать в осевом направлении один относительно другого.

Повышение точности достигается уменьшением соотношения

$$K = \frac{d}{D}, \quad (4.2)$$

где D — наружный размер базирующего ролика;

d — базовый диаметр детали.

За один полный оборот проверяемого вала ролик сделает только K оборота (где всегда $K < 1$); следовательно, погрешность, вносимая в измерение биением ролика, войдет только частично на той дуге, которая соприкасалась с деталью на протяжении одного ее оборота.

При этом в случае наихудшего взаимного расположения направления эксцентриситета обоих роликов наибольшее смещение центра детали выразится величиной

$$S = \frac{Ad}{2 \cdot D \cos \alpha} \quad (4.3)$$

где d — диаметр проверяемой детали;

D — диаметр ролика;

α — половина угла касания детали с роликами;

A — допустимая величина биения роликов.

4.3. Установка по отверстию

Базирование деталей по отверстию при измерениях на контрольных приспособлениях применяют очень широко. При этом следует различать два основных случая: пружинный или винтовой запор обеспечивает надежность положения детали в процессе измерения.

При базировании по втулке фактически происходит не центрирование, а установка детали по одной образующей. Исходя из этого, достаточно давать посадку не по всей цилиндрической поверхности, а лишь по трем посадочным пояскам. Расположение поясков по одну сторону от плоскости сечения по диаметру обеспечивает удобство установки и снятия детали без заклинивания ее в отверстии, что позволяет широко применять этот метод базирования для деталей с большим размером диаметра базовой поверхности. Особенно удобна такая посадка для деталей с короткой базовой цилиндрической поверхностью и одновременной опорой на торец. Конструкция приспособления должна обеспечивать принудительный прижим детали к основному — среднему — пояску. Это достигается применением пружинного плунжера или наклоном на небольшой угол ($15—25^\circ$) всего приспособления так, чтобы деталь своим весом смещалась в сторону среднего пояска. Таким образом, в данном случае базовым является лишь средний поясок, а боковые — направляющими поясками.

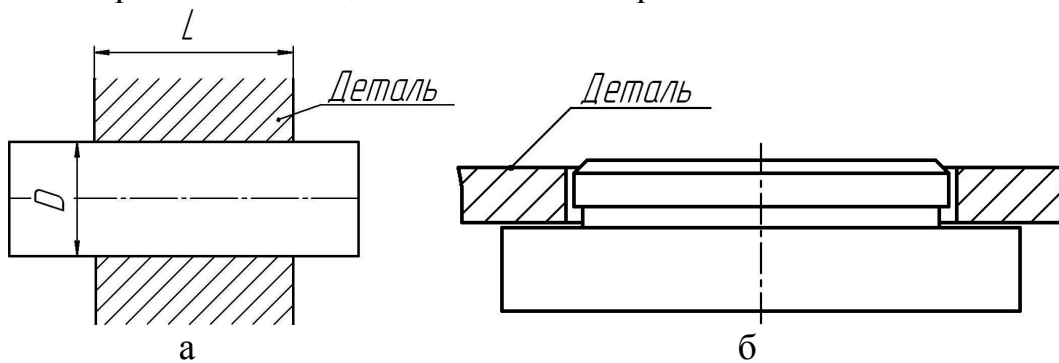


Рис. 4.6. Схема установки деталей по отверстию

а) базой служит только отверстие. Основным условием этого базирования является наличие благоприятного соотношения длины и диаметра отверстия детали, которое должно быть $L/D > 1$ (рис. 4.6 а);

б) базой служат одновременно отверстие и торец. Основным условием этого базирования является малая длина отверстия и относительно большая

опорная плоскость торца. В этом случае отверстие лишь центрирует деталь, не определяя полностью положения его оси в пространстве (рис. 4.6 б). Последнее достигается при помощи опорного торца.

Базирующие элементы можно применять в виде простой оправки для проверки в центрах или в виде узлов контрольных приспособлений с применением центрирующих, разжимных, конических и прочих устройств.

Конструкция устройства, базирующего деталь по отверстию, как и в любом случае базирования, определяется величиной контролируемого допуска, допустимой погрешностью измерения и точностью выполнения базовой поверхности самой проверяемой детали.

Базирование по отверстию можно произвести в виде следующих основных вариантов:

- 1) базирование по образующей отверстия;
- 2) базирование с нахождением оси отверстия в одном направлении за счет потери точности в другом (перпендикулярном) направлении;
- 3) центрирование по отверстию.

Базирование по образующей отверстия применяют в тех случаях, когда нет необходимости нахождения действительной оси отверстия детали. Наличие зазора между отверстием детали и базирующим пальцем приспособления не вносит погрешности в измерение, так как при проверке биения нет необходимости определять действительную ось отверстия. Несовпадение оси базирующего пальца с осью базового отверстия детали не оказывает влияния на точность измерения. Более того, наклон приспособления даже принудительно создает имеющийся односторонний зазор. При таком методе базирования допуск на изготовление отверстия детали не влияет на возникновение погрешности измерения, зато значительное влияние на точность измерения оказывает некруглость базового отверстия. Поэтому базирование по образующей отверстия следует применять только в тех случаях, когда контролируемая величина биения не менее чем в 4—5 раз превышает допустимые отклонения геометрической формы базового отверстия детали. Отличительной особенностью данного метода базирования является и то, что в процессе измерения вращают деталь, в то время как сам базирующий элемент приспособления (палец) остается неподвижным. Далее, учитывая, что работает не вся поверхность базирующего пальца, а только одна контактирующая сторона его, палец можно не делать сплошным.

Выбранные участки на пальце (рис. 4.7) облегчают установку детали, что очень важно при проверке тяжелых деталей. Базовым является только средний выступ, а боковые предохраняют деталь от бокового смещения.

При установке проверяемой детали на цилиндрический базовый палец приспособления может произойти заклинивание отверстия на пальце за счет перекоса. Возможность заклинивания возрастает с увеличением размера по диаметру базовой поверхности и с уменьшением зазора между отверстием детали и пальцем. В то же время для повышения точности базирования этот

зазор рекомендуется уменьшать, принимая его равным 0,005—0,010 мм для деталей, изготовленных по 6-7 качеству при размерах по диаметрам примерно до 80 мм.

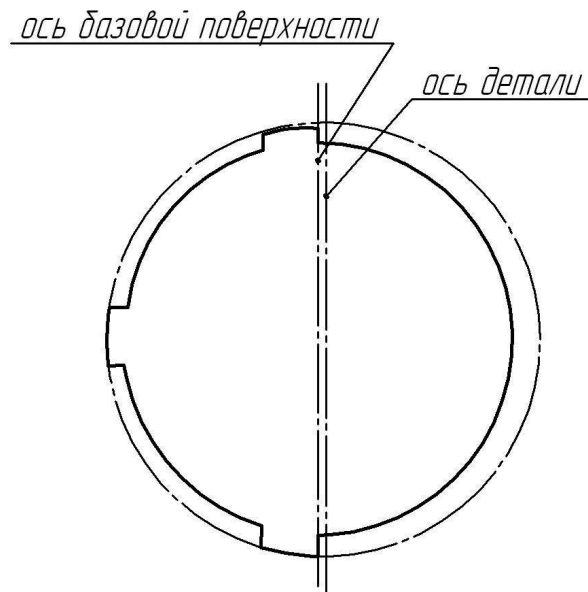


Рис. 4.7. Палец с выбранными вставками

Базирование с нахождением оси отверстия в заданном направлении способствует повышению точности измерения и устраняет боковую качку детали. Если базовый палец имеет лыску или выборку (рис. 4.8 а), то в направлении *A* будет достигнуто повышение точности базирования, хотя в перпендикулярном ему направлении *B* точность базирования снизится за счет смещения оси отверстия детали с оси пальца на величину *C*.

Принудительное смещение для получения одностороннего зазора осуществляется, например, при помощи сухаря *D* (рис. 4.8 б).

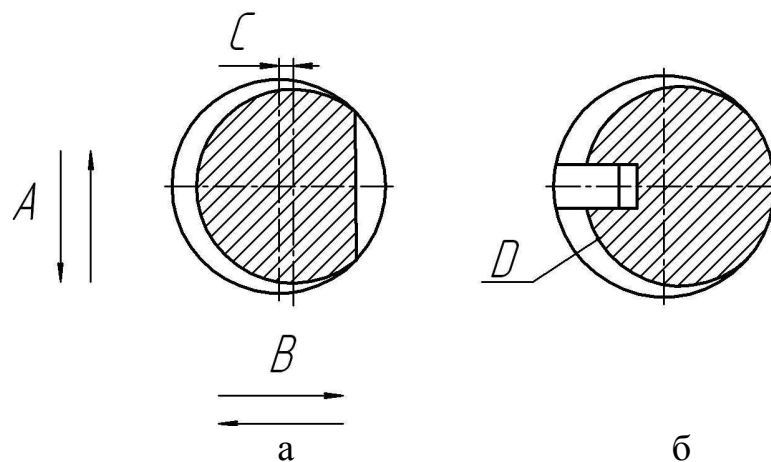


Рис. 4.8. Регулирование зазора между пальцем и отверстием

Односторонний выбор зазора должен обеспечиваться принудительно наклоном всего приспособления или отжимным шариком или сухарем.

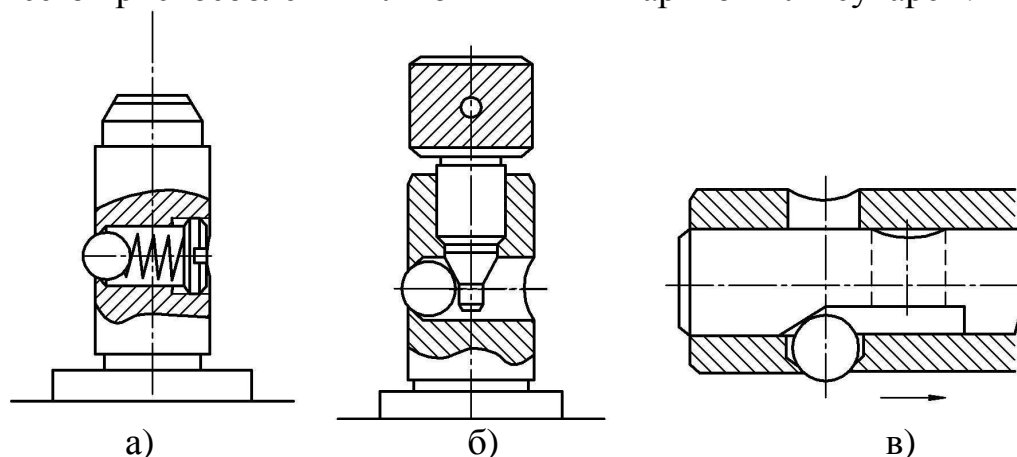


Рис. 4.9. Оправки с отжимным шариком

Отжимной шарик можно применять при базировании легких деталей и таких, в которых нет опасности повреждения шариком внутренней базовой поверхности. Так, например, в отверстии с баббитовой заливкой шарик оставит след. Кроме того, шарик, нагруженный пружиной, может быть рекомендован только в тех случаях, когда обеспечивается обязательное вращение детали на пальце (рис. 4.9 а). Объясняется это относительно малой надежностью данной конструкции вследствие возможности отжима детали. Значительно надежнее передача усилия на шарик с винтом (рис. 4.9 б) или штоком (рис. 4.9 в). Шток при зажатии детали перемещается от гайки или эксцентрика в направлении, показанном стрелкой, что создает значительную силу зажима. Обратное движение штока во избежание его заклинивания должно осуществляться либо пружиной, либо принудительно гайкой.

Еще более сильным и надежным является крепление, в котором шарик заменен отжимным сухарем (рис. 4.10). Эту конструкцию с успехом применяют также при базировании по баббитовым поверхностям, так как сухарь, имеющий большую поверхность контакта, не оставляет вмятин на поверхности детали.

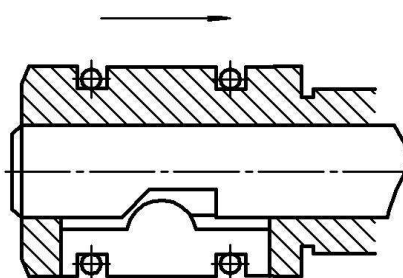


Рис. 4.10. Оправка с отжимным сухарем

Отжимной сухарь должен быть врезан в паз пальца, что ограничивает его осевое перемещение. От выпадания сухарь предохраняется двумя замками в виде спиральных пружин растяжения из проволоки

диаметром 0,3, имеющих наружный диаметр порядка 3 мм и сцепленных концевыми витками в кольца. Эти замки помещены в кольцевые проточки, имеющие глубину, превышающую наружный диаметр пружин с тем, чтобы они не выступали за предел наружной поверхности пальца.

Усилие разжима детали передается, как и в предыдущем случае, штоком, имеющим скос. Величину угла скоса берут равной 20—30° (т. е. за пределами угла торможения). Для перемещения штока применяют гайку, эксцентрик или какой-либо другой зажим, обеспечивающий отсутствие обратной отдачи штока.

Поверхность отжимного сухаря, контактирующую с проверяемой деталью, следует шлифовать совместно с пальцем, что обеспечит правильность его геометрической формы, а следовательно, и точность базирования детали.

При контроле деталей типа картеров встречаются случаи, когда необходимо определить общую ось двух коротких отверстий.

При этом можно применять оправки с отжимными сухарями, подобные описанной конструкции.

Определение оси базового отверстия детали только в одном направлении или базирование с односторонним устранением зазора в ряде случаев является недостаточным. Многие случаи измерения требуют базирования с относительно точным нахождением действительной оси базового отверстия, когда точность должна быть одинаковой во всех направлениях.

Центрирование по отверстию устраняет зазор между отверстием детали и базирующим элементом приспособления или сводит этот зазор к таким малым величинам, которыми можно пренебречь. Последнему условию отвечают ступенчатые пальцы или оправки, которые выполняют с поясками различных размеров. В зависимости от величины поля допуска на отверстие его делят на несколько равных интервалов. На базовом пальце делают такое же количество установочных поясков, каждый из которых выполняют по размеру € небольшим ослаблением против соответствующего ему интервала.

Как пример, можно привести разбивку общего допуска на цилиндрическое отверстие диаметром $50^{+0,03}$ мм на три интервала.

Если для базирования данного отверстия сделать цилиндрическую оправку, то ее рабочий размер должен быть равен $49,995_{-0,005}$. Таким образом, наибольший зазор между отверстием и оправкой составит 40 мк.

При разбивке допуска отверстия с учетом гарантированного зазора оправки на примерно равные интервалы получим на оправке три установочных пояска, имеющих размеры: $50,019_{-0,005}$; $50,007_{-0,005}$ и $49,995_{-0,005}$.

В результате вместо прежних 40 мк в данном случае зазор в пределах одного интервала будет колебаться от 7 до 17 мкм, а средний зазор по любому пояску относительно соответствующего ему размера отверстия составит 12—13,5 мк.

Этот метод, несмотря на повышение точности базирования, имеет ряд серьезных недостатков. Вследствие малой длины пояска центрирование отверстия происходит, как правило, не по всей его длине. При малой длине

центрирующей поверхности обычно в качестве вспомогательной базы следует принимать широкий торец проверяемой детали. Однако в данном случае эта возможность исключена, так как деталь, установленная на соответствующий поясok, в зависимости от действительного размера отверстия, перемещается вдоль оси базирующего пальца.

Подобная конструкция ступенчатой оправки с подвижной и также ступенчатой втулкой (рис. 4.11) широко применяется при контроле деталей, имеющих длинные отверстия или два отверстия, расположенных в линию (различные станины, картеры, ступицы, стаканы подшипников и т. п.). Ступенчатые пояски на оправке и втулке позволяют в каждом отверстии осуществлять посадку с наименьшим зазором.

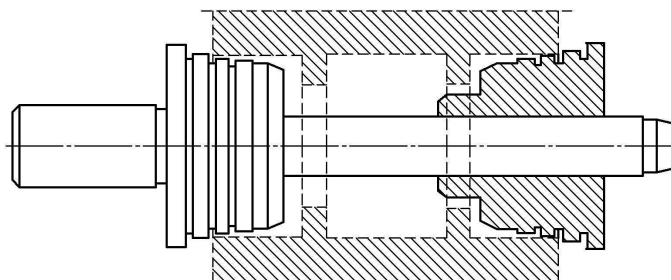


Рис. 4.11. Установка детали на ступенчатую оправку

В то же время благодаря двум разнесенным по длине установочным местам подобная оправка не только центрирует, но и надежно определяет общую ось отверстий, не допуская перекоса, который был возможен в предыдущем случае.

Наличие съемной втулки позволяет пользоваться данной оправкой при измерении деталей с внутренними буртиками, что невыполнимо в случае применения разжимной оправки.

Интервалы между ступеньками рекомендуется делать не менее 0,007—0,010 мм. Дальнейшее уменьшение интервалов вызвало бы необходимость установления чрезмерно жестких допусков на изготовление поясков оправок.

Необходимо отметить, что наличие заусенцев на краю отверстия так же, как и овальность отверстия, может вызвать возникновение погрешностей в базировании.

Центрирование на конических оправках является весьма распространенным и удобным методом базирования, особенно для деталей небольших размеров. Конические оправки применяют при контроле втулок, зубчатых колес и других деталей, представляющих собой тела вращения.

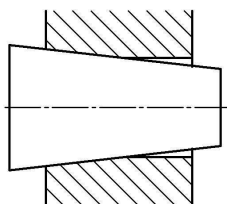


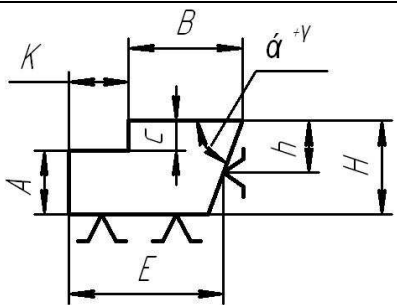
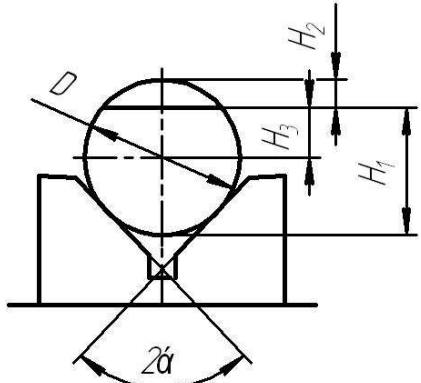
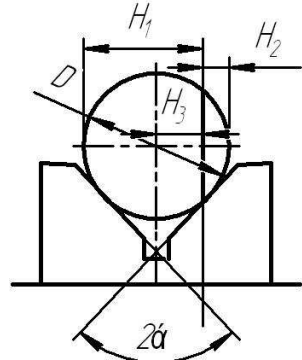
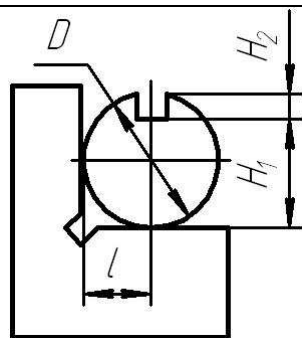
Рис. 4.12. Установка детали на коническую оправку

4.4. Рекомендации по расчету погрешностей базирования

Сведения о расчете величины погрешности базирования, для различных схем приведены в таблице 4.1 [7].

Таблица 4.1

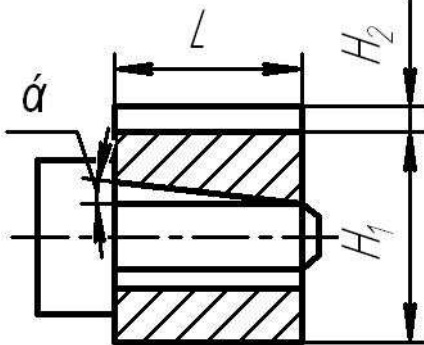
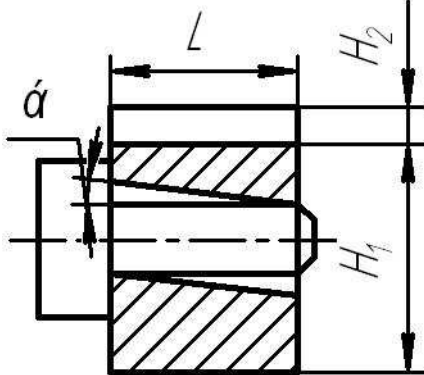
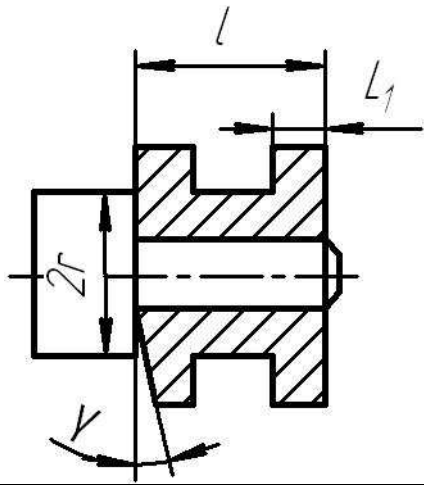
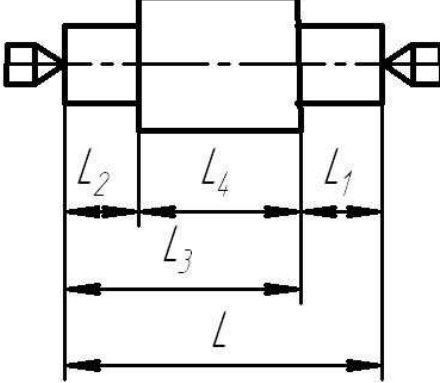
Погрешность базирования

№ схемы	Базирование	Схема установки	Размер	Погрешность базирования ϵ_B
1	По двум плоским поверхностям		A	0
			B	$Th \cdot \operatorname{tg} \alpha$ при $\alpha \neq 90^\circ$ 0 при $\alpha = 90^\circ$
			C	ТН
			K	ТЕ
2	По наружной цилиндрической поверхности в призме при контроле пазов $\beta=90^\circ$		H ₁	$0.5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$
			H ₂	$0.5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$
			H ₃	$0.5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} \right)$
3	То же при $\beta=90^\circ$		H ₁	0.5TD
			H ₂	0.5TD
			H ₃	0
4	В призме при измерении плоской поверхности		l	0.5TD
			H ₁	0
			H ₂	TD

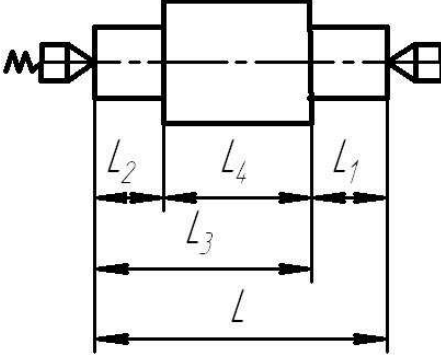
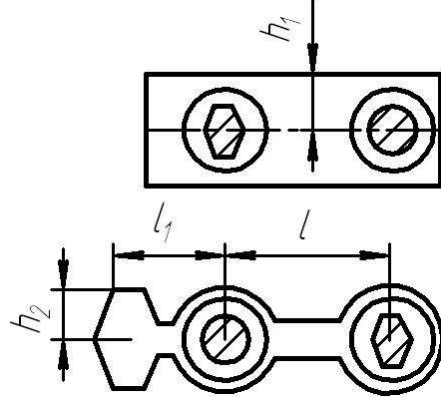
Продолжение таблицы 4.1

№ схем	Базирование	Схема установки	Размер	Погрешность базирования ϵ_B
5	То же при $2\alpha=180^\circ$ и зажиме призмой		H_1	0
			H_2	TD
			H_3	0.5D
6	То же, но призма выполнена со сферическими опорами		H_1	$A-0.5TD$
			H_2	$A+0.5TD$
			H_3	A
$A = \sqrt{(r + 0.5D_{\min} + 0.5TD)^2 - 0.5L^2} - \sqrt{(r + 0.5D_{\min})^2 - 0.25L^2}$				
7	По отверстию на палец цилиндрический с зазором		H_1, H_2	$0.5TD + 2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$
			H_3	$2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$
			H_4	$\delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$
8	То же, но с односторонним прижатием		H_1, H_2	$0.5TD + 2e + 0.5\delta_2$
			H_3	$2e + 0.5\delta_1 + 0.5\delta_2$
			H_4	$0.5\delta_1 + 0.5\delta_2$
9	На палец без зазора		H_1, H_2	$0.5TD + 2e$
			H_3	2e
			H_4	0

Продолжение таблица 4.1

№ схем ы	Базирование	Схема установки	Раз мер	Погрешность базирования ϵ_B
10	На палец с зазором. Торец заготовки неперпендикулярен оси отверстия		H ₁ , H ₂	$0.5TD + 2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta - 2l \cdot \operatorname{tg} \alpha$
11	То же, но с односторонним поджатием заготовки		H ₁ , H ₂	$0.5TD + 2e + 0.5\delta_2 + 2l \cdot \operatorname{tg} \alpha$
12	На палец без зазора. Торец заготовки неперпендикулярен оси отверстия		L ₁	$\delta_l + 2r \cdot \operatorname{tg} \gamma$
13	По центровым отверстиям		L ₁	$\delta_L + \Delta_{Ц}$
			L ₂ , L ₃	$\Delta_{\dot{o}} = \frac{\delta_d}{\operatorname{tg} \alpha}$
			L ₄	0

Продолжение таблицы 4.1

№ схем ы	Базирование	Схема установки	Раз мер	Погрешность базирования ϵ_B
14	То же, но с плавающим центром		L_1	δ_L
			$L_2,$ $L_3,$ L_4	0
15	По плоскости и двум отверстиям		h_1	$2\Delta + \delta_1 + \delta_2$
			H_2	$(2\Delta + \delta_1 + \delta_2) \left(\frac{2l_1 + l}{l} \right)$

Примечание: H_3 – размер от обрабатываемой поверхности до оси;
 H_4 – то же, до оси отверстия;
 e – эксцентриситет наружной поверхности относительно отверстия;
 δ_1 – допуск на диаметр отверстия;
 δ_2 – допуск на диаметр пальца;
 Δ – минимальный радиальный зазор посадки заготовки на палец;
 δ_l – допуск на длину заготовки;
 δ_d – допуск на диаметр центровочного отверстия;
 $\Delta_{ц}$ – допуск на глубину центровочного отверстия.

5. ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

В контрольных приспособлениях применяют различные конструкции зажимных устройств. Они должны закреплять деталь, не вызывая при этом её смещений и деформаций, и обеспечивать надежность установки проверяемой детали относительно измерительного устройства.

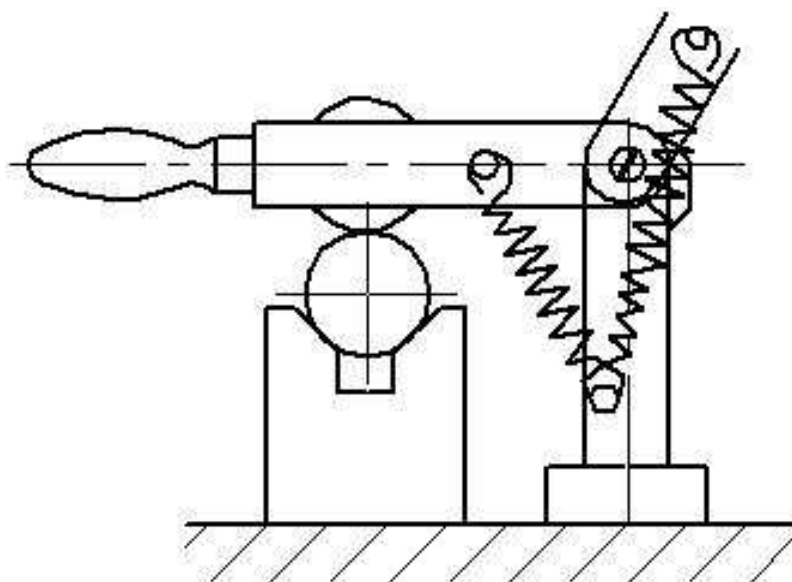


Рис. 5.1. Пружинно-рычажный зажим

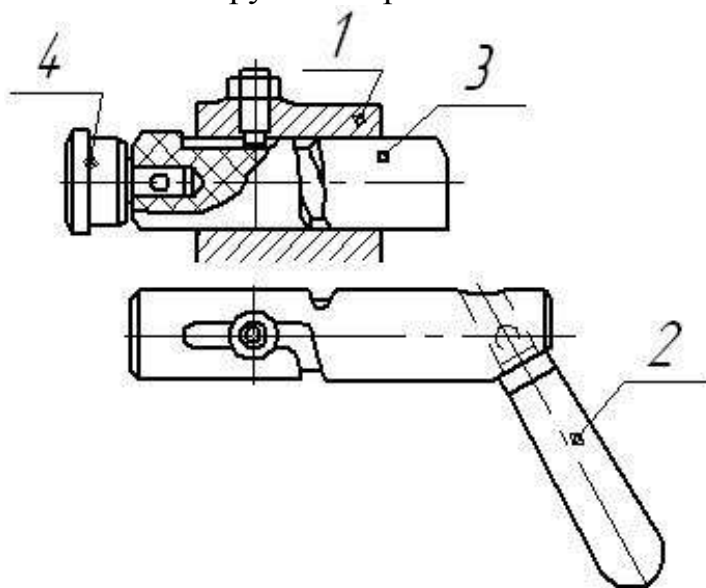


Рис. 5.2. Байонетный зажим

Необходимым требованием к зажимным устройствам является быстрота управления зажимом, что уменьшает вспомогательное время контрольной операции. Поэтому при проектировании контрольного приспособления рекомендуется пользоваться преимущественно быстродействующими рычажными, эксцентриковыми и байонетными зажимами, а при необходимости механизации приспособления – пневматическими.

Рычажно-пружинный зажим (рис. 5.1) позволяет компенсировать отклонения формы проверяемой детали при ее вращении, обеспечивает легкое регулирование величины зажимной силы и устойчивость (постоянство) этой силы при работе приспособления. Удобным и надежным является шарнирный рычажный зажим (рис. 5.1).

В байонетном зажиме (рис. 5.2) стержень 1 от усилия руки на рукоятку 2 перемещается влево, винт 3 проходит прямой участок канавки и входит в спиральный вырез до соприкосновения плоскости наконечника 4 с проверяемой деталью. Дальнейшим поворотом рукоятки 2 создается усилие зажима, которое и сохраняется после снятия усилия руки благодаря углу наклона спиральной канавки, обеспечивающему самоторможение.

Эксцентриковые зажимы применяют в случаях, когда не требуется значительного хода для установки детали и зажима ее в приспособлении. Эксцентриковый зажим должен быть самотормозящим, что определяется соотношением его диаметра и эксцентриситета (e). Рекомендуется следующее соотношение $e=0.05\dots 0.06 D$.

Часто применяют комбинированные зажимные устройства, обеспечивающие одновременный и равномерный прижим контролируемых деталей к опорным элементам приспособления.

Влияние погрешности зажимного устройства на точность приспособления не должно превышать 5 % величины контролируемого параметра детали. При стабильной величине силы закрепления и высоком качестве базовых поверхностей, воспринимающих эту силу, погрешность закрепления $\varepsilon_3=0$ или близка к постоянной. Погрешность закрепления можно принимать равной нулю также в том случае, когда смещение детали под влиянием непостоянной силы зажима происходит перпендикулярно к направлению контролируемого размера.

Численно величину погрешности закрепления можно определить, используя данные, приведенные в таблице 5.1 [1]:

Таблица 5.1

Погрешности закрепления

Тип зажимного устройства	Погрешность закрепления ε_3 , мм
С байонетным зажимом	0.004-0.006
С двумя неподвижными и одним неподвижным кулачком	0.015-0.090
С цангой	0.007-0.020
Закрепление на оправке и призме	0.005-0.010
С прижимным зажимом и неподвижной опорой	0.006-0.010
С двумя взаимно перпендикулярными поверхностями	0.008-0.015

6. ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ИЗНОСА ЭЛЕМЕНТОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Данный вид погрешностей вызывается ошибками изготовления и сборки установочных и установочно-зажимных элементов и их прогрессирующим износом.

Составляющая, характеризующая неточность положения установочных элементов приспособления, представляет собой систематическую постоянную погрешность. Интенсивность износа установочных элементов зависит от их конструкции, размеров, материала и веса контролируемой детали, состояния ее базовой поверхности, а также условий установки детали в приспособление и снятия ее. Больше всего изнашиваются постоянные и регулируемые опоры, у которых контакт с деталью осуществляется по малым площадкам. Сильному износу подвержены боковые поверхности призм, контактирующие с заготовкой по узкой площадке. Менее интенсивно изнашиваются опорные пластинки, а также круглые пальцы и другие детали, где контакт происходит по большей поверхности.

Износ установочных элементов приспособлений изучен недостаточно полно. Величину износа опоры можно приближенно выразить формулой:

$$U = \beta \cdot \sqrt{N}, \quad (6.1)$$

где N – количество контактов обрабатываемой детали с опорой;

β – постоянная, зависящая от вида опор и условий контакта.

Для постоянных опор со сферической головкой $\beta=0.5...2.0$, для призм - $\beta=0.3...0.8$, для пластин опорных $\beta=0.2...0.4$; для гладких установочных пальцев $\beta=0.05...0.1$; для срезанных пальцев - $\beta=0.2...0.6$. Приведенные данные относятся к опорам из стали 20, 20Х, 45. Износ опор из стали У8А уменьшается на 10-15 %; хромированных - в 2-3 раза и наплавленных твердым сплавом - в 7-10 раз.

Износ контролируют при плановой периодической проверке приспособлений. Если износ достиг предельно допустимой величины, то осуществляется замена изношенных элементов приспособлений.

В таблице 6.1 приведены допустимые отклонения размеров ряда установочных и установочно-зажимных механизмов.

В таблице 6.2 - сведения о видах погрешностей и допустимых значениях взаимного расположения базовых элементов для установки деталей относительно элементов установки измерительных приборов.

Таблица 6.1

**Допустимые отклонения размеров установочных
и установочно-зажимных механизмов**

Типы установочных или установочно-зажимных механизмов	Параметр точности контрольных приспособлений	Допустимое отклонение, мм	
		Для нового приспособления	Максимально допустимое в условиях эксплуатации
Цанговые патроны и оправки	Радиальное биение	0,010:0,015	0,020
Оправки с тарельчатыми пружинами	Радиальное биение	0,010:0,020	0,030
Гидропластовые оправки	Радиальное биение	0,005:0,010	0,015
Оправки с гофрированными втулками	Радиальное биение	0,003	0,005
Оправки с шариками	Радиальное биение	0,010:0,015	0,020
	Торцевое биение	0,015:0,020	0,025

Таблица 6.2

**Точность взаимного расположения базовых элементов
для установки деталей относительно измерительных приборов ($\epsilon_{\text{ПР2}}$)**

Вид погрешности	Допустимое значение, мм
Отклонение от параллельности оси и плоскости в корпусе	$\frac{0.008 \div 0.020}{100}$
Отклонение от перпендикулярности оси и плоскости	$\frac{0.005 \div 0.020}{100}$
Отклонение от соосности растачиваемых отверстий	$\frac{0.005 \div 0.020}{100}$
Отклонение от параллельности систем отверстий	$\frac{0.010 \div 0.025}{100}$
Отклонение межосевого расстояния	$\pm (0.010 \dots 0.030)$
Отклонение от перпендикулярности осей отверстий между собой	$\frac{0.008 \div 0.020}{100}$

7. ПЕРЕДАТОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА И ОЦЕНКА ИХ ПОГРЕШНОСТИ

В контрольных приспособлениях стержни индикаторов и других измерительных средств редко соприкасаются с поверхностью проверяемых деталей, так как не всегда можно подвести стержень индикатора непосредственно к измеряемой детали. В таких случаях между ними устанавливается рычажная или прямая передача. Передачи предохраняют механизмы индикаторов от быстрого износа и ударов. Удары могут вызвать значительные перебеги стрелок и, следовательно, возможные ошибки в определении показаний измерительных средств контрольных приспособлений, а также сбой их первичной настройки.

В контрольных приспособлениях разнообразие рычажных и прямых передач вызывается конструктивной необходимостью, а также рядом других причин: необходимостью обеспечить в передачах удовлетворительный порог чувствительности; стремлением уменьшить погрешность в передаточном отношении передачи; стремлением уменьшить предельную погрешность передачи; повышением износостойкости передач.

На расстоянии плеч рычагов, имеющих сферические концы, обычно устанавливают допуски в пределах $\pm 0,050 \div 0,100$. В прямых передачах обычно предусматривают спиральную пружину для обеспечения надежного контакта рычага с измеряемой деталью. Вследствие неточности изготовления линейных и узловых размеров рычагов, могут возникать погрешности передаточных отношений рычажных передач. Такие погрешности вызываются допусками на выполнение длин плеч и на их угловое расположение. Погрешности в передачах возникают также вследствие непропорциональности между линейным перемещением измерительного стержня индикатора и угловым перемещением рычага. Указанные погрешности могут возрасти с увеличением передаточного отношения рычагов, усложнением их конструкции и т.д.

Погрешности, вызываемые неточностью изготовления длин плеч рычагов или их углового расположения, а также непропорциональностью перемещений, могут быть определены расчетным путем. Они являются систематическими постоянными погрешностями, вследствие чего при аттестации контрольных приспособлений должны быть учтены с соответствующим знаком.

Контрольные приспособления с передачами обычно предназначаются для измерения малых величин, а именно допусков, выполняемых по 6-8 квалитетам точности и реже - для более грубых. Поэтому определение величины погрешностей $\Delta_{\text{ПУ}}$ расчетным путем имеет существенное значение для назначения допусков на изготовление рычагов, чтобы избежать неоправданного их расширения или ужесточения, а также для определения точности показаний контрольных приспособлений.

Погрешность передаточных устройств $\Delta_{\text{ПУ}}$ приспособлений определяется по составляющим:

- неточность изготовления плеч рычагов Δ_{p1} ;
- зазор между отверстием и осью рычага Δ_{p2} ;
- вызываемая непропорциональностью между линейным перемещением измерительного стержня и угловым перемещением рычага Δ_{p3} ;
- смещение точки контакта сферического наконечника при повороте плоского рычага Δ_{p4} ;
- погрешность прямой передачи Δ_{p5} .

7.1. Определение погрешности изготовления плеч рычагов Δ_{p1}

Рассмотрим определение погрешности для рычагов простой формы. При изготовлении рычагов с неплоскими концами длины плеч выполняют с определенными допусками. Для равноплечих рычагов вследствие отклонений в длинах плеч перемещения концов плеч рычага будут различными, то есть левый конец плеча будет перемещаться на величину a_1 , а правый, соответственно, на величину a_2 (рис. 7.1).

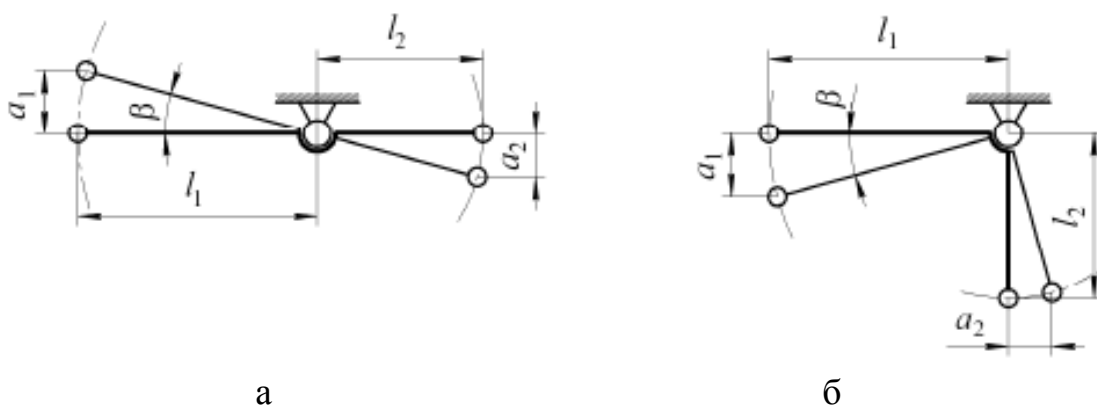


Рис. 7.1 Схема перемещения рычагов при неточном изготовлении длины их плеч: а - прямых; б – угловых

Наибольшая погрешность Δ_{p1} получается при изготовлении длины одного плеча по наибольшему предельному размеру l_1 и длины другого по наименьшему размеру l_2 .

$$\Delta_{p1} = a_1 - a_2 = (l_1 - l_2) \cdot \sin \beta \quad . \quad (7.1)$$

Принимая $\sin \beta \frac{a_1}{l_1}$, находим:

$$\Delta_{p1} = \left(1 - \frac{l_2}{l_1} \right) \cdot a_1 \quad . \quad (7.2)$$

Погрешность Δ_{p1} наиболее ощутима у рычагов с передаточным отношением $i \geq 1$.

В ряде случаев имеется погрешность в угловом расположении плеч рычагов на величину γ (рис. 7.2), тогда погрешность передачи составит:

$$\Delta_{p1} = a_1 - a_2 = l \cdot \sin \beta - [l \cdot \sin(\beta + \gamma) - l \cdot \sin \gamma] \quad (7.3)$$

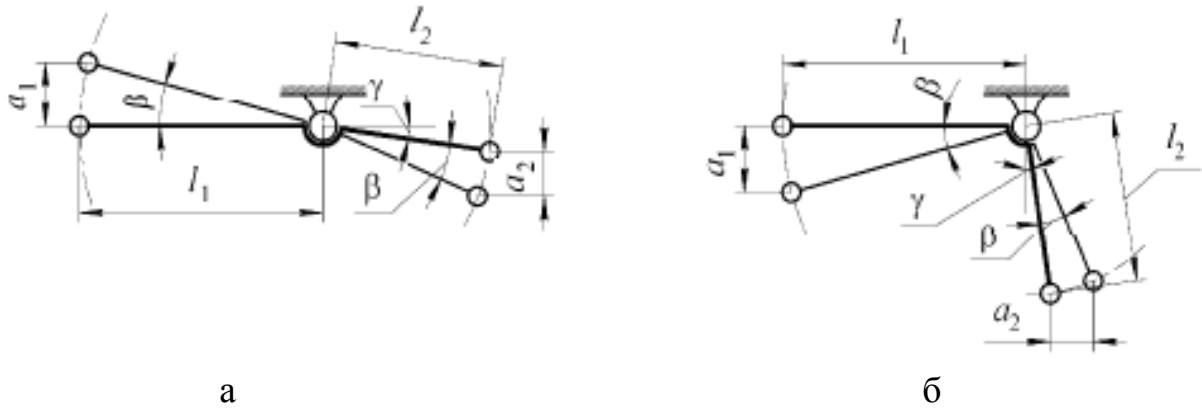


Рис. 7.2. Схема перемещения рычагов при неточном угловом расположении их плеч между собой: а - прямых; б - угловых

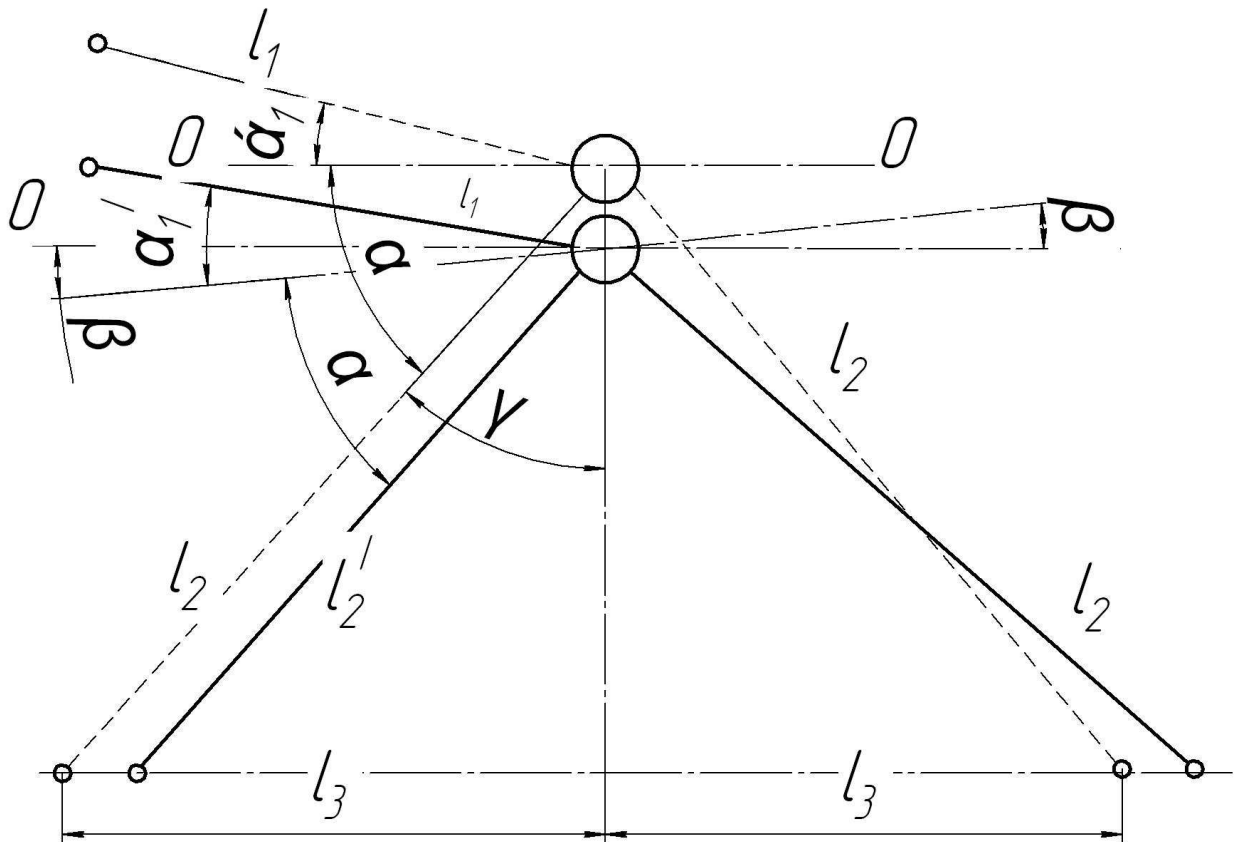


Рис. 7.4. Схема для определения передаточного отношения сложного рычага

После преобразования формулы 7.3 с учетом малости углов γ и β получаем следующую расчетную формулу:

$$\Delta_{p1} = l \cdot \sin \alpha (1 - \cos \beta) . \quad (7.4)$$

Анализ формулы показывает, что при малых перемещениях, для которых предназначаются рычаги контрольных приспособлений, величина Δ_{p1} близка к нулю. В связи с этим для обычно применяемых рычагов контрольных приспособлений нецелесообразно назначать допуски на точность углового расположения их плеч.

В передачах, использующих рычаги сложной формы, передаточное отношение i обычно значительно больше единицы. При этих условиях Δ_{p1} может иметь существенное значение.

Определяем передаточное отношение i в соответствии с рис. 7.4.

На рис. 7.4 l_1 – длина плеча рычага, перемещающего измерительный стержень индикатора, а l_2 – длина плеча рычага, соприкасающегося с измеряемой деталью. Угол α определяет положение плеч l_2 рычага относительно горизонтальной оси, проходящей через ось вращения рычага. Угол α_1 определяет положение плеч l_1 относительно той же оси.

Зависимость для определения передаточного отношения имеет вид:

$$i = \frac{l_1 \cdot \sin \alpha_1 (\cos \beta - 1) + \cos \alpha_1 \cdot \sin \beta}{l_2 \cdot \sin \alpha (\cos \beta - 1) + \cos \alpha \cdot \sin \beta} . \quad (7.5)$$

При измерении деталей на контрольных приспособлениях с рассматриваемыми рычагами угол поворота β не должен превышать 10 минут. Поэтому с незначительной погрешностью можно принять $\cos \beta = 1$. Для этих условий:

$$i = \frac{l_2 \cos \alpha}{l_1 \cos \alpha_1} . \quad (7.6)$$

У сложных рычагов в ряде случаев одно из плеч может совпадать с горизонтальной осью вращения. Углы α и α_1 равны нулю. Передаточное отношение имеет вид:

$$i = \frac{l_4 \cos \alpha_1}{l_2 \cos \alpha} \frac{l_1}{l_3} \cos \alpha_1 . \quad (7.7)$$

При изготовлении рычагов сложных конструкций обычно выдерживают параллельность линии MM , соединяющей вершины их плеч, горизонтальной плоскости AA (рис. 7.5). При этих условиях концы плеч рычага будут находиться на одинаковом расстоянии от центра вращения. Если линия MM не параллельна плоскости AA на величину f , то плечи такого рычага будут иметь разную длину. Схема такого рычага показана на рис. 7.5.

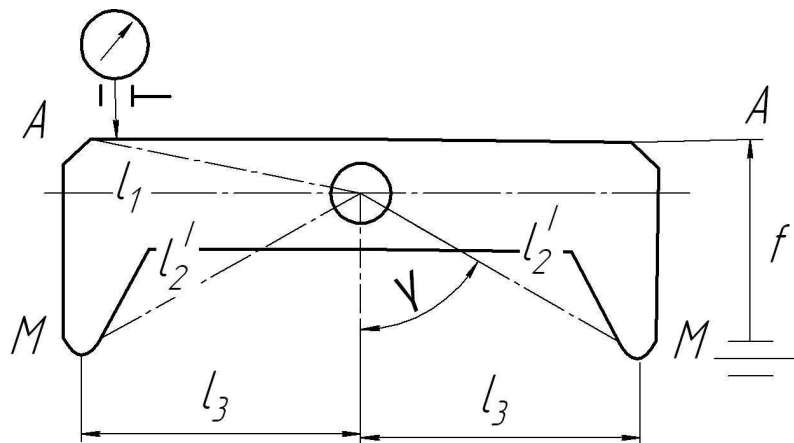


Рис. 7.5. Схема сложного рычага

В рассматриваемом случае правое плечо имеет длину l_2 , а левое l_2' . Вследствие этого, в таких рычагах будет иметь место погрешность Δ_{p1} в передаточном отношении i . Величину этой погрешности определяем в соответствии с рис. 7.6.

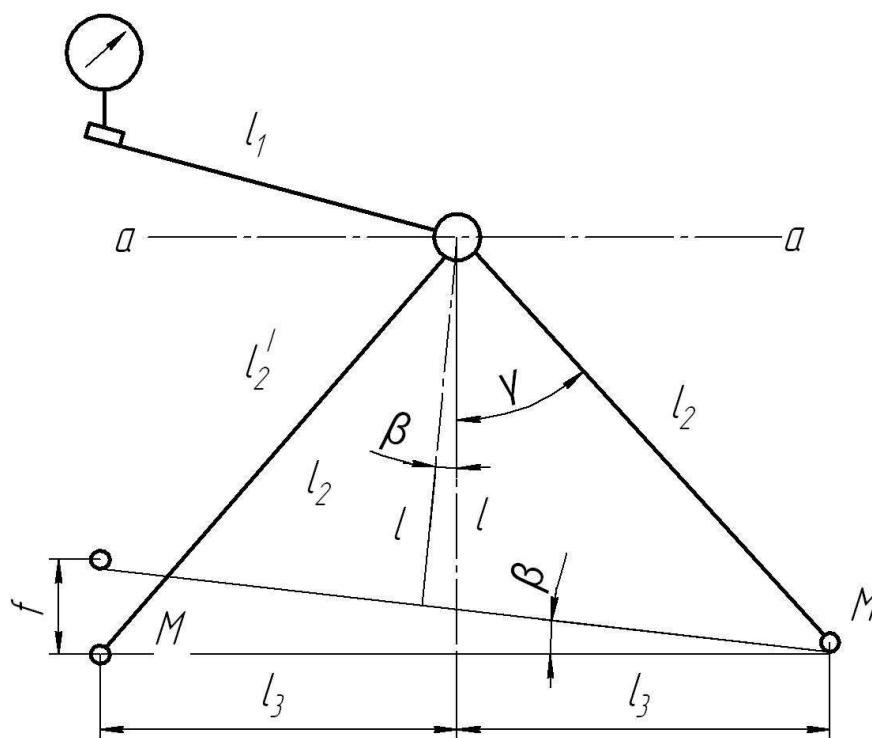


Рис. 7.6. Схема определения погрешности Δ_{p1} у рычага сложной формы

Тонкими линиями на этой схеме представлен сложный рычаг с равносторонними плечами l_2 . Передаточные отношения такого рычага:

$$i = \frac{\cos \alpha_1}{l_2} \cos \alpha \quad (7.8)$$

Сплошными линиями на рис. 7.6 показано горизонтальное положение подобного рычага, но с разными длинами плеч, а именно l_2 и l_2' . Передаточное отношение такого рычага:

$$i_2 = \frac{l_2 \cos \alpha_1'}{l_2' \cos \alpha} \quad (7.9)$$

Погрешность в передаточном отношении:

$$\Delta_{\delta 1} = \frac{i_2}{i} - 1 \quad (7.10)$$

После подстановки значений передаточных отношений и преобразования находим:

$$\Delta_{p1} = \frac{l_2 \cos \alpha_1'}{l_1 \cos \alpha_1} - 1 \quad (7.11)$$

7.2. Определение погрешности от зазора между отверстием и осью рычага Δ_{p2}

При монтаже рычагов на осях их сопряжение выполняют по 7 квалитету точности. Даже при небольшой величине зазор оказывает существенное влияние на точность работы передаточного устройства.

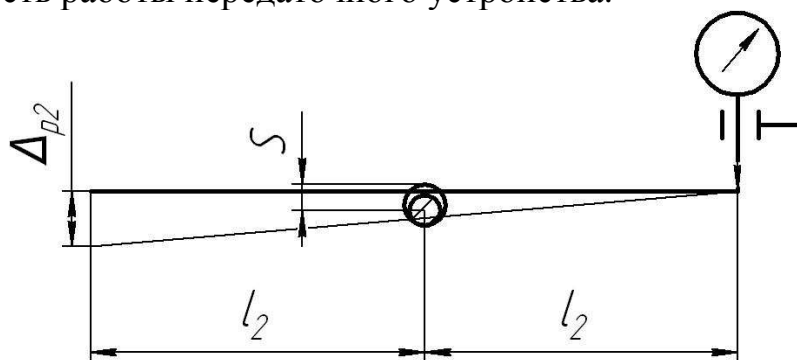


Рис. 7.7. Схема для определения Δ_{p2}

Так, для схемы на рис. 7.7 величина погрешности имеет вид:

$$\Delta_{p2} = \frac{0.5S_{\max}(l_1 + l_2)}{l_1} = 0.5S_{\max}(1 + i), \quad (7.12)$$

где i – передаточное отношение системы.

Из данного выражения следует, что зазор оказывает влияние на точность измерения даже при $i=1$. Это влияние будет еще большим при $i>1$. Даже при зазоре $S=0.003\dots 0.005$ мм (обычно зазор более 0.02 мм) Δ_{p2} будет больше чем 0.005...0.01 мм.

7.3. Определение погрешности от непропорциональности между линейным перемещением измерительного стержня и угловым перемещением рычага Δ_{p3}

В передачах контрольных приспособлений одно плечо рычага передает движение измерительному стержню индикатора. Последний перемещается поступательно, в то же время плечо рычага имеет угловое перемещение (рис. 7.8).

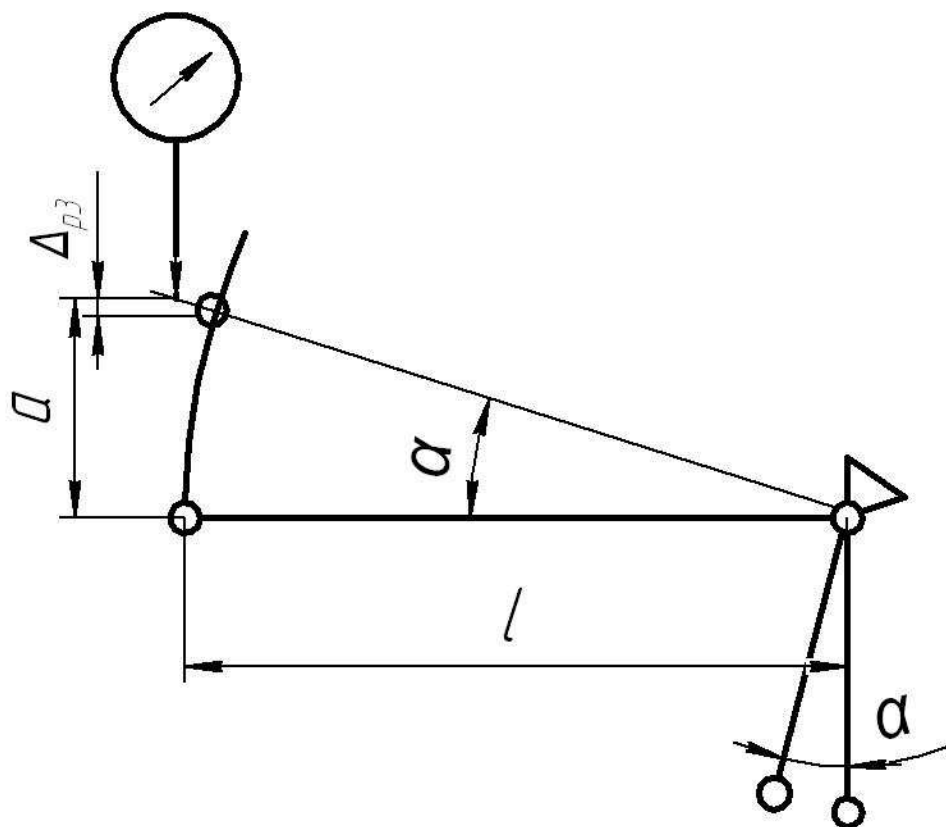


Рис. 7.8. Схема непропорционального перемещения плеча рычага и измерительного стержня индикатора

В связи с этим в рычажных передачах возникает погрешность в передаточном отношении, вызываемая непропорциональностью между линейным перемещением измерительного стержня индикатора и угловым перемещением рычага. Обозначим через a величину линейного перемещения измерительного стержня индикатора при повороте рычага с плоским концом на угол α через l – плечо рычага, тогда $a=l \cdot \operatorname{tg} \alpha$. Вследствие непропорциональности между перемещениями погрешность будет определяться:

$$\Delta_{p3} = \frac{l \cdot a^3}{3} \quad (7.13)$$

7.4. Определение погрешности от смещения точки контакта сферического наконечника при повороте плоского рычага Δ_{p4}

Рабочие концы плеч рычагов выполняют обычно так, чтобы обеспечивался точечный контакт с поверхностью измеряемой детали и концом стержня измерительного прибора. Для этой цели один, а иногда и оба конца плеч у рычагов выполняют в виде сферы с радиусом $r=2 \div 3$ мм или плоскими, контактирующими со сферическими поверхностями. При таких схемах рычажных передач неизбежны систематические погрешности Δ_{p4} , так как при повороте рычага точка контакта перемещается (рис. 7.9).

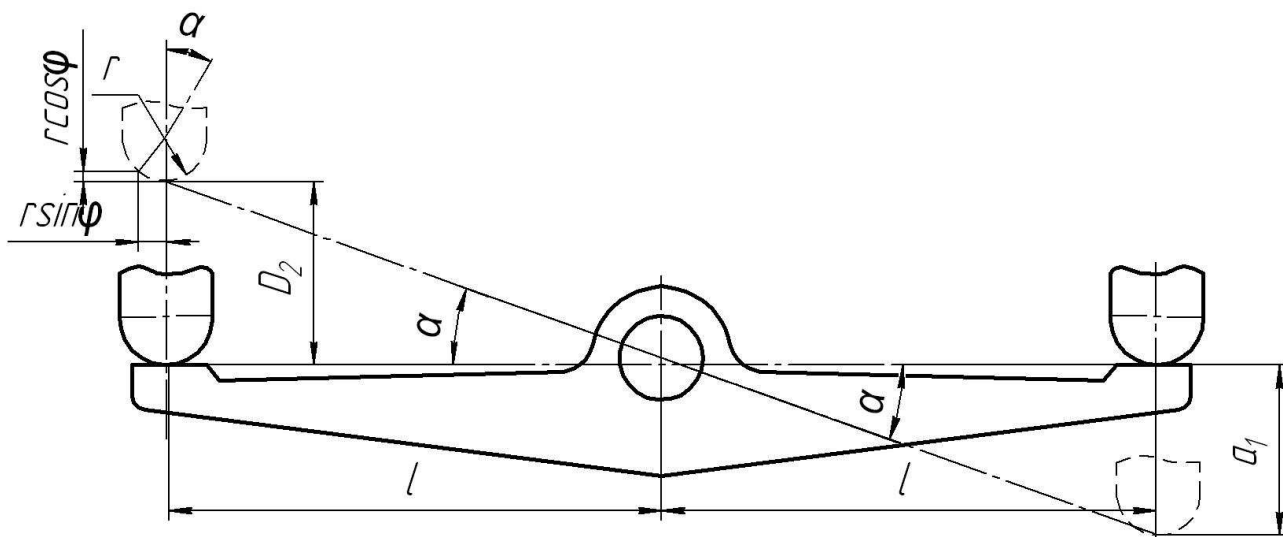


Рис. 7.9. Схема контакта плоских концов рычага со сферическими наконечниками

Концы обоих плеч рычага плоские и имеют контакт со сферическими поверхностями с радиусом закругления r . При повороте рычага на угол α контакт концов плеч будет различный на правом и левом концах рычага. При

этих условиях в передаточном отношении будет получена погрешность Δ_{p4} для равноплечих рычагов.

Вследствие различного контакта концов плеч рычага, будет получаться погрешность Δ_{p4} в передаточном отношении. Эта погрешность определяется из выражений 7.13 и 7.14.

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{l \cdot \operatorname{tg} \alpha + r(\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} - 1)}{l \cdot \operatorname{tg} \alpha - r(\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} - 1)}, \quad (7.14)$$

$$\Delta_{p4} = \frac{a_2}{a_1} - 1. \quad (7.15)$$

7.5. Определение погрешности прямой передачи Δ_{p5}

Прямые передачи (рис. 7.10) играют роль буферов для предохранения индикаторов и других измерительных устройств от резких толчков и ударов.

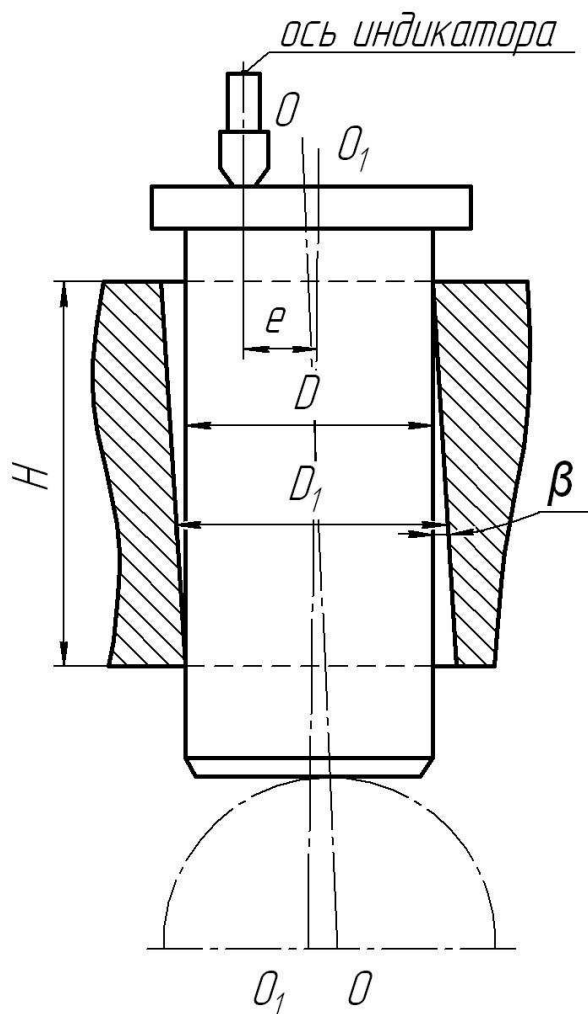


Рис. 7.10. Схема прямой передачи

Сопряжение стержня и втулки обычно выполняют по посадке с зазором 7 квалитета и притирают. Причиной появления погрешности Δ_{p5} является зазор между стержнем и отверстием.

При перемещении стержня по направлению оси O_1O_1 на величину AB (рис. 7.11) стержень индикатора пройдет путь равный AC :

$$\Delta_{p5} = AC - AB = \frac{AB}{\cos \beta} - AB = AB \left(\frac{1}{\cos \beta} - 1 \right), \quad (7.16)$$

где $\operatorname{tg} \beta = \frac{S_{\max}}{H}$;

S_{\max} – максимальный зазор в сопряжении стержня передачи и втулки.

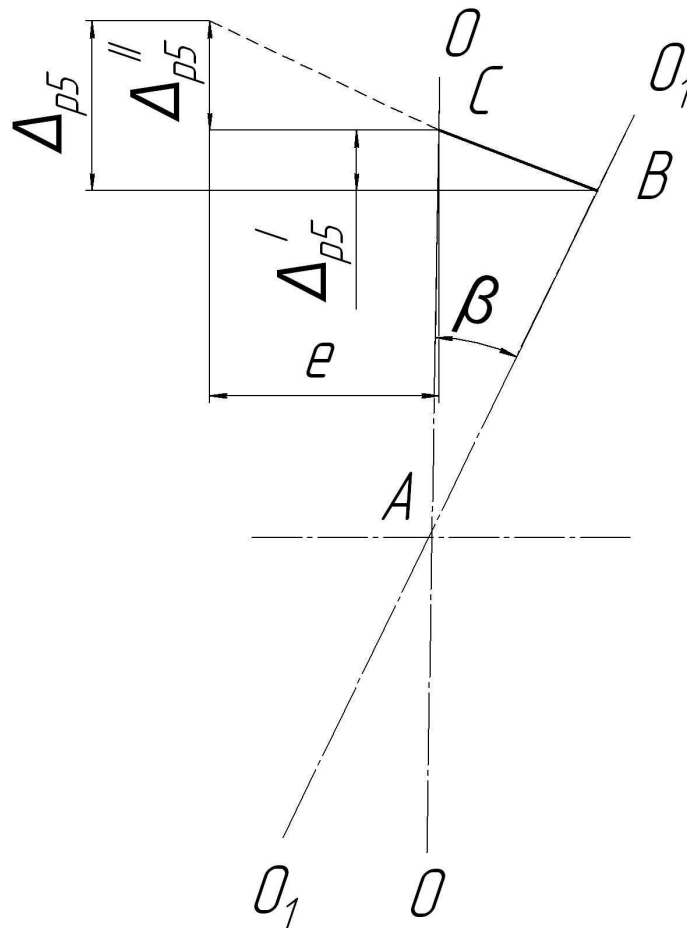


Рис. 7.11. Схема перемещения стержней прямой передачи и индикатора при несовпадении осей

При установке индикаторов всегда имеет место смещение оси измерительного стержня индикатора относительно оси стержня передачи на

величину e (рисунки 7.10 - 7.12) в горизонтальной плоскости и поворот последнего во втулке на угол β также вызывает погрешность Δ_{p5} в передаче.

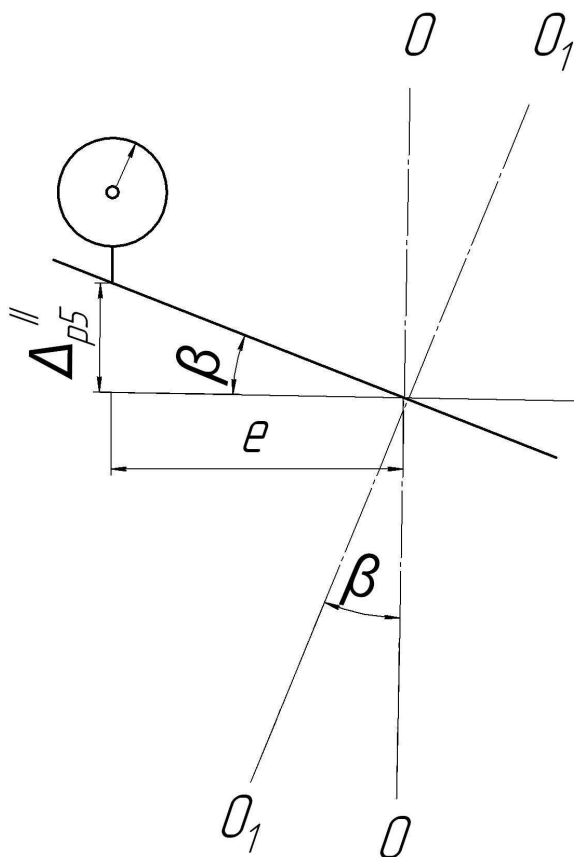


Рис. 7.12. Схема для определения погрешности $\Delta_{p5}^{||}$ при смещении осей индикатора и стержня прямой передачи в горизонтальном направлении

$$\Delta_{p5} = e \cdot \operatorname{tg} \beta \quad . \quad (7.17)$$

Обычно величина $e=0.2\dots 0.3$ мм. Тогда $\Delta_{p5} = \Delta_{p5}^{\perp} + \Delta_{p5}^{||}$ или

$$\Delta_{p5} = AB \left(\frac{1}{\cos \beta} - 1 \right) + e \cdot \operatorname{tg} \beta \quad . \quad (7.18)$$

Обычно при расчетах величина AB принимается равной измеряемой величине a или величине перемещения щупа цилиндра.

Общая погрешность от передаточных механизмов определяется следующим образом:

$$\Delta p = \sqrt{\Delta p_1^2 + \Delta p_2^2 + \Delta p_3^2 + \Delta p_4^2 + \Delta p_5^2} \quad . \quad (7.19)$$

8. ЭТАЛОННЫЕ ДЕТАЛИ И ОЦЕНКА ИХ ПОГРЕШНОСТИ

Для настройки измерительных устройств приспособлений применяют установочные и образцовые детали. При абсолютных методах измерения они используются для контроля стабильности и надежности работы самого приспособления, для периодического наблюдения за износом основных его узлов.

Установочные приспособления предназначены в основном для тарирования шкалы измерительного устройства приспособления или для установки этой шкалы на нулевое деление. Установочные приспособления не повторяют формы и габаритные размеры проверяемых деталей.

Образцовая деталь повторяет основные проверяемые и установочные размеры контролируемой детали и при установке в приспособлении на его базирующих устройствах служит не только для настройки и проверки измерительных устройств, но и для проверки общего состояния и работоспособности приспособления в целом. Образцовая деталь имеет более широкое назначение, чем установочная. Вместе с тем нет необходимости, чтобы образцовая деталь повторяла всю конфигурацию (порой весьма сложную) проверяемой детали. В ней необходимо сосредоточить все базовые и проверяемые поверхности, а также поверхности, на которых действуют зажимы приспособления. Поэтому образцовая деталь часто представляет собой или упрощенное повторение исходной детали, или же повторение лишь отдельных ее частей.

Типовые эталонные детали контрольных приспособлений и величины их погрешностей Δz приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Погрешность изготовления эталонных деталей, служащих для настройки контрольных приспособлений

Эталонная деталь	Вид погрешности	Допускаемое отклонение, мм
1	2	3
Оправка (валик)	Погрешность изготовления диаметров d_i (3...120)	0.004...0.015
	Радиальное биение шеек относительно друг друга	0.005...0.010
	Биение шеек относительно оси	0.005...0.010
Полая оправка (с внутренней базовой поверхностью)	Погрешность изготовления диаметров d_i (3...120)	0.008...0.020
	Радиальное биение внутренних поверхностей относительно друг друга	0.008...0.015
	Радиальное биение внутренних поверхностей (для оси центров)	0.008...0.015

Продолжение таблицы 8.1

1	2	3
Прямоугольник с базовой плоскостью для настройки	Погрешность изготовления размеров (от 10 до 120)	0.010...0.020
	Отклонение от параллельности плоскостей	$\frac{0.004...0.006}{l}$
Концевые меры длины	Погрешность изготовления размеров	0.0001...0.0005
	Отклонение от параллельности плоскостей	$\frac{0.0001...0.0005}{l}$

В общем случае можно рекомендовать, чтобы допуски на изготовление эталонных деталей не превышали 10 % проверяемых отклонений деталей. Эталоны целесообразно изготавливать с высокой точностью, так как их действительный размер аттестуют и учитывают в настройке приспособления. В связи с этим величину Δz можно исключить из общей погрешности приспособления, но в анализ погрешностей включать необходимо, чтобы выполнять корректировку при настройке.

9. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ИХ ПОГРЕШНОСТИ

В неавтоматических средствах контроля и измерения используют преимущественно измерительные головки и индикаторы. При выборе контрольно-измерительных устройств необходимо учитывать их основные метрологические характеристики: цену деления, погрешность измерительного средства Δ_i , диапазон измерения. Погрешность Δ_i определяет кинематическую ошибку в показаниях измерительного устройства и цену его деления, ориентировочно учитывает и субъективный фактор - опыт контролера.

Наибольшее распространение в контрольных приспособлениях в качестве измерительных средств получили индикаторы. Их основные параметры приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1

Основные параметры индикаторов

Тип или модель	Цена деления, мкм	Допустимые погрешности Δ_i , мкм	Диапазон измерений, мкм
1 МИГ	1.0	2.5	0-1000
2 МИГ	2.0	4.0	0-2000
05205	2.0	5.0	0-5000
05306	4.0	4.0	0-5000
ИЧ2-2		12.0	0-2000
ИЧ5РН		Класс точности 0	0-5000
ИЧ10М			0-10000
ИЧ25		32.0	0-25000
ИЧ50		48.0	0-50000
1НЧС	100.0	15.0	0-5000
2НЧС	10.0	15.0	0-5000
ИРБ	10.0	10.0	800

В таблице 9.2 приведены сведения об основных параметрах измерительных головок [3].

Таблица 9.2

Основные параметры измерительных головок

Тип или модель	Цена деления, мкм	Допустимая погрешность головки, мкм	Диапазон измерений, мкм	Измерительная сила, Н
Головки измерительные пружинные (микрокаторы)				
01ИГП	0.1	0.1 (30); 0.15	± 4	1.5
02ИГП	0.2	0.1 (30); 0.2	± 6	1.5
05ИГП	0.5	0.25 (30); 0.4	± 15	1.5
1ИГП	1	0.4 (30); 0.6	± 30	2

Продолжение таблицы 9.2

Тип или модель	Цена деления, мкм	Допустимая погрешность головки, мкм	Диапазон измерений, мкм	Измерительная сила, Н	
2ИГП	2	0.8 (30); 1.2	±60	2	
5ИГП	5	2.0 (30); 3.0	±150	3	
10ИГП	10	3.0 (30); 5.0	±300	3	
01ИГПР	0.1	0.1 (30); 0.15	±4	0-1.5	
02ИГПР	0.2	0.1 (30); 0.2	±6		
05ИГПР	0.5	0.25 (30); 0.4	±15		
1ИГПР	1.0	0.40 (30); 0.6	±30		
Головки измерительные пружинные малогабаритные (микаторы)					
02-ИПМ	0.2	0.15 (30); 0.3	±10	1	
02-ИПМУ	0.2	0.15 (30); 0.3	±10	0.5	
05-ИПМ	0.5	0.3 (30); 0.6	±25	1.5	
05-ИПМУ	0.5	0.3 (30); 0.6	±25	0.5	
1-ИПМ	1.0	0.5 (30); 1.0	±50	1.5	
1-ИПМУ	1.0	0.5 (30); 1.0	±50	0.5	
2-ИПМ	2.0	1.0 (30); 2.0	±100	1.5	
Головки измерительные рычажно-пружинные (миникаторы)					
10301	$\frac{72^{**}}{30^{**}}$	2	1 (20); 2 (40)	±80	0.1
		1	0.5 (20); 1 (40)	±40	0.2
Головки измерительные пружинно-оптические (оптикаторы)					
01П	0.1	0.05 (100); 0.1	0-24	1.5	
15605	0.1	0.05 (100); 0.1	0-50		
02П	0.2	0.1 (100); 0.2	0-50		
15505	0.2	0.1 (100); 0.2	0-100		
05П	0.5	0.2 (100); 0.4	0-100		
15405	0.5	0.25 (100); 1.0	0-250		
1П	1.0	0.4 (100); 0.8	0-250		
Головки измерительные рычажно-зубчатые					
1ИГ	1	0.4 (30); 0.7	±50	1.5	
2ИГ	2	0.8 (30); 1.2	±100		
Индикаторы					
1МИГ	1	2 (1 об); 2.5 (1 мм)	0-1000	2	
2МИГ	2	3 (1 об); 4 (1 мм)	0-2000		
05205	2	4 (1 об); 5 (1 мм)	0-5000	1.5	
05305	4	3 (1 об); 4 (1 мм)	0-2000	2	

Продолжение таблицы 9.2

Тип или модель	Цена деления, мкм	Допустимая погрешность головки, мкм	Диапазон измерений, мкм	Измерительная сила, Н
ИЧ2-2	10	4 (1 об); 12 (1 мм)	0-2000	1.5
ИЧ10М		Класс точности 0	0-10000	
ИТ2-2			0-2000	
ИЧ25			0-5000	
ИЧ50		15 (1мм); 32	0-50000	2.5
1ИЧС	100	15 (1 мм); 32	0-5000	2.5
2ИЧС	10	6 (0.1 мм); 16	0-5000	1.5
ИРБ	10	5 (0.1 мм); 10	800	2.5

Примечание: в скобках приведена длина участка в делениях шкалы (если нет наименования) в оборотах или миллиметрах.

В таблице 9.3 приведены сведения об основных параметрах индуктивных преобразователей [3].

Таблица 9.3

Основные параметры индуктивных преобразователей

Параметр	Модель			
	Диапазон измерений, мкм	±3; ±15; ±30; ±150; ±300	±3; ±6; ±15; ±30; ±60	±15; ±20; ±150; ±1500
Цена единицы отсчета, мкм	0.1; 0.2; 0.5; 1.5	0.1; 0.2; 0.5; 1.2	0.5; 1; 5; 10; 50	0.01; 0.1; 1.0
Предел допустимой погрешности, мкм	1 деление	1 деление	1 деление	1 деление
Измерительное усилие, Н	60	60	120	100

В таблице 9.4 приведены сведения об основных параметрах электроконтактных преобразователей (датчиков) [10]:

Таблица 9.4

Основные параметры электроконтактных преобразователей (датчиков)

Параметры	Модель датчика		
	228	248	233
Диапазон измерений, мкм	1	0.2	0.4
Цена деления настроенного винта, мкм	2	2	1
Измерительная сила: - без отсчетного устройства - с отсчетным устройством	1-3 5	1-3 5	0.3-0.6 -
Погрешность настройки контактов, мкм	± 0.5	± 0.5	± 0.5
Нестабильность срабатывания, мкм	1	1	0.5
Число срабатываний до потери точности, млн циклов	2.5	2.5	2.5
Ход измерительного стержня, мм	3	1.5	1.4

10. ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ИЗМЕРЕНИЯ

Погрешность средств измерения, используемых в нормальных условиях, называют основной, а погрешность, вызванную использованием его в условиях, отличающихся от нормальных, называют дополнительной погрешностью средств измерений $\Delta_{уи}$. При работе в нормальных условиях $\Delta_{уи} = 0$. Допускается превышение основной погрешности средств измерения примерно на 10 % допуска контролируемого параметра ЖТА.

В реальных условиях погрешность от условий измерения вызывается преимущественно за счет температурных деформаций измеряемой детали и элементов контрольного приспособления. Численно она определяется следующим образом [8]:

$$\Delta_{\acute{o}\grave{e}} = l \cdot \Theta_t \cdot 11.6 \cdot 10^{-6}, \quad (10.1)$$

где l – измеряемый размер.

Приближенно Θ_t можно определить по формуле [8]:

$$\Theta_t = \sqrt{\left[\Delta t_1 \frac{(\alpha_{\dot{i}} - \alpha_{\dot{A}})_{\max}}{11.6 \cdot 10^{-6}} \right]^2 + \left(\Delta t_2 \frac{\alpha_{\max}}{11.6 \cdot 10^{-6}} \right)^2}, \quad (10.2)$$

где Δt_1 – отклонение температуры среды от 20⁰С;

Δt_2 – кратковременные колебания температуры среды в процессе измерения;

$(\alpha_{\dot{i}} - \alpha_{\dot{A}})_{\max}$ – максимально возможная разность значений коэффициентов линейного расширения материалов прибора и детали;

α_{\max} – максимальное значение коэффициента линейного расширения материала прибора или измеряемой детали.

При расчетах колебания температур принимают:

- при измерении микрометрами или рычажными скобами в стойках – 15...30 мин;
- приборами средних габаритов (например, вертикальным оптиметром) – 60 мин;
- крупными приборами (измерительными машинами) – 360 мин.

Значения коэффициента линейного расширения для некоторых сталей приведены в таблице 10.1 [8]:

Таблица 10.1

Коэффициент линейного расширения сталей

Марка стали	20— 100 °С	20— 200 °С	20— 300 °С	20— 400 °С	20— 500 °С	20— 600 °С	20— 700 °С	20— 800 °С	20— 900 °С	20— 1000 °С
08кп	12,5	13,4	14,0	14,5	14,9	15,1	15,3	14,7	12,7	13,8
08	12,5	13,4	14,0	14,5	14,9	15,1	15,3	14,7	12,7	13,8
10кп	12,4	13,2	13,9	14,5	14,9	15,1	15,3	14,7	14,8	12,6
10	11,6	12,6	-	13,0	-	14,6	-	-	-	-
15кп	12,4	13,2	13,9	14,5	14,8	15,1	15,3	14,1	13,2	13,3
15	12,4	13,2	13,9	14,4	14,8	15,1	15,3	14,1	13,2	13,3
20кп	12,3	13,1	13,8	14,3	14,8	15,1	15,2	-	-	-
20	11,1	12,1	12,7	13,4	13,9	14,5	14,8	-	-	-
25	12,2	13,0	13,7	14,4	14,7	15,0	15,2	12,7	12,4	13,4
30	12,1	12,9	13,6	14,2	14,7	15,0	15,2	-	-	-
35	11,1	11,9	13,0	13,4	14,0	14,4	15,0	-	-	-
40	12,4	12,6	14,5	13,3	13,9	14,6	15,3	-	-	-
45	11,9	12,7	13,4	13,7	14,3	14,9	15,2	-	-	-
50	11,2	12,0	12,9	13,3	13,7	13,9	14,5	13,4	-	-
55	11,0	11,8	12,6	13,4	14,0	14,5	14,8	12,5	13,5	14,4
60	11,1	11,9	-	13,5	14,6	-	-	-	-	-
15К	-	12,0	12,8	13,6	13,8	14,0	-	-	-	-
20К	-	12,0	12,8	13,6	13,8	14,2	-	-	-	-
22	12,6	12,9	13,3	13,9	-	-	-	-	-	-
А12	11,9	12,5	-	13,6	14,2	-	-	-	-	-
16ГС	11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1	-	-	-	-
20Х	11,3	11,6	12,5	13,2	13,7	-	-	-	-	-
30Х	12,4	13,0	13,4	13,8	14,2	14,6	14,8	12,0	12,8	13,8
35Х	11,3	12,0	12,9	13,7	14,2	14,6	-	-	-	-
38ХА	11,0	12,0	12,2	12,9	13,5	-	-	-	-	-
40Х	11,8	12,2	13,2	13,7	14,1	14,6	14,8	12,0	-	-
45Х	12,8	13,0	13,7	-	-	-	-	-	-	-
50Х	12,8	13,0	13,7	-	-	-	-	-	-	-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев В.А. Расчет приспособлений на точность: Учебно-метод. пособие. Самарский госуд. техн. ун-т / Сост. - Самара, 2007. - 75 с.
2. Каплунов Р.С. Точность контрольных приспособлений. – М.: Машиностроение, 1968. – 219 с.
3. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1971. – 288 с.
4. Лебедев Л.В и др. Проектирование технологической оснастки: Учебн. пособие. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2002. – 97 с.
5. Левенсон Е.М., Гоникберг Ю.М., Введенский Т.А. Конструирование измерительных приспособлений и приборов в машиностроении. – М.: Машгиз, 2005. – 225 с.
6. Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах : учеб. пособие / И. Н. Аверьянов, А. Н. Болотеин, М. А. Прокофьев. – Рыбинск : РГАТА, 2010. – 220 с. ил.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т./Под ред. А.М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. - 5-е изд., испр.- М.: Машиностроение-1, 2003.- 912 с., ил.
8. Степанов Ю.С. и др. Альбом контрольно-измерительных приспособлений: Учебное пособие для вузов / Под общ. ред Ю.С. Степанова. – М.: Машиностроение, 1998. – 181 с.
9. Технический контроль в машиностроении: Справочник проектировщика / Под общ. Ред. В.Н Чупырина, А.Д. Никифоров. – М.: Машиностроение, 1987. – 512 с.
10. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник / Под общ. ред. А.К. Кутая, Б.Л. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1983. – 367 с.

Учебное издание

Марфицын Валерий Владимирович
Овсянников Виктор Евгеньевич

**РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

Учебное пособие

Редактор – О.Г. Арефьева

Подписано в печать	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. №
Формат	Усл. печ. л.	Уч.- изд. л.
Заказ	Тираж	Цена свободная

Редакционно-издательский центр Курганского государственного университета.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.