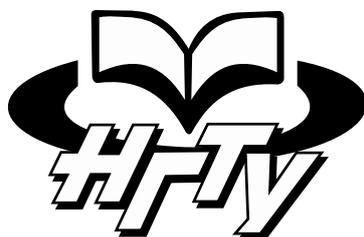


Учебники НГТУ

Серия основана в 2001 году



**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
СЕРИИ «УЧЕБНИКИ НГТУ»**

д-р техн. наук, проф. (председатель) *Н.В. Пустовой*
д-р техн. наук, проф. (зам. председателя) *Г.И. Расторгуев*

д-р техн. наук, проф. *А.А. Батаев*
д-р техн. наук, проф. *А.Г. Вострецов*
д-р техн. наук, проф. *В.И. Гужов*
д-р техн. наук, проф. *В.А. Гридчин*
д-р техн. наук, проф. *В.И. Денисов*
д-р физ.-мат. наук, проф. *В.Г. Дубровский*
д-р экон. наук, проф. *К.Т. Джурабаев*
д-р филос. наук, проф. *В.И. Игнатъев*
д-р филос. наук, проф. *В.В. Крюков*
д-р техн. наук, проф. *В.Н. Максименко*
д-р техн. наук, проф. *Х.М. Рахимьянов*
д-р филос. наук, проф. *М.В. Ромм*
д-р техн. наук, проф. *Ю.Г. Соловейчик*
д-р техн. наук, проф. *А.А. Спектор*
д-р юрид. наук, доц. *В.Л. Толстых*
д-р техн. наук, проф. *А.Г. Фишов*
д-р экон. наук, проф. *М.В. Хайруллина*
д-р техн. наук, проф. *А.Ф. Шевченко*
д-р техн. наук, проф. *Н.И. Щуров*

В.Б. АСАНОВ

**НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАЛИБРОВ**



**НОВОСИБИРСК
2 0 1 4**

УДК 621.713.3.001.63(075.8)

А 90

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор СГУПС *В.А. Каргин,*

профессор СГУПС *Л.Б. Тихомирова,*

д-р техн. наук, профессор НГТУ *В.П. Гилета,*

доцент *В.М. Степанов*

Асанов В.Б.

А 90 Нормирование точности и технические измерения. Проектирование калибров: учеб. пособие / В.Б. Асанов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. – 183 с. (Серия «Учебники НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-2376-9

Рассмотрены вопросы, связанные с проектированием предельных калибров для контроля гладких, резьбовых и шлицевых соединений, глубин и высот уступов, а также формы и расположения поверхностей. Приведены этапы проектирования калибров, конкретные примеры расчета, сопровождаемые схемами, рисунками, чертежами. Широко представлены справочные и нормативные материалы, необходимые для проектирования.

Предназначено для бакалавров и магистров направлений 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» и 190600.62 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», изучающих дисциплины «Нормирование точности и технические измерения», а также для студентов, выполняющих курсовые и дипломные проекты по специальностям машиностроительного профиля. Пособие также может быть полезно для специалистов: конструкторов, технологов и контролеров, работающих в области обработки металлов резанием, литья и штамповки.

УДК 621.713.3.001.63(075.8)

ISBN 978-5-7782-2376-9

© Асанов В.Б., 2014

© Новосибирский государственный
технический университет, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
1. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О КАЛИБРАХ	11
1.1. Классификация калибров	11
1.2. Основной принцип конструирования калибров.....	13
1.3. Основные требования, предъявляемые к калибрам.....	13
1.4. Маркировка калибров.....	14
2. КАЛИБРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЛАДКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	15
2.1. Калибры гладкие для контроля цилиндрических соединений	17
2.2. Калибры для контроля глубин и высот уступов	28
3. КАЛИБРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	37
3.1. Общие сведения о шлицевых соединениях	37
3.2. Калибры для контроля шлицевых валов и втулок с прямобочным профилем	39
3.2.1. Расчет исполнительных размеров комплексного калибра-пробки для контроля шлицевой втулки	42
3.2.2. Расчет исполнительных размеров комплексного калибра-кольца для контроля шлицевого вала	46
3.2.3. Технические требования к калибрам для контроля шлицевых деталей (ГОСТ 24959–81)	50
4. КАЛИБРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ	53
4.1. Общие понятия о резьбовых соединениях	53
4.2. Метрическая и трапецеидальная резьбы.....	53
4.2.1. Нормирование точности метрической и трапецеидальной резьб.....	53
4.2.2. Контроль резьб. Калибры.....	59
4.2.3. Расчет резьбовых калибров.....	78
4.2.4. Последовательность проектирования резьбовых калибров	83
4.2.5. Примеры расчетов рабочих резьбовых калибров	83



5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ФОРМЫ, РАСПОЛОЖЕНИЯ И КООРДИНИРУЮЩИХ РАЗМЕРОВ	93
5.1. Отклонения и допуски формы, расположения и координирующих размеров. Общие представления	93
5.2. Базы, используемые для нормирования требований к точности расположения и координирующих размеров	96
5.3. Зависимые и независимые допуски формы, расположения поверхностей и координирующих размеров	102
5.4. Измерение и контроль отклонений формы и расположения поверхностей	121
5.5. Расчет и конструирование калибров	123
5.5.1. Калибры для контроля формы поверхностей	123
5.5.2. Калибры для контроля расположения поверхностей и координирующих размеров	126
Библиографический список	148
Нормативные документы	149
Приложения.....	152

ВВЕДЕНИЕ

Проблема качества особенно актуальна для России в наши дни в связи с вступлением ее во Всемирную торговую организацию (ВТО). Конкурентоспособность продукции, работ и услуг определяется прежде всего их качеством. По ИСО 8402–92 качество трактуется как совокупность свойств и характеристик продукции или услуги (работы), которые определяют их пригодность в удовлетворении обусловленных или предполагаемых потребностей. Потребности в виде качественных или количественных требований устанавливаются в нормативно-технических документах (стандартах, технических условиях, технических регламентах, договорах и др.). Для оценки качества проводятся проверки того, насколько продукция способна выполнять установленные требования. Основная форма проверки – контроль. В соответствии с ГОСТ 16504–81 «Технический контроль (контроль) – это проверка соответствия объекта установленным требованиям». Проверка соответствия в общем случае может осуществляться как с использованием, так и без использования средств измерений (например, органолептический контроль). С использованием средств измерений так называемый измерительный контроль, в свою очередь, может производиться по альтернативному признаку. Согласно ГОСТ 15895–77 «Контроль по альтернативному признаку – это контроль по качественному признаку, в ходе которого каждую проверенную единицу продукции относят к категории годных или дефектных». Следуя этому методу, устанавливают факт соответствия контролируемого параметра заданным требованиям.

Альтернативный контроль может быть классифицирован по следующим признакам.

1. В зависимости от числа контролируемых параметров: однопараметровый, многопараметровый.

2. В зависимости от вида воздействия на объект: активный, пассивный.

3. По количеству одновременно проверяемых параметров: дифференцированный (поэлементный), комплексный.

4. По степени механизации и автоматизации: ручной, механизированный, автоматизированный, автоматический.

5. По стадии технологического (производственного) процесса: входной, приемочный, операционный.

6. По способу отбора изделий, подвергаемых контролю: сплошной (100 %), выборочный.

Альтернативный контроль по геометрическим параметрам проводится средствами измерений, классификация которых приведена в [1]. Согласно этой классификации альтернативная проверка годности геометрических параметров изделий осуществляется мерами (плоскопараллельными концевыми, угловыми и штриховыми мерами, рулетками, масштабными линейками, лимбами и калибрами) и измерительными устройствами (простейшими, универсальными и специальными). К простейшим измерительным устройствам относятся щупы, линейки лекальные, угольники лекальные и штангенинструменты. К универсальным – измерительные приборы шкальные с указателями пределов сортировки или годности, приборы активного контроля, преобразователи и датчики. Специальные устройства – это измерительные приборы, измерительные приспособления, измерительные установки и системы, а также полуавтоматы и автоматы. Несмотря на столь большое разнообразие средств альтернативной проверки годности геометрических параметров изделий и достижения измерительной техники с использованием цифровых технологий, калибрам отводится особое место при допусковом контроле. Это связано прежде всего с тем, что в промышленности стандартизированы линейные и угловые размеры, а также нормы точности на геометрические параметры (размеры, форму и расположение поверхностей). Использование принципа предпочтительности позволяет унифицировать поля допусков и посадки, что, в свою очередь, дает возможность сократить количество типоразмеров калибров и изготавливать их при минимальных затратах в условиях серийного производства. Простота конструкций калибров позволяет относительно легко их изготавливать при невысокой стоимости, а простота применения дает возможность пользоваться ими

операторам, имеющим невысокую квалификацию. Следует отметить важное достоинство калибров. Детали и сборочные единицы, проверенные калибрами, обеспечивают взаимозаменяемость, так как контроль осуществляется в условиях, приближенных к условиям сборки. К недостаткам калибров можно отнести: отсутствие числовых данных о размере объекта контроля и неизвестность достоверной погрешности контроля (по данным [2], погрешность контроля из-за субъективных особенностей контролера может составлять 6...20 %). Несмотря на эти недостатки калибры широко используются во всех типах производств, особенно в крупносерийном и массовом, при изготовлении, сборке и наладочных работах, при входном, операционном и приемочном контроле.

В курсовых и расчетно-графических работах, в дипломных проектах, а также на лабораторно-практических занятиях студенты машино- и приборостроительных специальностей проектируют средства измерения и контроля, в том числе и калибры. При этом они испытывают недостаток в той литературе, где комплексно были бы приведены сведения, необходимые для расчета и конструирования калибров для контроля размеров, формы, расположения поверхностей и координирующих размеров различных соединений (гладких, резьбовых, шлицевых и др.).

Настоящая работа призвана восполнить этот пробел: учебное пособие составлено таким образом, что студенты сначала учатся проектировать простые калибры, например для контроля гладких цилиндрических соединений, а затем более сложные, к которым можно отнести калибры расположения.

В пособии приведены общие сведения и положения с примерами, позволяющими понять суть рассматриваемого вопроса, справочные данные и литература, а также чертежи калибров, выполненные в соответствии с ЕСКД. Следует отметить, что при проектировании калибров требуется большое количество справочных данных, рассредоточенных в различных нормативных документах по стандартизации, что затрудняет их поиск и занимает много времени у студентов при выполнении заданий. Автор настоящей работы стремился привести только самые необходимые справочные данные, чтобы не перегружать пособие, в то же время параллельно делал ссылки на документы стандартизации, чтобы студент не терял навыков пользования ими.



При составлении пособия были использованы как устоявшиеся понятия, так и новые, гармонизированные с международными стандартами ИСО.

Из-за ограниченности объема настоящего издания в нем не рассмотрены вопросы проектирования калибров для других видов соединений: конические, шлицевые эвольвентные, шпоночные, резьбовые метрические с профилем МJ, трубной цилиндрической резьбы, конической резьбы.

Автор выражает признательность всем студентам, принимавшим участие в подготовке рукописи к изданию, а также доценту НГТУ В.М. Степанову за ценные замечания, которые в ходе подготовки рукописи автором были учтены.

1. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О КАЛИБРАХ

Калибр – средство контроля, воспроизводящее геометрические параметры элементов изделия, определяемые заданными предельными линейными и угловыми размерами, и контактирующее с элементами изделия по поверхностям, линиям и точкам (ГОСТ 27284–87). Поверхность калибра, непосредственно контактируемая с контролируемым элементом детали, называется рабочей (исполнительной) поверхностью. Калибры применяют не для определения числового значения контролируемого параметра, а для проверки соответствия действительных размеров, формы и расположения поверхностей деталей требованиям.

1.1. Классификация калибров

1. По виду контролируемых поверхностей и параметров калибры подразделяют: на *гладкие* – для цилиндрических и конических поверхностей; *резьбовые*; *шлицевые*; калибры для контроля длин, глубин и высот уступов; для контроля взаимного расположения поверхностей изделий и др.

2. По числу одновременно контролируемых элементов калибры делят на *элементные* и *комплексные*. Элементные калибры предназначены для контроля отдельных линейных или угловых размеров деталей. Комплексные калибры предназначены для одновременного контроля нескольких элементов (например, среднего диаметра, шага и угла профиля резьбовых поверхностей).

3. По условиям оценки годности детали калибры подразделяют на *нормальные* и *предельные*.

Нормальными называются калибры, размеры которых соответствуют номинальным размерам контролируемого изделия. Их часто относят к однопредельным калибрам.

В настоящее время нормальные калибры практически не используются для контроля (подгонки, припасовки) гладких цилиндрических деталей. В основном они применяются для контроля конических поверхностей (конусные калибры), а также для контроля сложного профиля детали (эти калибры обычно называют шаблонами).

Предельными калибрами называются калибры, размеры которых соответствуют предельным размерам контролируемых объектов. Поскольку

размеры детали имеют два нормируемых предельных значения (наибольший и наименьший), то и предельные калибры обычно используются в паре. Один из таких калибров называется проходным, а другой – непроходным.

Проходной калибр (ПР) – это калибр, контролирующий предельный размер, соответствующий максимуму материала проверяемого объекта. Это значит, что проходной калибр при контроле вала должен контролировать наибольший (предельный) допустимый размер, а при контроле отверстий проходной калибр контролирует наименьший (предельный) допустимый размер.

Непроходной калибр (НЕ) – это калибр, контролирующий предельный размер, соответствующий минимуму материала. Аналогично предыдущему рассуждению непроходной калибр проверяет наименьший размер вала или наибольший размер отверстия, т. е. непроходной калибр ограничивает границы исправимого брака.

Как следует из названий калибров, проходной калибр должен проходить, если размер вала не больше максимально допустимого, а отверстие – не меньше минимально допустимого. Непроходной калибр не должен проходить через измеряемый элемент, если размер отверстия не больше максимально допустимого, а размер вала – не меньше минимально допустимого значения.

1. По технологическому и метрологическому назначению в соответствии с местом и характером использования калибры подразделяются на *рабочие* и *контрольные*.

Рабочие калибры предназначены для контроля изделия. Контрольные калибры (контркалибры) – для контроля рабочих калибров, а также для установки регулируемых рабочих калибров, например, калибров-скоб. Рабочими калибрами пользуются рабочие, контролеры служб технического контроля и заказчики.

Причем контролеры и заказчики применяют частично изношенные проходные и новые непроходные калибры.

2. По конструктивным признакам калибры делятся на *жесткие*, *регулируемые*, *односторонние* и *двухсторонние*.

3. По характеру контакта между проверяемым изделием и калибром различают калибры с поверхностным, линейным и точечным контактом.

1.2. Основной принцип конструирования калибров

При конструировании калибров соблюдают принцип подобия (принцип Тейлора), согласно которому проходной калибр по форме поверхности должен быть прототипом сопрягаемой детали с длиной, равной длине соединения, и определять ее собираемость, а непроходной калибр должен иметь малую измерительную поверхность, приближающуюся к точке, чтобы проверять каждый элемент (размер) в отдельности для установления недопустимых отклонений в отдельных местах. В действительности иногда приходится отступать от принципа подобия. Например, при обработке детали в центрах (точение, круглое шлифование) контроль осуществляют калибрами-скобами вместо калибров-колец, иначе придется многократно снимать деталь со станка. Этот недостаток в конструкции калибра обычно компенсируется многократным контролем скобой в различных сечениях и направлениях. При контроле шлицевого эвольвентного соединения, если длина комплексного калибра менее половины длины контролируемой поверхности, рекомендуется проводить дополнительно проверку погрешности направления зуба изделия. Несколько подробнее принцип Тейлора раскрывается на примере конструирования калибров для контроля гладких соединений.

1.3. Основные требования, предъявляемые к калибрам

При изготовлении калибров следует соблюдать следующие требования.

1. Точность изготовления по размерам, форме и расположению поверхностей.
2. Качество рабочих поверхностей по физико-механическим и микрогеометрическим свойствам (высокая твердость, мелкозернистая структура, отсутствие нежелательных остаточных напряжений, оптимальная шероховатость поверхности и другие показатели).
3. Износостойкость, которая достигается закалкой этих поверхностей, армированием твердым сплавом, покрытием нитридами, изготовлением из минералокерамики, хромированием и другими способами.
4. Стабильность рабочих размеров во времени.
5. Жесткость при наименьшей массе, особенно это касается калибров-скоб.
6. Обеспечение высокой производительности и удобства контроля.



7. Высокие требования к материалу, из которых они изготавливаются.
8. Теплоизоляция (например, изоляция от нагрева руки).
9. Малая масса, которая достигается сверлением отверстий, например, в скобах, в щлицевых калибрах-пробках и др.

1.4. Маркировка калибров

На калибры наносят следующую маркировку: номинальный размер изделия, для которого предназначены калибры; условные (буквенно-цифровые) обозначения предельных отклонений изделия (поле допуска); величины предельных отклонений изделий в миллиметрах (на гладких рабочих калибрах); обозначение калибра; товарный знак изготовителя. Маркировку наносят обычно на ручки калибров-пробок и на корпуса скоб. На чертежах указания о маркировании калибров наносят в соответствии с ГОСТ 2.314–68 «Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий» с изменениями 1980 г.

2. КАЛИБРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЛАДКИХ СОЕДИНЕНИЙ

К гладким соединениям обычно относят соединения деталей, имеющих цилиндрическую или плоскую форму. Соединение деталей, имеющих сопрягаемые цилиндрические поверхности с круглым поперечным сечением, называется гладким цилиндрическим. Различают следующие конструктивные элементы деталей: валы, отверстия и элементы, не относящиеся к понятиям «вал» и «отверстие». По ГОСТ 25346–89 вал трактуется как термин, условно применяемый для обозначения наружных элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы. Отверстие – термин, условно применяемый для обозначения внутренних элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы. Элементы, не относящиеся к этим терминам, – это глубины и высоты уступов, координирующие размеры. Такое разделение элементов деталей связано в том числе и с назначением предельных отклонений относительно номинального размера. Для контроля линейных размеров изделий в большинстве случаев используются двупредельные калибры, проверяющие наибольший и наименьший предельные размеры изделий. Поэтому следует пояснить, что означают эти термины. В соответствии с ГОСТ 25346–89 «наибольший предельный размер – наибольший допустимый размер элемента», а «наименьший предельный размер – наименьший допустимый размер элемента». В этом же ГОСТе введены понятия как предел максимума и минимума материала. «Предел максимума материала – термин, относящийся к тому из предельных размеров, которому соответствует наибольший объем материала, т. е. наибольшему предельному размеру вала или наименьшему предельному размеру отверстия. Предел минимума материала – термин, относящийся к тому из предельных размеров, которому соответствует наименьший объем материала, т. е. наименьшему предельному размеру вала или наибольшему предельному размеру отверстия». Предельные размеры можно интерпретировать следующим образом:

- для цилиндрических наружных элементов (валов) диаметр наименьшего описанного (прилегающего) цилиндра на длине соединения не должен быть больше, чем предел максимума материала;

- дополнительно наименьший диаметр в любом месте вала, определенный путем двухточечного измерения, не должен быть меньше, чем предел минимума материала;
- для цилиндрических внутренних элементов (отверстий) диаметр наибольшего вписанного (прилегающего) цилиндра не должен быть меньше, чем предел максимума материала;
- дополнительно наибольший диаметр в любом месте отверстия, определенный путем двухточечного измерения, не должен быть больше, чем предел минимума материала.

Истолкование наибольшего предельного размера на предписанной длине по сути подпадает под понятие «контур максимума материала», приведенное в ГОСТ Р 50056–92 «ОНВ. Зависимые допуски формы, расположения и координирующих размеров. Основные положения по применению». Этот термин введен как дополнение к терминам по ГОСТ 25346 и ГОСТ 24642. «Контур максимума материала – поверхность (поверхности) или линия, которая имеет номинальную форму и размер, равный пределу максимума материала». Более полная интерпретация термина «контур максимума материала» дана в разделе 5 настоящего пособия. Истолкование наименьшего предельного размера можно дать через термин «местный размер», приведенный в ГОСТ Р 50056–92, под которым понимается «размер, измеренный по двухточечной схеме измерения в любом сечении элемента». Таким образом, наименьший допустимый местный размер это, по существу, наименьший предельный размер, определение которого приведено в ГОСТ 25346–89. Этим представлениям предельных размеров соответствует принцип конструирования калибров по Тейлору, когда проходной калибр должен быть полным и проверять контур максимума материала на предписанной длине, а непроходной калибр должен быть неполным (двухточечным) и проверять наименьший допустимый местный размер. Следует обратить внимание на дополнительную информацию к интерпретации предельных размеров, приведенную в приложении 2 ГОСТ 25346–89, где сказано, что «для элементов деталей, не образующих посадки, можно допустить отклонения от интерпретации предельных размеров по п. 1.4 настоящего стандарта. В этих случаях предельные размеры ограничивают действительные размеры, определенные путем двухточечного измерения в любом месте элемента». Это дополнение допускает конструировать проходные калибры неполными, так же как и непроходные для контроля, так называемых «свободных» размеров. Ниже рассматриваются вопросы, связанные с проектированием калибров для контроля диаметров гладких цилиндрических соединений и размеров глубины и высоты уступов.

2.1. Калибры гладкие для контроля цилиндрических соединений

Виды гладких калибров

Для контроля валов изделий применяют: калибр-кольцо проходной и калибры-скобы проходные и непроходные. Для контроля отверстий используют: калибры-пробки полные проходные, полные непроходные; неполные проходные, неполные непроходные, калибры-нутромеры сферические проходные и сферические непроходные. Условное обозначение проходных и непроходных калибров соответственно ПР и НЕ. Для контроля калибров-скоб применяют: контркалибры-пробки, контролирующие проходные и непроходные новые калибры-скобы, обозначаемые соответственно К-ПР и К-НЕ; контркалибр-пробку, контролирующей предельный размер изношенных калибров-скоб, обозначаемый К-И. Для контроля рабочих калибров-пробок не предусматриваются контрольные калибры (контркалибры-скобы), а рекомендуется использовать универсальные средства измерения. Далее на рис. 2.1 и 2.2 приведены рекомендуемые типы различных видов калибров в зависимости от размера проверяемого отверстия и вала в диапазоне 500 мм (это диапазон размеров, где в наибольшей мере применяются калибры). Полный перечень видов гладких калибров с номером вида и схематическим изображением калибра приведен в ГОСТ 24851–81 (СТ СЭВ 1919–79).

Схемы расположения полей допусков гладких калибров

Расположение полей допусков гладких калибров по отношению к проверяемым размерам зависит от номинального размера и точности, задаваемых качеством. По ГОСТ 24853–81 «Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски» установлено восемь схем расположения полей допусков и отклонений: четыре схемы для номинальных размеров до 180 мм (рис. 2.3, *a, б* и 2.4, *a, б*) и четыре – для номинальных размеров свыше 180 мм (рис. 2.5, *a, б* и 2.6, *a, б*). Схемы расположения полей допусков установлены для изделий с точностью от 6 до 17-го квалитетов. Для размеров точнее 6-го квалитета калибры не предусматриваются, а рекомендуется использовать плоскопараллельные концевые меры длины и точные универсальные средства измерения. Для всех рассматриваемых схем допуск на неточность изготовления проходного калибра расположен в поле допуска изделия. Границы износа проходных калибров для квалитетов от 9-го и грубее также не выходят за пределы полей допусков изделий. Только для более точных квалитетов (6, 7 и 8-го) эти границы выходят за пределы полей допуска изделия на величину Y – для отверстий и Y_1 – для валов. Для номинальных размеров свыше 180 мм, когда температурный и другие погрешности контроля калибров становятся ощутимыми,

вводится величина α (для контроля погрешности контроля калибрами отверстий) и α_1 (для контроля погрешности контроля калибрами валов).

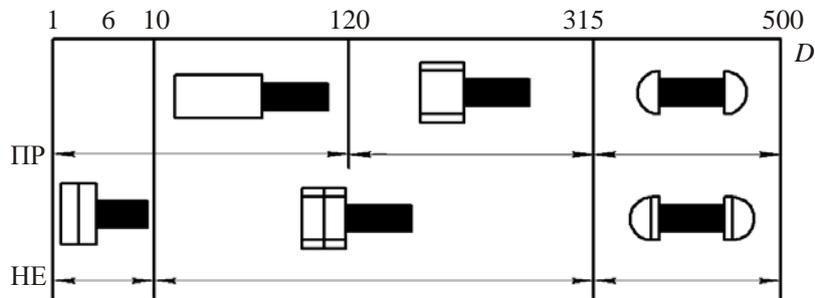


Рис. 2.1. Типы калибров, рекомендуемые для проверки отверстий, в зависимости от их размера:

- калибры-пробки полные проходные;
- калибры-пробки полные непроходные;
- калибры-пробки неполные проходные;
- калибры-пробки неполные непроходные;
- калибры нутромеры сферические проходные;
- калибры нутромеры сферические непроходные

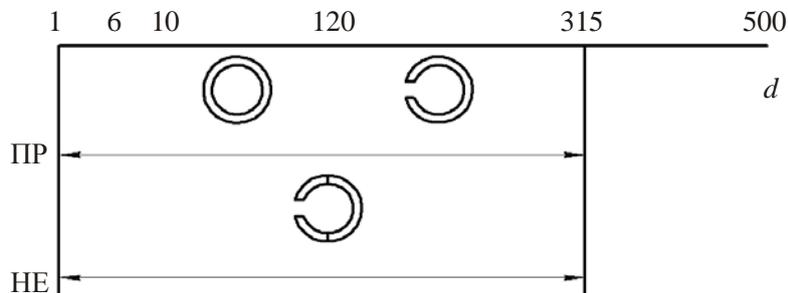
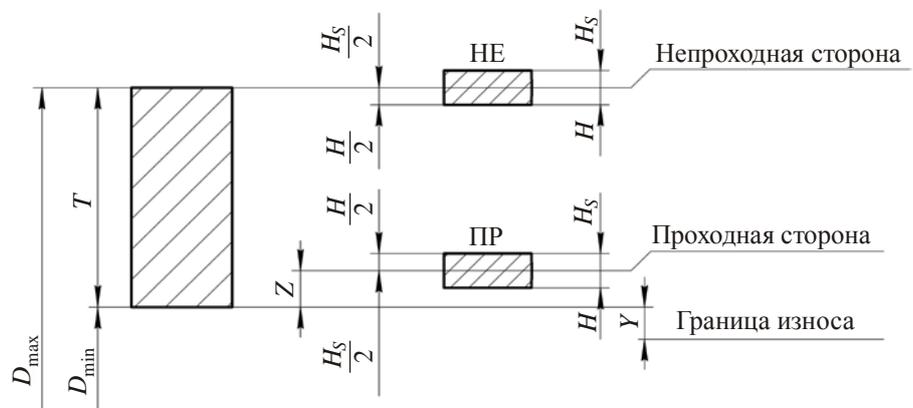
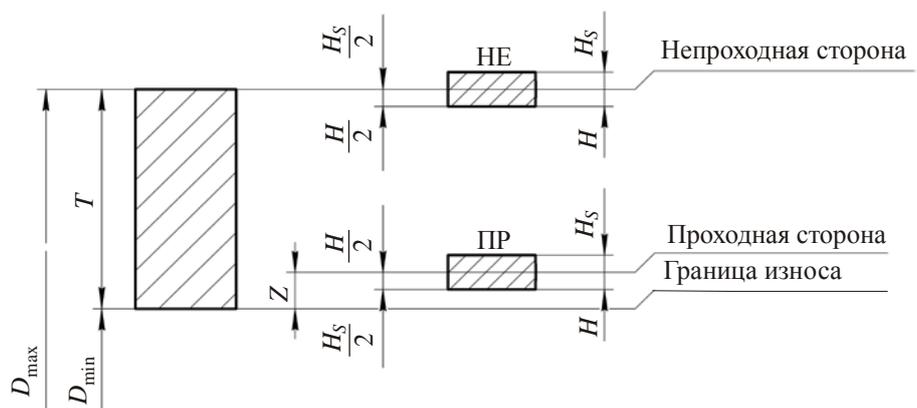


Рис. 2.2. Типы калибров, рекомендуемые для проверки валов, в зависимости от их размера:

- калибры-кольца проходные;
- калибры-скобы проходные;
- калибры-скобы непроходные



a



б

Рис. 2.3. Схемы расположения полей допусков калибров для контроля отверстий размером до 180 мм:

a – квалитетов 6, 7 и 8-го; *б* – квалитетов от 9 до 17-го;



– поле допуска контролируемого отверстия;



– поля допусков на изготовление рабочих калибров

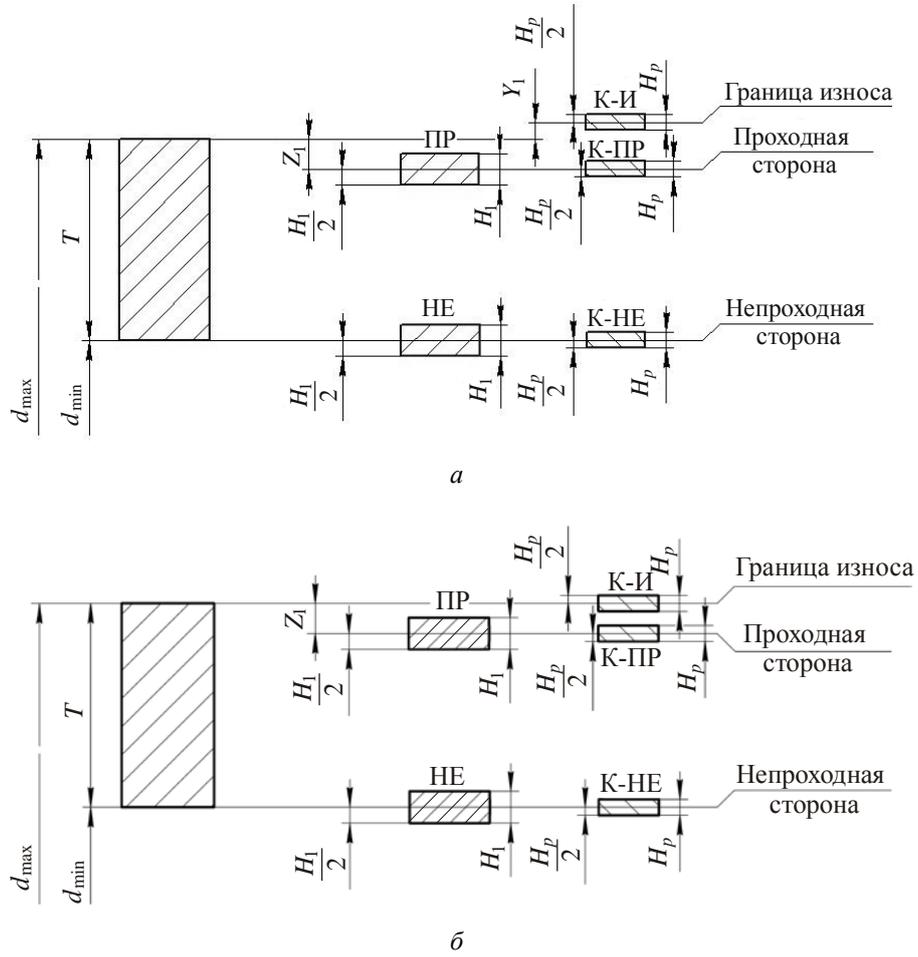
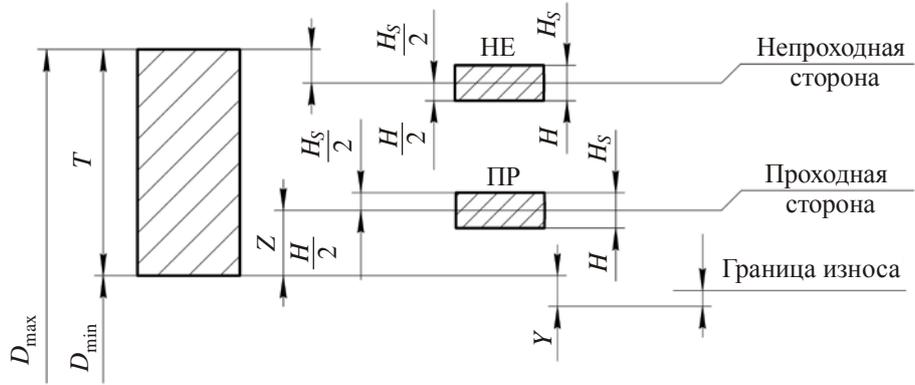


Рис. 2.4. Схемы расположения полей допусков калибров для контроля валов размером до 180 мм:

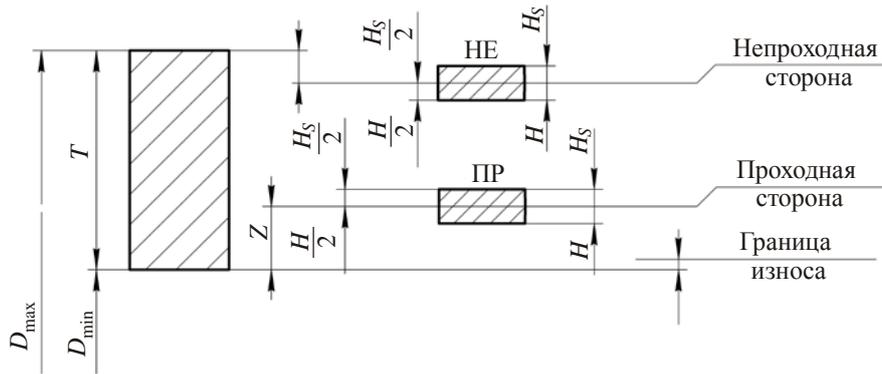
а – квалитетов 6, 7 и 8-го; б – квалитетов от 9 до 17-го;



- поле допуска контролируемого вала;
- поля допусков на изготовление рабочих калибров;
- поля допусков на изготовление контрольных калибров



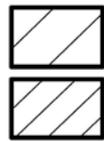
a



б

Рис. 2.5. Схемы расположения полей допусков калибров для контроля отверстий размером св. 180 мм:

a – квалитетов 6, 7 и 8-го; б – квалитетов от 9 до 17-го;



– поле допуска контролируемого отверстия;

– поля допусков на изготовление рабочих калибров

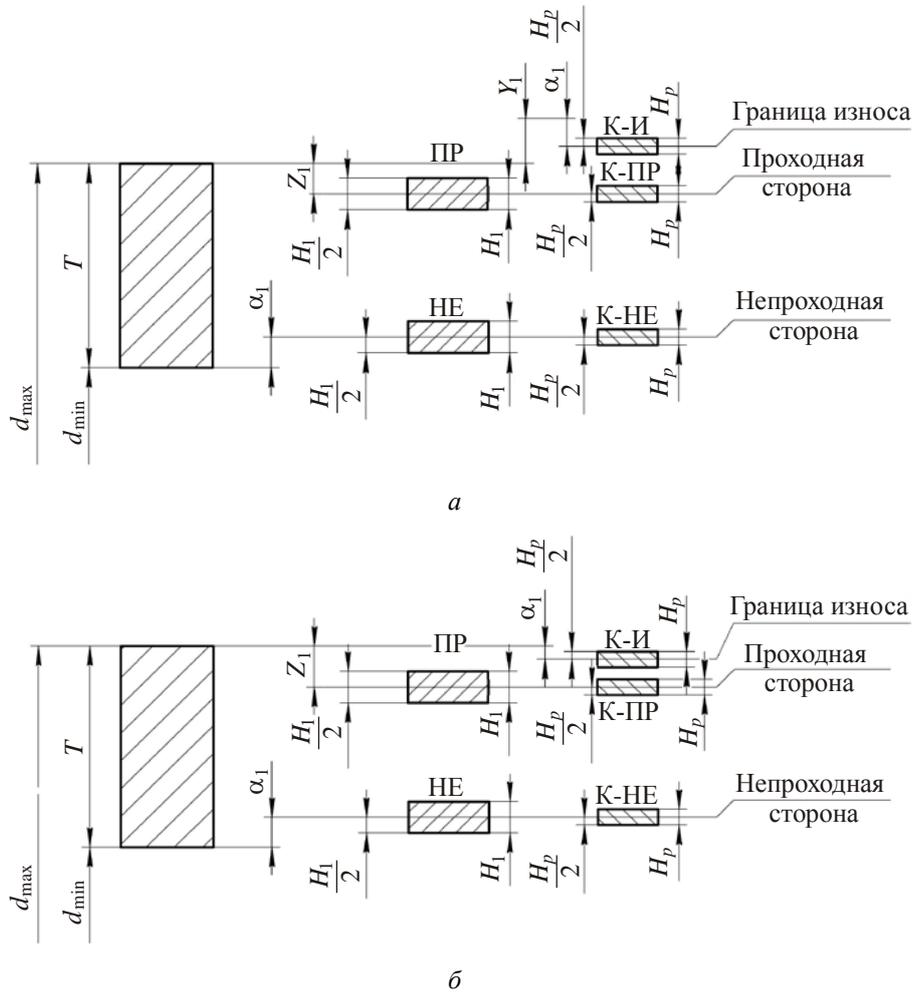
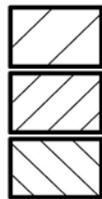


Рис. 2.6. Схемы расположения полей допусков калибров для контроля валов размером св. 180 мм:

а – квалитетов 6, 7 и 8-го; б – квалитетов от 9 до 17-го;



– поле допуска контролируемого вала;

– поля допусков на изготовление рабочих калибров;

– поля допусков на изготовление контрольных калибров

Формулы и значения допусков и отклонений для определения исполнительных размеров гладких калибров

Предельные размеры, по которым изготавливаются новые калибры, а также осуществляется контроль износа калибров в эксплуатации, называются исполнительными размерами. В качестве номинальных размеров калибров принимаются округленные расчетные значения размеров:

- для скоб (колец) – наименьший предельный размер;
- для пробок и контрольных калибров – наибольший предельный размер.

Допуск проставляется от номинального размера в «тело» калибров, т. е. для пробок – как для основного вала, а для скоб – как для основного отверстия.

Расчетные формулы для определения исполнительных размеров рабочих калибров-пробок (для контроля отверстий), рабочих калибров-скоб (для валов), а также контрольных калибров (контркалибров) для контроля рабочих калибров-скоб приведены в табл. 2.1, 2.2, 2.3 соответственно.

Числовые значения допусков и отклонений калибров в зависимости от контролируемых размеров и точности (квалитетов) приведены в ГОСТ 24853–81 и приложении 1 настоящего пособия.

Последовательность проектирования гладких калибров

1. Для заданных номинальных размеров отверстий и валов с соответствующими стандартными полями допусков по ГОСТ 25347–82 определяются предельные отклонения. По найденным отклонениям вычерчивается схема расположения полей допусков отверстия и вала с указанием предельных отклонений и предельных размеров.

2. Выбирается схема расположения полей допусков калибров в зависимости от номинального размера и квалитета (см. рис. 2.3, 2.4, 2.5 и 2.6).

3. Используя формулы, приведенные в табл. 2.1, 2.2, 2.3, подсчитываются исполнительные размеры калибров. Правильность подсчета можно проверить по ГОСТ 21401–75 «Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Исполнительные размеры».

4. Выполняются рабочие чертежи калибров со всеми требованиями к материалу, термообработке, точности размеров, формы и расположения поверхностей и шероховатости по ГОСТ 2015–84.

Конструкции калибров-пробок и калибров-скоб выбираются в зависимости от типов калибра по рис. 2.1, 2.2 и стандартам: ГОСТ 14807–69 – ГОСТ 14827–69 «Конструкция и основные размеры калибров-пробок»; ГОСТ 16775–93 – ГОСТ 16778–93 и ГОСТ 18355–73 – ГОСТ 18357–73, ГОСТ 18358–93 – ГОСТ 18364–93, ГОСТ Р 50287–92, ГОСТ Р 288–82



«Конструкция и основные размеры калибров-скоб»; ГОСТ 2216–84 «Скобы гладкие регулируемые»; ГОСТ 2015–84 «Калибры гладкие нерегулируемые. Технические требования».

Таблица 2.1

Формулы для определения исполнительных размеров калибров-пробок для отверстий

Номинальный размер отверстия D , мм	Новые калибры-пробки			Предельный размер изношенного калибра ПР
	Наибольший предельный размер		Предельное отклонение	
	ПР	НЕ		
До 180	$D_{\min} + Z + H/2$	$D_{\max} + H/2$	$-H$	$D_{\min} - Y$
Св. 180 до 500	$D_{\min} + Z + H/2$	$D_{\max} - \alpha + H/2$	$-H$	$D_{\min} - Y + \alpha$

Таблица 2.2

Формулы для определения исполнительных размеров калибров-скоб для валов

Номинальный размер вала d , мм	Новые калибры-скобы			Предельный размер изношенного калибра ПР
	Наименьший предельный размер		Предельное отклонение	
	ПР	НЕ		
До 180	$d_{\max} - Z_1 - H_1/2$	$d_{\min} - H_1/2$	$+H_1$	$d_{\max} + Y_1$
Св. 180 до 500	$d_{\max} - Z_1 - H_1/2$	$d_{\min} + \alpha_1 - H_1/2$	$+H_1$	$d_{\max} + Y_1 - \alpha_1$

Таблица 2.3

Формулы для определения исполнительных контрольных калибров для калибров-скоб

Предельный размер калибров-скоб, мм	Наименьший предельный размер			Предельное отклонение
	К-ПР	К-НЕ	К-И	
До 180	$d_{\max} - Z_1 + H_p/2$	$d_{\min} + H_p/2$	$d_{\max} + Y_1 + H_p/2$	$-H_p$
Св. 180 до 500	$d_{\max} - Z_1 + H_p/2$	$d_{\min} + \alpha_1 + H_p/2$	$d_{\max} + Y_1 - \alpha_1 + H_p/2$	$-H_p$

Примечание. Условные обозначения, принятые в табл. 2.1–2.3 и на рис. 2.3–2.6:

D – номинальный диаметр контролируемого отверстия;

d – номинальный диаметр контролируемого вала;

D_{\min} (d_{\min}) – наименьший предельный размер отверстия (вала);

$D_{\max}(d_{\max})$ – наибольший предельный размер отверстия (вала);
 H – допуск на изготовления калибров для отверстия;
 H_1 – допуск на изготовления калибров для вала;
 H_S – допуск на изготовление калибров со сферическими измерительными поверхностями для отверстия;
 H_p – допуск на изготовление контрольного калибра для скобы;
 Z – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для отверстия относительно D_{\min} ;
 Z_1 – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для вала относительно d_{\max} ;
 Y – допустимый выход размера изношенного проходного калибра для отверстия за границу поля допуска изделия;
 Y_1 – допустимый выход размера изношенного проходного калибра для вала за границу поля допуска изделия;
 α – величина для компенсации погрешности контроля калибрами отверстий с размерами свыше 180 мм.;
 α_1 – величина для компенсации погрешности контроля калибрами валов с размерами свыше 180 мм.

Внимание! При подсчете исполнительных размеров калибров (наибольших для отверстий и наименьших для валов) необходимо пользоваться следующими правилами округления:

- округление размеров рабочих калибров для изделий квалитетов 15–17 следует производить до целого микрометра;
- для изделий квалитетов 6–14 и всех контрольных калибров размеры следует округлять до величин, кратных 0,5 мкм, при этом допуск на калибры сохраняется;
- размеры, оканчивающиеся на 0,25 и 0,75, следует округлять до величин, кратных 0,5 мкм в сторону уменьшения производственного допуска изделия.

Примеры расчетов гладких калибров

Пример 1. Определить исполнительные размеры калибров-пробок (Р-ПР и Р-НЕ) для отверстия $\varnothing 55H7$.

По ГОСТ 25347–82 определяем числовые значения предельных отклонений отверстия. Для размера отверстия диаметром 55 мм с полем допуска $H7$ нижнее предельное отклонение $EI = 0$, а верхнее $ES = +30$ мкм. Тогда предельные размеры отверстия будут равны:

$$D_{\min} = D + EI = 55 + 0 = 55,000 \text{ мм,}$$

$$D_{\max} = D + ES = 55 + 0,030 = 55,030 \text{ мм.}$$

Схема расположения полей допусков калибров для отверстия диаметром $55H7$ приводится на рис. 2.7 (для построения использована схема, изображенная на рис. 2.3, а).

По табл. 2 ГОСТ 24853–81 или приложению 1 настоящего пособия для квалитета 7 и интервалов размеров свыше 50 до 80 находим данные для определения размеров калибров: $Z = 0,004$ мм; $Y = 0,003$ мм; $H = 0,005$ мм.

Определение размеров калибров производится по формулам (табл. 2.1).

1. Наибольший размер проходного нового калибра-пробки ПР:

$$D_{\min} + Z + H/2 = 55 + 0,004 + 0,0025 = 55,0065 \text{ мм.}$$

Размер калибра, проставляемый на чертеже, $55,0065_{-0,005}$ мм.

2. Наибольший размер непроходного калибра-пробки НЕ:

$$D_{\max} + H/2 = 55,030 + 0,0025 = 55,0325 \text{ мм.}$$

Размер калибра НЕ, проставляемый на чертеже, $55,0325_{-0,005}$ мм.

3. Предельный размер изношенного калибра-пробки ПР:

$$D_{\min} - Y = 55,000 - 0,003 = 54,997 \text{ мм.}$$

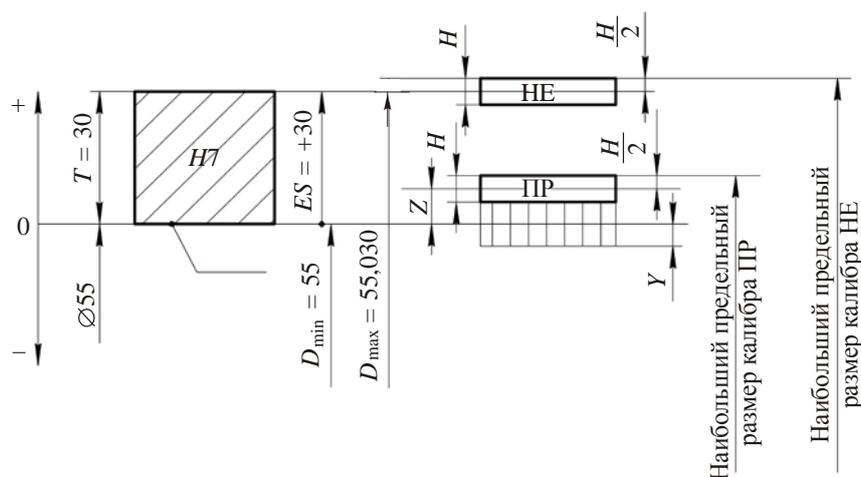


Рис. 2.7. Схема расположения полей допусков рабочих калибров-пробок

Пример 2. Определить исполнительные размеры рабочих и контрольных калибров для контроля вала $\varnothing 37h12$.

По ГОСТ 25347–82 определяем числовые значения предельных отклонений вала. Для размера вала диаметром 37 мм с полем допуска $h12$ верхнее предельное отклонение $es = 0$, а нижнее предельное отклонение $ei = -250$ мкм. Тогда предельные размеры вала будут равны:

$$d_{\max} = 37,000 \text{ мм}, d_{\min} = d + ei = 37 - 0,250 = 36,750 \text{ мм}.$$

Схема расположения полей допусков рабочих калибров для вала $\text{Ø}37h12$ приводится на рис. 2.8 (для построения использована схема, изображенная на рис. 2.4, б). Поле допусков контрольных калибров – см. рис. 2.4, б.

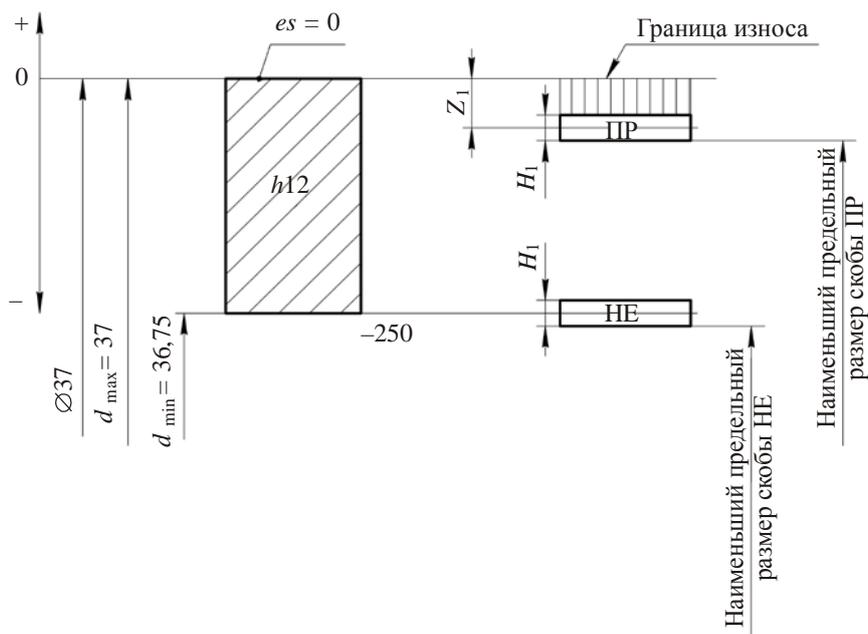


Рис. 2.8. Схема расположения полей допусков рабочих калибров-скоб

В таблице приложения 1 настоящего пособия или табл. 2 ГОСТ 24853–81 для качества 12 и интервалов размеров свыше 30 до 50 находим данные для определения размеров необходимых калибров $Z_1 = 0,022 \text{ мм}$; $H_1 = 0,011 \text{ мм}$; $Y_1 = 0$; $H_p = 0,0025 \text{ мм}$.

Определение размеров рабочих калибров-скоб производится по формулам, приведенным в табл. 2.2 настоящего пособия.

1. Наименьший размер проходного нового калибра-скобы ПР:

$$d_{\max} - Z_1 - H_1 / 2 = 37 - 0,022 - 0,0055 = 36,9725 \text{ мм}.$$

Размер калибра ПР, проставляемый на чертеже, $36,9725^{+0,011}$.

2. Наименьший размер непроходного калибра-скобы НЕ:

$$d_{\min} - H_1 / 2 = 36,7500 - 0,0055 = 36,7445 \text{ мм}.$$

Размер калибра НЕ, проставляемый на чертеже, $36,7445^{+0,011}$.

3. Предельный размер изношенного калибра-скобы ПР:

$$d_{\max} + Y_1 = 37,0 + 0,000 = 37,000 \text{ мм.}$$

Размеры контрольных калибров:

$$K\text{-ПР}_{\max} = d_{\max} - Z_1 + H_p / 2 = 37 - 0,022 + 0,0025 / 2 = 36,97925 \text{ мм.}$$

Размер калибра К-ПР, проставляемый на чертеже, 36,979_{-0,0025} мм.

$$K\text{-НЕ}_{\max} = d_{\min} + H_p / 2 = 36,750 + 0,0025 / 2 = 36,7515 \text{ мм.}$$

Размер калибра К-НЕ, проставляемый на чертеже, 36,7515_{-0,0025} мм.

$$K\text{-И} = d_{\max} + Y_1 + H_p / 2 = 37 + 0 + 0,0025 / 2 = 37,00125 \text{ мм.}$$

Размер калибра К-И, проставляемый на чертеже, 37,001 мм.

После вычисления исполнительных размеров калибров выбираем тип калибра в соответствии с рис. 2.2, а конструкции и основные размеры по ГОСТам, рекомендованным выше. Технические требования назначаются по ГОСТ 2015–84.

Примеры выполнения чертежей калибров-пробок проходных и непроходных, а также калибров-скоб приведены в приложении 5.

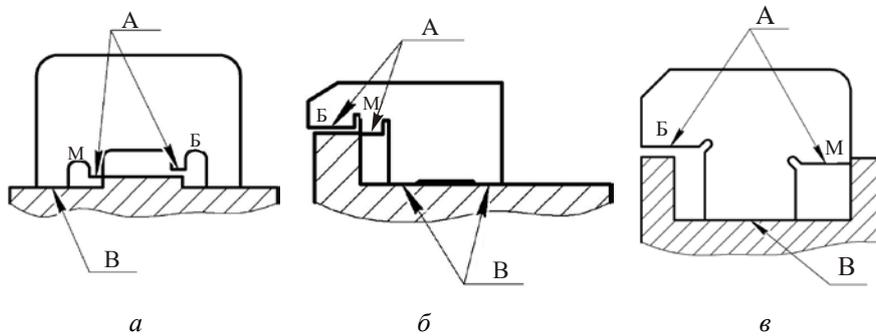
2.2. Калибры для контроля глубин и высот уступов

Допуски для размеров глубин и высот уступов задаются по квалитетам ГОСТ 25346–89 и могут назначаться по любым квалитетам и с любыми предельными отклонениями (рис. 2.9–2.13). Так как размеры, определяющие глубину или высоту уступа, чаще всего не образуют соединения, то к ним обычно не предъявляют высоких требований по точности (не точнее 11-го квалитета). Следовательно, для размеров глубин и высот уступов, изготавливаемых по 12-му и более квалитетам, требования по точности к ним можно задавать и в общей записи, как и к предельным отклонениям линейных размеров с неуказанными допусками. В ГОСТ 30893.1–2002 (ИСО 2768-1–89) предусмотрено симметричное расположение предельных отклонений по классам точности, но допускается применение односторонних предельных отклонений для размеров валов и отверстий и симметричных предельных отклонений для размеров, не относящихся к понятиям «вал» и «отверстие», по квалитетам ГОСТ 25346 и ГОСТ 25348. Таким образом, на размеры высот и глубин должны назначаться преимущественно симметричные предельные отклонения размеров, хотя и допускается использование любых полей до-

пусков, в том числе и с односторонним расположением допуска от номинального размера в тело детали.

Для контроля глубин и высот используются различные средства измерения: штангенглубиномеры, микрометрические и индикаторные глубиномеры, высотомеры, оснащенные датчиками, вертикальные и горизонтальные длиномеры с выводом и обработкой результатов измерений на компьютере. Но несмотря на многообразие средств измерений и контроля, контроль глубины и высоты предельными калибрами находит широкое применение, особенно в серийном и массовом производстве. Объясняется это прежде всего простотой их изготовления и использования, а следовательно, низкими материальными и финансовыми затратами. Поэтому проектирование и изготовление калибров для контроля глубин и высот уступов является актуальным и по сегодняшний день.

При контроле калибрами глубин и высот уступов используются следующие методы [2]: «надвигания» (рис. 2.9, *а – д*), «световой щели» (или «на просвет») (рис. 2.11, *а – в*), «осязания» (рис. 2.12, *а, б*) и «по рискам» (рис. 2.13, *а, б*). В конструкциях этих калибров различают измерительные А и направляющие плоскости В, последние выполняют роль опорной поверхности. При методе «надвигания» калибр или сама деталь по направляющей плоскости калибра надвигается измерительными плоскостями на проверяемый размер глубины или высоты уступа.



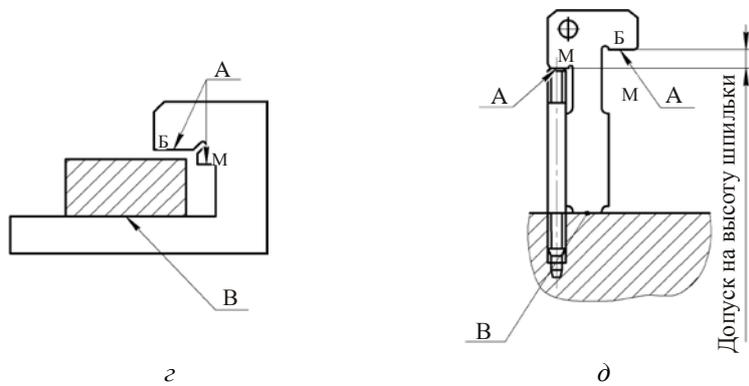


Рис. 2.9. Примеры контроля глубин и высот уступов калибрами методом «надвигания» с расположением полей допусков по схеме 1 (см. рис. 2.14):
 А – измерительные плоскости калибров; В – направляющие плоскости калибров

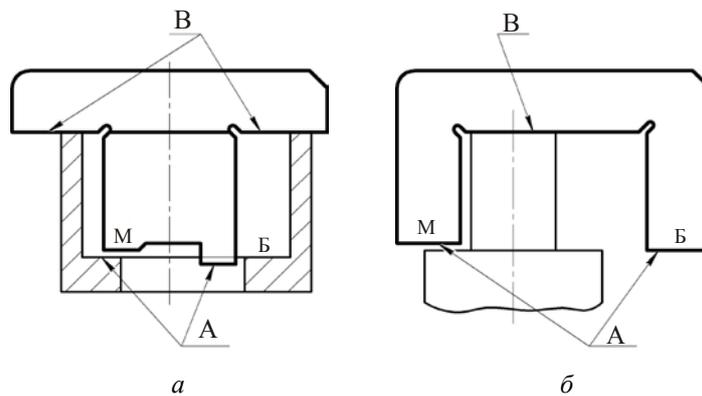
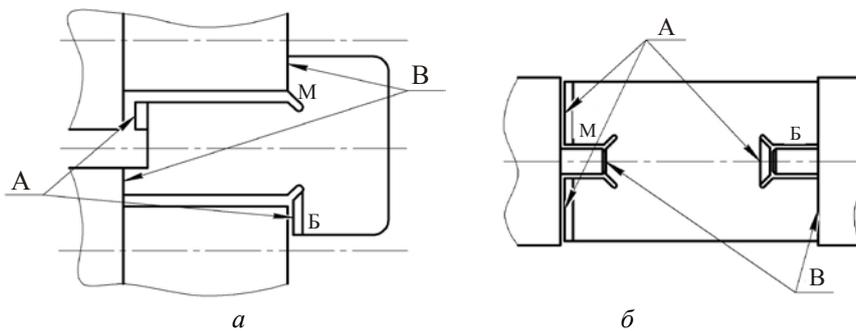
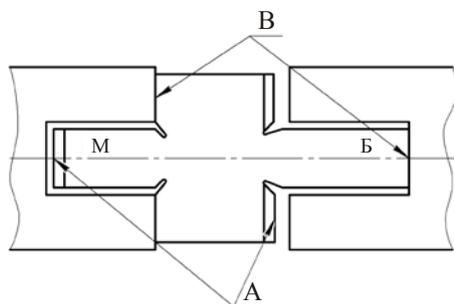


Рис. 2.10. Примеры контроля глубин и высот уступов калибрами методом «надвигания» с расположением полей допусков по схеме 2 (см. рис. 2.14):
 А – измерительные плоскости калибров; В – направляющие плоскости калибров





в

Рис. 2.11. Примеры контроля глубин и высот уступов калибрами методом «световой щели» с расположением полей допусков по схеме 3 (см. рис. 2.14):

А – измерительные плоскости калибров; В – направляющие плоскости калибров

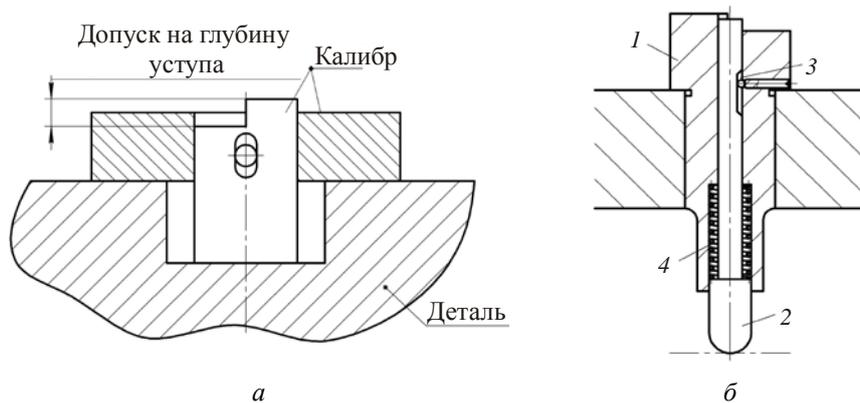
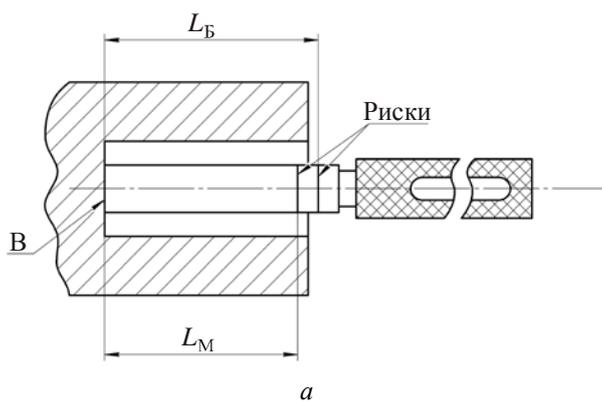


Рис. 2.12. Примеры контроля глубины уступа методом «осязания»



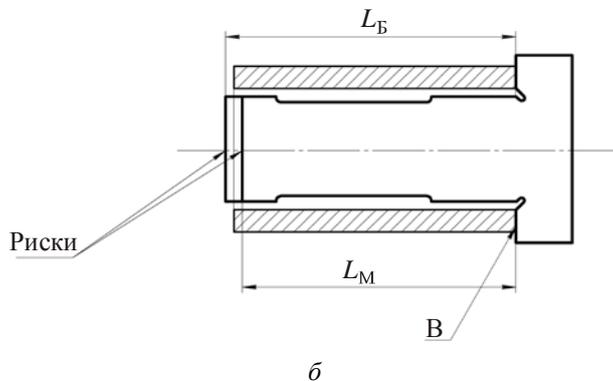


Рис. 2.13. Примеры контроля методом «по рискам»:
a – высоты уступа с расположением полей допусков калибра по схеме 1 (рис. 2.14, *a*); *б* – длины с расположением полей допусков калибра по схеме 2 (рис. 2.14, *б*); В – направляющие плоскости

Методом надвигания обычно выставляется и вылет шпильки при сборке. При контроле на «просвет» между измерительной плоскостью калибра, имеющей лезвиеподобную грань, и поверхностью уступа должна быть щель, которая визуалью фиксируется оператором. Этим методом контролируются допуски не менее 0,04 мм. При контроле калибрами, работающими по методу «осязания», минимальный допуск изделия составляет 0,01 мм, а для ступенчато-стержневых – 0,03 мм. При контроле рисочными калибрами минимальные допуски изделий могут быть порядка нескольких десятых миллиметра (~0,5 мм). ГОСТ 2534–77 (с изменениями № 1 от 1983 года) устанавливает допуски и предельные отклонения для контроля глубин и высот уступов с номинальными размерами до 500 мм от 11 до 17-го квалитетов по ГОСТ 25346–89. В отличие от калибров для отверстий и валов, где проходная и непроходная стороны обозначаются соответственно ПР и НЕ, в калибрах для контроля глубин и высот уступов различают сторону для контроля наибольшего предельного размера изделия (обозначается буквой Б) и сторону для контроля наименьшего предельного размера изделия (обозначается буквой М). Контрольные калибры в данном случае не предусматриваются. Размеры сторон калибров как при изготовлении, так и при эксплуатации должны проверяться универсальными средствами измерений. В случае использования стандартных калибров в качестве приемных сторона Б калибров должна иметь размеры, близкие к наибольшему предельному размеру изделия, а сторона М – размеры, близкие к наименьшему предельному размеру изделия.

В ГОСТ 2534–77 предусматриваются три схемы расположения полей допусков калибров в зависимости от направления износа сторон Б и М (рис. 2.14). Схема 1 соответствует случаю, когда при износе размеры сто-

рон Б и М уменьшаются, схема 2 – когда размеры сторон Б и М увеличиваются, схема 3 – когда размер стороны Б уменьшается, а размер стороны М увеличивается. При выборе схемы расположения полей допусков калибров следует руководствоваться правилом: если проверяется высота уступа, т. е. предельные отклонения проставлены как для основного вала, что соответствует при контроле контактированию направляющей плоскости калибра с изделием, как показано на рис. 2.15, а, то должна использоваться схема 1.

Если проверяется глубина уступа, т. е. предельные отклонения проставлены как для основного отверстия, что соответствует при контроле контактированию направляющей плоскости калибра с изделием, как показано на рис. 2.15, б, то выбирается схема 2. Если предельные отклонения проставлены симметрично относительно номинального размера уступа, т. е. при контроле будут контактировать попеременно обе направляющие плоскости калибра, как показано на рис. 2.15, в, то для расчета исполнительных размеров калибра рекомендуется схема 3.

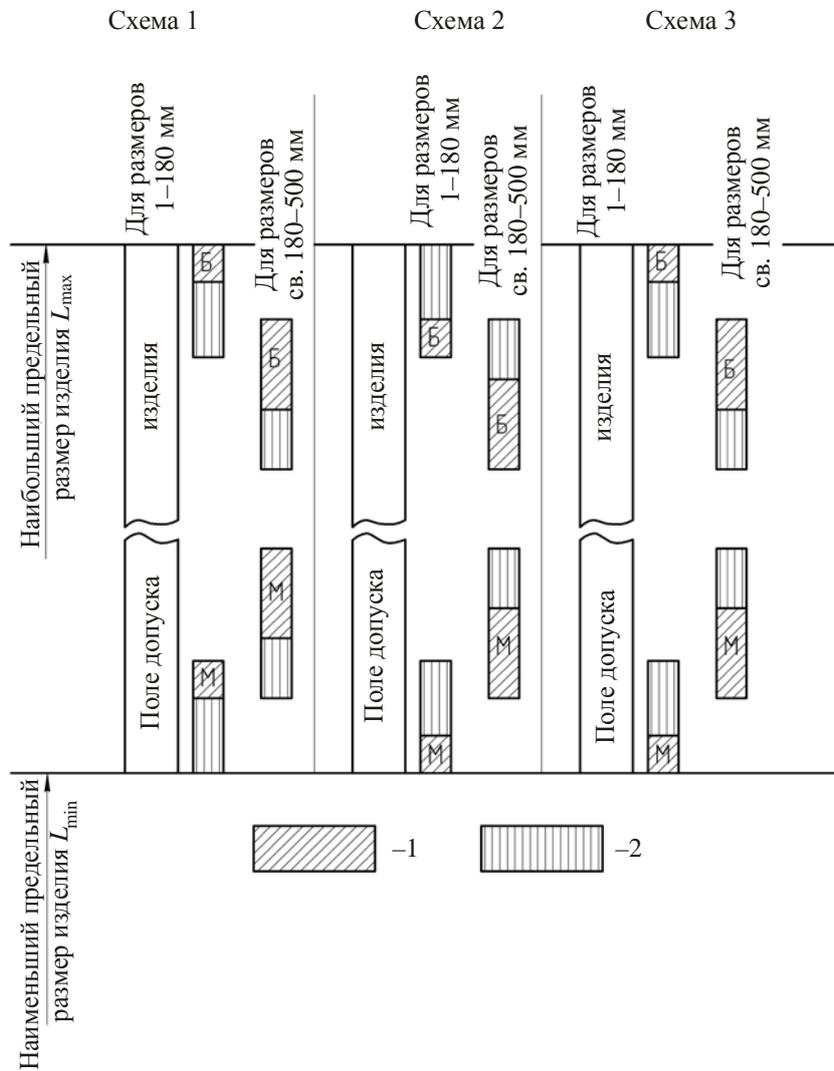


Рис. 2.14. Схемы расположения полей допусков предельных калибров для глубин и высот уступов:

1 – поле допуска на изготовление калибра; 2 – поле допуска на износ калибра

При контроле высоты уступа методом «надвигания» (см. рис. 2.9, *a* – *д* и 2.15, *a*) наибольший предельный размер L_{\max} проверяется стороной калибра Б. Наименьший предельный размер L_{\min} высоты детали контролируется стороной калибра М. Деталь по высоте уступа будет считаться

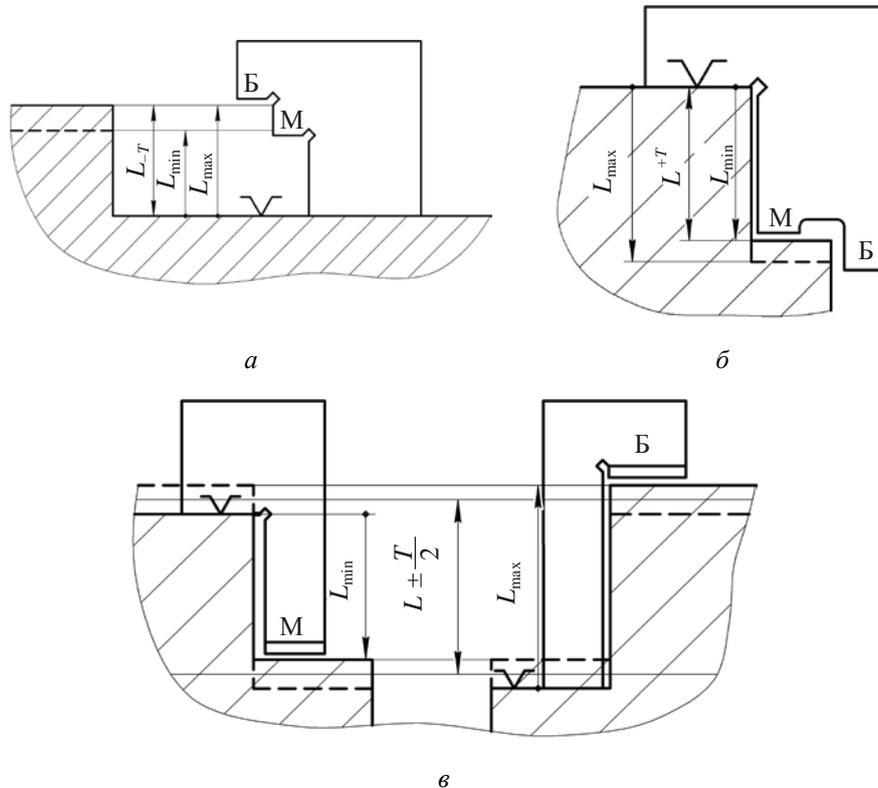


Рис. 2.15. К выбору схем расположения полей допусков калибров:
 а, б, в – для схем расположения полей допусков 1, 2, 3 соответственно;
 ✓ – знак, указывающий на контактирование направляющей плоскости
 калибра с изделием

годной, если при надвигании калибра направляющей плоскостью на плоскость детали большая сторона калибра Б пройдет над уступом, а меньшая сторона М не пройдет, т. е. упрется в уступ. Это свидетельствует о том, что высота уступа не больше наибольшего и не меньше наименьшего допусаемых значений, что соответствует контролю гладкого вала проходным (ПР) и непроходным (НЕ) калибрами скоб. При контроле глубины уступа методом надвигания (см. рис. 2.10, а, б и 2.15, б) деталь будет считаться годной, если сторона калибра М пройдет, а сторона Б не пройдет. Это будет говорить о том, что глубина уступа не меньше наименьшего L_{\min} и не больше наибольшего L_{\max} допусаемого значения, что соответствует контролю отверстия гладкими калибрами-пробками ПР и НЕ. При контроле методом «световой щели» (см. рис. 2.11 и 2.15, в) деталь будет считаться годной, когда между измерительными плоскостями

калибра Б и М и поверхностью детали появится просвет. При контроле длины и высоты уступа «по рискам» (см. рис. 2.13) деталь будет считаться годной, если торец ее будет находиться между рисками. При использовании ступенчатых калибров (см. рис. 2.12, а, б), работающих по методу «осязания», суждение о годности проверяемой детали производится по положению верхнего плоского торца стержня относительно ступеньки, сначала визуально на глаз, а затем и дополнительно на ощупь пальцем или ногтем.

Примеры расчетов калибров для контроля глубины и высоты уступов

Пример 1. Определить предельные размеры калибров для контроля высоты уступов, представленных на рис. 2.9, а – з, а также размеры калибра (рис. 2.9, д) для выставления шпильки по высоте. Контролируемый размер изделий составит 63 мм с полем допуска $h11$.

Решение. По ГОСТ 25347–82 находим предельные отклонения для размера $63h11$. Верхнее предельное отклонение равно 0, а нижнее –0,19 мм. И тогда наибольший предельный размер изделия будет 63 мм, а наименьший 62,81 мм. Так как у этих калибров при износе размеры Б и М уменьшаются, то расчеты размеров калибров необходимо производить по схеме 1 (см. рис. 2.14). Используя табл. 1 ГОСТ 2534–77, определяем предельные размеры сторон нового калибра:

$$B_{\text{наиб}} = 63 - 0 = 63 \text{ мм};$$

$$B_{\text{наим}} = 63 - 0,013 = 62,987 \text{ мм}.$$

Наименьший размер изношенной стороны Б при полном износе будет: $63 - 0,032 = 62,968 \text{ мм}$.

$$M_{\text{наиб}} = 62,81 + 0,032 = 62,842 \text{ мм};$$

$$M_{\text{наим}} = 62,81 + 0,019 = 62,829 \text{ мм}.$$

Наименьший размер изношенной стороны М при полном износе будет: $62,81 + 0 = 62,81 \text{ мм}$.

Пример 2. Определить предельные размеры калибров, представленных на рис. 2.10, а, б для контроля изделий с номинальным размером 10 мм и с полем допуска $H12$.

Решение. Предельные отклонения для размера $10H12$ по ГОСТ 25347–82: верхнее равно +0,15 мм, а нижнее равно 0. Наибольший размер изделия составит 10,15 мм, а наименьший равен 10 мм. Так как у этих калибров при износе размеры сторон Б и М увеличиваются, то расчеты калибров производим по схеме 2 (см. рис. 2.14). По табл. 8 ГОСТ 2534–77

находим предельные отклонения сторон Б и М и затем определяем предельные размеры сторон новых и изношенных калибров.

Предельные размеры сторон калибров:

$$B_{\text{наиб}} = 10,15 - 0,011 = 10,139 \text{ мм};$$

$$B_{\text{наим}} = 10,15 - 0,017 = 10,133 \text{ мм}.$$

Наибольший размер изношенной стороны Б при полном износе:

$$10,15 - 0 = 10,15 \text{ мм}.$$

$$M_{\text{наиб}} = 10,000 + 0,006 = 10,006 \text{ мм};$$

$$M_{\text{наим}} = 10 + 0 = 10 \text{ мм}.$$

Наибольший размер изношенной стороны М при полном износе: $10,000 + 0,017 = 10,017$ мм.

Пример 3. Определить предельные размеры калибров, представленных на рис. 2.11, для изделий номинальным размером 70 мм с симметричным расположением поля допуска по 14 качеству.

Решение. Для размера 70 мм допуск по 14 качеству равен 0,74 мм (см. ГОСТ 25346–89). И тогда наибольший предельный размер изделия определится как 70,37 мм, а наименьший предельный размер будет равен 69,63 мм. Так как у этих калибров размер стороны Б при износе уменьшается, а размер стороны М увеличивается, то для расчета предельных размеров калибров выбираем схему расположения полей допусков 3 (см. рис. 2.14). По табл. 16 ГОСТ 2534–77 находим предельные отклонения сторон Б и М калибра и затем определяем предельные размеры новых и изношенных калибров.

Предельные размеры сторон калибров:

$$B_{\text{наиб}} = 70,37 - 0 = 70,37 \text{ мм};$$

$$B_{\text{наим}} = 70,37 - 0,03 = 70,34 \text{ мм}.$$

Наименьший размер изношенной стороны Б при полном износе:

$$70,370 - 0,063 = 70,307 \text{ мм}.$$

$$M_{\text{наиб}} = 69,63 + 0,03 = 69,66 \text{ мм};$$

$$M_{\text{наим}} = 69,63 + 0 = 69,63 \text{ мм}.$$

Наибольший размер изношенной стороны М при полном износе: $69,630 + 0,063 = 69,693$ мм.

3. КАЛИБРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

3.1. Общие сведения о шлицевых соединениях

Разъемное соединение вала с отверстием, когда на валу имеются выступы, а в отверстии – соответствующие впадины (шлицы), называется шлицевым соединением. Охватывающую поверхность внутреннего цилиндра обычно в этих соединениях называют втулкой. Основное назначение этих соединений заключается в передаче крутящего момента. Применяются они при увеличенных нагрузках и повышенных требованиях, предъявляемых к центрированию, когда втулка должна перемещаться вдоль вала (коробки передач, сцепные муфты и т. п.). По сравнению со шпоночными соединениями в шлицевых нагрузка на вал и втулку распределяется равномернее, с меньшей концентрацией напряжений и обеспечивается лучшее центрирование и направление втулки на валу. В зависимости от формы профиля выступов у вала и впадин у втулки различают шлицевые соединения прямобоочные, эвольвентные и с треугольным профилем. Наибольшее распространение в общем машиностроении получили прямобоочные шлицевые соединения (ГОСТ1139–80), а в особо ответственных соединениях, например в механизмах авиатехники, чаще используются эвольвентные шлицевые соединения. Область применения шлицевых соединений с треугольным профилем ограничена. Здесь мы рассмотрим вопросы проектирования комплексных калибров для контроля шлицевых прямобоочных соединений.

Соединения шлицевые прямобоочные подразделяют в зависимости от передачи разных величин моментов на легкие, средние и тяжелые серии, которые отличаются в основном разными сочетаниями чисел зубьев Z , размерами внутреннего d , наружного D диаметров и шириной зуба (впадины) b . Стандартами нормируются определенные сочетания $Z \times d \times D$, которые можно использовать.

Требования к параметрам шлицевого соединения задаются в зависимости от принятой системы центрирования между валом и втулкой, т. е. по той поверхности, по которой производится основное сопряжение.

Применяются три способа центрирования (рис. 3.1): по наружной поверхности (D), по внутренней поверхности (d) и по боковым поверхностям зубьев и впадин (b).

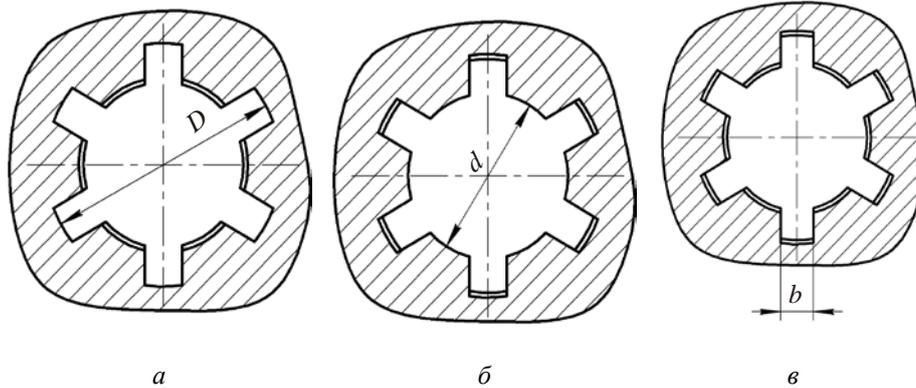


Рис. 3.1. Прямоблочные шлицевые соединения при центрировании:

a – по наружному диаметру D ; b – по внутреннему диаметру d ; c – по боковым сторонам b

Центрирование по наружной поверхности D используется для подвижных и неподвижных соединений, при передаче небольших крутящих моментов и в других соединениях, подвергаемых малому износу. Для обеспечения этого сопряжения втулка должна изготавливаться относительно небольшой твердости, чтобы обеспечить обработку чистовой протяжкой. Вал может иметь большую твердость и обрабатываться шлифованием по наружному диаметру. Этот способ центрирования наиболее простой и экономичный.

Центрирование по внутренней поверхности d выполняется для получения высокой точности в отношении совмещения осей вала и втулки. Объясняется это тем, что отверстия по внутреннему диаметру и у вала, и у втулки могут быть окончательно обработаны шлифованием. Эти сопряжения используются, когда и вал, и втулка должны иметь большую твердость.

Центрирование по боковым поверхностям b применяется, когда необходимо передать большие крутящие моменты, особенно при знакопеременной нагрузке, тем более с реверсированием. При этом способе не обеспечивается высокая точность центрирования, и поэтому оно применяется значительно реже, чем два других.

Посадки шлицевых соединений осуществляются по центрирующим поверхностям и бывают подвижными (с зазором) и неподвижными (с натягом). Для размеров b посадки даются независимо от способа цент-

рирования. Посадки обозначаются сочетанием полей допусков отверстий и валов, взятыми из ГОСТ 25347–82 на гладкие соединения. Для шлицевых соединений посадки предусмотрены в системе отверстия, а по боковым сторонам b используются так называемые внесистемные посадки.

Условные обозначения прямобочного шлицевого соединения включают указание способа центрирования, размера его основных элементов и посадки по ним.

Например, при центрировании по d :

$$d - 8 \times 36 \frac{H7}{e8} \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{f8}.$$

Это означает, что шлицевое соединение центрируется по внутреннему диаметру $d = 36$ мм с посадкой $\frac{H7}{e8}$; для наружного диаметра $D = 40$ мм посадка взята с использованием указаний стандарта как на нецентрирующую поверхность $\frac{H12}{a11}$; состоит из восьми зубьев $Z = 8$; с посадкой $\frac{D9}{f8}$

по боковой стороне шириной $b = 7$ мм.

Соответствующие обозначения:

- для втулки $d - 8 \times 36H7 \times 40H12 \times 7D9$;
- для вала $d - 8 \times 36e8 \times 40a11 \times 7f8$.

При центрировании по D условное обозначение:

$$D - 8 \times 36 \times 40 \frac{H8}{h7} \times 7 \frac{F10}{h9}.$$

При центрировании по боковым сторонам b :

$$b - 8 \times 36 \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D7}{f8}.$$

3.2. Калибры для контроля шлицевых валов и втулок с прямобочным профилем

Шлицевые валы и втулки с прямобочным профилем по ГОСТ 1139–80 должны подвергаться двойному контролю: дифференцированному (поэлементному) и комплексному. При дифференцированном (поэлементном) контроле (рис. 3.2) размеры d , D и b проверяются гладкими предельными проходными и непроходными калибрами-пробками для втулок и скобами для валов. Исполнительные размеры этих поэлементных калибров рассчитываются относительно предельных размеров

d , D и b втулок и валов по ГОСТ 24853–81 как для обычных гладких соединений с некоторыми особенностями в конструкциях, приведенных в стандартах ГОСТ 24961–81 – ГОСТ 24966–81. Гладкие проходные калибры-пробки и калибры-скобы, проверяющие пределы максимума материала, используются также и для поэлементного контроля шлицевых деталей при наладке технологического оборудования.

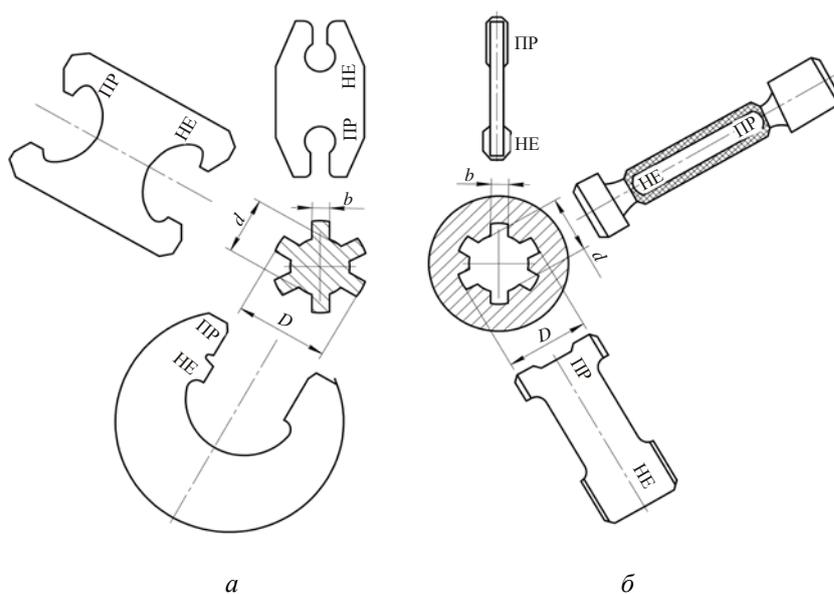


Рис. 3.2. Схема контроля поэлементными калибрами:
 a – шлицевого вала; b – шлицевой втулки

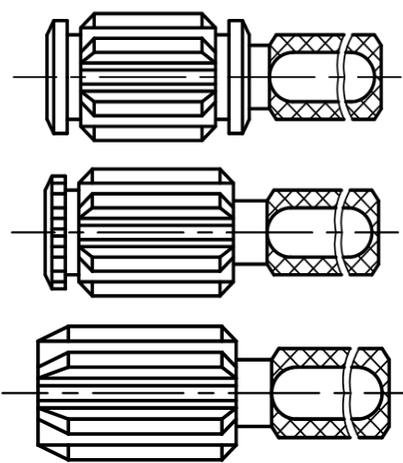
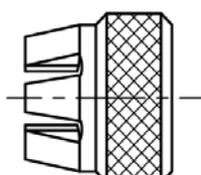
При контроле комплексными калибрами проверяются одновременно размеры (пределы максимума материала), отклонения формы и расположения поверхностей. По конфигурации они представляют собой прототипы конструкторских деталей. Комплексные калибры являются проходными. Для шлицевых отверстий применяют комплексные проходные калибры-пробки и калибры-кольца для шлицевых валов. Пределы минимума материала контролируют с помощью поэлементных калибров-пробок и калибров-скоб или измерительных приборов. Шлицевая втулка считается годной, если комплексный калибр-пробка проходит, а диаметры и ширина паза не выходят за установленные верхние пределы (пределы минимума материала). Шлицевой вал считается годным, если комплексный калибр-кольцо проходит, а диаметры и толщина зуба не выходят за установленные нижние пределы (пределы минимума материала).



В настоящей работе рассматривается проектирование комплексных калибров-пробок и калибров-колец, типы которых приведены в табл. 3.1

Таблица 3.1

Типы и назначения калибров

Наименование	Назначение	Схема калибра	Примечание
Калибры-пробки шлицевые прямобочные типов	Комплексный контроль шлицевых отверстий		<p>Допускается применять при центрировании по d и длине контролируемой втулки $1,5l$</p> <p>Рекомендуется применять по d, D или b и длине контролируемой втулки не более $2l$</p> <p>Допускается применять при центрировании по D или b: для $z = 6, z = 8, z = 10$</p>
Калибры-кольца шлицевые прямобочные	Комплексный контроль шлицевых валов		<p>Рекомендуется при центрировании по D, d или b: для $z = 6, z = 8, z = 10$</p>

3.2. Калибры для контроля шлицевых валов и втулок с прямобочным профилем



3.2.1. Расчет исполнительных размеров комплексного калибра-пробки для контроля шлицевой втулки

Под исполнительными размерами калибра-пробки понимаются размеры элементов его измерительной части: наружный диаметр D_k , внутренний диаметр d_k и ширина выступа (зуба) b_k , которые показаны на рис. 3.3.

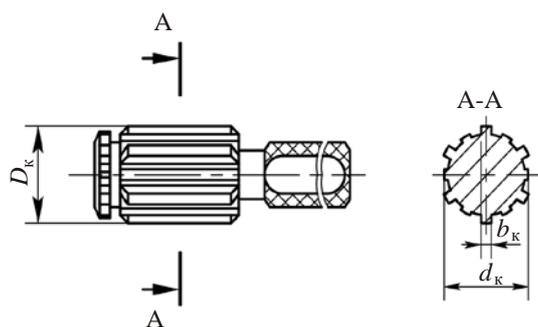


Рис. 3.3. Измерительная часть шлицевого калибра-пробки

Формулы для расчета исполнительных размеров калибров-пробок приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Формулы для расчета исполнительных размеров калибров-пробок

Определяемый параметр калибра	Калибр-пробка			
	Наибольший предельный размер	Предельное отклонение	Предельный размер изношенного калибра	
Центрирующий диаметр d или D	d_k	$d_{\min} - Z_d + H_d/2$	$-H_d$	$d_{\min} - Y_d$
	D_k	$D_{\min} - Z_D + H_D/2$	$-H_D$	$D_{\min} - Y_D$
Нецентрирующий диаметр d или D	D_k	$D_{\min} - Z_{D'} + H_{D'}/2$	$-H_{D'}$	—
	d_k	$D - 0,1$	$h8$	—
b	$b_{\min} - Z_b + H_b/2$	$-H_b$	$b_{\min} - Y_b$	

Эти формулы составлены исходя из схем расположения полей допусков d_k , D_k и b_k по отношению к проверяемым размерам (рис. 3.4, 3.5, 3.6).

Расположение полей допусков d_k и D_k калибров-пробок для центрирующих диаметров должно соответствовать указанному на рис. 3.4.

Допуски и величины, определяющие положение полей допусков d_k и D_k калибров-пробок для центрирующих диаметров, должны соответствовать указанным в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Допуски размеров d_k и D_k калибров-пробок для центрирующих диаметров

Номинальный диаметр d или D , мм	Допуск центрирующих диаметров d и D втулки	d_k			D_k		
		Z_d	H_d	Y_d	Z_D	H_D	Y_D
Свыше 10 до 18	IT6	3,0	3	7,5	2,5	2,0	5,5
Свыше 18 до 30		3,5	4	9,5	3,0	2,5	7,0
Свыше 30 до 50		4,0	4	10,0	3,0	2,5	7,0
Свыше 50 до 80		4,5	5	12,0	3,5	3,0	8,0
Свыше 80 до 120		6,0	6	15,0	5,0	4,0	11,0
Свыше 120 до 180		7,0	8	19,0	5,5	5,0	13,0
Свыше 10 до 18	От IT7 до IT10	6,5	5	14,0	5,5	3,0	10,0
Свыше 18 до 30		7,0	6	16,0	6,0	4,0	12,0
Свыше 30 до 50		8,5	7	19,0	7,0	4,0	13,0
Свыше 50 до 80		9,0	8	21,0	7,5	5,0	15,0
Свыше 80 до 120		11,0	10	26,0	9,0	6,0	18,0
Свыше 120 до 180		12,0	12	30,0	10,0	8,0	22,0

Размеры в таблице $Z_d, H_d, Y_d; Z_D, H_D, Y_D$ приведены в микрометрах.

Расположение поля допуска размера b_k калибров-пробок должно соответствовать указанному на рис. 3.5.

Допуски и величины, определяющие положение полей допусков b_k калибров-пробок при любых видах центрирования, должны соответствовать указанным в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Допуски и расположение поля допуска размера b_k калибров пробок

Номинальная ширина b , мм	Допуск размера b втулки	Z_b	H_b	Y_b
До 3	IT6	6	2,0	9,0
Свыше 3 до 6		8	2,5	12,0
Свыше 6 до 10		8	2,5	12,0
Свыше 10 до 18		10	3,0	14,5
До 3	От IT7 до IT10	8	3,0	12,5
Свыше 3 до 6		10	4,0	16,0
Свыше 6 до 10		12	4,0	18,0
Свыше 10 до 18		16	5,0	23,5

Размеры Z_b, H_b, Y_b приведены в микрометрах.

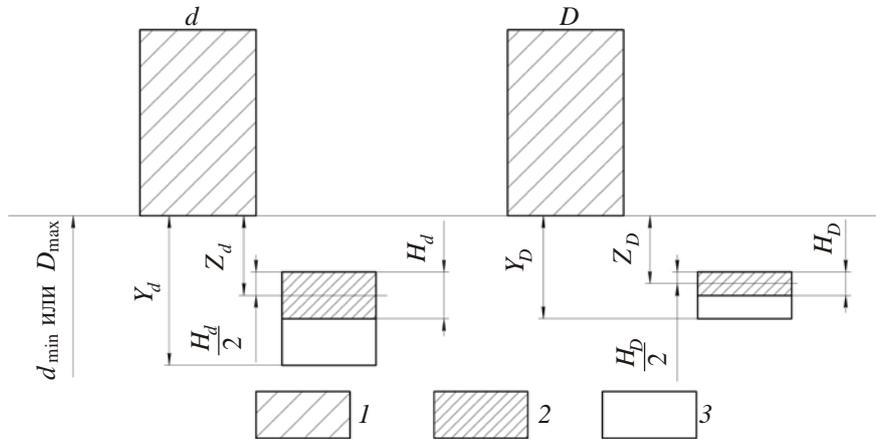


Рис. 3.4. Схемы расположения полей допусков калибров-пробок по центрирующим диаметрам d и D :

1 – поле допуска центрирующего диаметра d и D втулки; 2 – поле допуска на изготовление калибра-пробки; 3 – поле износа калибра-пробки

Расположение полей допусков d_k и D_k калибров-пробок для нецентрирующих диаметров должно соответствовать указанному на рис. 3.б.

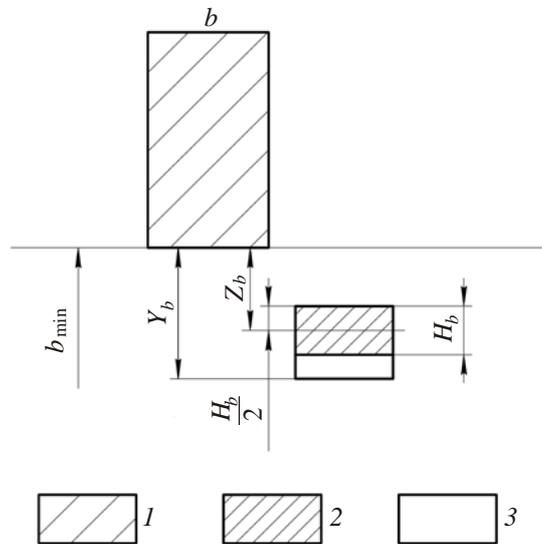


Рис. 3.5. Схема расположения полей допусков калибра-пробки по размеру b :

1 – поле допуска размера b втулки; 2 – поле допуска на изготовление калибра-пробки; 3 – поле износа калибра-пробки

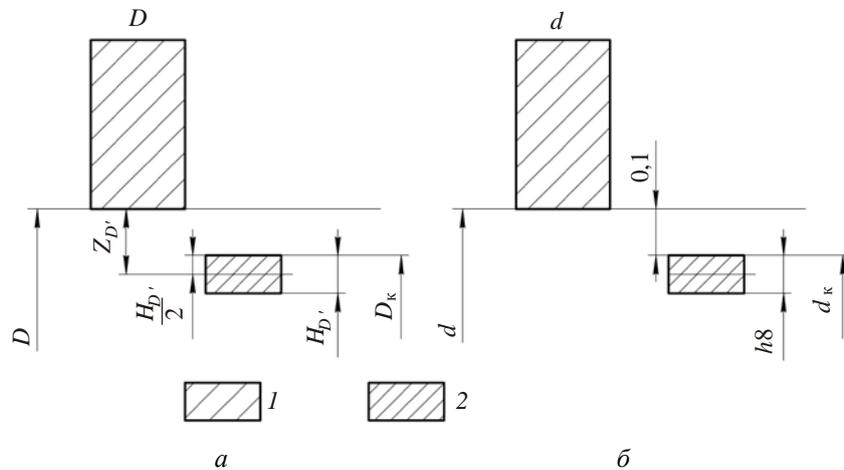


Рис. 3.6. Схемы расположения полей допусков калибров-пробок для нецентрирующих диаметров D и d

a – расположение поля допуска нецентрирующего диаметра D втулки и поле допуска калибра-пробки D_k ; b – расположение поля допуска нецентрирующего диаметра d втулки и поле допуска калибра-пробки d_k

Т а б л и ц а 3.5

Допуски калибров-пробок для нецентрирующего диаметра D

Номинальный диаметр D , мм	$Z_{D'}$	$H_{D'}$
Свыше 10 до 18	80	18
Свыше 18 до 30	80	21
Свыше 30 до 50	80	25
Свыше 50 до 80	85	30
Свыше 80 до 120	95	35
Свыше 120 до 180	115	40

Размеры Z_D, H_D приведены в микрометрах.

Допуски и величины, определяющие положение полей допусков D_k калибров-пробок для нецентрирующего диаметра, должны соответствовать указанным в табл. 3.5.

Пример расчета исполнительных размеров комплексного калибра-пробки для контроля шлицевой втулки

Расчет произведен для шлицевой втулки $D - 8 \times 62H11 \times 72H7 \times 12F8$.

Размеры шлицевой втулки, мм:

$$d = 62^{+0,190}; \quad d_{\min} = 62,000; \quad D = 72^{+0,030}; \quad D_{\min} = 72,000;$$

$$b = 12_{+0,016}^{+0,043}; \quad b_{\min} = 12,016.$$

Результаты расчета калибра-пробки приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Результаты расчета калибра-пробки

Определяемый параметр	Наибольший предельный размер калибра-пробки	Предельное отклонение	Предельный размер изношенного калибра	Примечание
d_k	$d - 0,1$ $62,0 - 0,1 = 61,9$	$h8$ $ei = -0,046$	–	0.1 и $h8$ по рис. 3.6
D_k	$D_{\min} - Z_D + H_D/2$ $72,000 - 0,0075 +$ $+ 0,0025 = 71,995$	$-H_D$ $-0,005$	$D_{\min} - Y_D$ $72,000 - 0,015 =$ $= 71,985$	Z_D, H_D и Y_D по табл. 3.3
b_k	$b_{\min} - Z_b + H_b/2$ $12,016 - 0,016 +$ $+ 0,0025 = 12,0025$	$-H_b$ $-0,005$	$b_{\min} - Y_b$ $12,016 - 0,0235 =$ $= 11,9925$	Z_b, H_b и Y_b по табл. 3.4

На чертеже калибра-пробки должны проставляться размеры исполнительных поверхностей: $D_k = 71,995_{-0,005}$, $d_k = 61,9_{-0,046}$, $b_k = 12,003_{-0,005}$ и размеры изношенных калибров-пробок: $D_{к\text{ изн}} = 71,985$, $b_{к\text{ изн}} = 11,993$.

3.2.2. Расчет исполнительных размеров комплексного калибра-кольца для контроля шлицевого вала

Под исполнительными размерами калибра-кольца понимаются размеры элементов его измерительной части: наружный диаметр D_k , внутренний диаметр d_k и ширина впадины b_k , которые показаны на рис. 3.7.

Формулы для расчета исполнительных размеров калибров-колец приведены в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Формулы для расчета исполнительных размеров комплексных калибров-колец

Определяемый параметр калибра	Калибр-кольцо			
	Наибольший предельный размер	Предельное отклонение	Предельный размер изношенного калибра	
Центрирующий диаметр d или D	d_k	$d_{\max} + Z_{1d} - H_{1d}/2$	$+H_{1d}$	$d_{\max} + Y_{1d}$
	D_k	$D_{\max} + Z_{1D} - H_{1D}/2$	$+H_{1D}$	$D_{\max} + Y_{1D}$
Нецентрирующий диаметр d или D	d_k	$d - 0,1$	$H8$	–
	D_k	$D_{\max} + Z_{1D'} - H_{1D'}/2$	$+H_{1D'}$	–
b	$b_{\max} + Z_{1b} - H_{1b}/2$	$+H_{1b}$	$b_{\max} + Y_{1b}$	

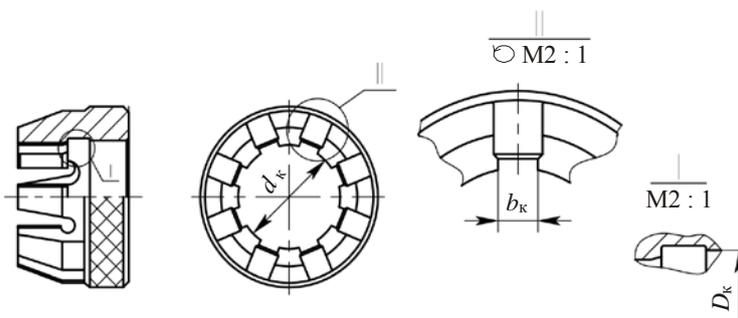


Рис. 3.7. Калибр-кольцо шлицевый

Эти формулы составлены исходя из схемы расположения полей допусков d_k , D_k и b_k по отношению к проверяемым размерам (рис. 3.8, 3.9, 3.10).

Расположение полей допусков d_k и D_k калибров-колец для центрирующих диаметров должно соответствовать указанному на рис. 3.8.

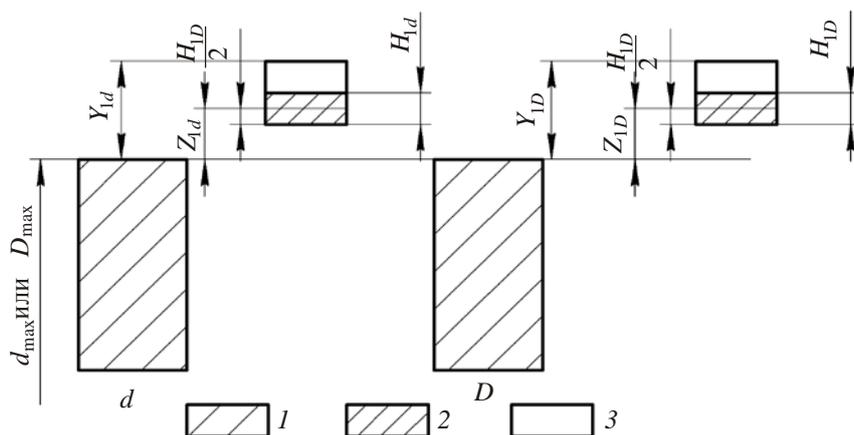


Рис. 3.8. Схема расположения полей допусков калибров-колец для центрирующих диаметров d и D вала:

1 – поле допуска центрирующего диаметра d или D вала; 2 – поле допуска на изготовление калибра-кольца; 3 – поле износа калибра-кольца

Допуски и величины, определяющие положение полей допусков d_k и D_k калибров-колец для центрирующих диаметров, должны соответствовать указанным в табл. 3.8.

Расположение поля допуска размера b_k калибров-колец должно соответствовать указанному на рис. 3.9.

Допуски и величины, определяющие положение полей допусков b_k калибров-колец при любых видах центрирования, должны соответствовать указанным в табл. 3.9.

Таблица 3.8

Допуски для центрирующих диаметров калибров-колец

Номинальный диаметр d или D , мм	Допуск центрирующих диаметров d и D вала	$Z_{1d} = Z_{1D}$	$H_{1d} = H_{1D}$	$Y_{1d} = Y_{1D}$
Свыше 10 до 18	IT6; IT7	5,5	3	10
Свыше 18 до 30		6,0	4	12
Свыше 30 до 50		7,0	4	13
Свыше 50 до 80		7,5	5	15
Свыше 80 до 120		9,0	6	18
Свыше 120 до 180		10,0	8	22
Свыше 10 до 18	От IT8 до IT10	6,5	5	14
Свыше 18 до 30		7,0	6	16
Свыше 30 до 50		8,5	7	19
Свыше 50 до 80		9,0	8	21
Свыше 80 до 120		11,0	10	26
Свыше 120 до 180		12,0	12	30

Размеры Z_{1d} , H_{1d} , Y_{1d} приведены в микрометрах.

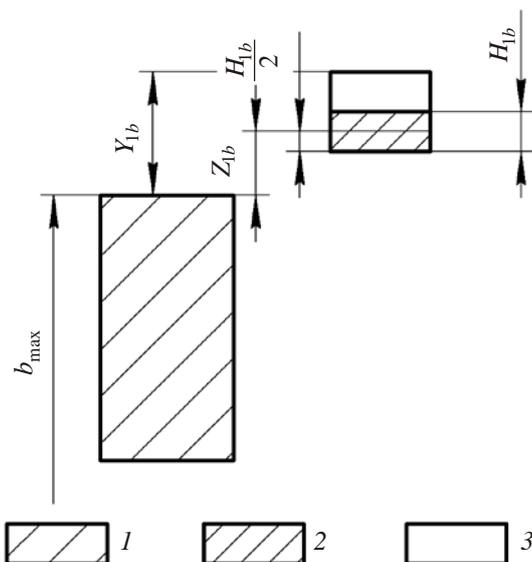


Рис. 3.9. Схема расположения поля допуска калибра-кольца по размеру b вала:

1 – поле допуска размера b вала; 2 – поле допуска на изготовление калибра-кольца; 3 – поле износа калибра-кольца

Т а б л и ц а 3.9

Допуски для размера b_k калибров-колец

Номинальная толщина зуба b , мм	Допуск размера b вала	Z_{1b}	H_{1b}	Y_{1b}
До 3	IT6; IT7	8	3	12,5
Свыше 3 до 6		10	4	16,0
Свыше 6 до 10		12	4	18,0
Свыше 10 до 18		16	5	23,5
До 3	От IT8 до IT10	8	4	14,0
Свыше 3 до 6		10	5	17,5
Свыше 6 до 10		12	6	21,0
Свыше 10 до 18		16	8	28,0

Размеры Z_{1b} , H_{1b} , Y_{1b} приведены в микрометрах.

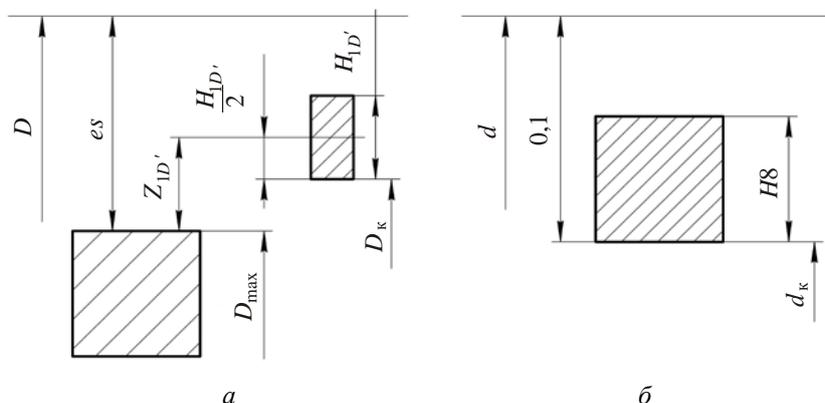


Рис. 3.10. Схемы расположения полей допусков калибров-колец для нецентрирующих диаметров d и D вала:

a – расположение поля допуска a_{11} нецентрирующего диаметра D шлицевого вала и поле допуска калибра-кольца D_k ; b – расположение поля допуска $H8$ на изготовление калибра-кольца d_k для контроля нецентрирующего диаметра d шлицевого вала

Т а б л и ц а 3.10

Допуски для нецентрирующего диаметра калибров-колец

Номинальный диаметр D , мм	$Z_{1D'}$	$H_{1D'}$
Свыше 10 до 18	175	18
Свыше 18 до 30	180	21
Свыше 30 до 50	185	25
Свыше 50 до 80	200	30
Свыше 80 до 120	225	35
Свыше 120 до 180	265	40

Размеры $Z_{1D'}$, $H_{1D'}$ приведены в микрометрах.

Расположение полей допусков d_k и D_k калибров-колец для нецентрирующих диаметров должно соответствовать указанному на рис. 3.10.

Допуски и величины, определяющие положение полей допусков D_k калибров-колец для нецентрирующего диаметра, должны соответствовать указанным в табл. 3.10.

Пример расчета исполнительных размеров калибра-кольца для контроля шлицевого вала

Расчет произведен для шлицевого вала: $D - 8 \times 46 \times 50 j_s 6 \times 9/8$.

Размеры шлицевого вала, мм:

$$d = 46; \quad D = 50 \pm 0,008; \quad D_{\max} = 50,008; \quad b = 9_{-0,035}^{-0,013}; \quad b_{\max} = 9,987.$$

Результаты расчета калибра-кольца приведены в табл. 3.11.

Таблица 3.11

Результаты расчета калибра-кольца

Определяемый параметр	Наибольший предельный размер калибра-кольца	Предельное отклонение	Предельный размер изношенного калибра	Примечание
d_k	$d - 0,1$ $46,0 - 0,1 = 45,9$	$H8$ $ES = +0,039$	—	0,1 и $H8$ по рис. 3.9
D_k	$D_{\max} + Z_{1D} - H_{1D}/2$ $50,008 + 0,0070 -$ $- 0,0020 = 50,013$	$+H_{1D}$ $+0,004$	$D_{\max} + Y_{1D}$ $50,008 + 0,013 =$ $= 50,021$	Z_{1D}, H_{1D} и Y_{1D} по табл. 3.8
b_k	$b_{\max} + Z_{1b} - H_{1b}/2$ $8,987 + 0,012 -$ $- 0,003 = 8,996$	$+H_{1b}$ $+0,006$	$b_{\max} + Y_{1b}$ $8,987 + 0,021 =$ $= 9,008$	Z_b, H_b и Y_b по табл. 3.9

На чертеже калибра-кольца должны проставляться размеры исполнительных поверхностей $D_k = 50,013^{+0,004}$, $d_k = 45,9^{+0,039}$, $b_k = 8,996^{+0,006}$ и размеры изношенных калибров-колец $D_{k \text{ изн}} = 50,021$, $b_{k \text{ изн}} = 9,008$.

3.2.3. Технические требования к калибрам для контроля шлицевых деталей (ГОСТ 24959–81)

После расчета исполнительных размеров комплексных калибров выполняют их рабочие чертежи (см. приложение 5). Для этого выбирают тип калибра-пробки в зависимости от вида центрирования по табл. 3.1.

Назначают материал, твердость, требования к покрытиям, центровым отверстиям, к допускаемым дефектам, а также к точности размеров, формы, расположению и шероховатости поверхностей. Детали калибров с

рабочими поверхностями должны изготавливаться из стали марок ШХ 15, ШХ 15СГ по ГОСТ 801–78 или Х, ХВГ и 9ХВГ по ГОСТ 5950–73. Допускается их изготовление из других марок сталей, например, У8А, У10А, У12А по ГОСТ 1435–74. Твердость рабочих поверхностей должна быть не ниже 58...64 HRC₃. Детали калибров с рабочими поверхностями должны быть подвергнуты старению и размагничены. Покрытие нерабочих поверхностей – Хим. Окс. прм или Хим. Фос. прм по ГОСТ 9.306–85. Подробнее технические требования изложены в ГОСТ 24959–81. Ниже приведены некоторые требования к погрешностям расположения. Накопленная погрешность шага не должна превышать значений, указанных в табл. 3.12. Она должна проверяться на диаметре $\frac{D_k + d_k}{2}$ или близкому к нему.

Таблица 3.12

Допускаемые значения накопленной погрешности шага

Номинальная толщина зуба или ширина паза b , мм	Допускаемая накопленная погрешность шага, мкм
До 3	4
Свыше 3 до 6	5
Свыше 6 до 10	6
Свыше 10 до 18	8

Таблица 3.13

**Допускаемые значения отклонений от симметричности
и параллельности боковых сторон зубьев калибров-пробок
и пазов калибров-колец для шлицевых прямобочных соединений**

Номинальная толщина зуба или ширина паза b , мм	Допуск расположения калибров-пробок и калибров-колец при длине l и l_3			
	По ряду А		По ряду В	
	T_s	T_p	T_s	T_p
До 3	6	3	8	4
Свыше 3 до 6	8	4	10	5
Свыше 6 до 10	8	4	12	6
Свыше 10 до 18	10	5	16	8

Размеры приведены в микрометрах.

Допуски симметричности зуба калибра-пробки или паза калибра-кольца относительно оси поверхности d_k (рис. 3.11) при центрировании по d или относительно оси поверхности D_k (рис. 3.12) при центрировании по D или b должны соответствовать указанным в табл. 3.13. Допуски

параллельности боковых сторон зуба калибра-пробки или паза калибра-кольца относительно оси поверхности d_k (рис. 3.11) при центрировании по d или относительно оси поверхности D_k (рис. 3.12) при центрировании по D или b должны соответствовать указанным в табл. 3.13.

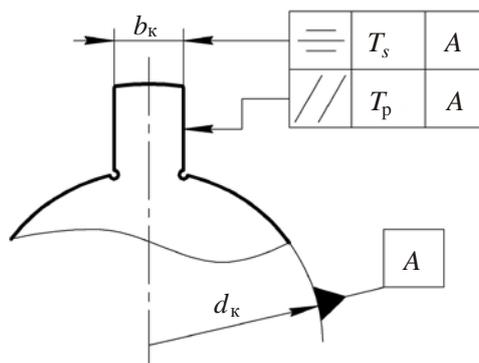


Рис. 3.11. Требования к расположению боковых сторон зуба калибра-пробки при центрировании по d

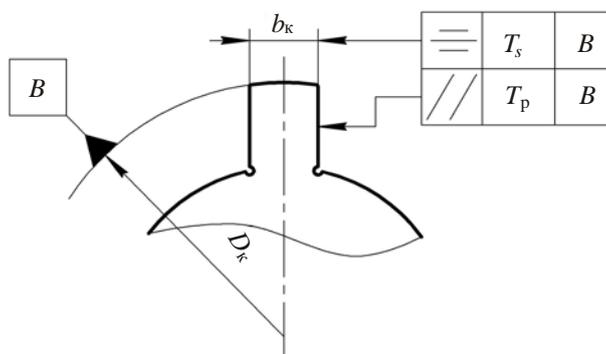


Рис. 3.12. Требования к расположению боковых сторон зуба калибра-пробки при центрировании D

Примечания.

1. Обозначения, используемые в схемах расположения полей допусков, формулах и таблицах при проектировании калибров для контроля прямобоковых шлицевых соединений, приведены в приложении 2 настоящего пособия.

2. Дополнительные конструктивные элементы калибров для контроля прямобоковых шлицевых соединений, такие как размеры длины рабочей части калибров l, l_1, l_2, l_3 , радиус закругления r , размеры фасок приведены в ГОСТ 7951–80 и ГОСТ 24960–84.

4. КАЛИБРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

4.1. Общие понятия о резьбовых соединениях

Резьбовым соединением называется соединение двух деталей с помощью резьбы, одна из которых имеет внутреннюю резьбу (гайка), а другая – наружную (болт, винт). Основные определения, относящиеся к резьбам, приведены в ГОСТ 11708–82.

Классификация резьб

Классификация резьб произведена по признакам, приведенным ниже:

- в зависимости от профиля, т. е. от вида фигуры в осевом сечении резьба бывает треугольной, трапецидальной, пилообразной, круглой;
- в зависимости от поверхности, на которой нанесена резьба, она бывает цилиндрической и конической;
- по области применения резьбы делятся на крепежные, кинематические, трубные и арматурные, а также специального назначения;
- по числу заходов резьбы бывают однозаходные и многозаходные;
- в зависимости от направления витков резьба бывает правой и левой;
- в зависимости от используемых единиц измерения, в которых выражаются параметры, резьбы делятся на метрические и дюймовые.

4.2. Метрическая и трапецидальная резьбы

4.2.1. Нормирование точности метрической и трапецидальной резьб

В настоящей работе рассматриваются два вида цилиндрических однозаходных правых резьбовых соединений с треугольным профилем с углом 60° (метрическая резьба по ГОСТ 9150–2002) и с трапецидальным профилем с углом 30° (трапецидальная резьба по ГОСТ 9484–81).

В осевом сечении различают номинальный и основной профили резьбы. За номинальный принимается профиль, связанный с номинальными значениями наружного, среднего и внутреннего диаметров резьбы и служащий началом отсчета отклонений (рис. 4.1 и 4.2).

Под основным понимается профиль резьбы, общий для наружной и внутренней резьбы, определяющий боковые стороны и вершины резьбы. Термин «основной профиль» применяют для тех типов резьб, у которых номинальные профили наружной и внутренней резьбы неодинаковые (например, трапецеидальных) (рис. 4.3).

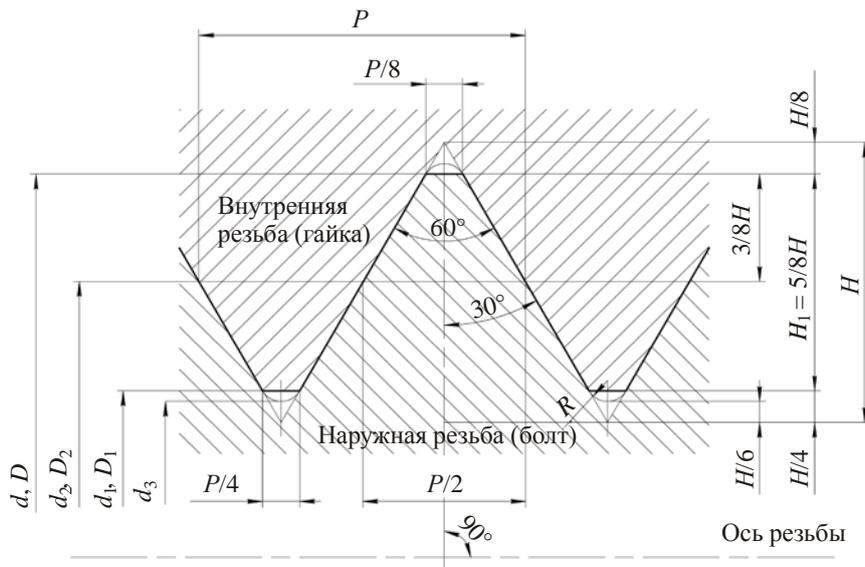


Рис. 4.1. Профиль метрической резьбы

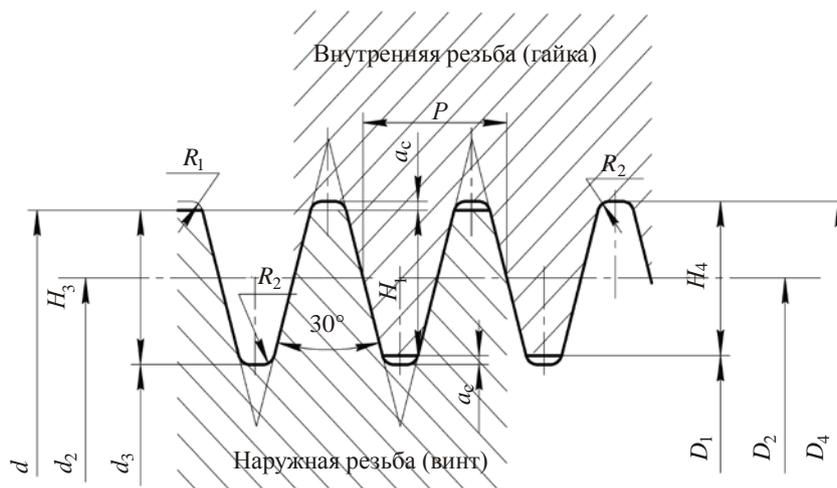


Рис. 4.2. Номинальные профили трапецеидальной резьбы

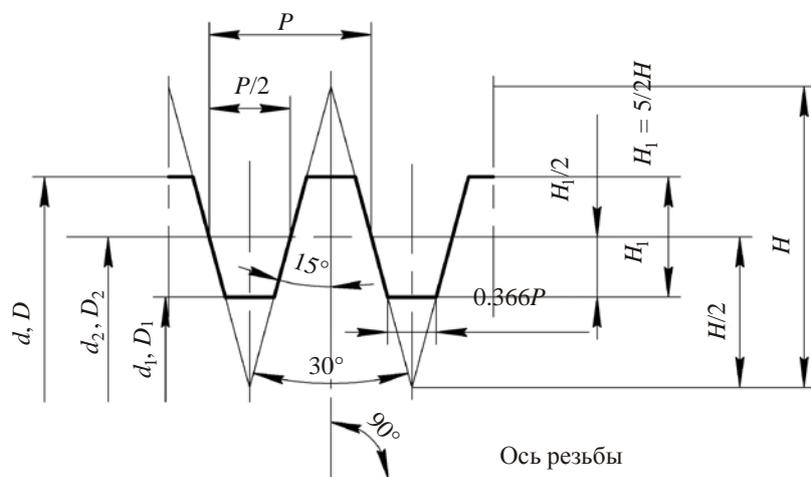


Рис. 4.3. Основной профиль трапецеидальной резьбы

Параметры резьбы

Резбовое соединение является многопараметрическим. К основным параметрам относятся наружный, средний и внутренние диаметры, шаг и угол профиля резьбы. Необходимо также упомянуть и о длине свинчивания, под которой понимают длину взаимного перекрытия наружной и внутренней резьб в осевом направлении.

Для обеспечения взаимозаменяемости резьбовых соединений их профили, диаметры, шаги, допуски, посадки и другие характеристики стандартизированы. Перечень стандартов для метрической и трапецеидальных резьб приведен в списке нормативных документов, прилагаемом к данному пособию.

Допуски и посадки резьбовых соединений*

Характерной особенностью метрической и трапецеидальной резьб является задание суммарного допуска на средний диаметр, учитывающего погрешности собственно среднего диаметра, шага и угла профиля (рис. 4.4).

Очень часто обобщенный параметр, т. е. средний диаметр совместно с влиянием погрешности шага и профиля, называют приведенным средним диаметром резьбы, для него нормируются точностные требования.

Итак, приведенным средним диаметром резьбы называется средний диаметр воображаемой идеальной резьбы (без отклонений шага и углов наклона боковых сторон), которая, имея полную высоту боковых сторон и длину, равную заданной длине свинчивания, плотно (без взаимного смещения или натяга) свинчивалась бы с действительной резьбой (рис. 4.5).

* В данной работе рассматриваются резьбовые соединения с зазором.

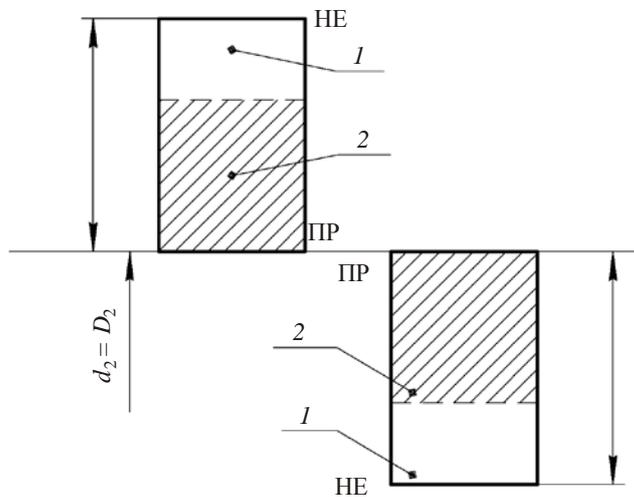


Рис. 4.4. К понятию о суммарном допуске среднего диаметра резьбы:

ПР – предел максимума материала (проходной предел); НЕ – предел минимума материала (непроходной предел); 1 – часть поля допуска, в которой располагаются отклонения собственно среднего диаметра; 2 – часть поля допуска, в которой располагаются диаметральные компенсации отклонений шага и углов наклона боковых сторон профиля (границы между

частями 1 и 2 не стандартизованы)

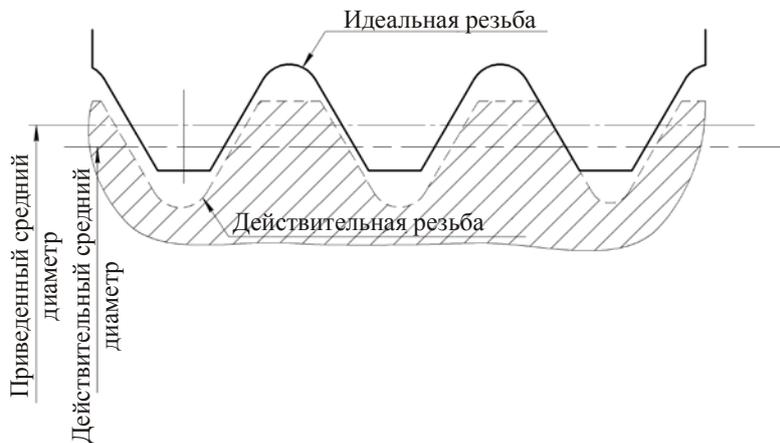


Рис. 4.5. Приведенный средний диаметр болта

Кроме суммарного допуска на средний диаметр задаются также допуски на наружный и внутренний диаметры. Поля допусков на изготовление

наружной и внутренней резьбы предусмотрены в различных классах точности (точный, средний, грубый) и задаются двумя элементами: основным отклонением, обозначаемым буквами латинского алфавита (большими для внутренней резьбы и малыми для наружной), и степенью точности, обозначаемой арабскими цифрами. Схемы расположения полей допусков метрической и трапецеидальных резьб показаны на рис. 4.6 и 4.7.

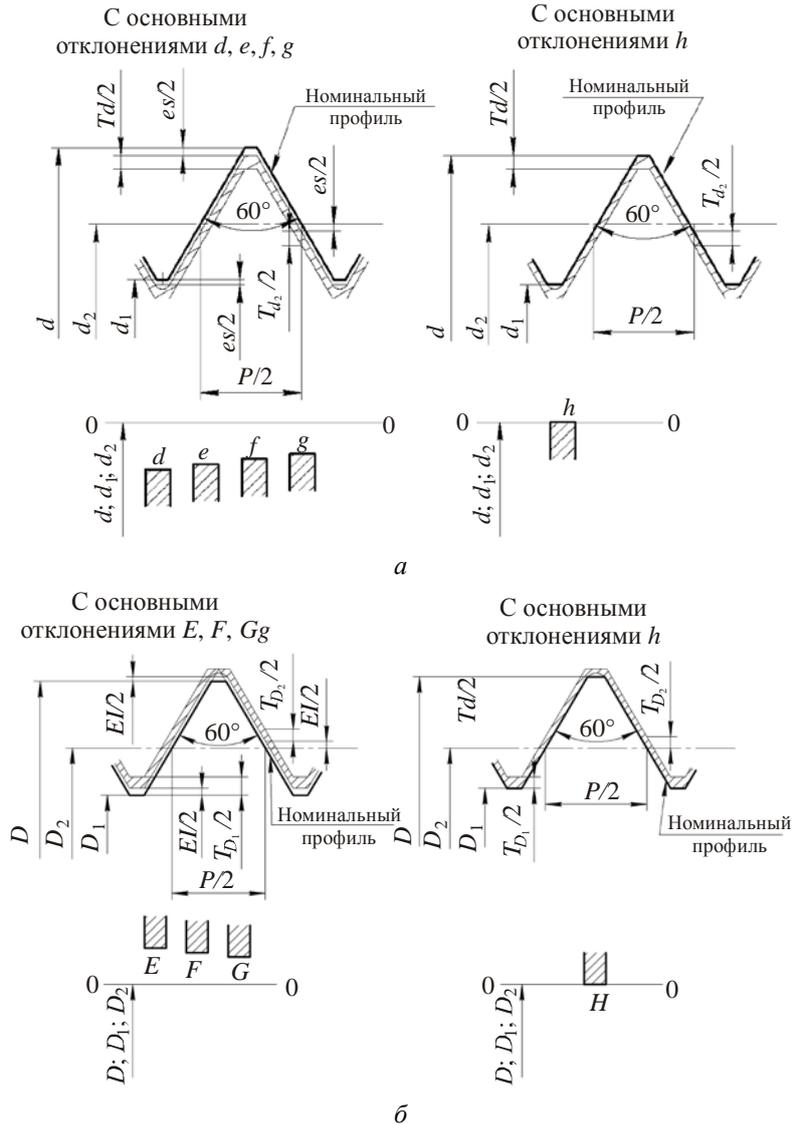


Рис. 4.6. Расположение полей допусков метрической резьбы в посадках с зазором:

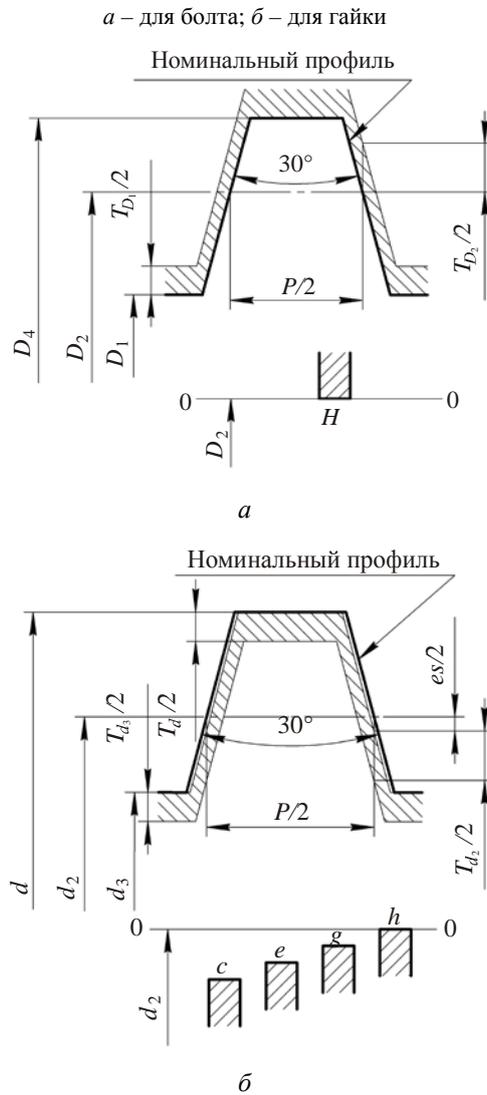


Рис. 4.7. Расположение полей допусков трапецидальной резьбы в посадках с зазором:

a – для гайки; *b* – для винта

Посадки в соединении предусмотрены в системе отверстия и в системе вала для метрической резьбы и только в системе отверстия – для трапецидальной резьбы.

Обозначение резьб

В условное обозначение резьбовых соединений входят обозначение геометрических параметров и требования по точности к нормируемым параметрам.

Например: $M20 \times 1,5 - 6H/6g$. Расшифровывается как соединение с метрической резьбой с наружным диаметром болта и гайки $d = D = 20$ мм с мелким шагом $P = 1,5$ мм (крупный шаг не обозначается) с посадкой в системе отверстия по характеру сопряжения – посадка с гарантированным зазором. Так как длина свинчивания не указана, то подразумевается нормальная (N) длина свинчивания (L от 5,6 до 16 мм). Составляющие этого соединения гайка и болт обозначаются: гайка – $M20 \times 1,5 - 6H$, где $6H$ – поле допуска на приведенный средний и внутренний диаметры (6 – шестая степень точности, H – основное отклонение); болт – $M20 \times 1,5 - 6g$, где $6g$ – поле допуска на приведенный средний и наружный диаметры.

Обозначение трапецидального резьбового соединения в принципе ничем не отличается от обозначения метрической резьбы и состоит из данных о резьбе и точности ее параметров. Для однозаходной трапецидальной резьбы обозначение состоит из букв «Тг» номинального диаметра резьбы и шага. Например, $Tg40 \times 6 - 7H/7e$ означает, что соединение с трапецидальной резьбой однозаходное с номинальным диаметром резьбы, равной 40 мм, с шагом $P = 6$ мм, с посадкой $7H/7e$. Для шага 6 мм длина свинчивания может быть от 25 до 75 мм.

Гайка: $Tg 40 \times 6 - 7H$. Расшифровывается как трапецидальная резьба однозаходная, правая, с номинальным диаметром 40 мм (наружный диаметр гайки D_4 равен 41 мм), с шагом $P = 6$ мм и полем допуска $7H$ на средний D_2 , а на внутренний диаметр D_1 поле допуска не указано, оно находится по таблице.

Винт: $Tg40 \times 6 - 7e$ – номинальный (наружный) диаметр $D = 40$ мм, шаг 6 мм и поле допуска $7e$ на средний d_2 и внутренний d_3 диаметры. На наружный диаметр d поле допуска не указывается, а выбирается по таблице.

4.2.2. Контроль резьб. Калибры

Контроль резьб может осуществляться поэлементно (дифференциальный контроль) и комплексно (комплексный контроль). При поэлементном контроле измеряются отдельные параметры резьбы (шаг, угол профи-

ля, наружный, средний и внутренний диаметры резьбы). Поэлементный контроль чаще всего применяется в том случае, когда заданы допуски на отдельные параметры. Измерение этих параметров производится с помощью универсальных средств измерений. При комплексном контроле проверяются все параметры одновременно. Для этого можно использовать различные средства измерения и контроля, однако контроль резьб с помощью калибров является основным и решающим. С помощью калибров осуществляется контроль предельных размеров, соответствующих пределу максимума материала (раньше его называли проходным пределом) и минимуму материала (непроходной предел). Комплекс требований к калибрам, обеспечивающий взаимозаменяемость резьб, осуществлен на базе стандартизации видов калибров и правил их применения, профиля резьбы, допусков и расчетных формул для определения размеров калибров. Перечень этих стандартов приведен в списке нормативных документов, прилагаемому к данному пособию.

Виды калибров

Виды резьбовых и гладких калибров для контроля цилиндрических резьб (метрической, трапецеидальной, трубной, упорной), их наименования и назначения установлены в ГОСТ 24939–81 (СТ СЭВ 1921–79). Каждому виду калибра в стандартах присвоен определенный номер. Некоторые виды калибров, которые будут использоваться студентами для выполнения курсовых и дипломных проектов, приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Виды калибров для цилиндрической резьбы

Номер вида калибра	Наименование и назначение вида	Обозначение вида калибра
<i>Калибры для наружной резьбы</i>		
1	Калибр-кольцо резьбовой проходной нерегулируемый	ПР
4	Калибр-кольцо резьбовой проходной регулируемый	ПР
11	Калибр-кольцо резьбовой непроходной нерегулируемый	НЕ
14	Калибр-кольцо резьбовой проходной регулируемый	НЕ
<i>Калибры для внутренней резьбы</i>		
21	Калибр-пробка резьбовой проходной	ПР
22	Калибр-пробка резьбовой непроходной	НЕ

Примечания.

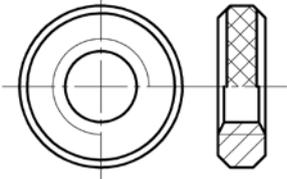
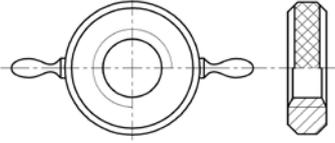
1. Калибры резьбовые контрольные, для износа, установочные, а также гладкие калибры в табл. 4.1 не приведены.

2. Для трапецидальной резьбы калибры 4 и 14 не предусмотрены.

Схематическое изображение резьбовых калибров представлено в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Схематическое изображение резьбовых калибров

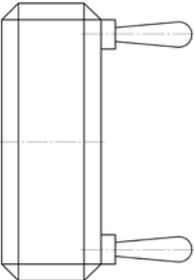
Наименование вида калибра		Чертеж	Профиль резьбы калибра	Номер вида калибра по ГОСТ 24939–81
Калибр-кольцо резьбовой нерегулируемый	проходной		полный	1
			укороченный	27
	непроходной		полный	1
			укороченный	11

Калибр-кольцо регулируемый	проходной		полный	4

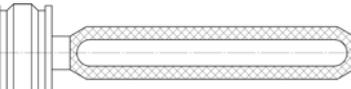
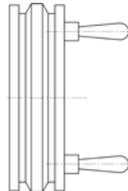
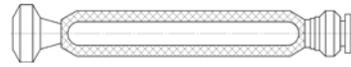
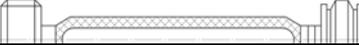
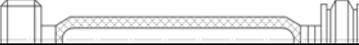
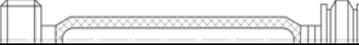
Продолжение табл. 4.2

Калибр-кольцо регулируемый	непроходной		укороченный	14
			укороченный	14
Калибр-пробка резьбовой	проходной, проходной контрольный, установочный		полный	2, 5, 12, 15 и 21
			полный	2, 5, 8, 10, 12, 15, 21, 28, 31, 32, 33
			укороченный	34, 35, 36, 37
			полный	2, 5, 8, 10, 12, 21, 28, 31, 32, 33
			укороченный	34, 35, 36, 37



			полный	2, 5, 12, 15, 21
			укороченный	3, 6, 22

Окончание табл. 4.2

Калибр-пробка резьбовой	непроходной, непроходной контрольный, контрольный для контроля износа		полный	13, 16, 29, 30
			укороченный	3, 6, 22
			полный	13, 16, 29, 30
			укороченный	3, 6, 22
	двусторонний		полный	21
			укороченный	22
			полный	21
			укороченный	22
			полный	21

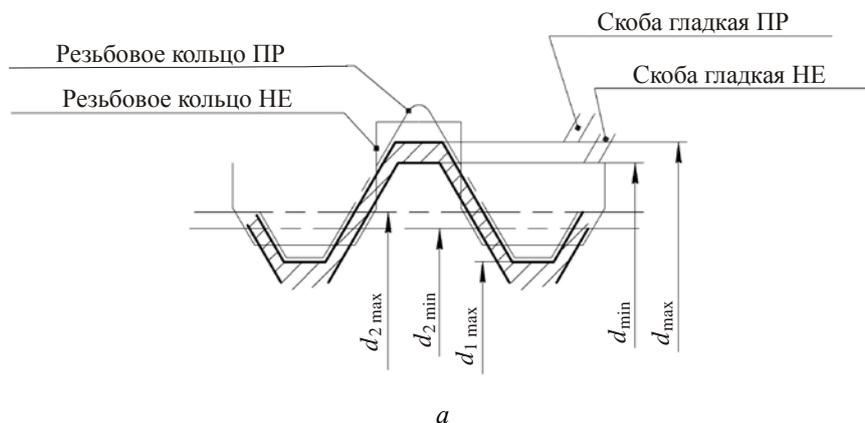
			укороченный	22
--	--	--	-------------	----

Правила применения калибров. Калибры для наружной резьбы

Калибр-кольцо резьбовой проходной ПР нерегулируемый 1 и регулируемый 4 (см. табл. 4.1) контролирует наибольший средний диаметр (приведенный средний диаметр) и одновременно наибольший внутренний диаметр наружной резьбы. Наружный диаметр резьбы этим калибром не контролируется (рис. 4.8, *a*).

Калибр-кольцо должен свободно навинчиваться на контролируемую резьбу. Свинчиваемость калибра-кольца с резьбой означает, что приведенный средний диаметр резьбы не больше установленного наибольшего предельного среднего диаметра, а внутренний диаметр не больше наибольшего внутреннего диаметра наружной резьбы, т. е. $d_{2пр} < d_{2max}$, а $d_{1дейст} < d_{1max}$.

Калибр-кольцо резьбовой непроходной НЕ нерегулируемый 11 и регулируемый 14 (см. табл. 4.1) контролирует только наименьший средний диаметр наружной резьбы, т. е. собственно средний диаметр. Калибр, как правило, не должен навинчиваться на контролируемую резьбу (рис. 4.8, *a*).



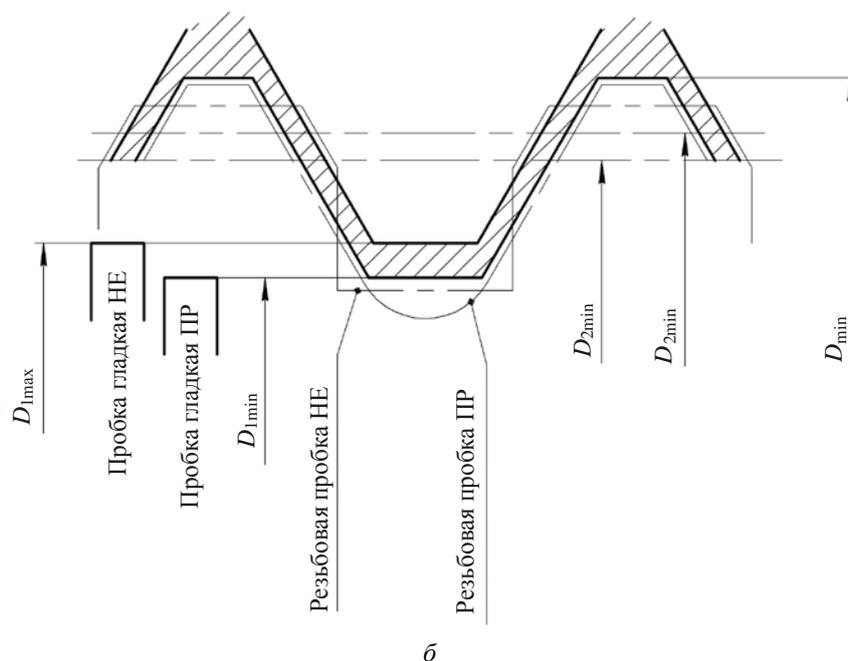


Рис. 4.8. Схема проверки резьбы калибрами:

а – болта; б – гайки

Калибры для внутренней резьбы

Калибр-пробка резьбовой проходной 21 контролирует наименьший средний диаметр (приведенный средний диаметр) и одновременно наименьший наружный диаметр внутренней резьбы (см. рис. 4.8, б). Внутренний диаметр резьбы этим калибром не контролируется. Калибр должен свободно ввинчиваться в контролируемую резьбу. Свинчиваемость калибра с резьбой означает, что приведенный средний диаметр резьбы не меньше установленного наименьшего предельного среднего диаметра гайки, а наружный диаметр внутренней резьбы не меньше наименьшего (допустимого) диаметра резьбы, т. е. $D_{2пр} > D_{2min}$, а $D_{дейст} > D_{min}$.

Калибр-пробка резьбовой непроходной 22 контролирует только наибольший средний диаметр внутренней резьбы, т. е. собственно средний диаметр. Калибр, как правило, не должен ввинчиваться в контролируемую резьбу. Это означает, что действительный средний диаметр гайки не больше наибольшего (допустимого) среднего диаметра, т. е. $D_{2дейст} < D_{2max}$.

Профили и длина рабочей части калибров

Общие обозначения в стандартах на калибры для цилиндрических резьб приведены в приложении 2.

В соответствии с принципом Тейлора (принцип подобия) проходные резьбовые калибры ПР должны иметь полный профиль резьбы и длину, равную длине свинчивания (т. е. являться прототипом сопрягаемой детали), а непроходные калибры НЕ – минимальную измерительную длину сторон профиля резьбы (укороченный профиль) и сокращенное число витков (например три), с тем чтобы уменьшить влияние погрешностей половины угла профиля и шага на результат проверки и контролировать только собственно средний диаметр.

На рис. 4.9, 4.10, 4.11, 4.12 показаны полные и укороченные профили резьбовых калибров для метрической резьбы, а на рис. 4.13, 4.14, 4.15, 4.16 – для трапецеидальных резьб.

Полный профиль резьбы калибра для метрической резьбы следует выполнять с канавками b_1 (калибр-кольцо) или b_2 (калибр-пробка) или с радиусами r_1 и r_2 соответственно. Радиусы должны сопрягаться по касательной с боковыми сторонами профиля резьбы. Форма канавок произвольная. Размеры b_1 , b_2 , r_1 , r_2 , относящиеся к номинальному профилю резьбы, должны соответствовать значениям, указанным в табл. 4.3.

Укороченный профиль резьбы калибра для метрической резьбы выполняют с канавкой b_3 и размерами F_1 и F_3 , указанными в табл. 4.4, или с радиусом r_1 (калибр-кольцо) или r_2 (калибр-пробка), указанными в табл. 4.3.

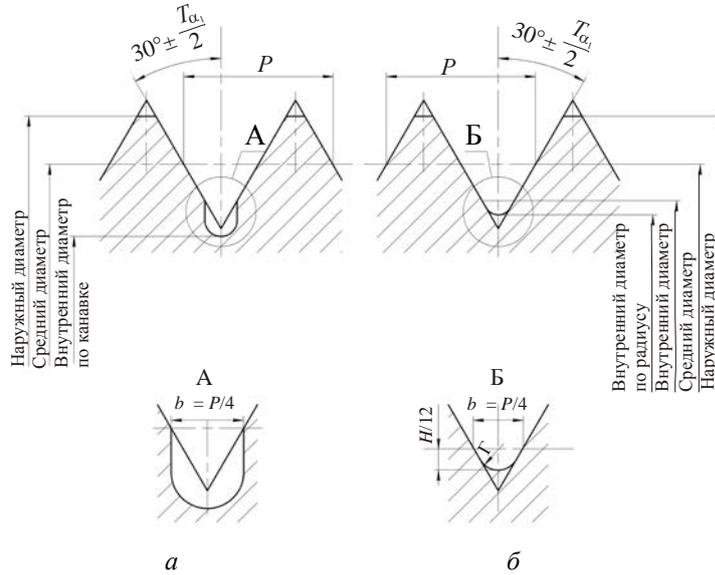


Рис. 4.9. Полный профиль резьбы калибров-пробок для метрической резьбы:

а – с канавкой; б – с закругленной впадиной

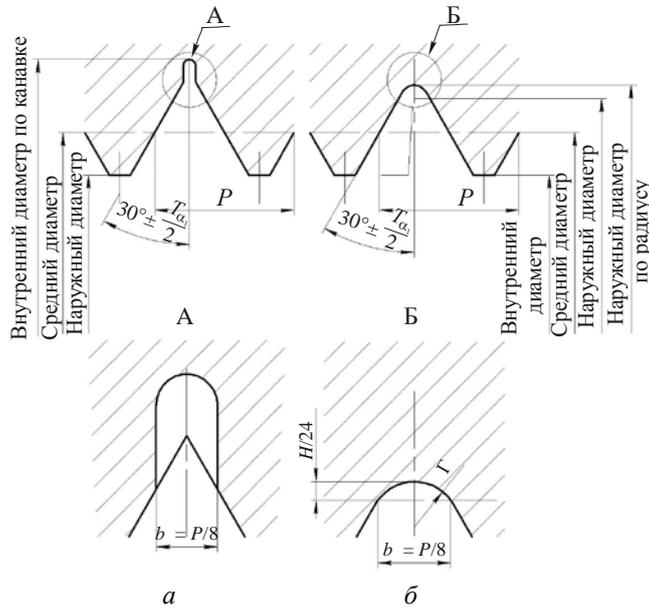


Рис. 4.10. Полный профиль резьбы калибров-колец для метрической резьбы:

а – с канавкой; б – с закругленной впадиной

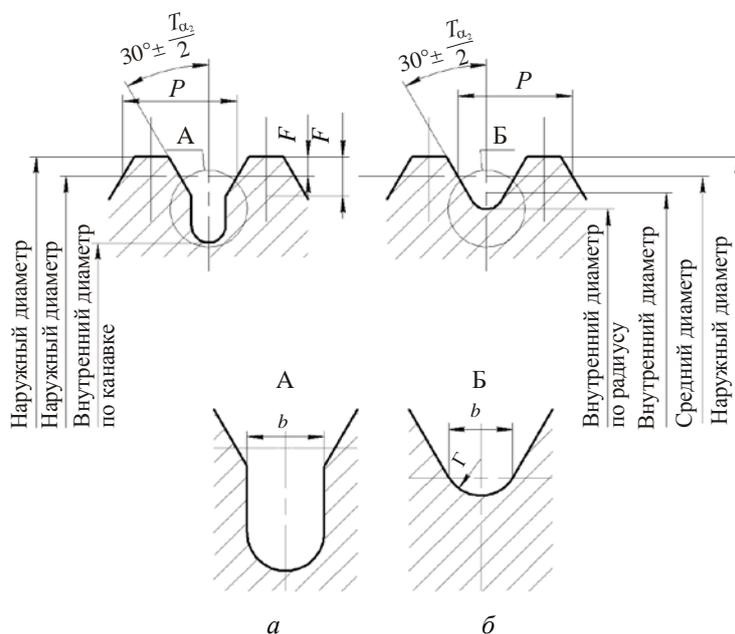


Рис. 4.11. Укороченный профиль резьбы калибров-пробок для метрической резьбы:

а – с канавкой; б – с закругленной впадиной

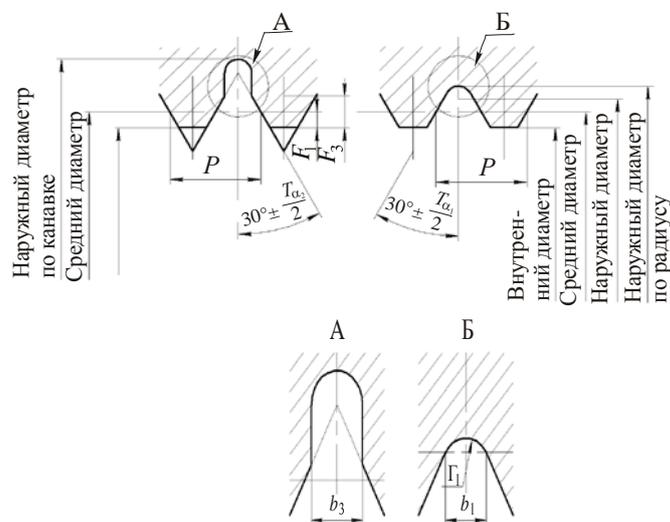


Рис. 4.12. Укороченный профиль резьбы калибров-колец для метрической резьбы:

а – с канавкой; б – с закругленной впадиной

Для трапецевидальных резьб полный профиль резьбовых калибров (рис. 4.13, 4.14) изготавливается с радиусом закругления r_2 , значения которого указаны в табл. 4.5 и обеспечивается резьбообразующим инструментом.

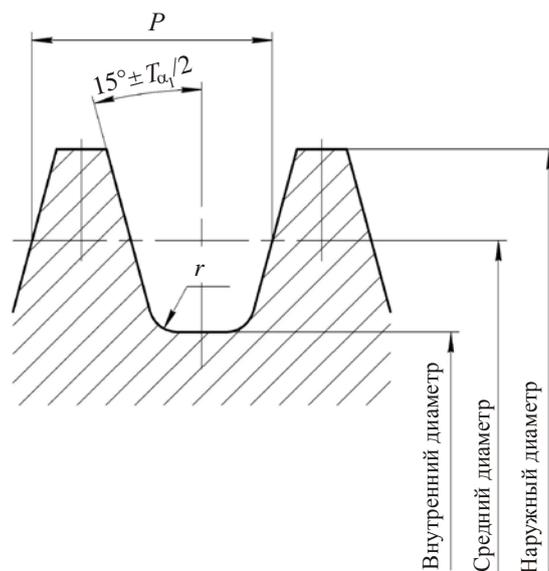


Рис. 4.13. Полный профиль резьбы калибров-пробок для контроля внутренней трапецевидальной резьбы

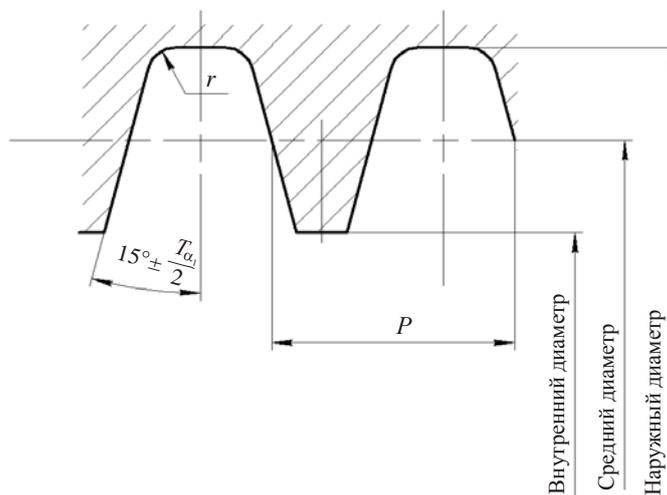


Рис. 4.14. Полный профиль резьбы калибров-колец и скоб для контроля наружной трапецевидальной резьбы

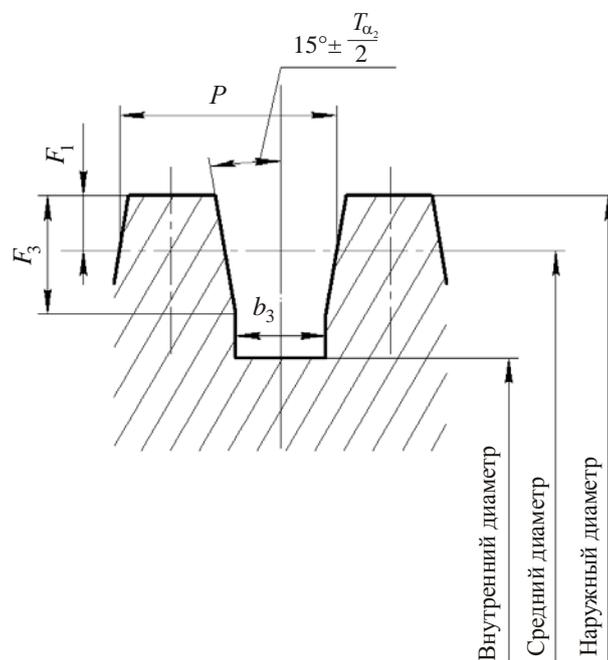


Рис. 4.15. Укороченный профиль резьбы калибров-пробок для контроля внутренней трапецеидальной резьбы

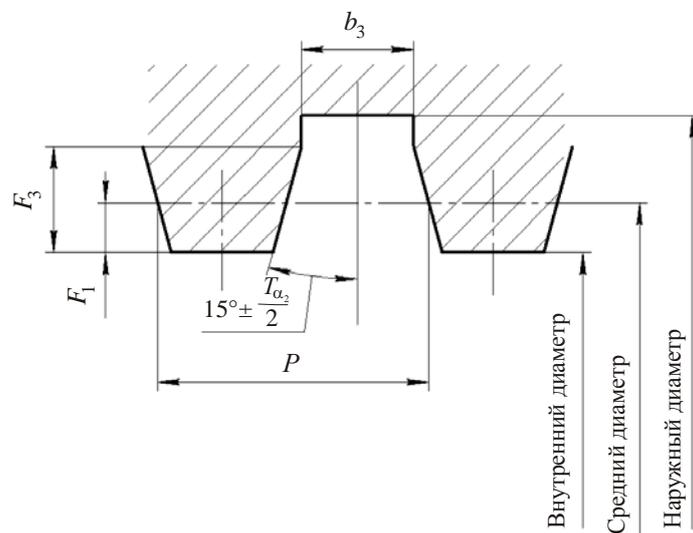


Рис. 4.16. Укороченный профиль резьбы калибров-колец и скоб для контроля наружной трапецеидальной резьбы



Таблица 4.3

**Размеры радиусов и канавок калибров для метрической резьбы
(по ГОСТ 24997–2004), мм**

P	$b_{1\max} = \frac{P}{8}$	$r_{1\max} = 0,072P = \frac{H}{12}$	$b_{2\max} = \frac{P}{4}$	$r_{2\max} = 0,144P = \frac{H}{6}$	$\frac{H}{24}$
0,2	0,02	0,014	0,05	0,029	0,007
0,25	0,03	0,018	0,06	0,036	0,009
0,3	0,04	0,022	0,07	0,043	0,011
0,35	0,04	0,025	0,09	0,050	0,012
0,4	0,05	0,029	0,10	0,058	0,014
0,45	0,06	0,032	0,11	0,065	0,016
0,5	0,06	0,036	0,12	0,072	0,018
0,6	0,07	0,043	0,15	0,086	0,022
0,7	0,09	0,050	0,17	0,100	0,025
0,75	0,09	0,054	0,19	0,110	0,027
0,8	0,10	0,058	0,20	0,110	0,029
1	0,12	0,072	0,25	0,140	0,036
1,25	0,15	0,090	0,31	0,180	0,045
1,5	0,19	0,108	0,37	0,210	0,054
1,75	0,22	0,126	0,44	0,250	0,063
2	0,25	0,144	0,50	0,290	0,072
2,5	0,32	0,180	0,61	0,360	0,090
3	0,40	0,217	0,75	0,430	0,108
3,5	0,48	0,253	0,88	0,500	0,126
4	0,50	0,288	1,00	0,580	0,144
4,5	0,55	0,325	1,10	0,650	0,162
5	0,60	0,361	1,25	0,720	0,180
5,5	0,70	0,397	1,40	0,790	0,198
6	0,80	0,433	1,50	0,860	0,217
8	1,00	0,576	2,00	1,152	0,289

Таблица 4.4

**Размеры элементов профиля непроходных калибров
для метрической резьбы (по ГОСТ 24997–2004), мм**

P	$F_1 = 0,1P$	b_3		F_3
		Номинальный размер	Предельные отклонения	
0,2	0,020	0,05	$\pm 0,01$	От 0,05 до 0,07
0,25	0,025	0,07	$\pm 0,01$	» 0,06 » 0,09
0,3	0,030	0,08	$\pm 0,01$	» 0,07 » 0,11
0,35	0,035	0,09	$\pm 0,01$	» 0,08 » 0,13

Окончание табл. 4.4

P	$F_1 = 0,1P$	b_3		F_3
		Номинальный размер	Предельные отклонения	
0,4	0,040	0,11	$\pm 0,01$	От 0,09 до 0,15
0,45	0,045	0,12	$\pm 0,01$	» 0,10 » 0,16
0,5	0,050	0,13	$\pm 0,01$	» 0,12 » 0,18
0,6	0,060	0,16	$\pm 0,02$	» 0,14 » 0,22
0,7	0,070	0,19	$\pm 0,02$	» 0,16 » 0,26
0,75	0,075	0,20	$\pm 0,02$	» 0,20 » 0,30
0,8	0,080	0,21	$\pm 0,02$	» 0,20 » 0,30
1	0,100	0,27	$\pm 0,03$	» 0,20 » 0,40
1,25	0,125	0,30	$\pm 0,04$	» 0,25 » 0,50
1,5	0,150	0,40	$\pm 0,04$	» 0,30 » 0,55
1,75	0,175	0,45	$\pm 0,05$	» 0,40 » 0,65
2	0,200	0,50	$\pm 0,05$	» 0,45 » 0,75
2,5	0,250	0,80	$\pm 0,05$	» 0,50 » 0,80
3	0,300	1,00	$\pm 0,08$	» 0,50 » 0,90
3,5	0,350	1,10	$\pm 0,08$	» 0,65 » 1,10
4	0,400	1,30	$\pm 0,10$	» 0,75 » 1,25
4,5	0,450	1,70	$\pm 0,10$	» 0,75 » 1,25
5	0,500	1,90	$\pm 0,10$	» 0,75 » 1,25
5,5	0,550	2,10	$\pm 0,10$	» 0,85 » 1,35
6	0,600	2,30	$\pm 0,10$	» 0,95 » 1,45
8	0,800	3,10	$\pm 0,10$	» 1,35 » 1,70

Примечания. 1. Вместо размера b_3 и отклонения S допускается контролировать высоту F_3 .

2. Среднее значение F_3 равно $F_1 + 0,2P$ при $P \leq 2$ мм; $F_1 + 0,15P$ при 2 мм $< P < 4,5$ мм; $F_1 + 0,1P$ при $P \geq 4,5$ мм.

Таблица 4.5

**Радиус закругления r_2 профиля калибров
для трапецидальной резьбы, мм**

P	r_2 , не более
1,5	0,15
От 2 до 5	0,25
Свыше 5 до 12	0,50
Свыше 12	1,0

Для укороченного профиля резьбы значения F_1 , F_3 и b_3 указаны в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Размеры укороченного профиля калибров для трапецидальной резьбы
(по ГОСТ 10071–89), мм

P	$F_1 = 0,1P$	b_3		TPS	F_3
		Номинальные размеры	Предельные отклонения		
1.5	0.15	0.60	± 0.04	0.04	От 0,20 до 0,51
2	0,2	0,85	$\pm 0,05$	0,05	» 0,20 » 0,57
3	0,3	1,25	$\pm 0,08$	0,08	» 0,32 » 0,92
4	0,4	1,70	$\pm 0,1$	0,1	» 0,40 » 1,15
5	0,5	2,20			» 0,50 » 1,15
6	0,6	2,65			» 0,70 » 1,30
7	0,7	3,10			» 0,89 » 1,52
8	0,8	3,60			» 0,99 » 1,73
9	0,9	4,05			» 1,20 » 1,93
10	1,0	4,50			» 1,37 » 2,12
12	1,2	5,40	» 1,76 » 2,51		
14	1,4	6,35	$\pm 0,15$	0,15	» 1,77 » 2,89
16	1,6	7,25			» 2,16 » 3,28
18	1,8	8,20			» 2,45 » 3,57
20	2,0	9,15			» 2,75 » 3,87
22	2,2	10,10			» 3,04 » 4,16
24	2,4	11,05			» 3,33 » 4,45
28	2,8	12,90	» 4,01 » 5,13		
32	3,2	14,90	$\pm 0,2$	0,2	» 4,13 » 5,63
36	3,6	16,85			» 4,63 » 6,12
40	4,0	18,70			» 5,31 » 6,80
44	4,4	20,60			» 5,89 » 7,39
48	4,8	22,50			» 6,48 » 7,97

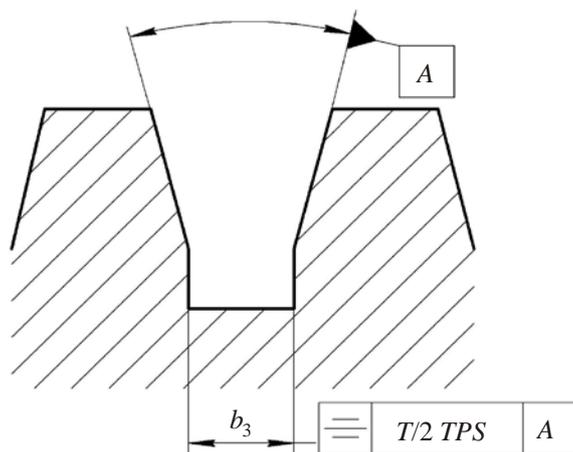


Рис. 4.17. Отклонение от симметричности канавки

Допуск симметричности TPS канавки шириной b_3 относительно базовой плоскости симметрии боковых сторон профиля резьбы (рис. 4.17) должен быть не более тех значений, которые указаны в табл. 4.6.

Длина резьбы проходных калибров должна составлять не менее 0,8 длины свинчивания резьбы. Для унификации изготавливаемых проходных калибров длина резьбы калибров устанавливается равной 0,8 средней нормальной длины свинчивания N_k :

$$N_k = \frac{N_{\min} + N_{\max}}{2},$$

где N_{\min} и N_{\max} – наименьшее и наибольшее значения нормальной длины свинчивания по ГОСТ 16093–2004 для метрической резьбы и по ГОСТ 24739–81 (СТ СЭВ 185–75) для трапецеидальной резьбы.

Длина резьбы непроходных калибров должна состоять не менее чем из трех полных витков.

Допуски резьбовых калибров

Расположение полей допусков среднего диаметра калибров для контроля наружной и внутренней резьбы метрической по ГОСТ 24997–2004 (ИСО 1502:1996) и трапецеидальной по ГОСТ 1007–89 показано на рис. 4.18, 4.19, 4.20, 4.21.

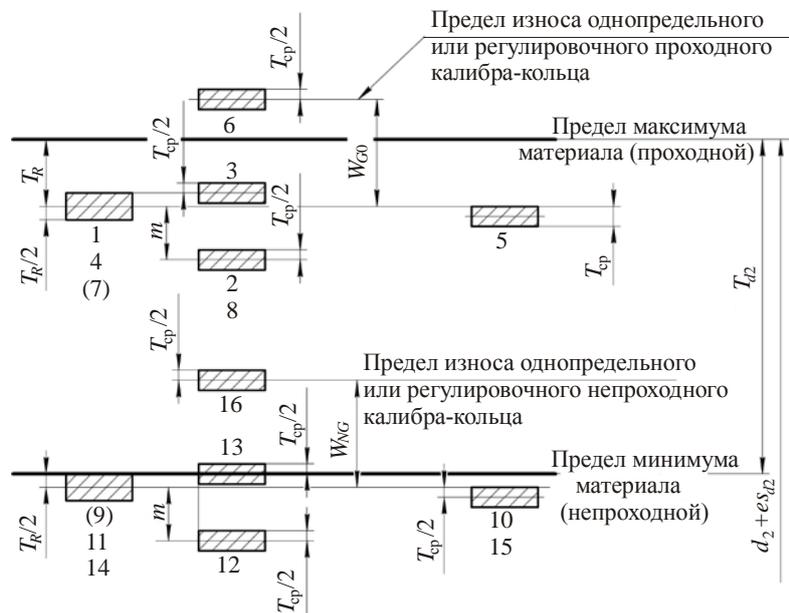


Рис. 4.18. Расположение полей допусков среднего диаметра калибров для контроля наружной метрической резьбы

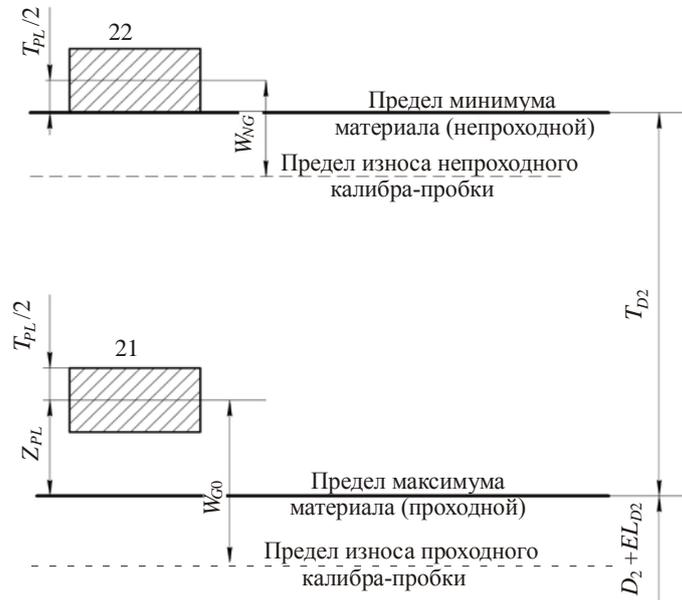


Рис. 4.19. Расположение полей допусков среднего диаметра калибров для контроля внутренней метрической резьбы

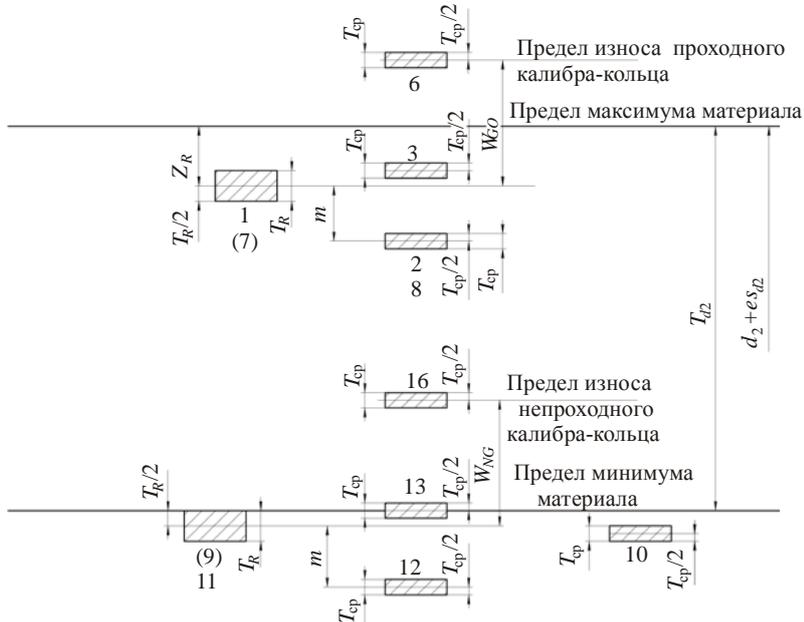


Рис. 4.20. Расположение полей допусков среднего диаметра резьбовых калибров для контроля наружной трапецидальной резьбы

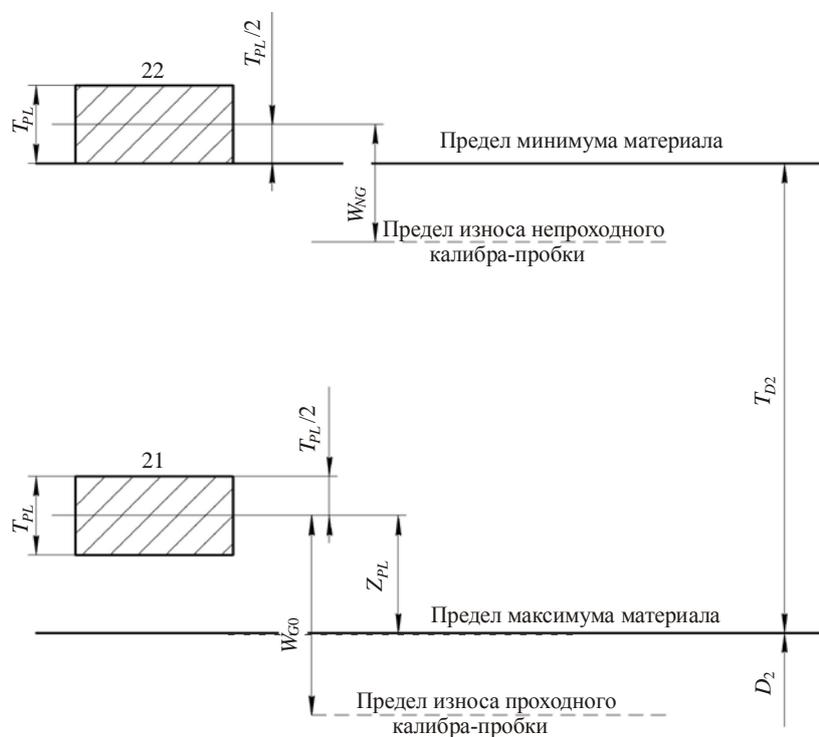


Рис. 4.21. Расположение полей допусков среднего диаметра резьбовых калибров для внутренней трапецеидальной резьбы

Таблица 4.7

Допуски и расположение полей допусков резьбовых калибров для метрической резьбы (по ГОСТ 24997–2004), мкм

T_{d_2}, T_{D_2} по ГОСТ 16093–2004, ГОСТ 24834–81, ГОСТ 4608–81	T_R	T_{PL}	T_{cp}	m	Z_R	Z_{PL}	W_{G0}		W_{NG}	
							Калибр-кольцо	Калибр-пробка	Калибр-кольцо	Калибр-пробка
Св. 24 до 50	8	6	6	10	–4	0	10	8	7	6
» 50 » 80	10	7	7	12	–2	2	12	9,5	9	7,5
» 80 » 125	14	9	8	15	2	6	16	12,5	12	9,5
» 125 » 200	18	11	9	18	8	12	21	17,5	15	11,5
» 200 » 315	23	14	12	22	12	16	25,5	21	19,5	15
» 315 » 500	30	18	15	27	20	24	33	27	25	19
» 500 » 710	38	22	18	33	28	32	41	33	31	23
» 710 » 1000	48	28	22	40	38	42	50	40	38	28

Таблица 4.8

**Допуски и расположение полей допусков резьбовых калибров
для трапецидальной резьбы (по ГОСТ 10071–89), мкм**

T_{d_2}, T_{D_2} по ГОСТ 9562	T_R	T_{PL}	T_{cp}	m	Z_R	Z_{PL}	W_{G0}		W_{NG}	
							Калибр-кольцо	Калибр-пробка	Калибр-кольцо	Калибр-пробка
Св. 125 до 200	26	16	14	22	12	17	30	25	22	17
» 200 » 315	34	20	18	28	17	23	37	30	28	22
» 315 » 500	42	26	22	35	29	35	48	39	36	28
» 500 » 800	54	32	26	43	40	46	60	48	45	33
» 800 » 1180	66	38	30	51	48	54	72	57	54	39
» 1180 » 1700	80	48	38	62	58	64	90	72	68	49
» 1700 » 2120	96	58	46	74	70	76	108	87	81	60

Примечания. 1. Величины T_{cp} максимальные. При расчете размеров резьбовых калибров 2, 8, 10, 12 допускается увеличение наименьшего предельного среднего диаметра на величину до $T_{cp}/2$ для обеспечения запаса на износ.

2. С целью ограничения числа проходных калибров для одного и того же размера резьбы с одинаковым основным отклонением, но разной степени точности рекомендуется изготавливать их для резьбы с наименьшими значениями допусков, установленными в ГОСТ 9562.

3. Допуски T_R , T_{PL} и T_{cp} включают в себя отклонения формы профиля резьбы и отклонение от цилиндричности среднего диаметра.

Таблица 4.9

**Предельные отклонения угла наклона боковой стороны профиля
резьбы калибров для метрической резьбы (по ГОСТ 24997–2004)**

P , мм	$\frac{T_{\alpha_1}}{2} (\pm)$		$\frac{T_{\alpha_2}}{2} (\pm)$	
	При степени точности контролируемой резьбы			
	2	3...10	2	3...10
0,2	–	60'	–	60'
0,25	–	48	–	48
0,3	–	40	–	40
0,35	–	35	–	35
0,4	–	31	–	31
0,45	–	26	–	26
0,5	–	25	–	25
0,6	–	21	–	21
0,7	–	18	–	18

Окончание табл. 4.9

P, мм	$\frac{T_{\alpha_1}}{2} (\pm)$		$\frac{T_{\alpha_2}}{2} (\pm)$	
	При степени точности контролируемой резьбы			
	2	3...10	2	3...10
0,75	–	17	–	17
0,8	12'	16	12'	16
1	10	15	10	16
1,25	8	13	8	16
1,5	8	12	8	16
1,75	7	11	7	16
2	7	10	7	14
2,5	6	10	6	14
3	6	9	6	13
3,5	–	9	–	12
4	–	8	–	11
4,5	–	8	–	11
5	–	8	–	11
5,5	–	8	–	10
6	–	8	–	10
8	–	8	–	10

Предельные отклонения угла наклона боковой стороны профиля резьбы калибров приведены в табл. 4.9 для метрической резьбы и в табл. 4.10 – для трапецидальной резьбы.

Допуски шагов резьбы должны соответствовать указанным в табл. 4.11 для метрической резьбы и в табл. 4.12 для трапецидальной резьбы.

Таблица 4.10

Предельные отклонения угла наклона боковой стороны профиля калибров для трапецидальной резьбы (по ГОСТ 10071–89)

P, мм	$\frac{T_{\alpha_1}}{2}$	$\frac{T_{\alpha_2}}{2}$
	(\pm)	
1,5	12'	16'
2	10	14
3	9	13
4 и 5	8	11
Св. 5 до 9	7	10
» 9 » 20	7	9
» 20 » 48	6	8



Т а б л и ц а 4.11

**Допуски шага резьбы калибров для метрической резьбы
(по ГОСТ 24997–2004)**

Длина резьбы рабочей части калибров, мм	T_p , мкм	
	Степень точности резьбы	
	2	3 – 10
До 12	3	5
Св. 12 до 32	4	5
» 32 » 50	5	6
» 50 » 105	6	7

Примечания. 1. Значение T_p относится к расстоянию между любыми витками резьбы калибра.

2. Действительное отклонение может быть со знаком «минус» или «плюс».

Т а б л и ц а 4.12

**Допуски шага резьбы калибров для трапецеидальной резьбы
(по ГОСТ 10071–89)**

Длина резьбы рабочей части калибра, мм	T_p , мкм
До 32	5
Св. 32 до 50	6
» 50 » 80	7
» 80 » 120	8
» 120	10

Примечания. 1. Значение T_p относится к расстоянию между любыми витками резьбы калибра.

2. Действительное отклонение может быть со знаком «минус» или «плюс».

4.2.3. Расчет резьбовых калибров

Для метрической резьбы. Размеры диаметров резьбы калибров для контроля наружной резьбы должны рассчитываться по формулам, указанным в табл. 4.13, для контроля внутренней резьбы – в табл. 4.14.

Для трапецеидальной резьбы. Размеры наружного, среднего и внутреннего диаметров резьбы калибров для контроля наружной резьбы должны определяться по формулам, приведенным в табл. 4.15, калибров для контроля внутренней резьбы – в табл. 4.16.

Примечание. При простановке на чертежах предельных отклонений необходимо весь допуск проставлять в тело калибра, т. е. для калибров-пробок – как для основного вала, а для калибров-колец – как для основного отверстия.

Таблица 4.13

**Формулы для определения размеров резьбовых рабочих калибров-колец и контрольных калибров-пробок
для контроля наружной метрической резьбы (по ГОСТ 24997–2004)**

Номер вида калибра	Наименование и назначение вида калибра	Профили резьбы в соответствии с рисунком	Наружный диаметр		Средний диаметр		Внутренний диаметр	
			Размер	Предельное отклонение	Размер	Предельное отклонение	Размер	Предельное отклонение
1 (ПР)	Калибр-кольцо резьбовой проходной нерегулируемый	Рис. 4.10	$d + es_d + T_{PL} + \frac{H}{12}$ по канавке или радиусу, не менее		$d_2 + es_{d_2} - Z_R$	$\pm \frac{T_R}{2}$	$d_1 + es_{d_1}$	$\pm \frac{T_R}{2}$
4 (ПР)	Калибр-кольцо резьбовой проходной регулируемый	Рис. 4.10	$d + es_d + T_{PL} + \frac{H}{12}$ по канавке или радиусу, не менее		Не регламентированы, а определяются калибрами У-ПР (5) и К-ПР-НЕ (3)		$d_1 + es_{d_1}$	$\pm \frac{T_R}{2}$
11 (НЕ)	Калибр-кольцо резьбовой непроходной нерегулируемый	Рис. 4.12	$d + es_d + T_{PL} + \frac{H}{12}$ по канавке или радиусу, не менее	-	$d_2 + es_{d_2} - T_{d_2} - \frac{T_R}{2}$	$\pm \frac{T_R}{2}$	$d_2 + es_{d_2} - T_{d_2} - \frac{T_R}{2} - 2F_1$	$\pm T_R$

Формулы для определения размеров резьбовых рабочих калибров-пробок для контроля внутренней метрической резьбы (по ГОСТ 24997–2004)

Номер вида калибра	Наименование и назначение вида калибра	Профили резьбы в соответствии с рисунком	Наружный диаметр		Средний диаметр			Внутренний диаметр	
			Размер	Предельное отклонение	Размер	Предельное отклонение	Предел износа	Размер	Предельное отклонение
21 (ПР)	Калибр-пробка резьбовой проходной	Рис. 4.9	$D + EI_D + Z_{PL}$	$\pm T_{PL}$	$D_2 + EI_{D_2} + Z_{PL}$	$\pm \frac{T_{PL}}{2}$	$D_2 + EI_{D_2} + Z_{PL} - W_{GO}$	$D_1 + EI_{D_1} - \frac{H}{6}$ по канавке или радиусу, не более	
22 (НЕ)	Калибр-пробка резьбовой непроходной	Рис. 4.11	$D_2 + EI_{D_2} + T_{D_2} + \frac{T_{PL}}{2} + 2F_1$	$\pm T_{PL}$	$D_2 + EI_{D_2} + T_{D_2} + \frac{T_{PL}}{2}$	$\pm \frac{T_{PL}}{2}$	$D_2 + EI_{D_2} + T_{D_2} + \frac{T_{PL}}{2} - W_{NG}$	$D_1 + EI_{D_1} - \frac{H}{6}$ по канавке или радиусу, не более	

Примечание. Вместо значения $-\frac{H}{6}$ следует применять значение r_2 , если оно было рассчитано по формулам для действительного профиля резьбы калибров.



Таблица 4.15

Формулы для расчета размеров резьбовых калибров для контроля наружной трапецидальной резьбы (по ГОСТ 10071–89)

Номер вида калибра	Наименование и назначение калибра	Профили резьбы в соответствии с рисунком	Наружный диаметр		Средний диаметр		Внутренний диаметр	
			Размер	Предельное отклонение	Размер	Предельное отклонение	Размер	Предельное отклонение
1 (ПР)	Калибр-кольцо резьбовой проходной нерегулируемый	Рис. 4.14	D_4 , не менее	–	$d_2 + es_{d_2} - Z_R$	$\pm \frac{T_R}{2}$	D_1	$\pm \frac{T_R}{2}$
11 (НЕ)	Калибр-кольцо резьбовой непроходной нерегулируемый	Рис. 4.16	D_4 , по канавке не менее	–	$d_2 + es_{d_2} - T_{d_2} - \frac{T_R}{2}$	$\pm \frac{T_R}{2}$	$d_2 + es_{d_2} - T_{d_2} - \frac{T_R}{2} - 2F_1$	$\pm T_R$

Таблица 4.16

**Формулы для расчета размеров резьбовых калибров для контроля
внутренней трапецеидальной резьбы (по ГОСТ 10071–89)**

Номер вида калибра	Наименование и назначение калибра	Профили резьбы в соответ- ствии с ри- сунком	Наружный диаметр		Средний диаметр			Внутренний диаметр
			Размер	Предель- ное отклоне- ние	Размер	Предель- ное отклоне- ние	Предел износа	Размер
21 (ПР)	Калибр-пробка резьбовой проходной	Рис. 4.13	$d + Z_{PL}$	$\pm T_{PL}$	$D_2 + Z_{PL}$	$\pm \frac{T_{PL}}{2}$	$D_2 + Z_{PL} - W_G$	d_3 , не более
22 (НЕ)	Калибр-пробка резьбовой не- проходной	Рис. 4.15	$D_2 + T_{D_2} +$ $+\frac{T_{PL}}{2} + 2F_1$	$\pm T_{PL}$	$D_2 + T_{D_2} +$ $+\frac{T_{PL}}{2}$	$\pm \frac{T_{PL}}{2}$	$D_2 + T_{D_2} +$ $+\frac{T_{PL}}{2} - W_{NG}$	d_3 , по ка- навке не более



4.2.4. Последовательность проектирования резьбовых калибров

Для проектирования резьбовых калибров в качестве исходных данных служат: номинальный наружный диаметр $d(D)$, шаг P , длина свинчивания L , поля допусков контролируемой резьбы. В условном обозначении соединения, состоящего из наружной (болт, винт) и внутренней резьбы (гайка), все эти данные содержатся.

1. Для метрической резьбы по ГОСТ 24705–2004 по заданному номинальному наружному диаметру $d(D)$ и шагу P определяются номинальный средний $d_2(D_2)$ и внутренний $d_1(D_1)$ диаметры резьбового соединения.

Для трапецеидальной резьбы по ГОСТ 24737–81 (СТ СЭВ 838–78) помимо среднего диаметра $d_2(D_2)$ определяются внутренний диаметр винта d_3 , наружный диаметр D_4 и внутренний диаметр D_1 гайки.

2. В соответствии с заданными полями допусков на наружный, средний и внутренний диаметры по ГОСТ 16093–2004 для метрических резьб и по ГОСТ 9562–81 (СТ СЭВ 836–78) для трапецеидальных резьб определяются предельные отклонения для болта (винта) и гайки.

3. По табл. 4.1 и 4.2 выбирается вид калибра.

4. По формулам, приведенным в табл. 4.13 и 4.14 для метрической резьбы и в табл. 4.15 и 4.16 для трапецеидальной резьбы, рассчитываются наружный, средний и внутренний диаметры калибров с их предельными отклонениями (см. примечание к разд. 4.2.3).

5. Правильность расчета исполнительных размеров калибров проверяется по ГОСТ 18465–73 и ГОСТ 18466–73 для метрической резьбы.

6. Подсчитывается или выбирается длина резьбы калибров (см. разд. 4.2.2).

7. Выполняются чертежи калибров со всеми требованиями к материалу, термообработке, точности размеров, формы и расположения поверхностей и шероховатости по ГОСТ 2016–86. Отдельные требования к размерам, а также к точности шагов, углов наклона, симметричности даны в табл. 4.6, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12.

Конструкции калибров-пробок и калибров-колец выбираются в зависимости от выбранного вида калибра по стандартам, представленным в конце настоящего пособия.

4.2.5. Примеры расчетов рабочих резьбовых калибров

Пример 1. Для резьбового соединения М6-6Н/6е определить исполнительные размеры резьбовых калибров для контроля внутренней (гайки) и наружной (болта) резьбы:

– по заданному наружному диаметру $d(D)$ по ГОСТ 8724–2002 (ИСО 68-1–98) определяем шаг резьбы (в условном обозначении, если не указан шаг, то подразумевается крупный шаг). Для $d = 6$ мм шаг $P = 1$ мм. Зная наружный диаметр и шаг, по ГОСТ 24705-20–04 определяем номинальный средний $d_2(D_2)$ и внутренний $d_1(D_1)$ диаметры и заносим их в табл. 4.17;

– по заданным полям допусков (6Н – для гайки и 6е – для болта) по ГОСТ 16093–2004 находим предельные отклонения на средний и внутренний диаметры гайки и на средний и наружный диаметры болта. Они приведены в табл. 4.17. В этой же таблице указываются максимальные и минимальные предельные размеры для болта и гайки.

После формирования массива исходных данных производим расчет исполнительных размеров калибров отдельно для контроля гайки и болта по формулам, приведенным в табл. 4.13 и 4.14.

Расчет калибров-пробок для контроля гайки

1. Калибр-пробка резьбовой проходной ПП.

Наружный диаметр проходной пробки d_k определяется по формуле (см. табл. 4.14)

$$d_k = (D + EI_D + Z_{PL}) \pm T_{PL}.$$

По табл. 4.7 в зависимости от допуска на средний диаметр гайки, а он определяется как разность предельных отклонений, т. е.

$$TD_2 = ES_{D_2} - EI_{D_2} = 150 - 0 = 150 \text{ мкм},$$

выбираем $Z_{PL} = 12$ мкм и $T_{PL} = 11$ мкм и тогда $d_k = 6 + 0 + 0,012 = 6,012 \pm 0,011$, на чертеже будем проставлять размер $d_k = 6,023_{-0,022}$.

Средний диаметр проходной пробки d_{2k} :

$$d_{2k} = (D_2 + EI_{D_2} + Z_{PL}) \pm \frac{T_{PL}}{2} = (5,35 + 0 + 0,012) \pm \frac{0,011}{2} = 5,362 \pm 0,0055.$$

Окончательно для простановки на чертеже принимаем размер $d_{2k} = 5,3675_{-0,011}$.

Средний диаметр проходной пробки с учетом износа (изношенный) $d_{2k \text{ изн}}$:

$$d_{2_{\text{изн}}} = D_2 + EI_{D_2} + Z_{PL} - W_{GO} = 5,35 + 0 + 0,012 - 0,0175 = 5,3445 ,$$

$W_{GO} = 0,0175$ – по табл. 4.7.

Т а б л и ц а 4.17

Исходные параметры соединения с метрической резьбой

Резбовое соединение М6-6H/6e	Наружная резьба (болт)			Внутренняя резьба (гайка)		
	Наружный диаметр d	Внутрен- ний диа- метр d_1	Средний диа- метр d_2	Наружный диаметр D	Внутрен- ний диа- метр D_1	Средний диаметр D_2
Диаметры, мм	6,000	4,917	5,350	6,000	4,917	5,350
Верхнее отклонение $es(ES)$, мкм	-60	-60	-60	-	+236	+150
Нижнее от- клонение $ei(EI)$, мкм	-240	-	-172	0	0	0
$d(D)_{\text{max}}$, мм	5,940	4,857	5,290	-	5,253	5,500
$d(D)_{\text{min}}$, мм	5,760	-	5,178	6,000	4,917	5,350

Внутренний диаметр по канавке или радиусу (в зависимости от исполнения) $d_{1к}$:

$$d_{1к} = D_1 + EI_{D_1} - \frac{H}{6} = 4,917 + 0 - 0,14 = 4,777 ,$$

не более $\frac{H}{6} = 0,14$ – по табл. 4.3.

2. Калибр-пробка резьбовой непроходной HE.

Наружный диаметр непроходной пробки $d_{к}$:

$$d_{к} = (D_2 + EI_{D_2} + T_{D_2} + \frac{T_{PL}}{2} + 2F_1) \pm T_{PL} .$$

По табл. 4.4 в зависимости от шага резьбы P выбираем размер $F_1 = 0,1$
 $F_1 = 0,1P = 0,1$ мм, и тогда

$$d_{к} = \left(5,35 + 0 + 0,150 + \frac{0,011}{2} + 0,2 \right) \pm 0,11 = 5,7055 \pm 0,011 .$$

Окончательно исполнительный размер наружного диаметра принимаем $d_k = 5,7165_{-0,022}$.

Средний диаметр непроходной пробки d_{2_k} :

$$d_{2_k} = \left(D_2 + EI_{D_2} + T_{D_2} + \frac{T_{PL}}{2} \right) \pm \frac{T_{PL}}{2} = \left(5,35 + 0 + 0,150 + \frac{0,011}{2} \right) \pm 0,0055.$$

Окончательно $d_{2_k} = 5,511_{-0,011}$.

Средний размер непроходной пробки изношенной $d_{2_{к,изн}}$:

$$d_{2_{к,изн}} = D_2 + EI_{D_2} + T_{D_2} + \frac{T_{PL}}{2} - W_{NG}, \quad W_{NG} = 0,0115 \text{ (по табл. 4.7).}$$

$$d_{2_{к,изн}} = 5,35 + 0 + 0,150 + 0,0055 - 0,0115 = 5,494.$$

Внутренний диаметр непроходной пробки d_{1_k} :

$$d_{1_k} = D_1 + EI_{D_1} - \frac{H}{6},$$

или

$$d_{1_k} = D_1 + EI_{D_1} - r_2; \quad r_2 = 0,140 \text{ – по табл. 4.3}$$

и тогда $d_{1_k} = 4,917 + 0 - 0,140 = 4,777$, не более, – это размер внутреннего диаметра по радиусу.

После расчета исполнительных размеров калибров-пробок выбираем по ГОСТ 17756–72 и ГОСТ 17757–72 длину резьбовой части калибра: для проходной пробки она равна 8 мм, а для непроходной 5 мм. Предельные отклонения на половину угла профиля и шаг резьбы назначаем по табл. 4.9 и 4.11. Остальные размеры калибров-пробок – в соответствии с ГОСТ 17756–72 и ГОСТ 17757–72.

Расчет калибров-колец для контроля болта

1. *Калибр-кольцо резьбовой проходной ПР.* Наружный диаметр калибра-кольца проходного D_k :

$$D_k = d + es_d + T_{PL} + \frac{H}{12},$$

где $T_{PL} = 0,009$ – по табл. 4.7 (находится по допуску на средний диаметр болта, равного $T_{d_2} = es_{d_2} - es_{d_2} = -60 - (-172) = 112$ мкм); $\frac{H}{12} = 0,072$ по табл. 4.3, и тогда $D_k = 6 - 0,060 + 0,009 + 0,072 = 6,021$, не менее, D_k – это размер наружного диаметра калибра-кольца по канавке или радиусу.

Средний диаметр калибра-кольца проходного D_{2_k} :

$$D_{2_k} = (d_2 + es_{d_2} - Z_R) \pm \frac{T_R}{2},$$

где $Z_R = 0,002$, $T_R = 0,014$ по табл. 4.7, и тогда

$$D_{2_k} = (5,35 - 0,06 - 0,002) \pm 0,007 = 5,288 \pm 0,007.$$

Для простановки на чертеже калибра-кольца принимаем размер $D_{2_k} = 5,281^{+0,014}$.

Средний размер калибра-кольца проходного изношенного $D_{2_{к\text{изн}}}$ рассчитывается по формулам, выводимым из рис. 4.18.

$$D_{2_{к\text{изн}}} = d_2 + es_{d_2} - Z_R + W_{G0} = 5,35 - 0,06 - 0,002 + 0,016 = 5,304,$$

$$W_{G0} = 0,016 \text{ – по табл. 4.7 для } T_{d_2} = 112 \text{ мкм.}$$

Внутренний диаметр калибра-кольца проходного D_{1_k} :

$$D_{1_k} = (d_1 + es_{d_1}) \pm \frac{T_R}{2} = (4,917 - 0,06) \pm 0,007.$$

Окончательно $D_{1_k} = 4,85^{+0,014}$.

2. Калибр-кольцо резьбовой непроходной НЕ.

Наружный диаметр калибра-кольца НЕ:

$$D_k = d + es_d + T_{PL} + \frac{H}{12} = 6,0 - 0,060 + 0,009 + 0,072 = 6,021,$$

не менее (по канавке или радиусу).

Средний диаметр калибра-кольца НЕ:

$$\begin{aligned} D_{2_k} &= \left(d_2 + es_{d_2} - Td_2 - \frac{T_R}{2} \right) \pm \frac{T_R}{2} = \\ &= (5,35 - 0,060 - 0,112 - 0,007) \pm 0,007 = 5,171 \pm 0,007. \end{aligned}$$

Окончательно $D_{2к} = 5,164^{+0,014}$.

Средний диаметр калибра-кольца НЕ изношенного $D_{2к\text{изн}}$:

$$D_{2к\text{изн}} = d_2 + es_{d_2} - Td_2 - \frac{T_R}{2} + W_{NG},$$

где $W_{NG} = 0,012$ по табл. 4.7, и тогда

$$D_{2к\text{изн}} = 5,35 - 0,060 - 0,0112 - 0,007 + 0,012 = 5,183.$$

Внутренний диаметр калибра-кольца НЕ $D_{1к}$:

$$D_{1к} = \left(d_2 + es_{d_2} - Td_2 - \frac{T_R}{2} - 2F_1 \right) \pm T_R,$$

где $2F_1 = 2 \cdot 0,1 = 0,2$ по табл. 4.4, и тогда

$$D_{1к} = (5,35 - 0,060 - 0,112 - 0,007 - 0,2) \pm 0,014 = 4,971 \pm 0,014.$$

Окончательно принимаем размер $D_{1к} = 4,957^{+0,028}$.

После расчета исполнительных размеров калибров-колец длину резьбы калибров или рассчитываем по формуле $N_k = \frac{N_{\min} + N_{\max}}{2}$ – для проходных калибров и для непроходных – не менее $3P$, или назначаем по ГОСТ 17763–72 для колец резьбовых с полным профилем резьбы, т. е. проходных, и по ГОСТ 17764–72 – для колец с неполным профилем резьбы, т. е. непроходных. Для калибров, приведенных в нашем примере, длина резьбовой части для ПР должна быть не менее 7,5 мм, а для НЕ – не менее 5,0 мм. Предельные отклонения на половину угла профиля и шаг резьбы назначаем по табл. 4.9 и 4.11. Остальные размеры калибров – в соответствии с выбранной конструкцией. Рабочие чертежи калибров для метрической резьбы приведены в приложении 5.

Пример 2. Для резьбового соединения Tr36×6-7H/7e определить исполнительные размеры резьбовых калибров для контроля внутренней резьбы (гайки) и наружной резьбы (винта):

– по данному наружному диаметру $d(D)$ и шагу P по ГОСТ 24737–81 (СТ СЭВ 838–78) определяем наружные, средние и внутренние диаметры винта и гайки, а по заданным полям допусков гайки и винта по ГОСТ 9562–81 (СТ СЭВ 836–78) находим предельные отклонения на параметры резьбы и заносим в сводную табл. 4.18;

– после формирования массива исходных данных выбираем вид калибра по табл. 4.1.

Для контроля наружной трапецеидальной резьбы (винта) выбираем калибр-кольцо проходной нерегулируемый ПР № 1 и калибр-кольцо резьбовой непроходной нерегулируемый НЕ № 11.

Для контроля внутренней трапецеидальной резьбы (гайки) выбираем калибр-пробку резьбовую проходную ПР 21 и калибр-пробку резьбовую непроходную НЕ 22.

Т а б л и ц а 4.18

Исходные параметры для соединения с трапецеидальной резьбой

Резьбовое соединение Tr36 × 6-7H/7e	Наружная резьба (винт)			Внутренняя резьба (гайка)		
	Наружный диаметр d	Внутренний диаметр d_3	Средний диаметр d_2	Наружный диаметр D_4	Внутренний диаметр D_1	Средний диаметр D_2
Диаметры, мм	36	29	33	37	30	33
Верхнее отклонение $es(ES)$, мкм	0	0	-118	Не нормируется	500	450
Нижнее отклонение $ei(EI)$, мкм	-375	-537	-453	0	0	0
$d(D)_{\max}$, мм	36	29	32,882	–	30,500	33,450
$d(D)_{\min}$, мм	35,625	28,463	32,547	37	30	33

Расчеты калибров-пробок и калибров-колец производим отдельно по формулам, приведенным в табл. 4.15 и 4.16.

Расчет резьбовых калибров-колец для контроля винта**1. Калибр-кольцо резьбовой проходной ПР**

Наружный диаметр проходного калибра-кольца D_k не должен быть меньше наружного диаметра D_4 гайки, т. е. $D_k \geq 37$ мм.

Средний диаметр калибра-кольца проходного D_{2_k} :

$$D_{2_k} = (d_2 + es_{d_2} - Z_R) \pm \frac{T_R}{2},$$

где $Z_R = 0,029$, $T_R = 0,042$ по табл. 4.8, и тогда

$$D_{2_k} = (33 - 0,118 - 0,029) \pm 0,021 = 32,853 \pm 0,021.$$

Окончательно принимаем размер $D_{2_k} = 32,832^{+0,042}$.

Средний диаметр калибра-кольца проходного изношенного $D_{2_{к\text{изн}}}$:

$$D_{2_{\text{к,изн}}} = d_2 + es_{d_2} - Z_R + W_{G0} = 33 - 0,118 - 0,029 + 0,048 = 32,901,$$

$W_{G0} = 0,048$ по табл. 4.8.

Внутренний диаметр калибра-кольца проходного $D_{1_{\text{к}}}$:

$$D_{1_{\text{к}}} = D_1 \pm \frac{T_R}{2} = 30 \pm 0,021.$$

Окончательно: $D_{1_{\text{к}}} = 29,979^{+0,042}$.

2. Калибр-кольцо резьбовой непроходной НЕ.

Наружный диаметр непроходного калибра-кольца $D_{\text{к}}$ не должен быть меньше наружного диаметра D_4 гайки, т. е. $D_{\text{к}} \geq 37$ мм.

Средний диаметр непроходного калибра-кольца $D_{2_{\text{к}}}$:

$$D_{2_{\text{к}}} = \left(d_2 + es_{d_2} - Td_2 - \frac{T_R}{2} \right) \pm \frac{T_R}{2} =$$

$$= (33 - 0,118 - 0,335 - 0,021) \pm 0,021 = 32,526 \pm 0,021.$$

Окончательно $D_{2_{\text{к}}} = 32,505^{+0,042}$.

Средний диаметр непроходного калибра-кольца изношенного $D_{2_{\text{к,изн}}}$:

$$D_{2_{\text{к,изн}}} = d_2 + es_{d_2} - Td_2 - \frac{T_R}{2} + W_{NG} =$$

$$= 33 - 0,0118 - 0,335 - 0,021 + 0,036 = 32,562.$$

Внутренний диаметр непроходного калибра-кольца $D_{1_{\text{к}}}$:

$$D_{1_{\text{к}}} = \left(d_2 + es_{d_2} - Td_2 - \frac{T_R}{2} - 2F_1 \right) \pm T_R, \text{ где } F_1 = 0,1P = 0,6 \text{ мм, и тогда}$$

$$D_{1_{\text{к}}} = (33 - 0,118 - 0,335 - 0,021 - 1,2) \pm 0,042 = 31,326 \pm 0,042.$$

Окончательно принимаем размер $D_{1_{\text{к}}} = 31,284^{+0,084}$.

Расчет резьбовых калибров-пробок для контроля гайки

1. Калибр-пробка резьбовой проходной ПР.

Наружный диаметр калибра-пробки ПР $d_{\text{к}}$:

$$d_k = (d + Z_{PL}) \pm T_{PL},$$

где $Z_{PL} = 0,035$ и $T_{PL} = 0,026$ по табл. 4.8, и тогда

$$d_k = (36 + 0,035) \pm 0,026 = 36,035 \pm 0,026.$$

Окончательно $d_k = 36,061_{-0,052}$.

Средний диаметр калибра-пробки ПР d_{2_k} :

$$d_{2_k} = (D_2 + Z_{PL}) \pm \frac{T_{PL}}{2} = (33 + 0,035) \pm 0,013 = 33,035 \pm 0,013.$$

Окончательно $d_{2_k} = 33,048_{-0,026}$.

Средний диаметр калибра-пробки ПР изношенного $d_{2_{к\text{изн}}}$:

$$d_{2_{к\text{изн}}} = D_2 + EI_{D_2} + Z_{PL} - W_{GO} = 33 + 0,035 - 0,039 = 32,996,$$

где $W_{GO} = 0,039$ по табл. 4.8.

Внутренний диаметр калибра-пробки d_{1_k} не более d_3 , т. е. не более 29 мм.

2. Калибр-пробка резьбовой непроходной НЕ.

Наружный диаметр калибра-пробки НЕ d_k :

$$d_k = \left(D_2 + T_{D_2} + \frac{T_{PL}}{2} + 2F_1 \right) \pm T_{PL},$$

где $F_1 = 0,1P = 0,6$ мм по табл. 4.6, и тогда

$$d_k = (33 + 0,45 + 0,013 + 1,2) \pm 0,026 = 34,663 \pm 0,026.$$

Окончательно $d_k = 34,689_{-0,052}$.

Средний диаметр калибра-пробки НЕ d_{2_k} :

$$d_{2_k} = D_2 + T_{D_2} + \frac{T_{PL}}{2} \pm T_{PL} = (33 + 0,45 + 0,013) \pm 0,013 = 33,463 \pm 0,013.$$

Окончательно $d_{2_k} = 33,476_{-0,026}$.

Средний диаметр калибра-пробки НЕ изношенного $d_{2_{к\text{изн}}}$:

$$d_{2_{к\text{изн}}} = D_2 + T_{D_2} + \frac{T_{PL}}{2} - W_{NG},$$

где $W_{NG} = 0,028$ по табл. 4.8, и тогда

$$d_{2, \text{изн}} = 33 + 0,45 + 0,013 - 0,028 = 33,435.$$

Внутренний диаметр калибра-пробки HE $d_{1_k} : d_{1_k} = d_3 = 29$ мм по канавке, не более.

После расчета исполнительных размеров калибров длину резьбовой части проходных калибров рассчитываем по формуле $L = 0,8N_k$, где

$N_k = \frac{N_{\min} + N_{\max}}{2}$. Нормальная длина свинчивания для трапецеидальной резьбы с $d = 36$ и $P = 6$ св. 25 до 75 мм, и тогда

$N_k = \frac{25 + 75}{2} = 50$ мм, $L = 0,8N_k = 40$ мм, т. е. длина резьбовой части проходного калибра-пробки и проходного калибра-кольца должна быть не менее 40 мм.

Длина рабочей части непроходных калибров должна включать в себя не менее трех полных витков, т. е. должна быть не менее 18 мм.

Предельные отклонения угла наклона боковой стороны профиля калибров для трапецеидальной резьбы, по табл. 4.10: $\frac{T_{\alpha_1}}{2} = \pm 8'$; $\frac{T_{\alpha_2}}{2} = \pm 10'$.

Допуск шага резьбы калибров для трапецеидальной резьбы, по табл. 4.12, $T_p = 6$ мкм при длине резьбовой части калибра св. 32 до 50 мм.

Допуск симметричности канавки b_3 относительно боковых сторон профиля резьбы назначается по табл. 4.6 и равен $TPS = 0,1$ мм.

Для контроля среднего диаметра калибров-пробок ПР и HE могут быть использованы калиброванные проволоочки, и тогда рассчитывается размер M .

Для наших калибров-пробок диаметры проволоочек подсчитываются по формуле $d_n = 0,5176 \cdot P = 3,106$ мм, и тогда размер M для проходного калибра будет равен $M = 36,9762_{-0,026}$ и изношенного $M_{\text{изн}} = 36,9242$.

Для непроходного калибра-пробки размер $M - M = 37,4037_{-0,026}$ и $M_{\text{изн}} = 37,3627$.

Остальные размеры калибров назначаются в соответствии с выбранной конструкцией. Рабочие чертежи калибров для контроля трапецеидальной резьбы приведены в приложении 5.



5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ФОРМЫ, РАСПОЛОЖЕНИЯ И КООРДИНИРУЮЩИХ РАЗМЕРОВ

5.1. Отклонения и допуски формы, расположения и координирующих размеров. Общие представления

Отклонением формы *EF* называется отклонение формы (профиля) реальной поверхности от формы номинальной, заданной чертежом. В качестве базы для отсчета отклонения формы в ГОСТ 24642–81 рекомендуется прилегающая поверхность. Для цилиндрических поверхностей в качестве прилегающих поверхностей выбирается описанный цилиндр наименьшего диаметра – для наружных поверхностей и вписанный цилиндр наибольшего диаметра – для внутренних поверхностей. Для плоских поверхностей (профилей) базой для отсчета служит прилегающая плоскость (прямая), соприкасающаяся с реальной плоскостью (профилем) и расположенная вне материала детали так, чтобы расстояние от наиболее удаленной точки реальной плоскости до прилегающей было наименьшим. В указанном стандарте установлены комплексные и дифференцированные (частные) показатели точности формы. Для допускаемых значений (допусков) этих показателей в ГОСТ 2.308–79 установлены условные знаки для обозначения их на чертеже (табл. 5.1). Для частных показателей (овальность, огранка – в поперечном сечении; бочкообразность, седлообразность, конусообразность – в продольном сечении) условные обозначения не предусмотрены. Их оговаривают на чертеже соответствующей записью в технических требованиях, например: «Допуск овальности поверхности А-0,01 мм». Для цилиндрических поверхностей в продольном сечении можно назначать отдельные требования к прямолинейности профиля поверхности и оси детали. Однако следует сразу сказать, что отклонение от прямолинейности оси в пространстве для отверстий и валов «весьма условно отнесено к отклонениям формы, поскольку ось тела вращения не представляет собой элемент детали определенной формы и не подпадает под определение, данное в ГОСТ 24642–81» [3].

Таблица 5.1

Виды отклонений формы и расположения

Вид отклонения формы и расположения, его буквенное обозначение*	Вид допуска	Условное обозначение допуска по ГОСТ 2.308–79
Отклонения и допуски формы		
Отклонение от круглости <i>EFK</i>	Допуск круглости <i>TFK</i>	
Отклонение от цилиндричности <i>EFZ</i>	Допуск цилиндричности <i>TFZ</i>	
Отклонение профиля продольного сечения <i>EFP</i>	Допуск профиля продольного сечения <i>TFP</i>	
Отклонение от прямолинейности оси <i>EFL</i>	Допуск прямолинейности оси <i>TFL</i>	
Отклонение от прямолинейности <i>EFL</i>	Допуск прямолинейности <i>TFL</i>	
Отклонение от плоскостности <i>EFE</i>	Допуск плоскостности <i>TFE</i>	
Отклонения и допуски расположения		
Отклонение от параллельности <i>EPA</i>	Допуск параллельности <i>TPA</i>	
Отклонение от перпендикулярности <i>EPR</i>	Допуск перпендикулярности <i>TPR</i>	
Отклонение от пересечения осей <i>EPX</i>	Допуск пересечения осей <i>TPX</i>	
Отклонение от соосности <i>EPC</i>	Допуск соосности <i>TPC</i>	
Отклонение от симметричности <i>EPS</i>	Допуск симметричности <i>TPS</i>	
Отклонение наклона <i>EPN</i>	Допуск наклона <i>TPN</i>	
Позиционное отклонение <i>EPP</i>	Позиционный допуск <i>TPP</i>	
Суммарные отклонения и допуски формы и расположения		
Радиальное биение <i>ECR</i>	Допуск радиального биения <i>TCR</i>	
Торцовое биение <i>ECA</i>	Допуск торцового биения <i>TCA</i>	
Биение в заданном направлении <i>ECD</i>	Допуск биения в заданном направлении <i>TCD</i>	

Окончание табл. 5.1

Вид отклонения формы и расположения, его буквенное обозначение*	Вид допуска	Условное обозначение допуска по ГОСТ 2.308-79
Полное радиальное биение <i>ECTR</i>	Допуск полного радиального биения <i>TCTR</i>	
Полное торцовое биение <i>ECTA</i>	Допуск полного торцового биения <i>TCTA</i>	
Отклонение формы заданного профиля <i>ECL</i>	Допуск формы заданного профиля <i>TCL</i>	
Отклонение формы заданной поверхности <i>ECE</i>	Допуск формы заданной поверхности <i>TCT</i>	

* Структура буквенного обозначения: первая буква *E* указывает на отклонения формы или расположения; *T* – на допуск формы и расположения. Вторая буква (иногда вторая и третья) указывает на вид геометрической точности: *F* – точность формы; *P* – точность расположения; *C*, *CT* – суммарный допуск формы и расположения. Последняя буква обозначает вид отклонения или вид допуска.

Для плоских поверхностей комплексным показателем является отклонение от плоскостности, а в сечении – отклонение от прямолинейности. Для допускаемых значений этих показателей установлены условные знаки (см. табл. 5.1). В качестве частных показателей рекомендуется выпуклость и вогнутость.

Отклонением расположения *EP* называется отклонение расположения рассматриваемого элемента (поверхности, оси или точки) относительно номинального расположения. Номинальное расположение может быть задано линейным или угловым размером или подразумеваться чертежом, например, номинальный размер соосности, равный нулю. Расположение рассматриваемого элемента может быть задано по отношению к другому элементу или к базе (базам). В ГОСТ 24642–81 предусмотрено семь видов отклонений расположения, которые приведены в табл. 5.1. Для этих видов отклонений расположения отклонения формы рассматриваемых и базовых поверхностей при контроле должны быть исключены из рассмотрения. В отдельных случаях отклонения формы могут быть учтены в методиках выполнения измерений (МВИ) как методическая составляющая погрешности.

Для нормирования совместного вида отклонения формы и расположения в этом стандарте предусмотрена группа отклонений, называемая суммарным отклонением формы и расположения, которые также представлены в табл. 5.1.

Координирующие размеры можно отнести к размерам, определяющим расположение поверхностей, так как они определяют положения рассмат-

риваемого элемента по отношению к другим, в том числе и базовым элементам. Этот термин используется в ГОСТ Р 50056–92, поэтому мы его в дальнейшем будем использовать наряду с термином «расположение поверхностей».

5.2. Базы, используемые для нормирования требований к точности расположения и координирующих размеров*

При нормировании требований к точности расположения приходится иметь дело одновременно не менее чем с двумя поверхностями элементов детали. Поэтому при этом нормировании возможны два варианта:

- требование в отношении точности расположения двух или более элементов относительно друг друга;
- требование в отношении точности расположения поверхности (поверхностей) относительно другой (других) поверхности (поверхностей).

Если требования к точности расположения нормируются относительно другой поверхности или набора поверхностей, то эти (другие) поверхности называются базами. Очень часто базовые поверхности называют «базовым элементом», а поверхность, для которой устанавливаются требования к точности расположения, называют «рассматриваемым» или «нормируемым» элементом. Базами могут быть плоскости, оси, плоскости симметрии. Если базой является поверхность вращения, например, цилиндр или конус, то в качестве базы обычно рассматривается ось этого элемента.

Исходя из функционального назначения базовая поверхность является наиболее важной. Базовые размеры устанавливают номинальное месторасположение взаимосвязанных элементов. База может быть единичной, а может состоять из двух-трех базовых элементов, в этом случае говорят о комплекте баз. Так как реальные поверхности детали имеют погрешности формы, то они при измерении заменяются прилегающими или другими идеальными поверхностями, например средними. Поэтому в качестве базы используются теоретически точные точки, оси или плоскости, выведенные из фактического геометрического прототипа, указывающие на начало отсчета для оценки размерных связей. Для оценки расположения поверхностей, когда задан комплект баз, необходима базовая система координат. Создание теоретической базовой системы координат осуществляется по реальным элементам детали. На рис. 5.1 показано создание базовой системы координат для корпусной детали, где базами являются плоскости.

* В дальнейшем для краткости точность расположения и координирующих размеров будем называть точностью расположения.

На рис. 5.2 показано создание базовой системы координат для детали типа диск с четырьмя отверстиями, где базовая ось Б определяется на пересечении плоскостей X и Y под прямыми углами и является началом отсчета соответствующих базовых размеров.

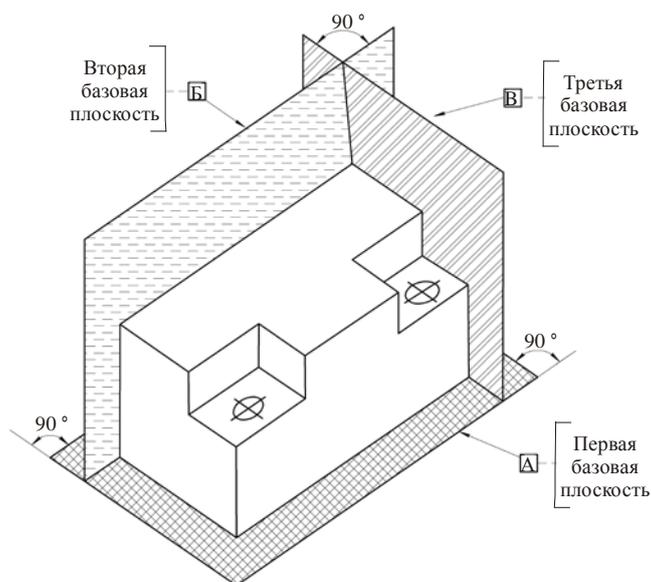


Рис. 5.1. Система координат для корпусной детали

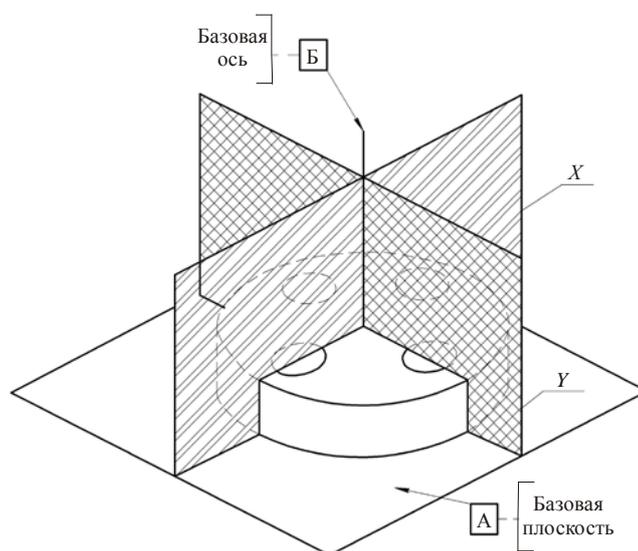


Рис. 5.2. Система координат для детали типа диск

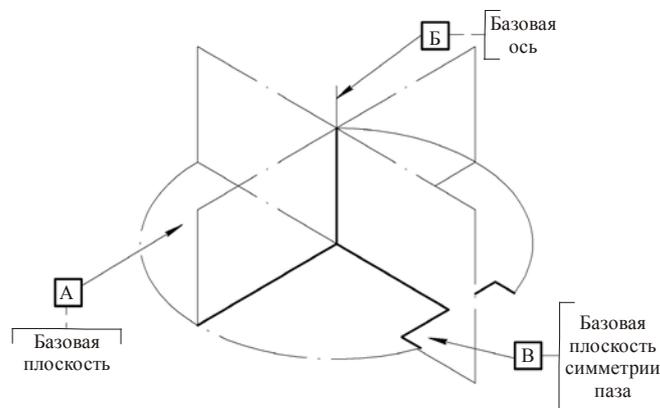


Рис. 5.3. Базовая система координат для цилиндрической детали с пазом

Когда требуется для цилиндрической детали дополнительная угловая ориентация, например, в детали имеются отверстия и пазы (см. рис. 5.8), необходима еще и третья база. На рис. 5.3 показано создание базовой системы координат для цилиндрической детали с пазом.

Обозначение баз на чертежах

На чертеже детали базы обозначают зачерненным треугольником, связанным с рамкой, как показано на рис. 5.4.

Если соединение с базой или другой поверхностью затруднительно, то поверхность базы или другого элемента обозначается прописной буквой и указывается в третьей части рамки, как указано на рис. 5.5.

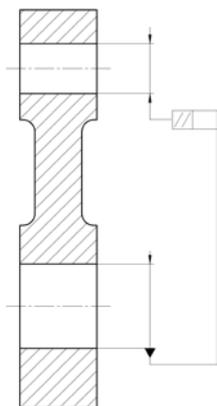


Рис. 5.4. Обозначение требования параллельности оси отверстия к базовой оси

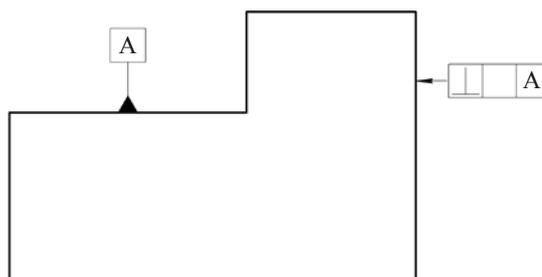


Рис. 5.5. Обозначение требования перпендикулярности плоскости к базовой плоскости **A**

Если необходимо задать комплект баз, то базы заносятся в рамку контроля слева направо в порядке убывания числа степеней свободы, лишаемых ими, порядок создается измерительной оснасткой.

Пример 1. Обозначение баз для плоских базовых поверхностей (рис. 5.6).

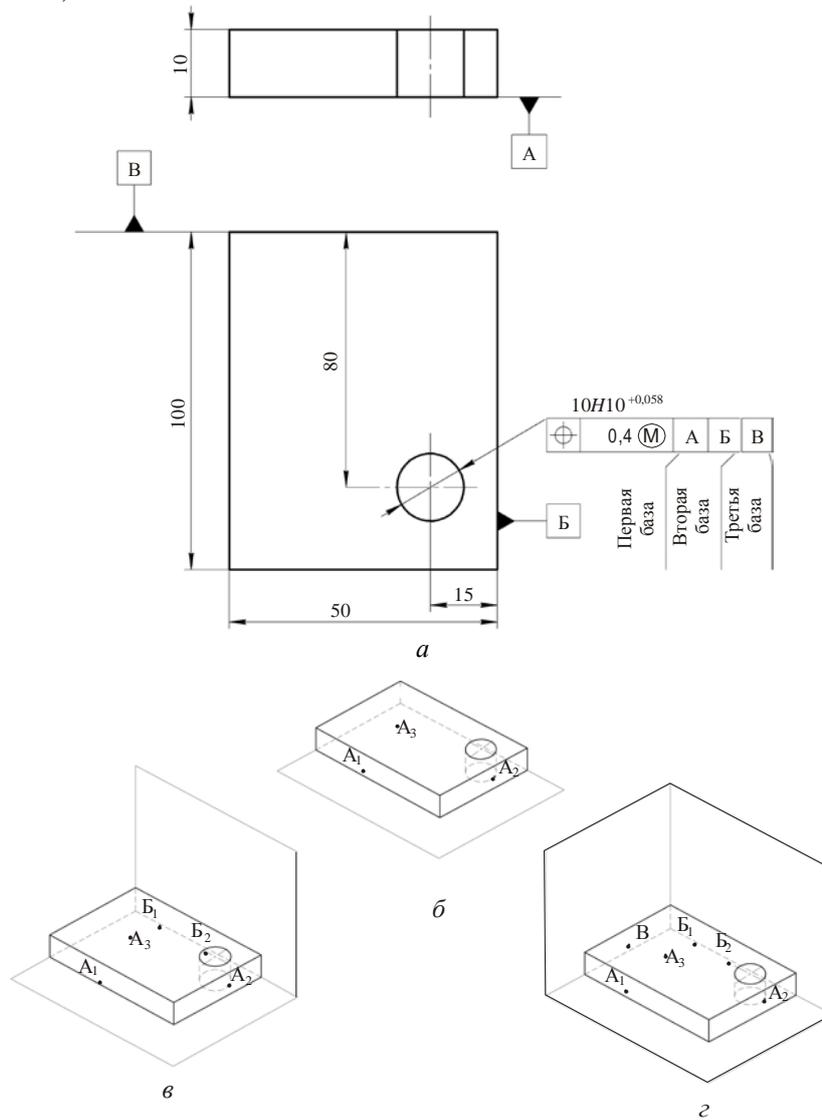


Рис. 5.6. Комплект баз для плоских базовых поверхностей и их реализация в оснастке:

а – чертеж детали с техническими требованиями; *б* – первая база А; *в* – вторая база Б; *г* – третья база Б

- Первая база связывает деталь с базовой системой координат путем создания минимально трех точек контакта поверхности детали с первой базовой плоскостью (оснастки).

- Вторая база связывает деталь с системой координат по меньшей мере двух точек контакта второй базы детали со второй базовой плоскостью.

- Третья база связана минимально одной точкой контакта.

Пример 2. Обозначение баз для деталей с цилиндрической базой (рис. 5.7).

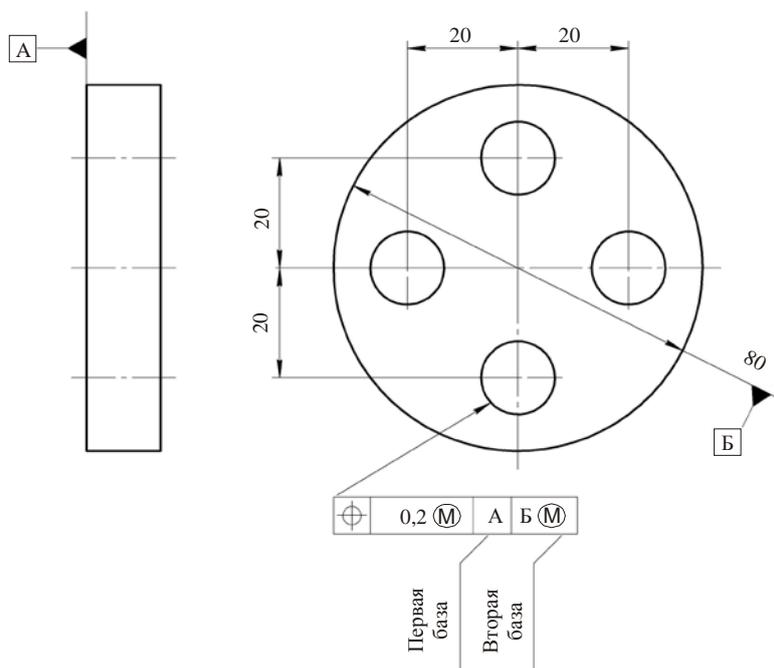


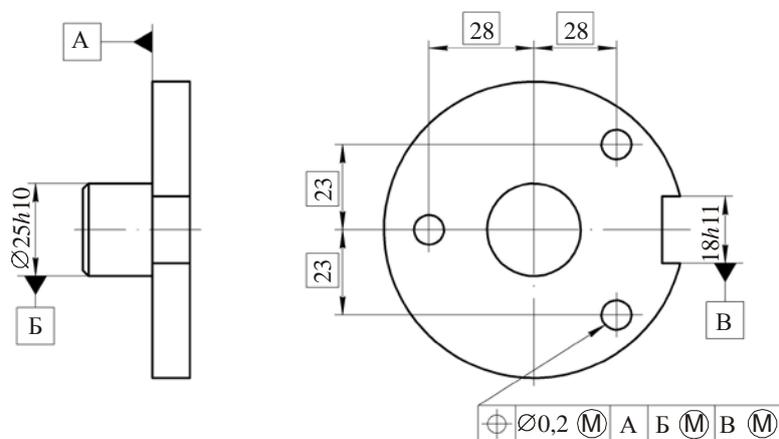
Рис. 5.7. Комплект баз для детали типа диск с отверстиями

Базовая система координат для этой детали представлена на рис. 5.2.

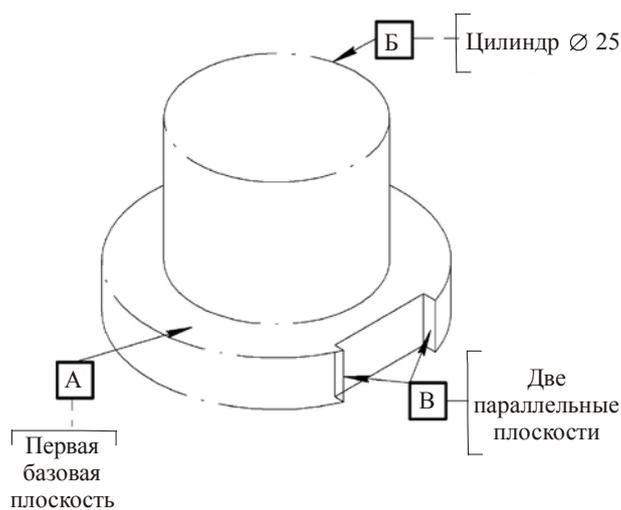
- Первая база (плоскость) связывает деталь с базовой системой координат путем создания минимально трех точек контакта поверхности детали с первой базовой плоскостью оснастки.

- Вторая база (ось цилиндра) связывает деталь с системой координат по меньшей мере двух точек контакта второй базы детали со второй базовой поверхностью (отверстия) оснастки. Необходимо отметить, что вторая база цилиндрической формы, имеющая небольшую высоту, отнимает у детали две степени свободы.

Пример 3. Обозначение баз для цилиндрической детали с пазом (рис. 5.8).



a



б

Рис. 5.8. Комплект баз для цилиндрической детали с пазом и их реализация в оснастке:

a – чертеж детали с техническими требованиями; *б* – созданные базы в оснастке

Базовая система координат для этой детали представлена на рис. 5.3.

- Первая (основная) база **A** реализуется в оснастке путем физического контакта минимально трех точек поверхности торца детали с плоскостью оснастки.

- Вторая база [Б] создается через цилиндр оснастки диаметром 25 мм. Цилиндр Б должен быть перпендикулярен созданной базе [А].
- Третья база [В] создается двумя параллельными плоскостями, выровненными относительно созданной базы [Б] и перпендикулярными созданной базе [А]. В качестве третьей базы в системе координат служит центральная плоскость паза [В] (плоскость симметрии паза) (см. рис. 5.3), которая устанавливает угловую ориентацию двух взаимно перпендикулярных плоскостей, пересекающихся на оси базы [Б].

5.3. Зависимые и независимые допуски формы, расположения поверхностей и координирующих размеров

Допуски формы, расположения поверхностей и координирующих размеров могут зависеть и не зависеть от точности рассматриваемого элемента, например размера вала или отверстия, а для расположения поверхностей и координирующих размеров дополнительно и (или) от точности базового элемента.

Допуски формы применимы к отдельным элементам детали, поэтому не связаны с базами.

Независимым допуском формы или расположения называется допуск, числовое значение которого постоянно для большого количества одноименных деталей, изготавливаемых по одному чертежу (например, партии деталей), и не зависит от действительного размера рассматриваемого элемента или (а может быть «и») от размера базы. Если на чертеже нет никаких указаний, то допуск считается независимым. Смысл приведенного определения сводится к тому, что при независимом допуске при измерении необходимо определить погрешность формы, расположения или координирующего размера таким образом, чтобы значение размера не влияло на значение отклонения формы, расположения или координирующего размера.

Зависимый допуск формы или расположения – допуск, указываемый на чертеже или в других технических документах в виде минимального значения, которое допускается превышать на значение, зависящее от отклонения действительного размера рассматриваемого элемента (относится к допускам формы) или (и) базы от предела максимума материала (от наименьшего предельного размера отверстия, или наибольшего предельного размера вала).

Зависимые допуски выделяются по ГОСТ 2.308 символом \textcircled{M} .

Примечание. В международных стандартах ИСО 1101/2 и ИСО 2692 введено понятие «принцип максимума материала» с обозначением символом \textcircled{M} , что по существу и способу соответствует понятию и способам обозначения зависимых допусков формы и расположения по ГОСТ 24642 и ГОСТ 2.308.

Зависимые допуски назначают только для элементов (их осей или плоскостей симметрии), представляющих собой отверстие или валы в соответствии с определениями по ГОСТ 25346, и, как правило, когда необходимо обеспечить сборку деталей с зазором между сопрягаемыми элементами. Зависимые допуски формы, расположения и координирующих размеров обеспечивают сборку деталей по методу полной взаимозаменяемости без какого-либо подбора парных деталей, поскольку дополнительное отклонение формы, расположения или координирующих размеров элемента (или элементов) компенсируется отклонениями действительных размеров той же самой детали.

Независимые допуски формы, расположения или координирующих размеров назначают, когда отклонения формы или расположения не могут быть скомпенсированы действительными отклонениями размеров элементов для нормального функционирования и сборки деталей. Примерами являются допуски расположения деталей или элементов, образующих посадки с натягами, или переходные, обеспечивающие кинематическую точность, балансировку, плотность или герметичность, в том числе допуски расположения осей отверстий под валы зубчатых передач, посадочных мест под подшипники качения, резьбовых отверстий под шпильки и тяжело нагруженные винты. Рассмотрим понятие о независимых и зависимых допусках на примерах.

Допуски формы*

Пример 5.1. Допуск прямолинейности элементов поверхности, независимый (рис. 5.9).

Следует сделать следующие пояснения к рис. 5.9. На эскизе вала (рис. 5.9, а) предъявлено следующее требование: диаметр вала с номинальным размером 16 мм должен быть изготовлен в пределах поля допуска $h11$, а образующая цилиндра должна быть прямолинейна в пределах допуска 0,02 мм, причем независимо от того, каков действительный размер вала (на эскизе нет никаких указаний). На рис. 5.9, б показаны возможные варианты отклонения от прямолинейности образующей цилиндра (изогнутость, вогнутость, выпуклость).

По требованиям к прямолинейности каждый продольный элемент поверхности (т. е. образующая цилиндра) должен находиться между двумя параллельными линиями, отстоящими друг от друга на расстоянии допуска прямолинейности, равного 0,02 мм, т. е. в зоне допуска шириной 0,02 мм, причем эти линии должны находиться в одной плоскости с номинальной осью детали.

* Зависимыми могут назначаться следующие допуски формы:
– допуск прямолинейности оси цилиндрической поверхности;
– допуск плоскостности поверхности симметрии плоских элементов.

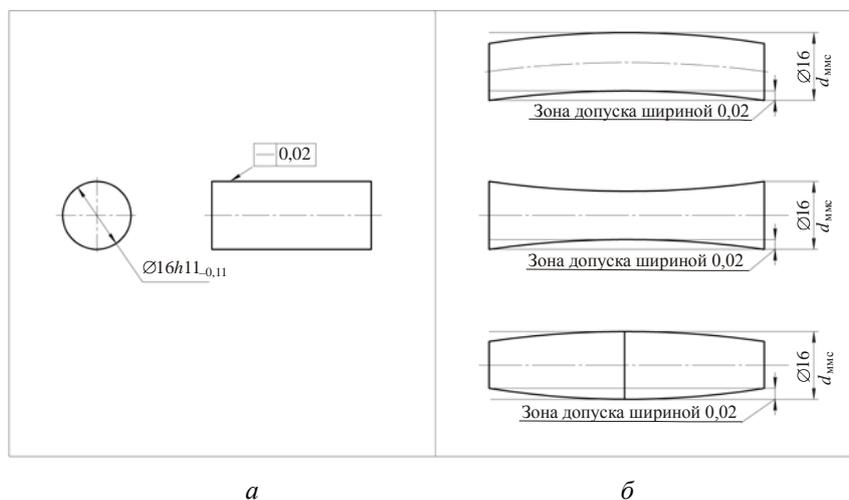


Рис. 5.9. Независимый допуск прямолинейности образующей вала:

a – вал с требованиями; *б* – возможные варианты отклонения от прямолинейности образующей вала

Кроме того, все диаметральные размеры должны находиться в пределах поля допуска $\varnothing 16h11$, а контур детали не должен выходить за контур максимума материала с диаметром, равным пределу максимума материала:

$$d_{\text{ММС}}^* = d_{\text{max}} = 16 \text{ мм}.$$

Пример 5.2. Допуск прямолинейности оси цилиндрической детали независимый (рис. 5.10).

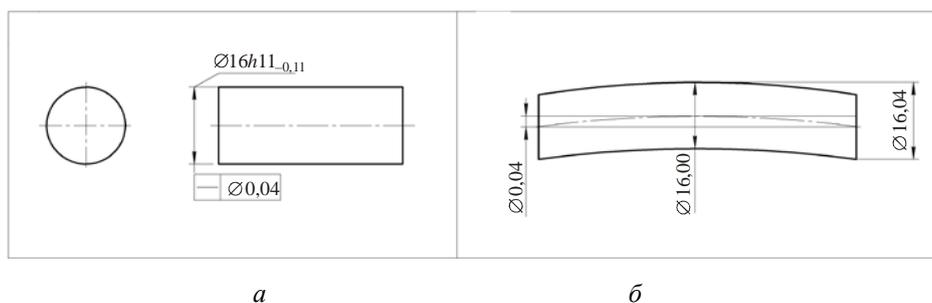


Рис. 5.10. Независимый допуск прямолинейности оси вала:

a – вал с требованиями; *б* – допустимое отклонение от прямолинейности оси вала

На эскизе вала (рис. 5.10, *a*) предъявлено требование к точности размера $\varnothing 16$ и прямолинейности оси вала. Допуск прямолинейности незави-

симый. При интерпретации этих требований (рис. 5.10, б) следует заметить:

- смоделированная ось или центральная линия реального элемента (изогнутость оси) должна находиться внутри цилиндрического поля $\varnothing 0,04$ независимо от действительного диаметра вала;

- каждый круговой элемент поверхности (в поперечном сечении) не должен выходить за предельные размеры $\varnothing 16h11$;

- контур вала должен находиться в пределах цилиндра диаметром 16,04 мм, определяемое размером, соответствующим пределу максимума материала, т. е. $d_{\text{mmc}}^* = d_{\text{max}} = 16$ мм, и допуском прямолинейности оси, равным 0,04 мм*.

Пример 5.3. Допуск прямолинейности оси цилиндрических деталей зависимый (рис. 5.11).

К валу диаметром 16 мм (рис. 5.11, а) предъявлено требование к точности размера – $h11$ и к прямолинейности оси цилиндра $\varnothing 0,04 \text{ M}$. Следует заметить, что допуск прямолинейности оси, заданный минимальным значением $T_{\text{min}} = 0,04$ мм, в диаметральном выражении зависимый, об этом свидетельствует символ M , стоящий рядом с допуском.

В нашем случае допуск прямолинейности зависит от действительного диаметра d_d вала (см. табл. на рис. 5.11, а). При наибольшем предельном размере вала $d_{\text{mmc}} = d_{\text{max}} = 16$ мм допустимое отклонение от прямолинейности равно минимальному заданному, т. е. 0,04 мм, а при наименьшем предельном размере $d_{\text{Lmc}} = d_{\text{min}} = 15,89$ допустимое отклонение может достигать 0,15 мм.

Формула, по которой подсчитаны допустимые отклонения:

$$T_{\text{зав}} = T_{\text{min}} + T_{\text{доп}}.$$

Здесь $T_{\text{доп}}$ – дополнительное отклонение, определяемое по формуле $T_{\text{доп}} = d_n - d_d$, где d_n и d_d – номинальный и действительные диаметры вала.

Исходя из сказанного:

- смоделированная ось, или центральная ось реального элемента, должна лежать внутри цилиндра диаметром, который определяется суммой заданного чертежом допуска прямолинейности T_{min} и величиной действительного отклонения размера от номинала (см. табл. на рис. 5.11);

- каждый круговой элемент поверхности (в поперечном сечении) не должен выходить за предельные размеры $\varnothing 16h11$.

* В дальнейшем будем использовать и это обозначение d_{mmc} , означающее предел максимума материала, и d_{Lmc} – предел минимума материала.

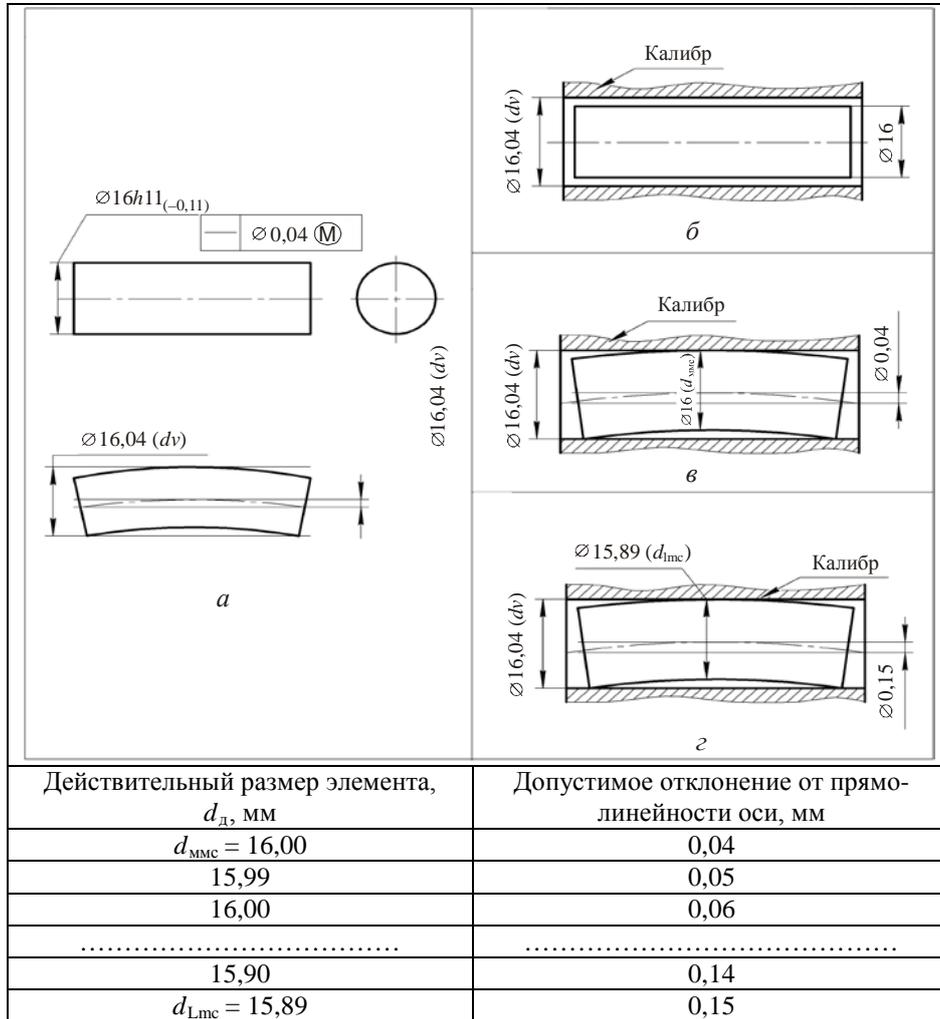


Рис. 5.11. Интерпретация требований при задании зависимого допуска прямолинейности оси вала:

a – вал с требованиями; b, v, z – возможные варианты отклонений от прямолинейности оси (предельные случаи)

Возможные варианты отклонения от прямолинейности оси представлены на рис. 5.11, b, v, z :

– рис. 5.11, b – вал изготовлен в размере $\varnothing 16$ мм, отклонение от прямолинейности отсутствует, при этом возможен зазор между предельным действующим контуром с $d_v = 16,04$ (он принимается за размер калибра) и валом, равным допуску прямолинейности 0,04 мм;

– рис. 5.11, *в* – вал изготовлен по наибольшему предельному размеру $\varnothing 16$ мм, калибр пропускает вал с отклонениями от прямолинейности до 0,04 мм;

– рис. 5.11, *г* – вал изготовлен по наименьшему предельному размеру $\varnothing 15,89$, калибр пропускает вал с отклонениями от прямолинейности до 0,15 мм.

Допуски расположения

Пример 5.4. Отклонение от соосности, допуск независимый (рис. 5.12).

К детали, изображенной на рис. 5.12, *а*, предъявлено требование соосности оси поверхности Б к базовой оси [А]. Допуск соосности задан в диаметральном выражении и независимый ни от рассматриваемой поверхности Б, ни от базы [А].

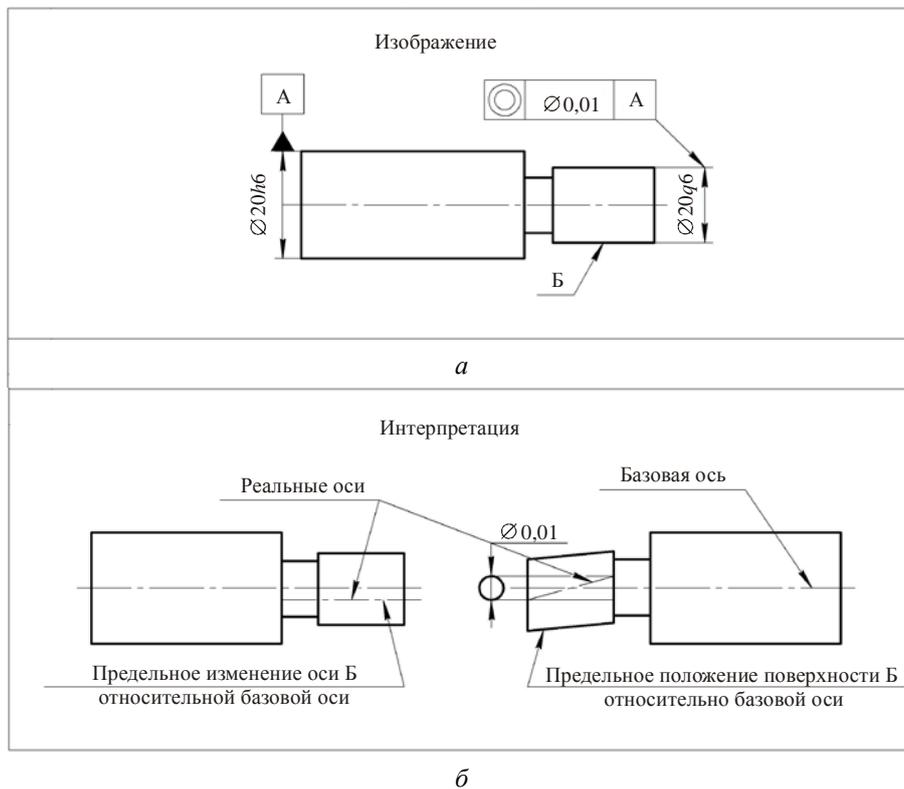


Рис. 5.12. Независимый допуск соосности:

а – вал с требованиями; *б* – возможные варианты положения реальной оси ступени вала (предельные случаи)

Это означает, что при любых действительных размерах левой и правой ступени вала (безусловно, в пределах допустимых) ось ступени диаметром 20 мм не должна выходить за пределы цилиндра диаметром 0,01 мм. Возможные варианты положения оси поверхности Б по отношению к базовой оси $\varnothing 30h7$ показаны на рис. 5.12, б. При независимых допусках центрирование оси является обязательным, контроль при этом должен осуществляться универсальными средствами измерения на оправках, в патронах и т. д.

Пример 5.5. Отклонение от перпендикулярности, допуск независимый (рис. 5.13).

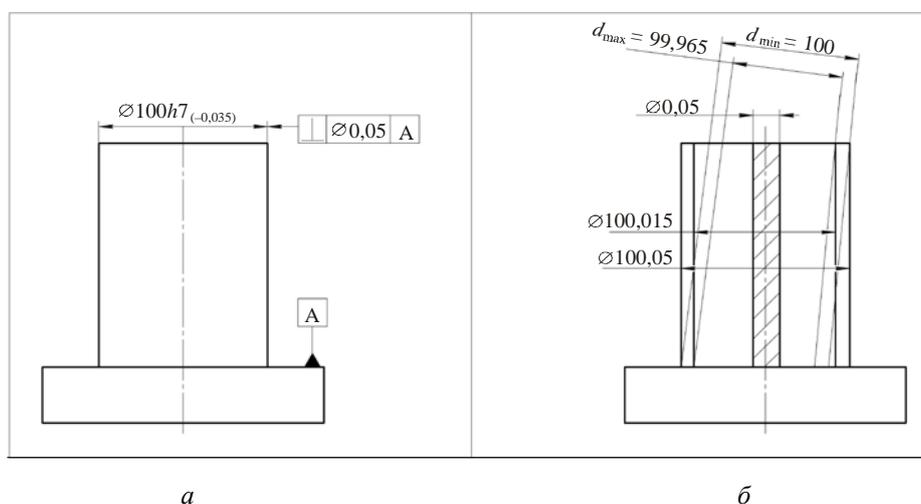


Рис. 5.13. Независимый допуск перпендикулярности:

a – деталь с требованиями; *б* – возможные варианты положений выступа вала

К детали, представленной на рис. 5.13, *a*, предъявлены следующие требования: выступ с номинальным диаметром 100 мм и с полем допуска $h7$, для которого верхнее отклонение (es) равно нулю, а нижнее предельное отклонение (ei) равно $-0,035$ мм. Следовательно, предельные размеры будут равны

$$d_{\max} = d_n + es = 100 + 0 = 100 \text{ мм}; \quad d_{\min} = d_n + ei = 100 - 0,035 = 99,965 \text{ мм}.$$

Выступ должен быть перпендикулярным плоскости \boxed{A} . Как видно из рис. 5.13, *a*, допускаемое значение перпендикулярности оси выступа не должно превышать 0,05 мм, т. е. ось может быть наклонена к плоскости \boxed{A} , причем угол наклона в пределах цилиндра диаметром 0,05 мм (рис. 5.13, *б*). Допуск перпендикулярности независимый (нет никаких



дополнительных обозначений). Независимость в данном случае означает, что допустимое отклонение от перпендикулярности не зависит от того, каков будет действительный диаметр выступа (разумеется, действительный размер должен находиться в пределах поля допуска $\varnothing 100h7$).

Предельные случаи, т. е. когда действительный размер может быть равным минимально допустимому ($d_{\min} = d_{Lmc}$) и максимально допустимому ($d_{\max} = d_{Mmc}$) диаметрам, а отклонение от перпендикулярности достигает максимального значения, показано на рис. 5.13, б. Из этого рисунка видно, что при $d_{\min} = 99,965$ и максимально допустимом отклонении от перпендикулярности (максимальном наклоне оси выступа в пределах цилиндра $\varnothing 0,05\text{мм}$) идеальный цилиндр $\varnothing 100,015$ мм будет перпендикулярным плоскости базы **A**, т. е. выступ пройдет через отверстие $\varnothing 100,015$ мм, а при $d_{\max} = 100$ мм и предельном наклоне потребуется уже отверстие диаметром 100,05 мм для вхождения этого выступа.

Пример 5.6. Отклонение от соосности, допуск зависимый (рис. 5.14).

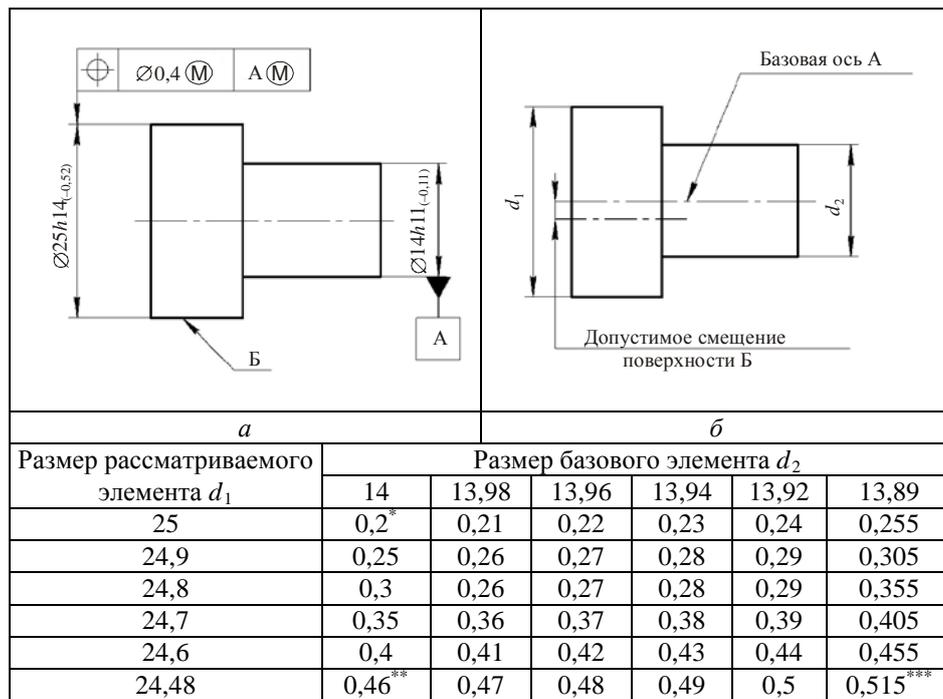


Рис. 5.14. Интерпретация требований соосности ступеней вала, заданного позиционным отклонением с зависимыми допусками:

a – вал с требованиями; b – допустимое смещение поверхности Б

*** Допустимые смещения для вариантов, показанных на рис. 5.15.

Зависимые допуски соосности устанавливаются назначением зависимых позиционных допусков. Позиционный допуск определяет область, внутри которой допускается отклонение центра, оси или центральной плоскости элемента относительно их номинального расположения. В нашем случае областью является цилиндр с минимальным диаметром 0,4 мм, внутри которой должна находиться ось ступени вала диаметром 25 мм. Задание позиционного допуска облегчает в дальнейшем расчет калибров для контроля соосности. Знак позиционного допуска \oplus .

На рис. 5.14, а предъявлено требование к соосности поверхности Б по отношению к базовой поверхности А путем задания позиционного допуска, минимальное значение которого в диаметральном выражении равно 0,4 мм. Этот допуск зависимый как от допуска диаметра 25 мм (рассматриваемый элемент), так и от допуска диаметра 14 мм (базовый элемент). Это означает, что допустимое смещение оси поверхности Б по отношению к базовой оси А зависит от действительных размеров вала $\varnothing 25$ и $\varnothing 14$ (см. табл. на рис. 5.14). Минимальное допустимое смещение оси Б по отношению к базовой оси А будет равно 0,2 мм (радиусное выражение) при размерах диаметров, соответствующих пределу максимума материала, т. е. при $d_{\max} = d_{\text{мкс}}$. Это размеры 25 и 14 мм.

При размерах диаметров, соответствующих пределу минимума материала, т. е. при $d_{\min} = d_{\text{Лмс}}$ (это 24,48 и 13,89) допускается максимальное смещение оси Б по отношению к оси А, равное 0,515 мм. Число 0,515 получено по формуле

$$\frac{T_{\text{зав}}^{\max}}{2} = \frac{T_{\min} + T_{25} + T_{14}}{2} = \frac{0,4 + 0,52 + 0,11}{2} = 0,515.$$

На рис. 5.15 показаны три варианта предельного смещения осей при различных сочетаниях действительных размеров валика в процессе контроля калибром.

Из рис. 5.15 видно:

а) при номинальных диаметральном размерах валика ($\varnothing 25$, $\varnothing 14$) смещение осей допускается только в пределах позиционного допуска;

б) при изменении действительного размера верхней ступени ($\varnothing 24,48$) смещение осей допускается увеличить до $(0,2 + (25 - 24,48)/2) = 0,46$ мм;

в) при изменении действительных размеров верхней и нижней ступеней валика ($\varnothing 24,48$, $\varnothing 13,89$) смещение осей допускается увеличить до $(0,2 + (25 - 24,48)/2) + (14 - 13,89)/2 = 0,515$ мм.

Пример 5.7 Установление нулевого допуска соосности, допуск зависимый (рис. 5.16).

Допуск соосности может быть нулевым. Что это означает, рассмотрим на данном примере.

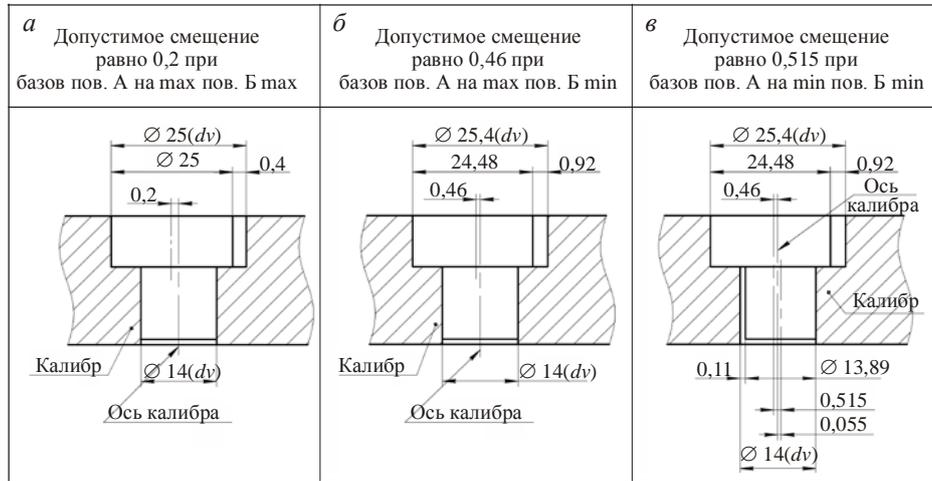


Рис. 5.15. Возможные варианты предельного смещения осей вала при задании зависимого позиционного допуска:

d_v – диаметр предельного действующего контура, соответствующего измерительному элементу калибра

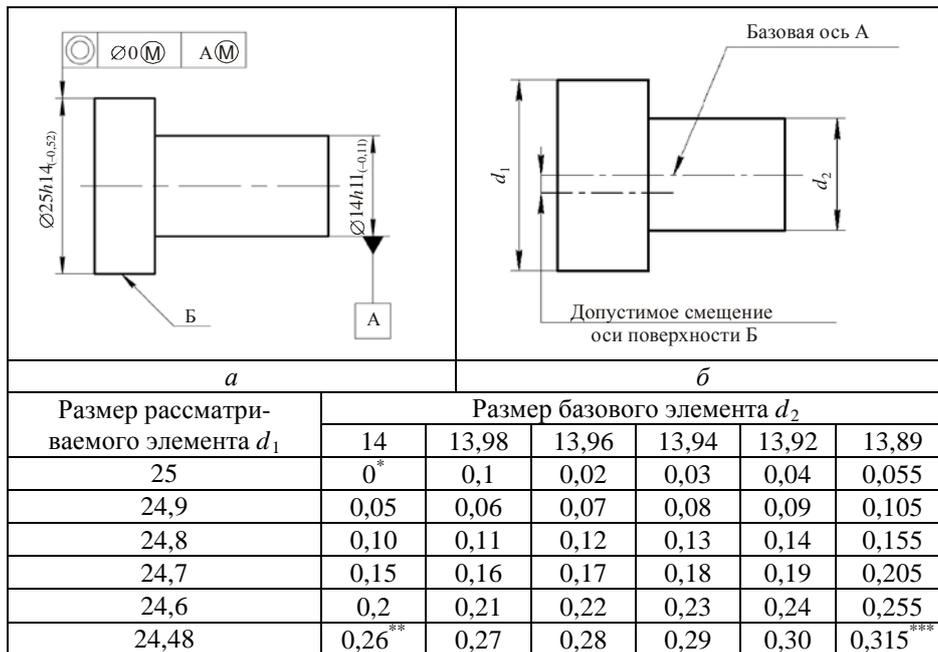


Рис. 5.16. Зависимый нулевой допуск соосности:

a – деталь с требованиями; b – допустимое смещение оси поверхности Б

***, ** Допустимые смещения для вариантов, показанных на рис. 5.17.

На рис. 5.16, *a* предъявлено требование к соосности поверхности Б по отношению к базовой оси \boxed{A} путем задания нулевого допуска соосности, т. е. минимальное значение которого в диаметральном выражении равно нулю.

Но этот допуск, зависимый как от допуска диаметра 25 мм (рассматриваемый элемент), так и от допуска диаметра 14 мм (базовый элемент). Это означает, что допустимое смещение оси поверхности Б по отношению к базовой оси \boxed{A} зависит от действительных размеров вала 25 и 14 (см. табл. на рис. 5.16). Минимальное допустимое смещение оси поверхности Б по отношению к базовой оси \boxed{A} будет равно нулю при размерах диаметров, соответствующих пределу максимума материала, т. е. при $d_{\max} = d_{\text{ММС}}$ (это размеры 25 мм и 14 мм).

При размерах диаметров, соответствующих пределу минимума материала, т. е. при $d_{\min} = d_{\text{ЛМС}}$ (это 24,48 и 13,89) допускается максимальное смещение оси поверхности Б по отношению к оси \boxed{A} , равное 0,315 мм. Число 0,315 получено по формуле

$$\frac{T_{\max}}{2} = \frac{T_{\min} + T_{25} + T_{14}}{2} = \frac{0 + 0,52 + 0,11}{2} = 0,315.$$

На рис. 5.17 показаны три варианта предельного смещения осей при различных сочетаниях действительных размеров валика в процессе контроля калибром.

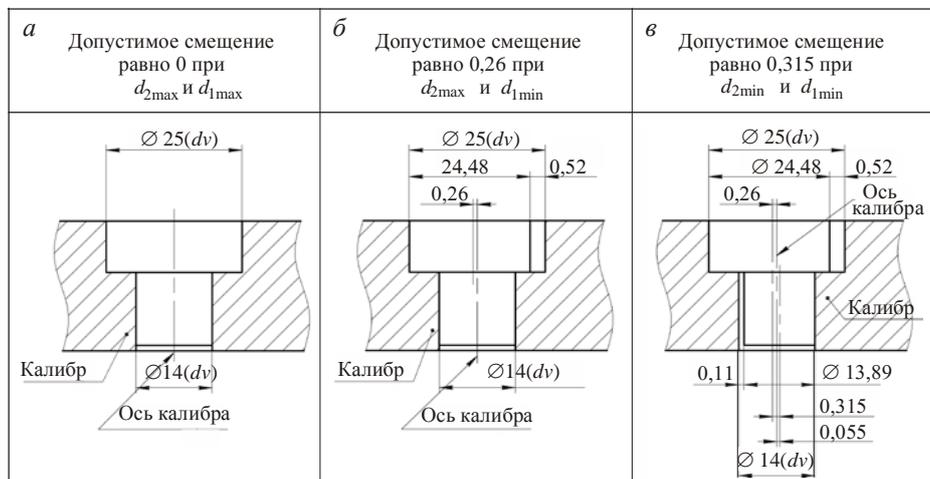


Рис. 5.17. Возможные варианты предельного смещения осей вала при задании нулевого допуска соосности:

d_v – диаметр предельного действующего контура, соответствующего измерительному элементу калибра



Из рис. 5.17 видно:

а) при номинальных размерах валика смещение осей не допускается, так как допуск соосности равен нулю;

б) при действительном размере верхней ступени, равном 24,48 мм, смещение осей допускается до $(0 + (25 - 24,48) / 2) = 0,26$ мм;

в) при действительных размерах верхней и нижней ступеней валика, равных 24,48 и 13,89 мм, смещение осей допускается увеличивать до

$$(0 + (25 - 24,48) / 2 - (14 - 13,89) / 2) = 0,315 \text{ мм.}$$

Пример 5.8. Отклонение от перпендикулярности, допуск зависимый (рис. 5.18).

В соответствии с требованиями, представленными на рис. 5.18, допуск перпендикулярности оси выступа к плоскости (базе) \boxed{A} зависимый, об этом говорит знак \textcircled{M} , причем допуск зависит от того, каков будет действительный диаметр выступа.

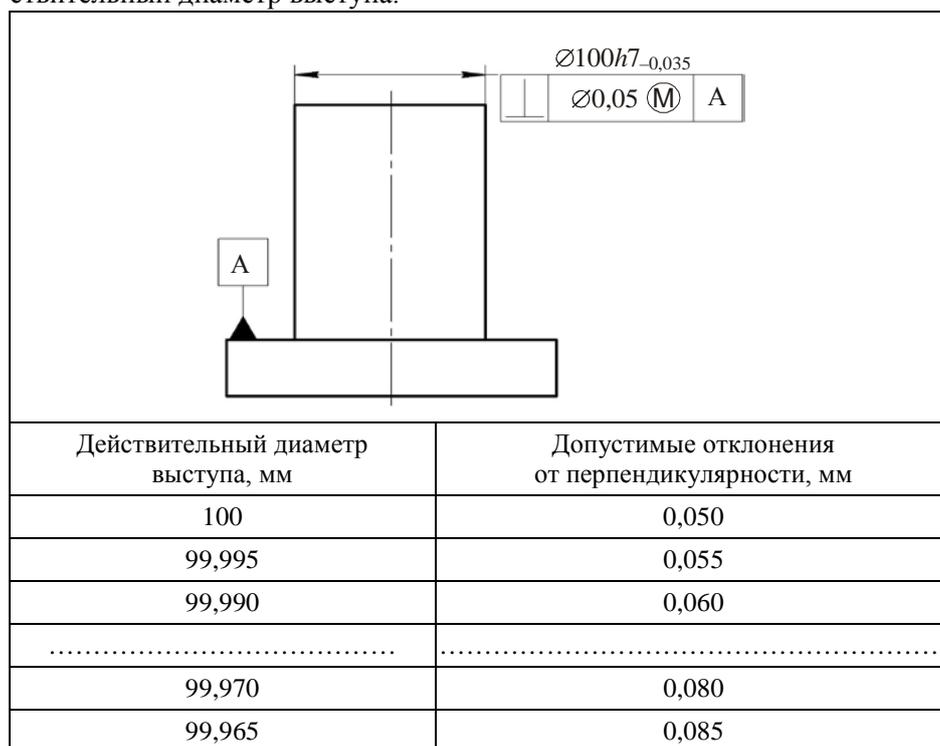


Рис. 5.18. Вал с требованиями к перпендикулярности оси вала торцу и допустимые отклонения от перпендикулярности

Возможные варианты положения выступа иллюстрируются рис. 5.19.

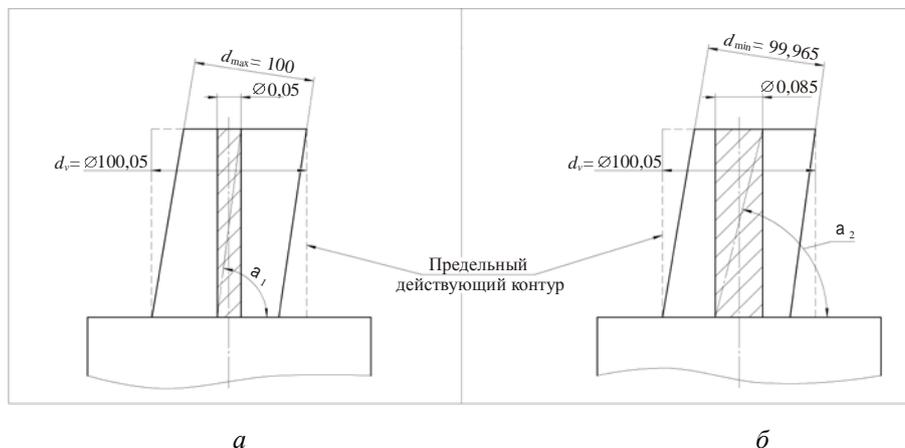


Рис. 5.19. Интерпретация зависимого допуска перпендикулярности:

a – при максимально возможном действительном диаметре; *б* – при минимально возможном действительном диаметре

В первом случае (рис. 5.19, *a*), когда действительный диаметр выступа равен $d_{\max} = 100$ мм, ось выступа должна находиться в пределах цилиндра диаметром 0,05 мм, т. е. максимально допустимый угол наклона α_1 .

Во втором случае (рис. 5.19, *б*), когда действительный диаметр выступа равен $d_{\min} = 99,965$, ось выступа может быть наклонена к плоскости на угол α_2 , больший чем α_1 , так как допуск перпендикулярности может быть увеличен на допуск диаметра выступа, т. е. на 0,035 мм. Согласно формуле

$$T_{\text{зав}} = T_{\text{мин}} + T_{\text{доп}} = 0,05 + 0,035 = 0,085 \text{ мм}$$

ось выступа может находиться в пределах цилиндра диаметром 0,085 мм.

Для обоих случаев предельный действующий контур одинаковый с диаметром d_v , равным максимальному диаметру выступа d_{\max} (пределу максимума материала) плюс допуску перпендикулярности, т. е.

$$d_v = d_{\max} + T_{\perp} = 100 + 0,05 = 100,05 \text{ мм.}$$

Предельный действующий контур соответствует измерительному элементу калибра для контроля расположения. Реальный элемент выступа не должен выходить за предельный действующий контур.

Допуски координирующих размеров

Под координирующим размером понимается размер, определяющий расположение элементов в выбранной системе координат или относительно другого элемента (элементов) (ГОСТ Р 50056–92). Обычно используются две системы координат: прямоугольная и полярная. Располо-

жение элементов задается по отношению друг к другу или по отношению к базовым элементам (базам).

Координирующие размеры применяют, например, для задания расположения крепежных отверстий. В соединениях деталей с помощью винтов, болтов, шпилек, заклепок, штифтов, расположенных в ряд, координирующие размеры могут быть проставлены на чертеже «лесенкой», «цепочкой» и комбинированным вариантом (сочетанием «лесенки» и «цепочки»), рис. 5.20.

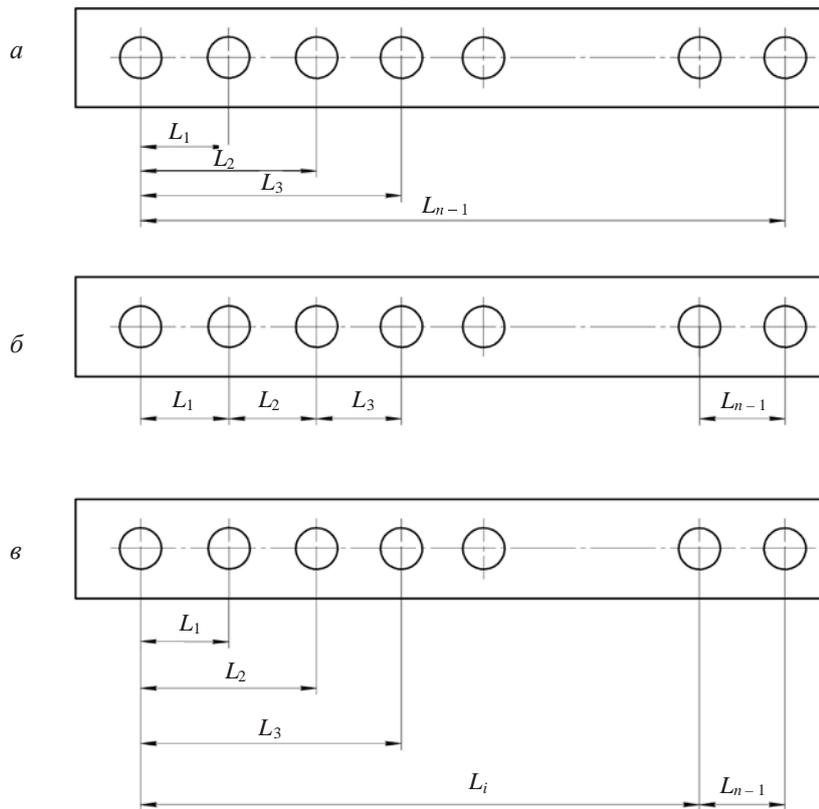


Рис. 5.20. Простановка размеров между осями отверстий:

a – лесенкой; *б* – цепочкой; *в* – комбинированным способом

Два способа нормирования точности координирующих размеров

При всех трех вариантах простановки размеров (лесенкой, цепочкой, комбинированный) возможны два способа ограничения расположения отверстий:

а) позиционными допусками (смещением от номинального расположения) осей отверстий (рис. 5.21, *a*);

б) предельными отклонениями размеров, координирующих оси отверстий (рис. 5.21, б).

На этих примерах попытаемся раскрыть сущность обоих способов ограничения отклонений расположения отверстий. Начнем с позиционного допуска (рис. 5.21, а).

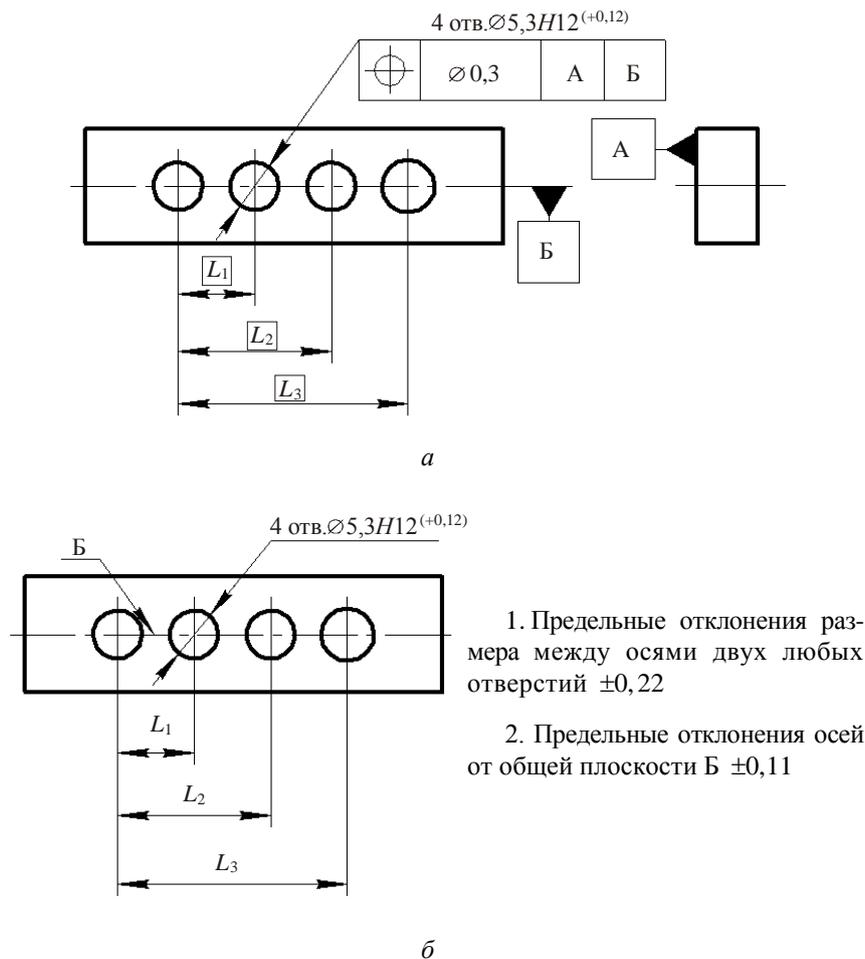


Рис. 5.21. Задание координирующих размеров без сборочной базы вдоль общей оси отверстий (допуск независимый):

а – позиционным допуском; б – предельным отклонением, эквивалентным позиционному допуску

Позиционный допуск (условное обозначение – \oplus) определяет область, внутри которой допускается отклонение оси (центра) отверстия относительно номинального положения L_1 (L_2 , L_3) и плоскости симметрии Б

в другом направлении. Нормирование позиционных отклонений предполагает, что чертежом четко определено, к каким элементам относится позиционный допуск и какими размерами определяется номинальное положение. Такие размеры указываются в чертежах номинальными значениями без предельных отклонений и заключаются в прямоугольные рамки (размеры L_1 , L_2 , L_3). Интерпретируя рис. 5.21, *a*, можно сказать, что центры всех четырех отверстий $\varnothing 5,3H12$ должны находиться внутри круга диаметром $\varnothing 0,3$ мм (если рассматривать в плоскости поперечного сечения отверстия – плоскости чертежа) (рис. 5.22, *a*), т. е. центр отверстия может быть смещен от номинального положения в любом направлении, но в пределах круга диаметром $\varnothing 0,3$ мм.

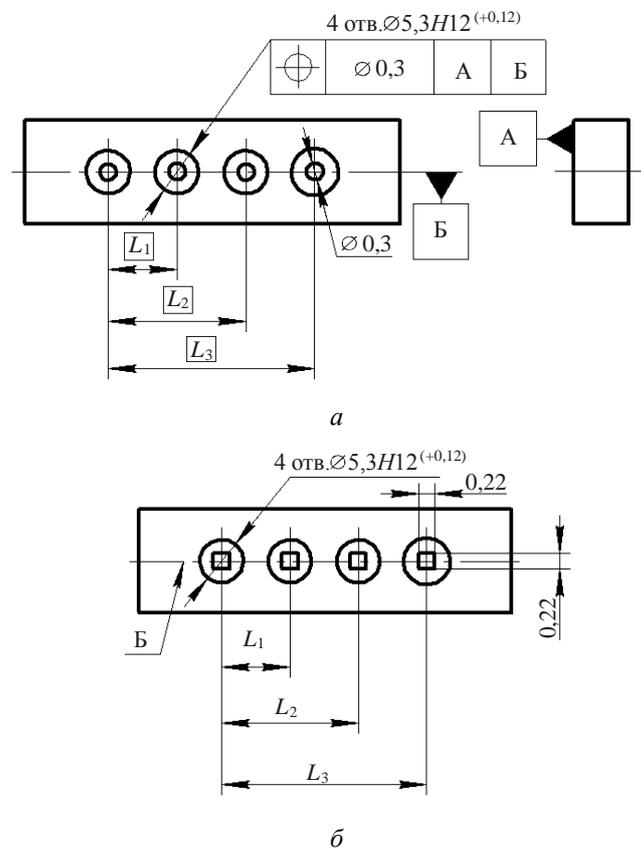


Рис. 5.22. Интерпретация способов ограничения отклонений координирующих размеров без сборочной базы вдоль общей оси отверстий (допуск независимый):

a – при задании позиционного допуска; *b* – при задании предельных отклонений координирующих размеров

Дадим интерпретацию второго способа ограничения отклонений указанием предельных отклонений координирующих размеров (рис. 5.21, б).

Из рис. 5.22, б видно, что размеры L_1, L_2, L_3 могут иметь предельные значения $L_{\max} = L + 0,22$, $L_{\min} = L - 0,22$, а ось отверстий в направлении, перпендикулярном размерам L , может быть смещена относительно плоскости на величину $\pm 0,11$ мм, т. е. оси отверстий должны находиться в пределах прямоугольников с размерами $0,22 \times 0,22$ мм.

Принципиальное различие между двумя способами назначения отклонений заключается в том, что позиционный допуск ограничивает суммарное отклонение оси отверстия от номинального расположения в любом направлении и является комплексным допуском, в то время как предельные отклонения размеров, координирующие оси отверстий, ограничивают лишь составляющие (проекции) суммарного отклонения в координатных направлениях и поэтому являются поэлементными допусками.

Между этими двумя способами ограничения отклонений расположения существует геометрическая связь, т. е. можно пересчитать один вид допуска в другой. На рис. 5.23 кругом диаметром T задано поле позиционного допуска и его составляющие T'_x и T'_y по осям X и Y .

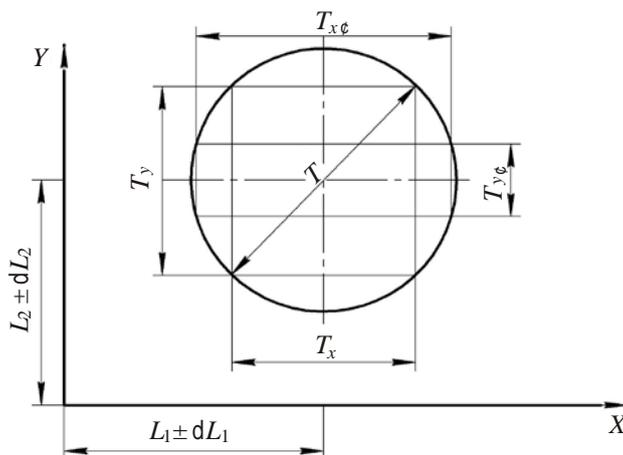


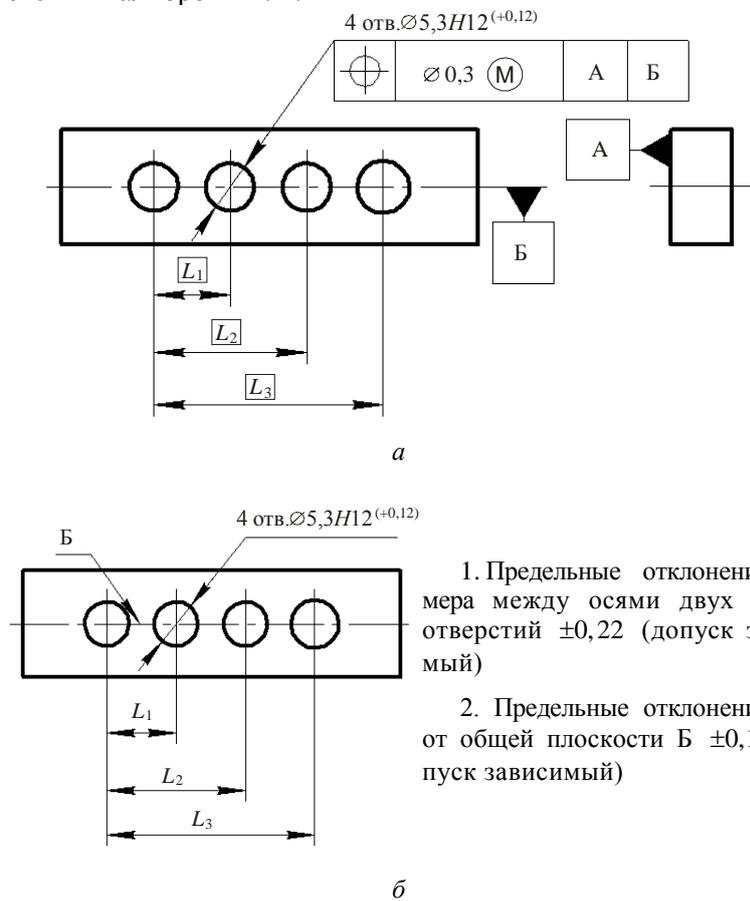
Рис. 5.23. Поле позиционного допуска

Из рис. 5.23 видно, что в общем случае, когда $T'_x \neq T'_y$, позиционный допуск равен $T = \sqrt{T'^2_x + T'^2_y}$, а при $T'_x = T'_y$ $T = T_x(T_y)\sqrt{2}$ и тогда $T_x = T_y = 0,7T$.

Примечание. Величина позиционного допуска между любыми отверстиями будет одинаковой как для простановки координирующих размеров «цепочкой», так и координирующих размеров, проставляемых «лесенкой».

Позиционные допуски обеспечивают при изготовлении более широкие поля допусков расположения, чем эквивалентные им предельные отклонения координирующих размеров, упрощают анализ взаимозаменяемости, обеспечивают собираемость по трем и более элементам, а также имеют преимущество при контроле комплексными калибрами. Область распространения позиционного допуска следующее:

- для нормирования точности расположения осей отверстий под крепежные детали;
- нормирования точности расположения рабочих элементов штампов, прессформ, кондукторов и другой оснастки;
- нормирования точности расположения измерительных элементов комплексных калибров и т. п.



1. Предельные отклонения размера между осями двух любых отверстий $\pm 0,22$ (допуск зависимый)

2. Предельные отклонения осей от общей плоскости Б $\pm 0,11$ (допуск зависимый)

Рис. 5.24. Задание координирующих размеров без задания сборочной базы вдоль общей оси отверстий (допуск зависимый):

a – позиционным допуском; *б* – предельным отклонением, эквивалентным позиционному допуску

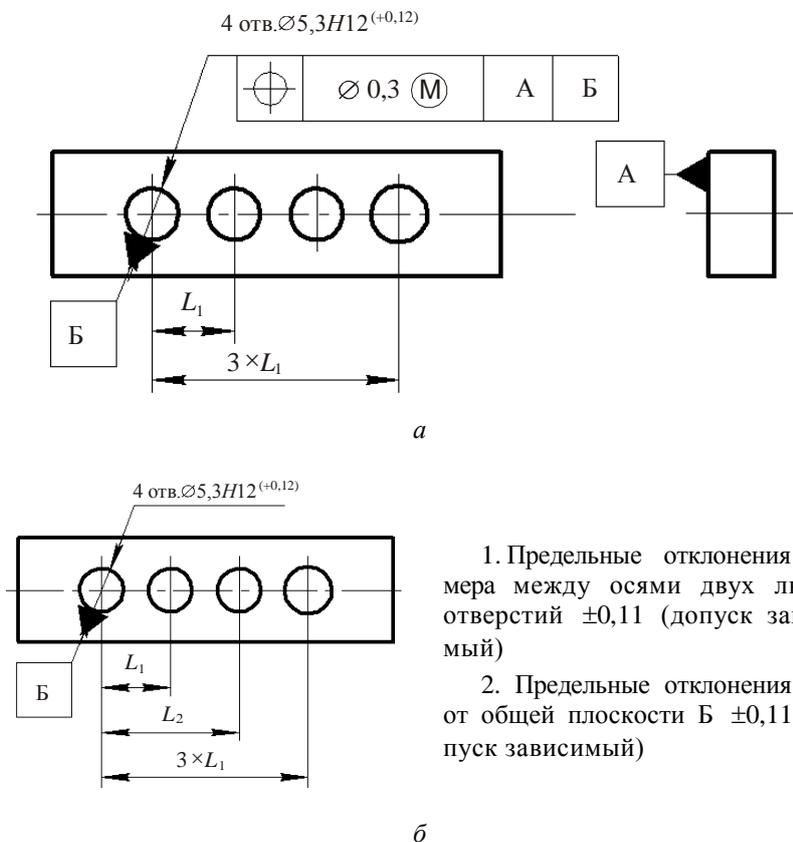


Рис. 5.25. Задание координирующих размеров от сборочной базы (допуск зависимый):

а – позиционным допуском; б – предельным отклонением, эквивалентным позиционному допуску

Непосредственное нормирование предельных отклонений координирующих размеров рекомендуется применять:

- при числе отверстий (элементов) в одной группе менее трех;
- если по конструктивным условиям необходимо ограничить отклонения расположения непосредственно в координатных направлениях, например в единичном производстве с обработкой по разметке.

На рис. 5.21 показаны способы задания требований к точности расположения осей отверстий позиционным допуском и предельными отклонениями, причем допуском, *не зависимым* от действительных размеров отверстий. Как было ранее сказано, для обеспечения собираемости и взаимозаменяемости лучше назначать *зависимые* допуски расположения. Рассмотрим *зависимые* допуски осей отверстий для двух способов зада-

ния требований к точности расположения (предельным отклонением и позиционным допуском) на примерах, представленных на рис. 5.24.

Комментируя рис. 5.24, *a*, следует сказать, что центры отверстий могут находиться в пределах круга диаметром 0,3 мм, при действительных размерах отверстий, соответствующих пределу максимума материала, т. е. $D_{\text{MMC}} = D_{\text{min}} = 5,3$ мм, а при изготовлении отверстий по пределу минимума материала, т. е. при $D_{\text{LMC}} = D_{\text{max}} = 5,42$ мм, центры отверстий могут находиться уже в пределах круга диаметром 0,42 мм:

$$T_{\text{max зав}} = T_{\text{min}} + T_{\text{доп}} = 0,3 + 0,12 = 0,42 \text{ мм.}$$

Таким образом, при зависимых допусках расширяются технологические возможности изготовления координирующих размеров при обеспечении собираемости и взаимозаменяемости.

Перевод позиционных допусков в предельные отклонения при зависимых допусках расположения для нашего случая (рис. 5.24, *б*) означает, что предельные отклонения расстояний между осями двух любых отверстий составляют $\pm 0,22$ мм и предельные отклонения осей от общей плоскости Б составляют $\pm 0,11$ мм, что соответствует позиционному допуску 0,3 мм. При позиционном допуске, равном 0,42 мм, предельные отклонения расстояний между осями двух любых отверстий (смежных и несмежных) уже составят $\pm 0,3$ мм, а предельные отклонения осей отверстий от общей плоскости Б будут равны $\pm 0,15$ мм.

Примеры задания координирующих размеров (рис. 5.21 и 5.24) приведены для случая, когда нет сборочной базы. Если же размеры заданы от сборочных баз (рис. 5.25, *a*), в качестве которых могут выступать плоскости, отверстия (в нашем случае первое отверстие слева направо является базовым), при переводе позиционных допусков на предельные отклонения следует назначать уменьшенные вдвое предельные отклонения на продольные размеры, как показано на рис. 5.25, *б*.

5.4. Измерение и контроль отклонений формы и расположения поверхностей

В тех случаях, когда влиянием отклонений формы и расположения поверхностей на эксплуатационные свойства деталей и сборочных единиц нельзя пренебречь, следует их учитывать путем измерения и контроля после изготовления или (и) сборки. Особенно это касается точных деталей и сборочных единиц, когда недостаточно контроля только точности заданных размеров. Чаще всего измерение и контроль отклонений формы и расположения поверхностей производится универсальными средствами измерений, к которым можно отнести штангенинструменты, микрометрические приборы, измерительные головки, инструментальные микроскопы,

координатно-измерительные машины (КИМ) и др. Существуют и специальные контрольно-измерительные приспособления с использованием различных измерительных головок, датчиков.

При независимых допусках действительное отклонение формы, расположения или координирующих размеров не должно превышать заданного допуска независимо от действительных размеров рассматриваемых и базовых элементов. Влияние отклонений размеров измеряемых элементов должно либо исключаться в процессе измерения, либо рассматриваться как составляющая погрешности измерения. Исходя из этого необходимо раздельное измерение размеров рассматриваемых и базовых элементов, отклонений формы, расположения с независимыми допусками. При этом деталь может быть признана годной, если действительные размеры рассматриваемых и базовых элементов не выходят за предельные значения, а действительные отклонения формы и расположения не превышают заданный независимый допуск. Для независимых допусков расположения не рекомендуется использовать комплексные калибры, в связи с тем что отклонения размеров проверяемых поверхностей (рассматриваемого и базового) вызовут погрешности измерения.

Контроль деталей с зависимыми допусками может осуществляться комплексно или же раздельным измерением. При раздельном измерении после изготовления детали производится:

- измерение отклонений размеров рассматриваемого (Δ_1) и (или) базового элемента (Δ_2), к которым относится зависимый допуск, при этом они не должны выходить за допустимые значения;
- определяется отклонение формы, расположения и координирующих размеров (Δ_p), и если оказывается, что отклонения выходят за пределы допускаемого по чертежу значения (T_{\min}), рассчитывается расширенный допуск расположения в зависимости от действительных значений размеров рассматриваемого и (или) базового элемента. Сказанное соответствует формуле

$$T_{\text{расч}} = T_{\min} + |\Delta_1| + |\Delta_2|,$$

где $T_{\text{расч}}$ – расчетное допускаемое значение зависимого допуска в диаметральном выражении; T_{\min} – минимальное допустимое значение допуска в диаметральном выражении (задано чертежом); $|\Delta_1|$ – действительное отклонение рассматриваемого элемента в диаметральном выражении (по абсолютной величине); $|\Delta_2|$ – действительное отклонение базового элемента в диаметральном выражении (по абсолютной величине);

- сравнивается измеренное значение отклонений формы, расположения с новым значением допуска, рассчитанного для этой конкретной детали, при этом деталь будет признана годной, если соблюдаются следующие условия:

$$|\Delta_1| \leq T_1; \quad |\Delta_2| \leq T_2; \quad |\Delta_p| \leq T_{\text{расч}},$$

где T_1 и T_2 – допуски соответственно рассматриваемого и базового элементов.

При контроле формы поверхности составляющая Δ_2 отсутствует.

При комплексном методе контроля должен соблюдаться принцип максимума материала с моделированием предельного действующего контура. Реализация этого метода осуществляется с помощью калибров для контроля расположения (формы), приборов для координатных измерений (КИМ, оптических микроскопов и др.), проекторов, путем наложения изображения реальных элементов на изображения предельных действующих контуров. Для оценки годности детали независимо от этой проверки отдельно осуществляют контроль размеров рассматриваемого элемента и базы.

5.5. Расчет и конструирование калибров

5.5.1. Калибры для контроля формы поверхностей

Как было сказано в разделе 5.3, зависимыми могут назначаться допуски прямолинейности оси цилиндрических поверхностей и допуски плоскостности поверхности симметрии плоских элементов. Для всех остальных видов допусков формы предусматриваются независимые допуски. Напомним, что для зависимых допусков превышение допускаемых отклонений формы считается допустимым, если эти отклонения могут быть скомпенсированы отклонением элемента. При зависимых допусках формы предельные размеры рассматриваемого элемента ограничивают только любые местные размеры элемента. Размер по сопряжению на длине нормируемого участка, к которой относится допуск формы, может выходить за поле допуска размера и ограничивается предельным действующим размером (d_v) (см. рис. 5.11), т. е. размером предельного действующего контура.

Реальным способом контроля отклонений формы, заданных зависимым допуском, является использование для этого предельного проходного калибра. При этом определяется собираемость рассматриваемой поверхности детали с поверхностью, принадлежащей калибру, изготовленному по предельному значению, наиболее неблагоприятному для собираемости.

В настоящей работе рассмотрим проектирование калибров для контроля отклонений от прямолинейности оси цилиндрических деталей.

Допуски, отклонения и предельные размеры калибров для контроля отклонений от прямолинейности оси в пространстве

Допуски на изготовление, расположение и износ измерительной поверхности калибра для контроля отклонений от прямолинейности оси цилиндрических внутренних и наружных поверхностей устанавливаются в зависимости от минимально заданного зависимого допуска формы. В ГОСТ 16085–80 приведены общие схемы расположения полей допусков калибров для контроля отклонений формы, расположения и координирующих размеров. Для проектирования калибров формы следует выбрать схемы расположения полей допусков калибров без базовых измерительных элементов и конкретную схему в зависимости от величины зависимого допуска. Варианты схем показаны на рис 5.30.

Для выбора числовых значений отклонений и допусков измерительной поверхности калибра следует использовать табл. 5.2, считая, что позиционный допуск T_p поверхности контролируемой детали – это и есть минимально заданный зависимый допуск формы. Расчетные формулы для определения предельных размеров калибров приведены в табл. 5.4, где вместо допуска расположения T_p следует подставлять зависимый допуск формы.

Примеры расчета калибров для контроля формы поверхности

Определить исполнительные размеры калибра для контроля отклонения от прямолинейности оси отверстия в детали, изображенной на рис. 5.26.

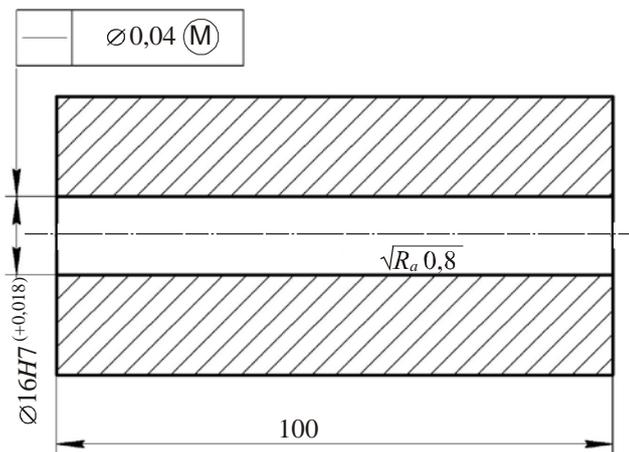


Рис. 5.26. Деталь с требованиями отклонения от прямолинейности оси отверстия

1. Расшифровываем требования, предъявленные на чертеже к изготовлению отверстия.

Номинальный диаметр отверстия 16 мм, поле допуска на изготовление $H7$ (основное отверстие), предельные отклонения $EI = 0$, $ES = +18$ мкм, шероховатость поверхности не более Ra 0,8 мкм. Допуск прямолинейности TF оси отверстия в пространстве (об этом параметре говорит совпадение направления условного обозначения прямолинейности с направлением диаметральных стрелок) не должен превышать $TF_{\min} = 0,04$ мм при минимально допустимом размере отверстия $D_{\min} = 16$ мм, и этот допуск может быть увеличен до $TF_{\max} = TF_{\min} + T_D = 0,04 + 0,018 = 0,058$ мм при максимально допустимом размере $D_{\max} = 16,018$ мм. Все местные размеры отверстия должны лежать между 16 и 16,018 мм, а реальная поверхность отверстия не должна выходить за предельный действующий контур – цилиндр с диаметром $D_v = 16 - 0,04 = 15,96$ мм.

Так как не указан нормируемый участок, то требования распространяются на всю длину детали, т. е. 100 мм. Графическая интерпретация требований иллюстрируется рис. 5.27.

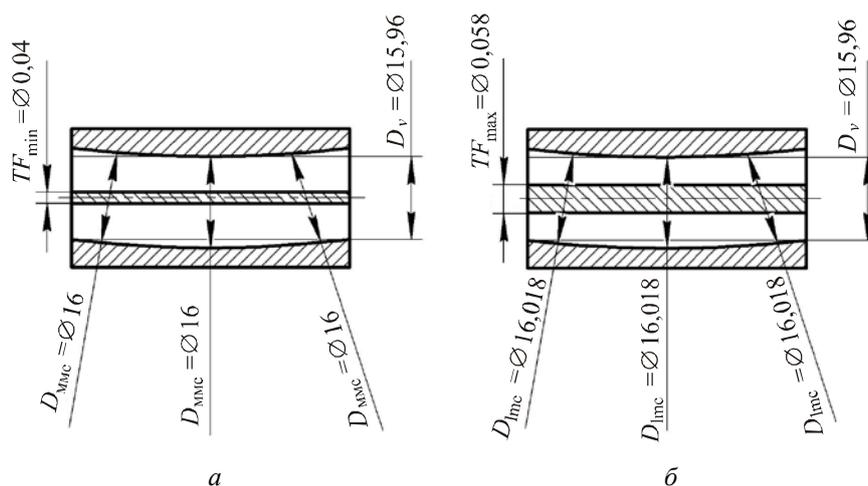


Рис. 5.27. Предельные случаи отклонений от прямолинейности оси отверстия:

a – при минимальном зависимом допуске формы TF_{\min} ; *б* – при максимально возможном зависимом допуске формы TF_{\max}

2. По рис. 5.30 выбираем схему расположения полей допусков калибра для контроля отклонения формы отверстия. Для нашего случая эта схема будет выглядеть так, как представлено на рис. 5.28.

3. По табл. 5.2 для $TF_{\min}(T_p)$ находим значения F , H , W , T_{pk} . Для $T_p = 40$ мкм; $F = 12$ мкм; $H = 5$ мкм; $W = 5$ мкм; $T_{pk} = 8$ мкм.

4. По формулам табл. 5.4 рассчитываем исполнительные размеры калибра:

$$d_{к\max} = D_{\min} - T_p + F = 16 - 0,04 + 0,012 = 15,972;$$

$$d_{к\min} = d_{к\max} - H = 15,972 - 0,005 = 15,967;$$

$$d_{к-W} = d_{к\max} - H - W = 15,972 - 0,005 - 0,005 = 15,962.$$

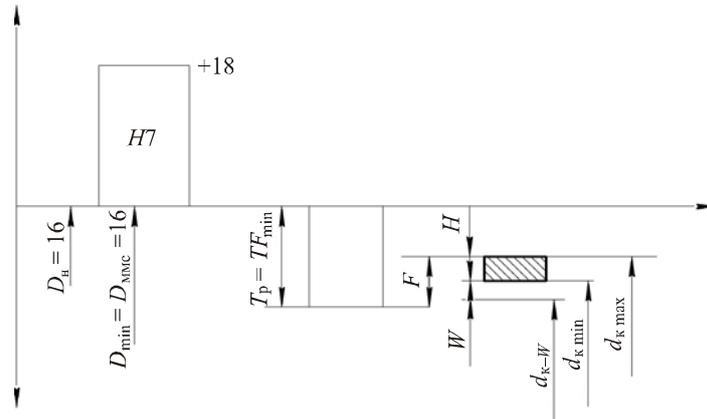


Рис. 5.28. Схема расположения поля допуска калибра для контроля отклонения формы отверстия

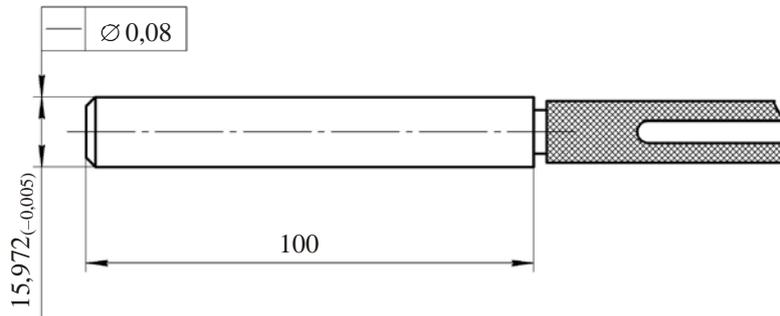


Рис. 5.29. Схема калибра для контроля отклонения от прямолинейности оси отверстия

5. Схема калибра с указанием размера и допуска измерительной поверхности приведена на рис. 5.29.

5.5.2. Калибры для контроля расположения поверхностей и координирующих размеров

В настоящей работе рассматривается методика проектирования калибров для таких видов расположения, как отклонение от соосности, симметричности и позиционное отклонение, а также для координирующих размеров.

Для расчета калибров используется ГОСТ 16085–80 «Калибры для контроля расположения поверхностей. Допуски».

Калибры для контроля расположения поверхностей по этому стандарту являются проходными. Изделие считается годным, если калибр соединяется с изделием (проходной) по всем контролируемым поверхностям. Причем контроль расположения поверхностей должен производиться после того как установлено, что их размеры (диаметры отверстий и валов, ширины впадин и т. д.) выполнены в пределах соответствующих полей допусков.

Необходимо учесть, что калибры предназначены для контроля расположения поверхностей (их осей или плоскости симметрии) с зависимыми допусками расположения.

Допуски, отклонения и предельные размеры калибров

Допуски на изготовление, расположение и величина износа измерительных элементов калибров устанавливаются для каждого измерительного элемента в зависимости от позиционного допуска поверхности (плоскости симметрии) изделия, контролируемого данным измерительным элементом.

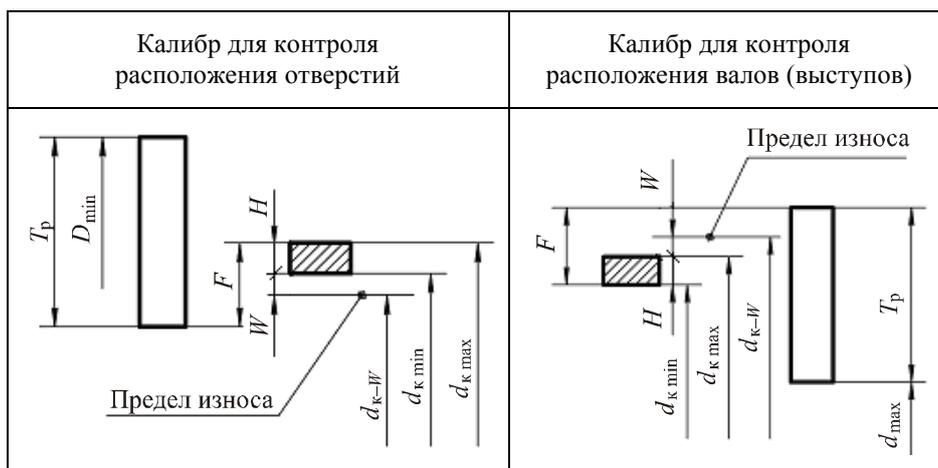


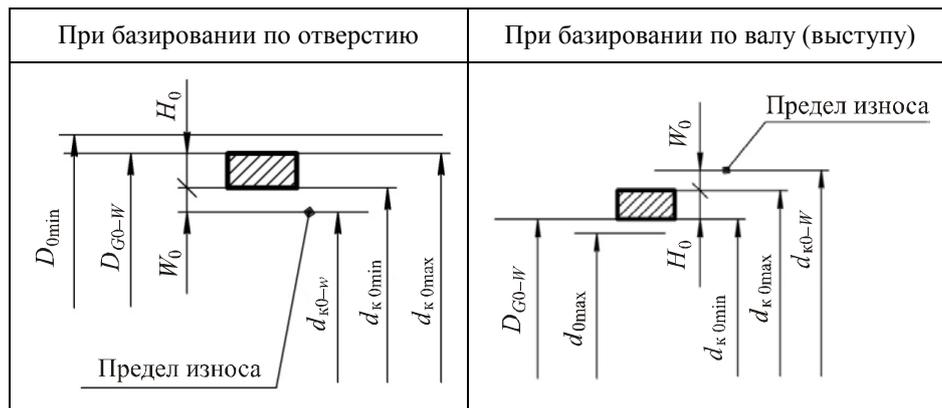
Рис. 5.30. Схемы расположения полей допусков калибров без базовых измерительных элементов:

-  – поле допуска на изготовление измерительного элемента калибра;
-  – поле позиционного допуска поверхности изделия

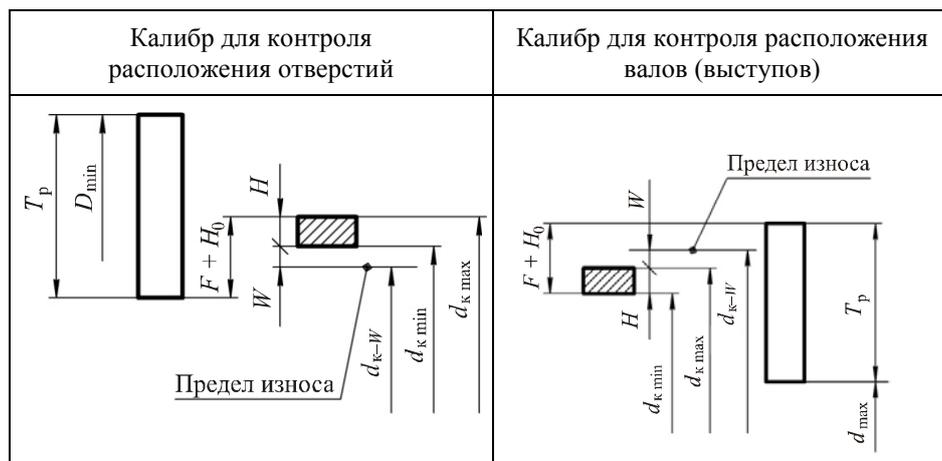
Если допуски расположения поверхностей изделия заданы не позиционными допусками, а предельными отклонениями размеров, координирующих оси (плоскости симметрии) поверхностей, или другими видами

допусков расположения, то предварительно следует определить позиционный допуск контролируемой поверхности по формулам, приведенным в приложении 4 (табл. П4.1 и П4.2).

Отклонения и допуски измерительных элементов калибра должны соответствовать указанным на рис. 5.30 и 5.31 и в табл. 5.2.



а



б

Рис. 5.31. Схемы расположения полей допусков с базовыми измерительными элементами:

а – для базового измерительного элемента; б – для остальных измерительных элементов;

– поле допуска на изготовление измерительного элемента калибра;
 – поле позиционного допуска поверхности изделия

Обозначения, используемые на рис. 5.30 и 5.31 и в табл. 5.2, приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.2

Отклонения и допуски измерительных элементов калибров расположения

Позиционный допуск поверхности изделия, мкм	Отклонения и допуски измерительных элементов калибра, мкм			
	F	H	W	$T_{pк}$
T_p				
От 20 до 30	9	4	4	6
» 30 » 50	12	5	5	8
» 50 » 80	15	6	6	10
» 80 » 120	20	8	8	12
» 120 » 200	26	8	10	16
» 200 » 300	32	10	12	20
» 300 » 500	53	12	16	25
» 500 » 800	66	16	20	30
» 800 » 1200	85	20	25	40
» 1200 » 2000	105	25	30	50
» 2000 » 3000	130	30	40	60
» 3000 » 5000	170	40	50	80
» 5000	210	50	60	100

Примечание. Отклонения и допуски калибров при $T_p \leq 50$ мкм относятся только к гладким измерительным элементам.

Таблица 5.3

Условные обозначения, используемые для проектирования калибров расположения

Обозначение	Наименование
D_{\min}	Наименьший предельный размер отверстия изделия
d_{\max}	Наибольший предельный размер вала (выступа) изделия
$D_{0\min}$	Наименьший предельный размер базового отверстия изделия
$d_{0\max}$	Наибольший предельный размер базового вала (выступа) изделия
T_p	Позиционный допуск поверхности (ее оси или плоскости симметрии) изделия в диаметральном выражении
F	Основное отклонение размера измерительного элемента, соответствующее проходному пределу размера нового калибра, в калибрах без базовых измерительных элементов
H	Допуск на изготовление измерительного элемента калибра
H_0	Допуск на изготовление измерительного элемента калибра
W	Величина износа измерительного элемента калибра (определяет размер предельного износа измерительного элемента при полном использовании допуска на его изготовление)
W_0	Величина износа базового измерительного элемента калибра
$d_{к\max}, d_{к\min}$	Соответственно наибольший и наименьший предельные размеры измерительного элемента нового калибра

Окончание табл. 5.3

Обозначение	Наименование
$d_{к0max}, d_{к0min}$	Соответственно наибольший и наименьший предельные размеры базового измерительного элемента нового калибра
$d_{к-W}$	Размер предельно изношенного измерительного элемента калибра
$d_{к0-W}$	Размер предельно изношенного базового измерительного элемента калибра
$T_{пк}$	Позиционный допуск измерительного элемента (его оси или плоскости симметрии) калибра в диаметральном выражении

Допуск на изготовление и величина износа базового измерительного элемента (соответственно H_0 и W_0) должны выбираться такими же, как для остальных измерительных элементов, т. е.

$$H_0 = H, \quad W_0 = W.$$

Если для разных измерительных элементов калибра H и W неодинаковы, то для базового измерительного элемента принимают допуск на изготовление и величину износа, равный их наименьшим значениям для данного калибра, т. е.

$$H_0 = H_{\min}, \quad W_0 = W_{\min}.$$

Предельные размеры измерительных элементов калибра должны определяться по формулам, приведенным в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Формулы для расчета предельных размеров калибров расположения

Вид калибра		Формулы расчета предельных размеров	
		Для измерительных элементов, контролирующих расположение отверстий	Для измерительных элементов, контролирующих расположение валов (выступов)
Калибры без базовых измерительных элементов		$d_{кmax} = D_{\min} - T_p + F$ $d_{кmin} = d_{кmax} - H$ $d_{к-W} = d_{кmax} - H - W$	$d_{кmin} = d_{max} + T_p - F$ $d_{кmax} = d_{кmin} + H$ $d_{к-W} = d_{кmin} + H + W$
Калибры с базовыми измерительными элементами	Базовый измерительный элемент	$d_{к0max} = d_{G0-W}$ $d_{к0min} = d_{G0-W} - H_0$ $d_{к0-W} = d_{G0-W} - H_0 - W_0$	$d_{к0min} = d_{G0-W}$ $d_{к0max} = d_{G0-W} + H_0$ $d_{к0-W} = d_{G0-W} + H_0 + W_0$
	Остальные измерительные элементы	$d_{кmax} = D_{\min} - T_p + F + H_0$ $d_{кmin} = d_{кmax} - H$ $d_{к-W} = d_{кmax} - H - W$	$d_{кmin} = d_{max} + T_p - F - H_0$ $d_{кmax} = d_{кmin} + H$ $d_{к-W} = d_{кmin} + H + W$

Примечание. В табл. 5.4 обозначение d_{G0-W} характеризует размер предельно изношенного поэлементного проходного калибра, предназначенного для контроля размера поверхности изделия.

Последовательность проектирования калибров расположения

Для проектирования калибров расположения в качестве исходных данных служит чертеж детали с требованиями к расположению поверхностей, которые необходимо проконтролировать калибром расположения. Обратить особое внимание на вид отклонения расположения и на базирующие элементы. Убедиться, что есть позиционное отклонение, а если его нет, то пересчитать на такое отклонение. Допуски расположения должны быть заданы зависимыми. Причем они могут быть зависимы только от рассматриваемого элемента или только от базового элемента. Возможно, что допуск расположения может зависеть одновременно как от допусков рассматриваемого, так и базовых элементов. Числовые значения допусков могут быть заданы как в радиусном, так и в диаметральном выражении.

Следующим этапом проектирования является выбор схемы расположения полей допусков калибров. Как было показано ранее в разделе 5.5.2, существуют две схемы расположения полей допусков калибров: без базовых измерительных элементов и с базовыми измерительными элементами. Причем в обоих случаях приведены схемы как для контроля наружных поверхностей (валов), так и для внутренних (отверстий).

После выбора схемы по формулам, приведенным в табл. 5.4, необходимо подсчитать исполнительные размеры предельных калибров с учетом их износа.

Завершается проектирование калибров созданием сборочных чертежей со всеми техническими требованиями.

Обратить внимание, что на сборочном чертеже допуски расположения измерительных элементов калибра должны назначаться независимыми.

Если у детали контролируется позиционное отклонение, то и допуски расположения измерительных элементов калибра предпочтительно указывать позиционным допуском осей (плоскостей симметрии). Вместо позиционных допусков для измерительных элементов калибра могут быть указаны предельные отклонения размеров, координирующие их оси (плоскости симметрии). Если допуски расположения поверхностей изделия указаны не позиционными допусками или предельными отклонениями размеров, координирующих оси, а другими видами допусков расположения (например, допуском соосности и др.), то для соответствующих измерительных элементов калибра должен назначаться тот же вид допуска расположения, что и для изделия.

Примеры расчета калибров для контроля расположения поверхностей и координирующих размеров

Пример 1. Расчет калибра для контроля соосности двух гладких цилиндрических поверхностей в детали, изображенной на рис. 5.32 (без базовых измерительных поверхностей).

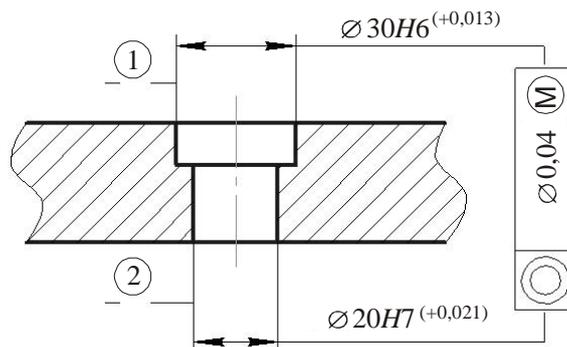


Рис. 5.32. Фрагмент детали без базовых измерительных поверхностей

1. По требованию соосности видно, что здесь нет базы, т. е. соосность отверстий задана по отношению друг к другу числовым значением допуска соосности T_c в диаметральном выражении, равном 40 мкм.

Буква \textcircled{M} говорит о том, что допуск соосности зависимый.

2. По п. 4 табл. П4.2 (приложение 4) находим позиционные допуски осей поверхностей:

$$T_{p1} = T_{p2} = \frac{T_c}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ мкм},$$

где $T_{p1} = T_{p2}$ – позиционный допуск отверстий $\varnothing 30H6$ и $\varnothing 20H7$ соответственно.

3. Находим среднюю величину позиционного допуска изделий:

$$T_{p\text{ ср}} = \frac{T_{p1} + T_{p2}}{2} = \frac{20 + 20}{2} = 20 \text{ мкм}.$$

4. По табл. 5.2 находим отклонение и допуски измерительных элементов калибра. При $T_{p\text{ ср}} = 20$ мкм находим $F_1 = F_2 = 9$ мкм; $H_1 = H_2 = 4$ мкм; $W_1 = W_2 = 4$ мкм; $T_{p\text{ к}1} = T_{p\text{ к}2} = 6$ мкм.

5. По формулам из табл. 5.4 находим исполнительные размеры измерительных элементов калибра, если ни один из них не является базовым.

5.1. Размеры измерительной ступени, сопрягаемой с отверстием $\varnothing 20H7$:

$$d_{к\max} = D_{\min} - T_p + F = 20 - 0,02 + 0,009 = 19,989 \text{ мм};$$

$$d_{к\min} = d_{к\max} - H = 19,989 - 0,004 = 19,985 \text{ мм};$$

$$d_{к-W} = d_{к\max} - H - W = 19,989 - 0,004 - 0,004 = 19,981 \text{ мм}.$$

5.2. Размеры измерительной ступени, сопрягаемой с отверстием $\varnothing 30H6$, определенные по тем же формулам при тех же значениях отклонений и допусков, получаем:

$$d_{к\max} = 30 - 0,002 + 0,009 = 29,989 \text{ мм};$$

$$d_{к\min} = 29,989 - 0,004 = 29,985 \text{ мм};$$

$$d_{к-W} = 29,989 - 0,004 - 0,004 = 29,981 \text{ мм}.$$

6. Допуск соосности измерительных элементов калибра в диаметральном выражении определяем по табл. 5.2:

$$T_{ск} = T_{пк1} + T_{пк2} = 0,006 + 0,006 = 0,012 \text{ мм (независимый)}.$$

7. Схема калибра с указанием размеров и допусков измерительных элементов приведена на рис. 5.33.

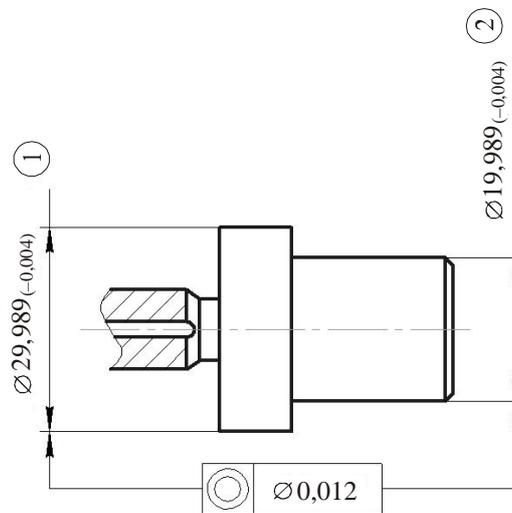


Рис. 5.33. Схема калибра для контроля соосности без базовых измерительных элементов

Пример 2. Расчет калибра для контроля соосности двух гладких цилиндрических поверхностей в детали, изображенной на рис. 5.34 (с базовой измерительной поверхностью).

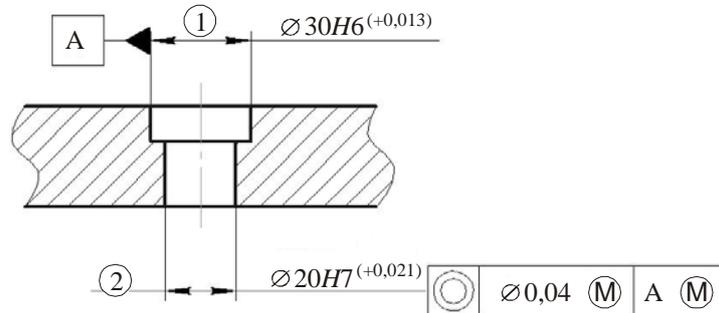


Рис. 5.34. Фрагмент детали с базовой измерительной поверхностью

1. По чертежу требуется выдержать соосность отверстия $\varnothing 20H7$ по отношению к базе (отверстия $\varnothing 30H6$). Допуск соосности задан в диаметральной выражении и равен $T_c = 40$ мкм, причем допуск соосности зависит как от допуска рассматриваемого элемента, так и от базового.

2. По п. 1 табл. П4.2 (приложение 4) находим позиционные допуски осей поверхностей. Для базовой поверхности $\textcircled{1}$ $T_{p1} = 0$; для рассматриваемой поверхности $\textcircled{2}$

$$T_{p2} = T_c = 40 \text{ мкм.}$$

3. Находим отклонения и допуски измерительных элементов калибра.

3.1. Для измерительного элемента, не являющегося базовым, по табл. 5.2 при $T_{p2} = 40$ мкм находим $F = 12$ мкм; $H = 5$ мкм; $W = 5$ мкм; $T_{pk} = 8$ мкм.

3.2. Для базового измерительного элемента

$$H_0 = H = 5 \text{ мкм; } W_0 = W = 5 \text{ мкм.}$$

4. По формулам, приведенным в табл. 5.4, находим исполнительные размеры.

4.1. Базовый измерительный элемент

$$d_{k0\max} = d_{G0-W},$$

d_{G0-W} – определяется из схемы расположения поля допуска на изготовление и износ гладкого проходного калибра-пробки (Р-ПР_{изн});

для контроля отверстия диаметром 30 мм по ГОСТ 24853--81 (СТ СЭВ 157–75)

$$d_{G0-W} = d_{ПР\text{ изн}} = D_{0\min} - y = 30 - 0,0015 = 29,999 \text{ мм,}$$

где y – допустимый выход размера изношенного проходного (гладкого) калибра за границу поля допуска изделия;

$$d_{k0 \min} = d_{G0-W} - H_0 = 29,999 - 0,005 = 9,994 \text{ мм};$$

$$d_{k0-W} = d_{G0-W} - H_0 - W_0 = 29,999 - 0,005 - 0,005 = 29,989 \text{ мм}.$$

4.2. Измерительные элементы, не являющиеся базовыми:

$$d_{k \max} = D_{\min} - T_{p2} + F + H_0 = 20 - 0,04 + 0,012 + 0,005 = 19,977 \text{ мм};$$

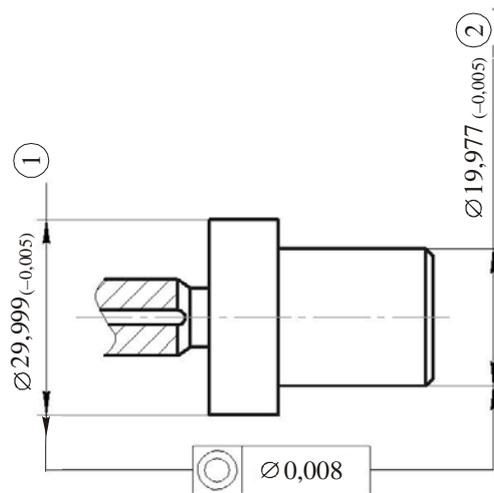
$$d_{k \min} = d_{k \max} - H = 19,977 - 0,005 = 19,972 \text{ мм};$$

$$d_{k-W} = d_{k \max} - H - W = 19,977 - 0,005 - 0,005 = 19,967 \text{ мм}.$$

5. Допуск соосности $T_{cк}$ (в диаметральном выражении) измерительного элемента калибра относительно базового в соответствии с табл. 5,2 при $T_{p2} = T_c = 40$ мкм.

$T_{cк} = T_{pк}$ и равен 0,008 мм, причем допуск независимый.

6. Схема калибра с указанием размеров и допусков измерительных элементов приведена на рис. 5.35.



Износ поверхностей ① и ② соответственно до $\varnothing 29,989$ и $\varnothing 19,967$

Рис. 5.35. Схема калибра для контроля соосности отверстий (с базовой измерительной поверхностью)

Пример 3. Расчет калибра для контроля соосности двух гладких наружных цилиндрических поверхностей в детали, изображенной на рис. 5.36. Допуск соосности нулевой.

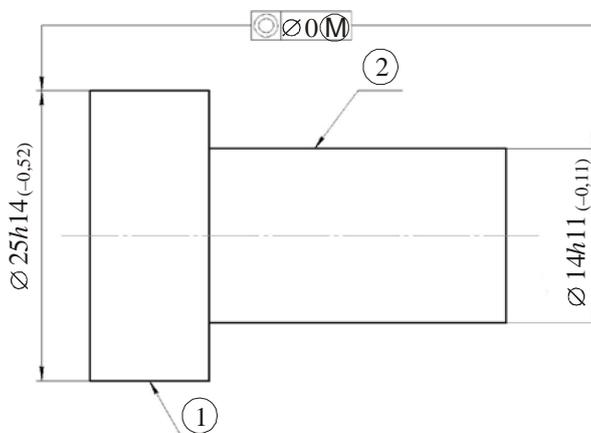


Рис. 5.36. Вал ступенчатый, нулевой зависимый допуск соосности

1. По чертежу требуется выдержать соосность ступеней вала ① и ② по отношению друг к другу. Допуск соосности задан в диаметральном выражении и равен $T_c = 0$, причем допуск соосности зависит как от допуска ступени вала диаметром $\text{Ø } 25h14$, так и от допуска ступени вала диаметром $\text{Ø } 14h11$.

2. Для расчета калибра соосности перейдем к адекватному понятию (в нашем случае позиционному допуску). Для поверхностей ① и ② позиционные допуски равны нулю, т. е. $T_{p1} = T_{p2} = T_c = 0$.

3. Если задан зависимый допуск расположения поверхностей, равный нулю, то в соответствии с рекомендациями ГОСТ 16085–80 измерительные элементы калибров рассчитываются как поэлементные проходные калибры (ПР) для гладких соединений по формулам, приведенным в табл. 2.1 и 2.2 настоящего пособия. В нашем случае для расчета наименьшего предельного размера проходного калибра-кольца (ПР) следует использовать формулу из табл. 2.2:

$$d_{k \text{ min}} = d_{\text{max}} - Z_1 - H_1/2,$$

где Z_1 и H_1 выбираются из приложения 1.

Для измерительного элемента, контролирующего диаметр $\text{Ø } 25h14$,

$$Z_1 = 0,036 \text{ мм}; H_1 = 0,021 \text{ мм}; y_1 = 0.$$

Для измерительного элемента, контролирующего диаметр $\text{Ø } 14h11$,

$$Z_1 = 0,016 \text{ мм}; H_1 = 0,008 \text{ мм}; y_1 = 0.$$

Тогда минимальные предельные размеры измерительных элементов калибра будут следующими:

$$d_{k1 \min} = 25 - 0,036 - 0,0105 = 24,9535 \text{ мм};$$

$$d_{k2 \min} = 14 - 0,016 - 0,004 = 14,98 \text{ мм}.$$

Размеры изношенных проходных калибров рассчитываются по формуле (табл. 2.2)

$$d_{k-w} = d_{\max} + y_1.$$

Так как $y_1 = 0$, то размеры изношенных калибров будут:

$$d_{k1-w} = 25 \text{ мм и } d_{k2-w} = 14 \text{ мм}.$$

4. В соответствии с рекомендациями ГОСТ 16085–80 допуск соосности измерительных элементов калибра следует принимать равным сумме допусков на изготовление проходных калибров для контроля размеров поверхностей ① и ②, т. е.

$$T_{с к} = T_{d1к} + T_{d2к} = 0,021 + 0,008 = 0,029 \text{ мм}.$$

5. Схема калибра с указанием размеров и допусков измерительных элементов калибра изображена на рис. 5.37.

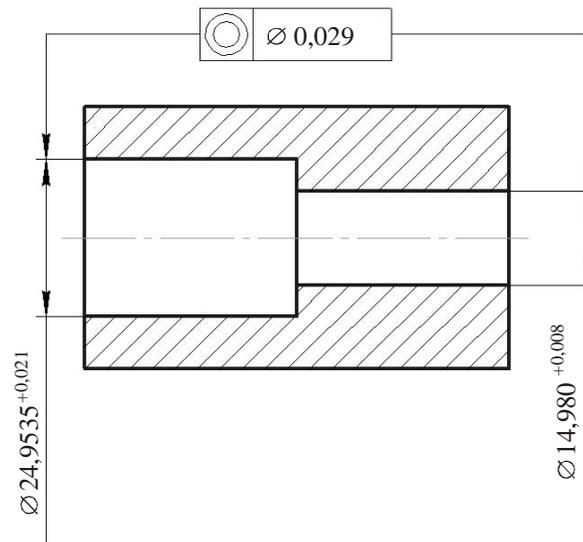


Рис. 5.37. Схема калибра для контроля соосности ступенчатого вала

Пример 4. Расчет калибра для контроля соосности гладкой цилиндрической поверхности относительно резьбы в детали, изображенной на рис. 5.38.

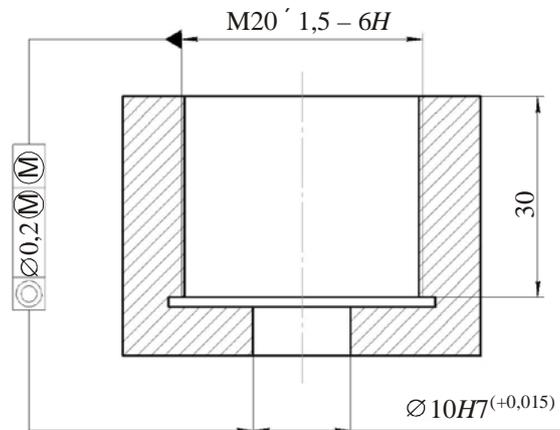


Рис. 5.38. Деталь с требованиями соосности гладкого отверстия к оси резьбы

1. По чертежу требуется выдержать соосность отверстия $\text{Ø } 10H7$ по отношению к базовой резьбовой поверхности M20. Допуск соосности задан в диаметральном выражении и равен 0,2 мм, причем допуск соосности зависит как от допуска рассматриваемого элемента (отверстие $\text{Ø } 10$), так и от допуска базовой поверхности.

2. Для расчета калибра соосности перейдем к адекватному понятию (в нашем случае позиционному допуску). По п.1 табл. 2 приложения I ГОСТ 16085–80 или табл. П4.2 настоящего пособия находим позиционные допуски осей поверхностей. Для базовой (резьбовой) поверхности $T_{p1} = 0$, для рассматриваемой (гладкой) поверхности $T_{p2} = T_c = 0,2$ мм.

3. Находим среднюю величину позиционного допуска:

$$T_{\text{cp}} = \frac{T_{p1} + T_{p2}}{2} = \frac{0 + 200}{2} = 100 \text{ мкм.}$$

4. Определяем возможность использования калибра с резьбовым измерительным элементом.

Здесь следует заметить, что калибры с резьбовыми измерительными элементами допускается применять только при средней величине зависящего позиционного допуска больше 40 мкм ($T_{\text{cp}} > 40$ мкм). Изделия с резьбовыми координируемыми поверхностями, средний позиционный допуск которых меньше 40 мкм, являются неконтролепригодными. В нашем случае $T_{\text{cp}} = 100$ мкм > 40 мкм, поэтому мы можем использовать калибр.

5. Для расчета размеров и отклонений измерительных элементов калибра найдем номинальные размеры, допуски и предельные отклонения резьбы.

Для метрической резьбы по ГОСТ 24705–2004 по заданному номинальному наружному диаметру $D = 20$ и шагу $P = 1,5$ гайки определяем номинальный средний D_2 и внутренний диаметр D_1 гайки. По заданному полю допуска для гайки $6H$ по ГОСТ 16093–2004 находим предельные отклонения на средний и внутренний диаметры гайки. Все эти исходные данные для удобства занесем в табл. 5.5.

Т а б л и ц а 5.5

Исходные параметры гайки

Гайка М20 × 1,5 – 6H	Наружный диаметр D , мм	Внутренний диаметр D_1 , мм	Средний диаметр D_2 , мм
Номинальные размеры	20,000	18,376	19,026
Верхние отклонения ES , мкм	–	+ 300	+ 190
Нижние отклонения EI , мкм	0	0	0
Допуск, мкм	–	300	190
D_{\max} , мм	–	18,676	19,216
D_{\min} , мм	20,000	18,376	19,026

6. Находим отклонения и допуски измерительных элементов калибра:

– для гладкого измерительного элемента, не являющегося базовым, по табл. 1 ГОСТ 16085–80 или по табл. 5.2 настоящего пособия при $T_{p2} = 200$ мкм

$$F = 26 \text{ мкм}; \quad H = 8 \text{ мкм}; \quad W = 10 \text{ мкм}; \quad T_{pk} = 16 \text{ мкм};$$

– для резьбового измерительного элемента

$$H_0 = H = 8 \text{ мкм}; \quad W_0 = W = 10 \text{ мкм}.$$

7. Определяем предельные размеры измерительных элементов калибра по формулам табл. 2 ГОСТ 16085–80 или по табл. 5.4 настоящего пособия.

7.1. Для гладкого измерительного элемента

$$d_{k \max} = D_{\min} - T_{p2} + F + H_0 = 10,000 - 0,200 + 0,026 + 0,008 = 9,834 \text{ мм};$$

$$d_{k \min} = d_{k \max} - H = 9,834 - 0,008 = 9,826 \text{ мм};$$

$$d_{k-W} = d_{k \max} - H - W = 9,834 - 0,008 - 0,010 = 9,816 \text{ мм}.$$

7.2. Для резьбового измерительного элемента:
– по среднему диаметру

$$d_{k0 \max} = d_{G0-W} = 19,0205 \text{ мм},$$

где d_{G0-W} – размер предельно изношенного проходного калибра для контроля среднего диаметра гайки, который определяется по формуле, приведенной в табл.11 ГОСТ 24997–2004 или по формуле табл. 4.14 настоящего пособия:

$$d_{G0-W} = D_2 + EI_{D2} + Z_{PL} - W_{G0}.$$

В нашем случае $D_2 = 19,026$ мм, $EI_{D2} = 0$, $Z_{PL} = 12$ мкм и $W_{G0} = 17,5$ мкм (см. табл. 4.7).

Тогда

$$d_{G0-W} = 19,026 + 0 + 0,012 - 0,0175 = 19,0205 \text{ мм}.$$

Минимальный допустимый средний диаметр резьбового калибра будет равен

$$d_{k0 \min} = d_{G0-W} - H_0 = 19,0205 - 0,008 = 19,0125 \text{ мм}.$$

Окончательно для простановки на чертеже принимаем размер $19,0205_{-0,008}$. Размер предельного изношенного калибра по среднему диаметру будет равен

$$d_{k0} = d_{G0-W} - H_0 - W_0 = 19,0205 - 0,008 - 0,010 = 19,0025 \text{ мм}.$$

Для наглядного представления на рис. 5.39 приведена схема расположения полей допусков калибров для контроля среднего диаметра гайки.

Наружные и внутренние диаметры резьбового измерительного элемента калибра определяются по формулам табл. 11 ГОСТ 24997–2004 или по формулам табл. 4.14 настоящего пособия:

$$d_k = (D + EI_D + Z_{PL}) \pm T_{PL} - \text{наружный диаметр};$$

$$d_{1k} = D_1 + EI_{D1} - H / 6 - \text{внутренний диаметр}.$$

По табл. 4.7 в зависимости от допуска на средний диаметр гайки $T_{D2} = 190$ мкм: $Z_{PL} = 12$ мкм и $T_{PL} = 11$ мкм, и тогда

$$d_k = (20 + 0 + 0,012) \pm 12 = 20,012 \pm 0,012 \text{ мм},$$

на чертеже будем проставлять размер

$$d_k = 20,024_{-0,024};$$

$$d_{1к} = 18,376 + 0 - 0,210 = 18,166 \text{ мм}$$

(при шаге $P = 1,5 \text{ мм}$ $H/6$ по табл. 4.3 равно $0,210 \text{ мм}$).

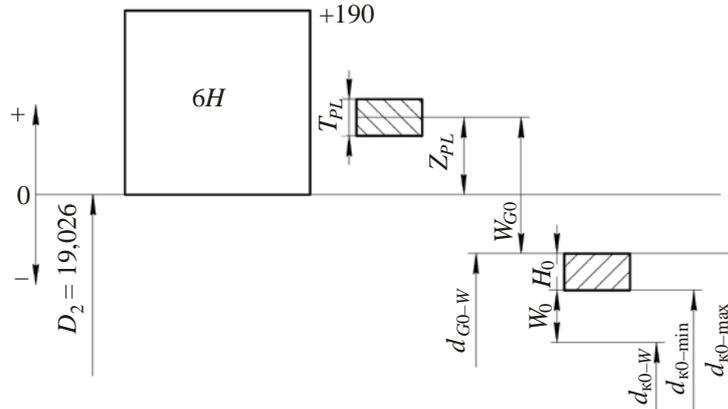


Рис. 5.39. Схема расположения допусков калибров для контроля среднего диаметра гайки:

-  – поле допуска среднего диаметра гайки;
-  – поле допуска резьбового калибра-пробки рабочего проходного;
-  – поле допуска резьбового калибра пробки для контроля соосности

7. Допуск соосности $T_{ск}$ гладкого измерительного элемента калибра относительно резьбового измерительного элемента согласно табл. 5 ГОСТ 16085–80 или табл. П4.3 равен

$$T_{ск} = T_{рк}.$$

Допуск расположения калибра $T_{рк} = 16 \text{ мкм}$, следовательно, $T_{ск} = 16 \text{ мкм}$.

8. Допуски шага P и предельных отклонений угла наклона $T_{\alpha/2}$ боковой стороны профиля резьбовых калибров назначаем по табл. 4.9 и 4.11. При длине резьбы 30 мм и степени точности 6 допуск шага резьбы калибра согласно табл. 4.11 равен 5 мкм, а предельные отклонения угла наклона боковой стороны профиля резьбы при шаге $P = 1,5$ и степени точности 6 равны $\pm 12 \text{ мин}$ (см. табл. 4.9).

Схема калибра соосности с указанием размеров и допусков измерительных элементов изображена на рис. 5.40.

Пример 5. Расчет калибра для контроля расположения отверстий в детали, показанной на рис. 5.41.

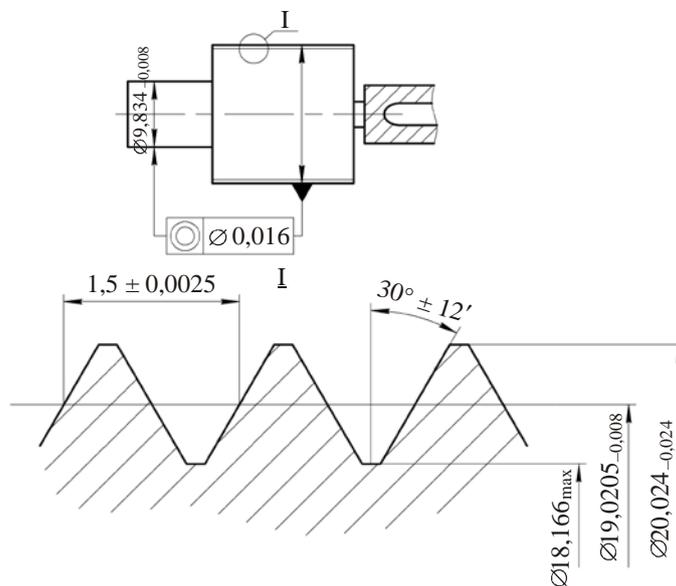


Рис. 5.40. Схема калибра для контроля соосности гладкого и резьбового отверстий

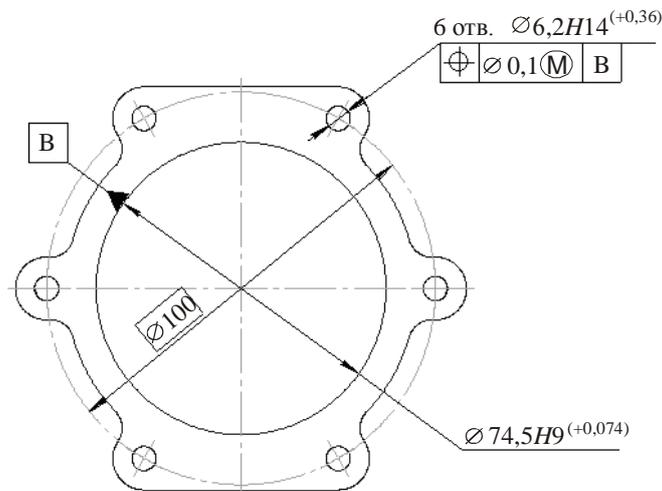


Рис. 5.41. Фрагмент детали фланца

1. По чертежу требуется выдержать расположение шести отверстий $\varnothing 6,2H14$ по отношению к базовому (центральному) отверстию $\varnothing 74,5H9$. Задан позиционный допуск расположения $T_p = 0,1$ мм в диаметральном выражении.

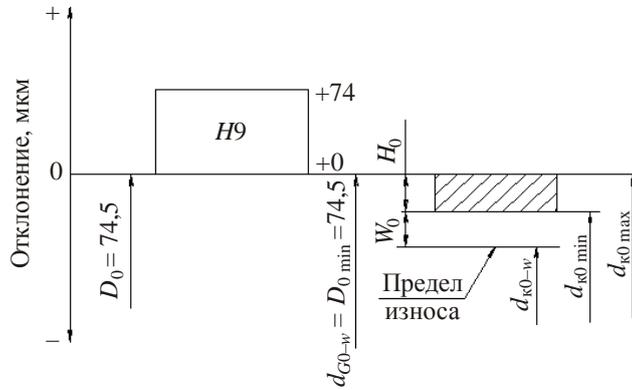


Рис. 5.42. Схема расположения поля допуска калибра с базовым измерительным элементом:

- поле допуска базового отверстия детали;
- поле допуска на изготовление измерительного элемента калибра

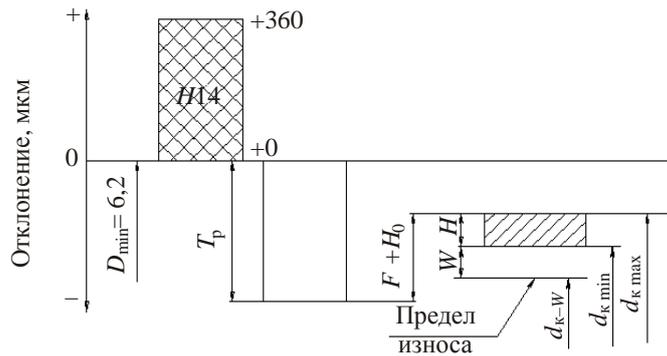


Рис. 5.43. Схема расположения полей допусков калибров для отверстий $\varnothing 6,2$ мм:

- поле допуска отверстий $\varnothing 6,2$ мм;
- поле допуска позиционного допуска отверстий $\varnothing 6,2$ мм;
- поле допуска на изготовление измерительного элемента калибра

2. Для расчета предельных размеров измерительных элементов калибра воспользуемся следующими схемами расположения полей допусков калибров:

– схемой по рис. 5.31, а для базовой измерительной пробки (базирование по отверстию $\varnothing 74,5H9$), которая применительно к нашей детали представлена на рис. 5.42;

– для остальных измерительных элементов калибра схема, взятая из рис. 5.31, б, применительно к нашей детали будет выглядеть так, как показано на рис. 5.43.

3. Находим отклонения и допуски измерительных элементов калибра по табл. 5.2 при $T_p = 0,1$ мм.

3.1. Для пробок, контролирующих расположение отверстий диаметром $6,2H14$:

$$F = 0,020 \text{ мм}; H = 0,008 \text{ мм}; W = 0,008 \text{ мм}.$$

3.2. Для базовой пробки

$$H_0 = H = 0,008 \text{ мм}; W_0 = W = 0,008 \text{ мм}.$$

4. По формулам, приведенным в табл. 5.4, находим исполнительные размеры.

4.1. Для базового измерительного элемента (пробки)

$$d_{к0 \max} = d_{G0-W} = 74,5 \text{ мм},$$

d_{G0-W} – определяется исходя из схемы расположения поля допуска на изготовление и износ гладкого проходного калибра-пробки (Р-ПР_{изн}) для контроля отверстия диаметром $74,5H9$ по ГОСТ 24853–81;

$$d_{к0 \min} = d_{G0-W} - H_0 = 74,500 - 0,008 = 74,492 \text{ мм};$$

$$d_{к0-W} = d_{G0-W} - H_0 - W_0 = 74,500 - 0,008 - 0,008 = 74,484 \text{ мм}.$$

4.2. Для остальных пробок:

$$d_{к \max} = D_{\min} - T_p + F + H_0 = 6,2 - 0,1 + 0,02 + 0,008 = 6,128 \text{ мм};$$

$$d_{к \min} = d_{к \max} - H = 6,128 - 0,008 = 6,120 \text{ мм};$$

$$d_{к-W} = d_{к \max} - H - W = 6,128 - 0,008 - 0,008 = 6,112 \text{ мм}.$$

5. Определяем позиционный допуск осей пробок (кроме базовой) калибра по табл. 5.2 для

$$T_p = 0,100 \text{ мм}, T_{pк} = 0,012 \text{ мм}.$$

Примечание. Вместо позиционного допуска можно проставить на чертеже предельные размеры и предельные отклонения углов.

Схема калибра с указанием исполнительных размеров и допусков приведена на рис. 5.44.

Пример 6. Расчет калибра для контроля симметричности паза в детали, показанной на рис. 5.45.

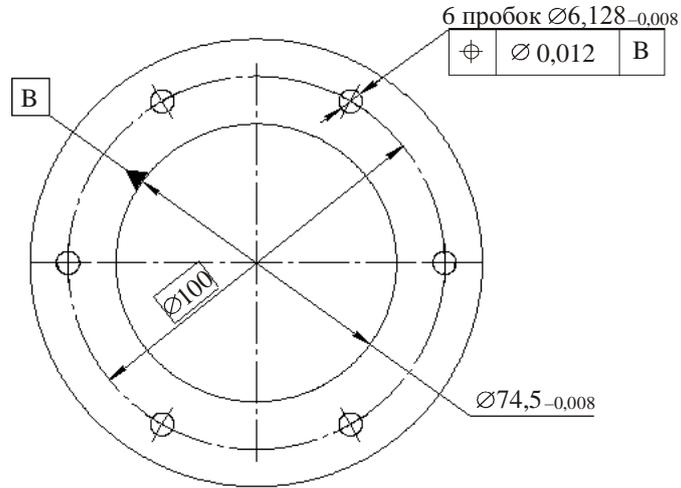


Рис. 5.44. Схема калибра расположения для детали фланца. Размеры изношенных калибров:
 $\varnothing 74,484$ мм; $\varnothing 6,112$ мм

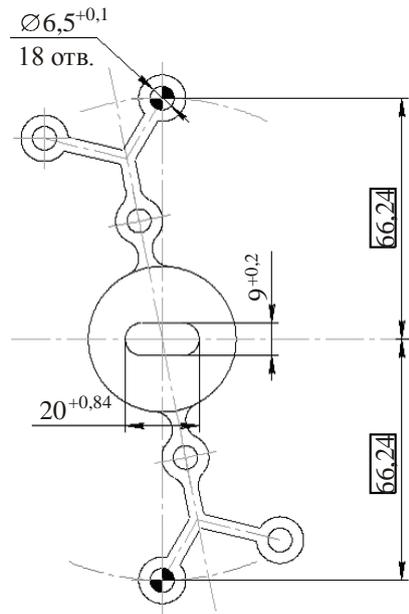


Рис. 5.45. Фрагмент детали головки. Позиционный допуск осей паза $\varnothing 0,1$ (допуск зависимый); база ось отверстий \oplus (допуск зависимый)

1. По чертежу требуется выдержать симметричность паза 20×9 по отношению к осям отверстий $\varnothing 6,5$ мм. Расположение паза по отношению к отверстиям задано размерами 66,24 мм. Чертежом подразумевается, что плоскость симметрии паза в одном направлении проходит через середину паза, деля размер $9^{+0,2}$ пополам. Вторая плоскость симметрии паза проходит через оси отверстий $\varnothing 6,5$ мм и середину паза, деля размер $20^{+0,84}$ пополам. Задан позиционный допуск расположения $T_p = 0,1$ мм в диаметральном выражении, причем допуск зависит от размера паза и базовых отверстий.

2. Для расчета предельных размеров измерительных элементов калибра выбираем схему расположения полей допусков калибров по рис. 5.11, т. е. с базовыми измерительными элементами.

3. Находим отклонения и допуски измерительных элементов калибра по табл. 5.2 при $T_p = 0,1$ мм: $F = 0,02$ мм; $H = H_0 = 0,008$ мм; $W = W_0 = 0,008$ мм; $T_{pk} = 0,012$ мм.

4. По формулам, приведенным в табл. 5.4, находим исполнительные размеры.

4.1. Базового измерительного элемента:

$$d_{k0 \max} = d_{G0-W} = 6,5 \text{ мм.}$$

Размер d_{G0-W} определяется как размер гладкого рабочего проходного изношенного калибра-пробки по ГОСТ 24853–81 (СТ СЭВ 157–75).

В нашем случае

$$d_{G0-W} = d_{\text{ПР изн}} = D_{0 \min} - y,$$

где y – величина, характеризующая границу износа.

Для размера $6,5^{+0,1}$ эта величина равна нулю.

И тогда $d_{G0-W} = D_{0 \min} = 6,5$ мм.

$$d_{k0 \max} = d_{G0-W} = 6,5 \text{ мм;}$$

$$d_{k0 \min} = d_{G0-W} - H_0 = 6,5 - 0,008 = 6,492 \text{ мм;}$$

$$d_{k0-W} = d_{G0-W} - H_0 - W_0 = 6,5 - 0,008 - 0,008 = 6,484 \text{ мм.}$$

4.2. Для пробки, входящей в паз:

– для контроля длины паза

$$d_{k \max} = D_{\min} - T_p + F + H_0 = 20 - 0,1 + 0,020 + 0,008 = 19,928 \text{ мм;}$$

$$d_{k \min} = d_{k \max} - H = 19,928 - 0,008 = 19,92 \text{ мм;}$$

$$d_{k-W} = d_{k \max} - H - W = 19,928 - 0,008 - 0,008 = 19,912 \text{ мм;}$$

– для контроля ширины паза расчеты аналогичны предыдущему:

$$d_{k \max} = D_{\min} - T_p + F + H_0 = 9 - 0,1 + 0,02 + 0,008 = 8,928 \text{ мм;}$$

$$d_{\text{к min}} = d_{\text{к max}} - H = 8,928 - 0,008 = 8,920 \text{ мм};$$

$$d_{\text{к-W}} = d_{\text{к max}} - H - W = 8,928 - 0,008 - 0,008 = 8,912 \text{ мм}.$$

4.3. Позиционный допуск калибра, который будет проставлен на чертеже $T_{\text{п к}}$, равен 0,012 (см. п. 3 этого примера). Этот позиционный допуск может быть пересчитан на предельные отклонения и проставлен на чертеже.

5. Чертеж калибра с указанием исполнительных размеров и допусков приведен в приложении 5.

Координирующие размеры

Пример 7. Расчет калибра для контроля расположения восемнадцати отверстий в детали «головка».

1. По чертежу требуется выдержать расположение 18 отверстий $\varnothing 6,5^{+0,1}$ по отношению к центральному базовому отверстию $\varnothing 21^{+0,14}$ мм. В технических условиях задан позиционный допуск расположения $T_{\text{п}} = 0,1$ мм. Допуск зависимый.

2. Используем схему расположения полей допусков калибров, представленную на рис. 5.11.

3. Находим отклонения и допуски измерительных элементов калибра по табл. 5.2 при $T_{\text{п}} = 0,1$ мм:

$$F = 0,02 \text{ мм}; H = 0,008 \text{ мм}; W = 0,008 \text{ мм};$$

$$H = H_0 = 0,008 \text{ мм}; W = W_0 = 0,008 \text{ мм}.$$

4. По формулам, приведенным в табл. 5.4, находим исполнительные размеры:

$$d_{\text{к0 max}} = d_{\text{G0-W}} = d_{\text{ПР изн}} = 21,0 \text{ мм};$$

$$d_{\text{к0 min}} = d_{\text{G0-W}} - H_0 = 21 - 0,008 = 20,992 \text{ мм};$$

$$d_{\text{к0-W}} = d_{\text{G0-W}} - H_0 - W_0 = 21 - 0,008 - 0,008 = 20,984 \text{ мм};$$

$$d_{\text{к max}} = D_{\text{min}} - T_{\text{п}} + F + H_0 = 6,5 - 0,1 + 0,020 + 0,008 = 6,428 \text{ мм};$$

$$d_{\text{к min}} = d_{\text{к max}} - H = 6,428 - 0,008 = 6,420 \text{ мм};$$

$$d_{\text{к-W}} = d_{\text{к max}} - H - W = 6,428 - 0,008 - 0,008 = 6,412 \text{ мм}.$$

5. Позиционный допуск осей пробок (кроме базовой) калибра по табл. 5.2 для $T_{\text{п}} = 0,1$ мм составляет $T_{\text{п к}} = 0,012$ мм.

6. Чертеж калибра расположения приведен в приложении 5.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Димов Ю.В.* Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов. – 3 изд. / Ю.В. Димов. – СПб.: Питер, 2010. – 463 с. ил.
2. *Болонкина И.И.* Точность и производственный контроль в машиностроении: справочник / И.И. Болонкина, А.К. Кугай, Б.М. Сорочкин, Б.А. Тайц. – Л.: Машиностроение, 1983. – 368 с., ил.
3. *Марков Н.Н.* Метрологическое обеспечение в машиностроении: учебник для вузов / Н.Н. Марков. – М.: СТАНКИН, 1995.
4. *Палей М.А.* Допуски и посадки: справочник. В 2 ч. / М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – М.: Машиностроение, 2001.
5. *Медовой И.А.* Калибры для трапецеидальной однозаходной и трубной цилиндрической резьбы. Исполнительные размеры калибров. Справочник / И.А. Медовой, Ю.Г. Уманский, Н.М. Журавлев. В 2 кн. – М.: Машиностроение, 1980. – 445 с.
6. *Райан Д.* Инженерная графика в САПР. Перевод с английского / Д. Райан. – М.: Мир, 1989. – 391 с.
7. *Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник.* В 2 т. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – Т. 2. – 208 с.
8. *Тимингс Р.Л.* Справочник инженера-механика / Р.Л. Тимингс. – М.: Техносфера, 2008. – 632 с.

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Гладкие соединения

1. ГОСТ 25346–89 ОНВ. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основные отклонения.
2. ГОСТ 25347–82 ОНВ. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендованные посадки.
3. ГОСТ 30893.1–2002 (ИСО 2768-1–89) ОНВ. Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками.
4. ГОСТ 24853–81. Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски.
5. ГОСТ 2015–84. Калибры гладкие нерегулируемые. Технические требования.
6. ГОСТ 21401–75 – Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Исполнительные размеры.
7. ГОСТ 14807–69 – ГОСТ 14827–69. Конструкция и основные размеры калибров пробок.
8. ГОСТ 16775–93 – ГОСТ 16778–93, ГОСТ 16780–71, ГОСТ 18355–73 – ГОСТ 18357–73, ГОСТ 18358–93–ГОСТ 18364–93, ГОСТ Р 288–92, ГОСТ Р 50287–92. Конструкция и основные размеры калибров-скоб.
9. ГОСТ 24851–81. Калибры гладкие для цилиндрических отверстий и валов. Виды.
10. ГОСТ 2216–84. Скобы гладкие регулируемые
11. ГОСТ 2534–77. Калибры предельные для глубин и высот уступов. Допуски.

Шлицевые соединения

1. ГОСТ 1139–80. Соединения шлицевые. Основные размеры и допуски.
2. ГОСТ 24960–81. Калибры комплексные для контроля шлицевых прямобоочных соединений. Виды, основные размеры.
3. ГОСТ 7951–80. Калибры для контроля шлицевых прямобоочных соединений. Допуски.
4. ГОСТ 24959–81. Калибры для шлицевых соединений. Технические требования.
5. ГОСТ 6033–80. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые эвольвентные с углом профиля 30 град. Размеры, допуски и измеряемые величины.

6. ГОСТ 24969–81. Калибры для контроля шлицевых эвольвентных соединений с углом 30 град. Допуски.

7. ГОСТ 24964–81. Скобы двусторонние для контроля внутреннего диаметра шлицевых валов с прямобочным профилем при центрировании по D или b . Конструкция и размеры.

8. ГОСТ 24966–81. Скобы двусторонние для контроля толщины зубьев шлицевых валов с прямобочным профилем. Конструкция и размеры.

9. ГОСТ 24965–81. Скобы двусторонние для контроля внутреннего диаметра шлицевых валов с прямобочным профилем при центрировании по d . Конструкция и размеры.

Резьбовые соединения

1. ГОСТ 9150–2002 ОНВ. Резьба метрическая. Профиль.

2. ГОСТ 8724–2002 ОНВ. Резьба метрическая. Диаметры и шаги.

3. ГОСТ 24705–2004 ОНВ. Резьба метрическая. Основные размеры.

4. ГОСТ 16093–2004 ОНВ. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором.

5. ГОСТ 4608–81 ОНВ. Резьба метрическая. Посадки с натягом.

6. ГОСТ 24834–81 ОНВ. Резьба метрическая. Переходные посадки.

7. ГОСТ 24939–81. Калибры для цилиндрических резьб. Виды.

8. ГОСТ 2016–86. Калибры резьбовые. Технические условия.

9. ГОСТ 17763–72. Кольца резьбовые с полным профилем резьбы диаметром от 1 до 100 мм. Конструкция и основные размеры.

10. ГОСТ 17764–72. Кольца резьбовые с укороченным профилем резьбы диаметром от 2 до 100 мм. Конструкция и основные размеры.

11. ГОСТ 17758–72. Пробки резьбовые со вставками двусторонние диаметром от 2 до 50 мм. Конструкция и основные размеры.

12. ГОСТ 17756–72. Пробки резьбовые со вставками с полным профилем резьбы диаметром от 1 до 100 мм. Конструкция и основные размеры.

13. ГОСТ 17757–72. Пробки резьбовые со вставками с укороченным профилем резьбы диаметром от 1 до 100 мм. Конструкция и основные размеры.

14. ГОСТ 17759–72. Пробки резьбовые со вставками с полным профилем резьбы диаметром от 52 до 100 мм. Конструкция и основные размеры.

15. ГОСТ 17760–72. Пробки резьбовые со вставками с укороченным профилем резьбы диаметром от 52 до 100 мм. Конструкция и основные размеры.

16. ГОСТ 24997–2004. Калибры для метрической резьбы. Допуски.

17. ГОСТ 18465–73. Калибры для метрической резьбы от 1 до 68 мм. Исполнительные размеры.

18. ГОСТ 18466–73. Калибры для метрической резьбы от 68 до 200 мм. Исполнительные размеры.

19. ГОСТ 24737–81. Резьба трапецеидальная. Основные размеры.
20. ГОСТ 24738–81. Резьба трапецеидальная однозаходная. Диаметры и шаги.
21. ГОСТ 9484–81. Резьба трапецеидальная. Профили.
22. ГОСТ 9562–81. Резьба трапецеидальная однозаходная. Допуски.
23. ГОСТ 24739–81. Резьба трапецеидальная многозаходная. Допуски.
24. ГОСТ 10071–89. Калибры для однозаходной трапецеидальной резьбы. Допуски.
25. ГОСТ 27298–87. Калибры для многозаходной трапецеидальной резьбы. Допуски.
26. ГОСТ 11708–82 ОНВ. Резьба. Термины и определения.

***Отклонения и допуски формы, расположения
и координирующих размеров***

1. ГОСТ 24642–81 ОНВ. Допуски формы и расположения поверхностей. Термины и определения.
2. ГОСТ 24643–81 ОНВ. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения.
3. ГОСТ 14140–81 (СТ СЭВ 637–77). Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей.
4. ГОСТ 28187–89. Отклонения формы и расположения поверхностей. Общие требования и методы измерений.
5. ГОСТ 30893.2–2002 (ИСО 2768-2–89) ОНВ. Общие допуски. Допуски формы и расположения поверхностей, не указанные индивидуально.
6. ГОСТ 16085–80. Калибры для контроля расположения поверхностей. Допуски.
7. ГОСТ 2.308–79. Единая система конструкторской документации. Указания на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.
8. ГОСТ 50056–92 ОНВ. Зависимые допуски формы, расположения и координирующих размеров. Основные положения по применению.
- ГОСТ 2.307–68. Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Калибры гладкие для валов и отверстий от 1 до 500 мм

Допуски и отклонения калибров, мкм															
Квалитеты допусков изделий	Обозначение допусков и отклонений	Интервалы размеров, мм													Квалитет допуска формы калибра
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500	
6	<i>Z</i>	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8	—
	<i>Y</i>	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7	—
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5	—
	<i>Z</i> ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	—
	<i>Y</i> ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	5	6	6	7	—
	<i>H, H_S</i>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1
	<i>H</i> ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2
	<i>H</i> _p	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	1
7	<i>Z, Z</i> ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	—
	<i>Y, Y</i> ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9	—
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	6	7	—
	<i>H, H</i> ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2
	<i>H_S</i>	—	—	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1
	<i>H</i> _p	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	1



8	Z, Z_1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18	–
	Y, Y_1	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	9	9	11	–
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9	–
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	3
	H_S^*, H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1
9	Z, Z_1	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32	–
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9	–
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	3
	H_S^*, H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1
10	Z, Z_1	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	27	32	37	–
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	11	14	–
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	3
	H_S^*, H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1
11	Z, Z_1	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55	–
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	15	20	–
	H, H_1	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	4
	H_S	–	–	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	3
	H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1

Окончание таблицы

Допуски и отклонения калибров, мкм															
Квалитеты допусков изделий	Обозначение допусков и отклонений	Интервалы размеров, мм													Квалитет допуска формы калибра
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500	
12	Z, Z ₁	10	12	14	16	19	22	25	28	32	45	15	65	70	–
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	20	30	35	–
	H, H ₁	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	4
	H _S	–	–	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	3
	H _p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1
13	Z, Z ₁	20	24	28	32	36	42	48	54	60	80	90	100	110	–
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	35	45	55	–
	H, H ₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	5
	H _S	–	–	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	5
	H _p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2
14**	Z, Z ₁	20	24	28	32	36	42	48	54	60	100	110	125	145	–
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	55	70	90	–
	H, H ₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	5
	H _S	–	–	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	5
	H _p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2



15**	Z, Z ₁	40	48	56	64	72	80	90	100	110	170	190	210	240	–
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	90	110	140	–
	H, H ₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	5
	H _S	–	–	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	5
	H _p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2
16** 17**	Z, Z ₁	40	48	56	64	72	80	90	100	110	210	240	280	320	–
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	140	180	220	–
	H, H ₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	5
	H _S	–	–	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	5
	H _p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2

* К размерам до 6 мм не относятся.

** К размерам до 1 мм не относятся.

Примечание. Числовые значения стандартных допусков принимаются по ГОСТ 25347–82.

Приложение 2

Обозначения в стандартах на калибры для прямобоочных шлицевых соединений

В стандарте ГОСТ 7951–80 «Калибры для контроля прямобоочных соединений. Допуски» приняты следующие обозначения, которые сохранены в данном учебном пособии:

- D – номинальный наружный диаметр вала и втулки;
- d – номинальный внутренний диаметр вала и втулки;
- b – номинальная толщина зуба вала и ширина паза втулки;
- D_{\max} – наибольший диаметр D вала;
- D_{\min} – наименьший диаметр D втулки;
- d_{\max} – наибольший диаметр d вала;
- d_{\min} – наименьший диаметр d втулки;
- b_{\max} – наибольшая толщина зуба;
- b_{\min} – наименьшая ширина паза;
- D_k – номинальный наружный диаметр калибра-пробки и калибра кольца;
- D_k – номинальный внутренний диаметр калибра-пробки и калибра-кольца;
- b_k – номинальная толщина зуба калибра-пробки и ширина паза калибра-кольца;
- D_{k-w} – предельные размеры изношенных наружных диаметров калибра-пробки и калибра-кольца;
- d_{k-w} – предельные размеры изношенных внутренних диаметров калибра-пробки и калибра-кольца;
- b_{k-w} – предельные размеры изношенной толщины зуба калибра-пробки и изношенной ширины паза калибра-кольца;
- $H_d; H_D$ – допуск на изготовление калибра-пробки по центрирующим диаметрам d и D ;
- $H_{D'}$ – допуск на изготовление калибра-пробки по нецентрирующему диаметру D ;
- H_b – допуск на изготовление калибра-пробки по толщине зуба b ;
- $H_{1d}; H_{1D}$ – допуск на изготовление калибра-кольца по центрирующим диаметрам d и D ;
- $H_{1D'}$ – допуск на изготовление калибра-кольца по центрирующему диаметру D ;
- H_{1b} – допуск на изготовление калибра-кольца по ширине паза b ;
- $z_d; z_D; z_b; z_{D'}$ – расстояние от середины поля допуска на изготовление калибра-пробки до соответствующего наименьшего предельного размера втулки;

z_{1d} ; z_{1D} ; z_{1b} ; $z_{1D'}$ – расстояние от середины поля допуска на изготовление калибра-кольца до соответствующего наибольшего размера вала;

Y_d ; Y_D ; Y_b – допустимый выход размера изношенного калибра-пробки за границу поля допуска втулки;

Y_{1d} ; Y_{1D} ; Y_{1b} – допустимый выход размера изношенного калибра-кольца за границу поля допуска вала;

es – верхнее отклонение вала;

T_s – допуск симметричности зубьев или пазов калибра относительно оси поверхности d_k или D_k ;

T_p – допуск параллельности боковых сторон зуба калибра-пробки или паза калибра-кольца относительно оси поверхности d_k или D_k ;

f – номинальная величина фаски;

h – рабочая высота зуба;

l – номинальная длина рабочей части калибра-пробки исполнения 1;

l_1 – номинальная длина рабочей части калибра-пробки исполнения 2;

l_2 – номинальная длина рабочей части калибра-пробки исполнения 3;

l_3 – номинальная длина рабочей части калибра-кольца;

r – номинальный радиус закругления;

z – число зубьев;

α – угловой шаг.

Приложение 3

Общие обозначения в стандартах на калибры для цилиндрических резьб

В стандартах на калибры для цилиндрических резьб приняты следующие общие обозначения параметров, допусков и предельных отклонений резьбы контролируемых изделий и калибров:

b_1 – ширина канавки резьбового калибра-кольца или ролика с полным профилем резьбы;

b_2 – ширина канавки резьбового калибра-пробки или ролика с полным профилем резьбы;

b_3 – ширина канавки резьбового калибра-пробки с полным профилем резьбы;

d – номинальный наружный диаметр контролируемой наружной резьбы;

d_1 – номинальный внутренний диаметр контролируемой наружной резьбы;

d_2 – номинальный средний диаметр контролируемой наружной резьбы;

d_3 – номинальный внутренний диаметр контролируемой наружной резьбы;

D – номинальный наружный диаметр контролируемой внутренней резьбы;

D_1 – номинальный внутренний диаметр контролируемой внутренней резьбы;

D_2 – номинальный средний диаметр контролируемой внутренней резьбы;

D_3 – номинальный наружный диаметр контролируемой внутренней резьбы;

EI – (с индексом, обозначающим соответствующий диаметр) – нижнее отклонение диаметров внутренней резьбы;

es – (с индексом, обозначающим соответствующий диаметр) – верхнее отклонение диаметров наружной резьбы;

F_1 – расстояние между линией среднего диаметра и вершиной укороченного профиля резьбы калибра;

F_3 (или t_3) – высота укороченного профиля резьбы калибра;

H – высота исходного треугольника резьбы;

H_1 – допуск гладкого калибра-пробки для внутренней резьбы;

H_2 – допуск гладкого калибра-кольца или калибра-скобы для наружной резьбы;

H_p – допуск гладкого контрольного калибра-пробки для гладкого калибра-скобы и калибра-пробки для контроля износа гладкого калибра-кольца или калибра-скобы;

m – расстояние между серединой поля допуска T_R проходного и непроходного резьбовых калибров-колец и серединой поля допуска T_{cp} резьбового контрольного проходного калибра-пробки;

r_2 – номинальный радиус закругления полного профиля резьбы калибра;

TPS – допуск симметричности канавки во впадине резьбы укороченного профиля резьбы калибра;

P – шаг резьбы;

S – смещение (отклонение от симметричности) канавки b_3 относительно боковых сторон профиля резьбы;

T_{cp} – допуск среднего диаметра резьбового контрольного проходного и непроходного калибров-пробок, резьбового калибра-пробки для контроля износа и установочного калибра-пробки;

T_d – допуск наружного диаметра контролируемой наружной резьбы;

T_{d2} – допуск среднего диаметра контролируемой наружной резьбы;

T_{D1} – допуск внутреннего диаметра контролируемой внутренней резьбы;

T_{D2} – допуск среднего диаметра контролируемой внутренней резьбы;

T_p – допуск шага резьбы калибра;

T_{PL} – допуск наружного и среднего диаметров резьбового проходного и непроходного калибров-пробок;

T_R – допуск внутреннего и среднего диаметров резьбового проходного и непроходного калибров-колец;

$T_{\alpha 1}$ – допуск угла наклона боковой стороны профиля резьбы калибра с полным профилем (для резьб с симметричным профилем);

$T_{\alpha 2}$ – допуск угла наклона боковой стороны профиля резьбы калибра с укороченным профилем (для резьб с симметричным профилем);

W_{G0} – величина среднедопустимого износа резьбовых проходных калибров-пробок и калибров-колец;

W_{NG} – величина среднедопустимого износа резьбовых непроходных калибров-пробок и калибров-колец;

Z_1 – расстояние от середины поля допуска H_1 гладкого проходного калибра-пробки до проходного (нижнего) предела внутреннего диаметра контролируемой внутренней резьбы;

Z_2 – расстояние от середины поля допуска H_2 гладкого проходного калибра-кольца или калибра-скобы до проходного (верхнего) предела наружного диаметра контролируемой наружной резьбы;

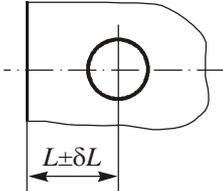
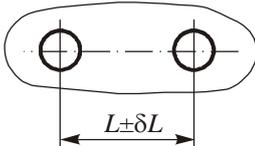
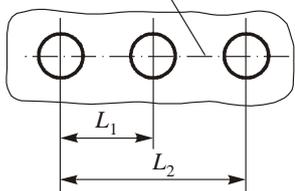
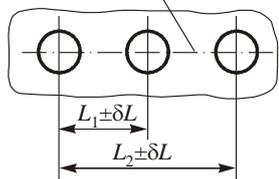
Z_{PL} – расстояние от середины поля допуска T_{PL} резьбового проходного калибра-пробки до проходного (нижнего) предела среднего диаметра контролируемой внутренней резьбы;

Z_R – расстояние от середины поля допуска T_R резьбового проходного калибра-кольца до проходного (верхнего) предела среднего диаметра контролируемой наружной резьбы.

Приложение 4

Таблица П4.1

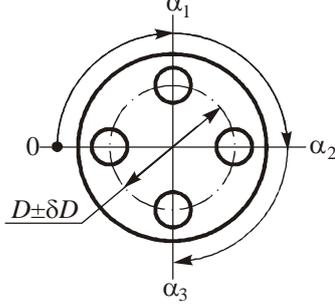
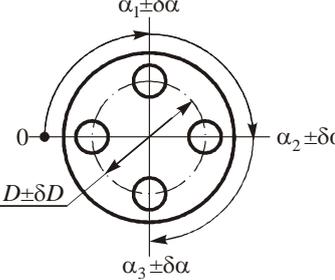
Пересчет предельных отклонений размеров, координирующих оси, на позиционные допуски

Характеристика расположения поверхностей	Эскиз	Формула для определения позиционного допуска T_p
1. Одна поверхность, координированная относительно плоскости (при сборке базовые плоскости соединяемых деталей совмещаются)		$T_p = 2\delta L$ $\delta L = \frac{T_p}{2} = 0,5S_{\min}$
2. Две поверхности, координируемые относительно друг друга		$T_p = \delta L$ $\delta L = S_{\min}$
3. Три и более поверхностей, расположенных в один ряд	<p>Общая плоскость</p>  <p>1. Предельные отклонения размера между осями двух любых поверхностей $\pm\delta L_{\Sigma}$</p> <p>2. Предельные отклонения осей от общей плоскости $\pm\delta_y$ ($\delta_y = 0,5\delta L_{\Sigma}$)</p>	$T_p = 1,4\delta L_{\Sigma}$ $\delta L_{\Sigma} = 0,7S_{\min}$
	<p>Общая плоскость</p>  <p>Предельные отклонения осей от общей плоскости $\pm\delta_y$ ($\delta_y = \delta L$)</p>	$T_p = 2,8\delta L$ $\delta L = 0,35S_{\min}$

Продолжение табл. П4.1

Характеристика расположения поверхностей	Эскиз	Формула для определения позиционного допуска T_p
4. Три или четыре поверхности, расположенные в два ряда		$T_p = \sqrt{\delta L_x^2 + \delta L_y^2}$ <p>при $\delta L_x = \delta L_y = \delta L$</p> $T_p = 1,4\delta L$
5. Одна или несколько поверхностей, координированных относительно двух взаимно перпендикулярных плоскостей (при сборке базовые плоскости соединяемых деталей совмещаются)		$T_p = 2\sqrt{\delta L_x^2 + \delta L_y^2}$ <p>при $\delta L_x = \delta L_y = \delta L$</p> $T_p = 2,8\delta L$
6. Поверхности, расположенные в несколько рядов		$T_p = 2\sqrt{\delta L_x^2 + \delta L_y^2}$ <p>при $\delta L_x = \delta L_y = \delta L$</p> $T_p = 2,8\delta L$
7. Две поверхности, координированные относительно друг друга и базового элемента, определяющего центр системы полярных координат		$T_p =$ $= 2\sqrt{\left(\frac{\delta\alpha R}{2 \cdot 3440}\right)^2 + \delta R^2}$

Окончание табл. П4.1

Характеристика расположения поверхностей	Эскиз	Формула для определения позиционного допуска T_p
8. Три и более поверхностей, расположенных по окружности	 <p>Предельные отклонения центрального угла между осями двух любых поверхностей $\pm\delta\alpha_\Sigma$</p>	$T_p =$ $= 2\sqrt{\left(\frac{\delta\alpha_\Sigma R}{2 \cdot 3440}\right)^2 + \delta R^2}$ $\delta R = 0,5\delta D$
		$T_p =$ $= 2\sqrt{\left(\frac{\delta\alpha R}{3440}\right)^2 + \delta R^2}$ $\delta R = 0,5\delta D$

Примечание. В формулах α и α_Σ – в минутах, 3440 – число минут в радиане, остальные размеры и отклонения приведены в миллиметрах.

Таблица П4.2

Пересчет допусков расположения поверхностей на позиционные допуски

Заданный допуск и характер расположения поверхностей	Эскиз	Формулы для определения позиционного допуска T_p
1. Допуск соосности (симметричности) поверхности относительно оси (плоскости симметричности) базовой поверхности		<p>Для базовой поверхности $T_p = 0$ Для рассматриваемой поверхности $T_p = T_c$</p>
2. Допуск соосности (симметричности) двух и более поверхностей относительно оси (плоскости симметрии) базовой поверхности		<p>Для базовой поверхности $T_p = 0$ Для остальных поверхностей $T_{p1} = T_{c1}$ $T_{p2} = T_{c2}$</p>
3. Допуск соосности (симметричности) поверхности относительно общей оси (плоскости симметрии)		<p>$T_{p1} = T_{c1}$ $T_{p2} = T_{c2}$</p>
4. Допуск соосности (симметричности) двух поверхностей Базовая поверхность не указана. Расположение поверхности вписанное или смежное		<p>$T_{p1} = T_{p2} = \frac{T_c}{2}$</p>
5. Допуск перпендикулярности (наклона) оси поверхности относительно плоскости		<p>$T_p = T_R$</p>

Таблица П4.3

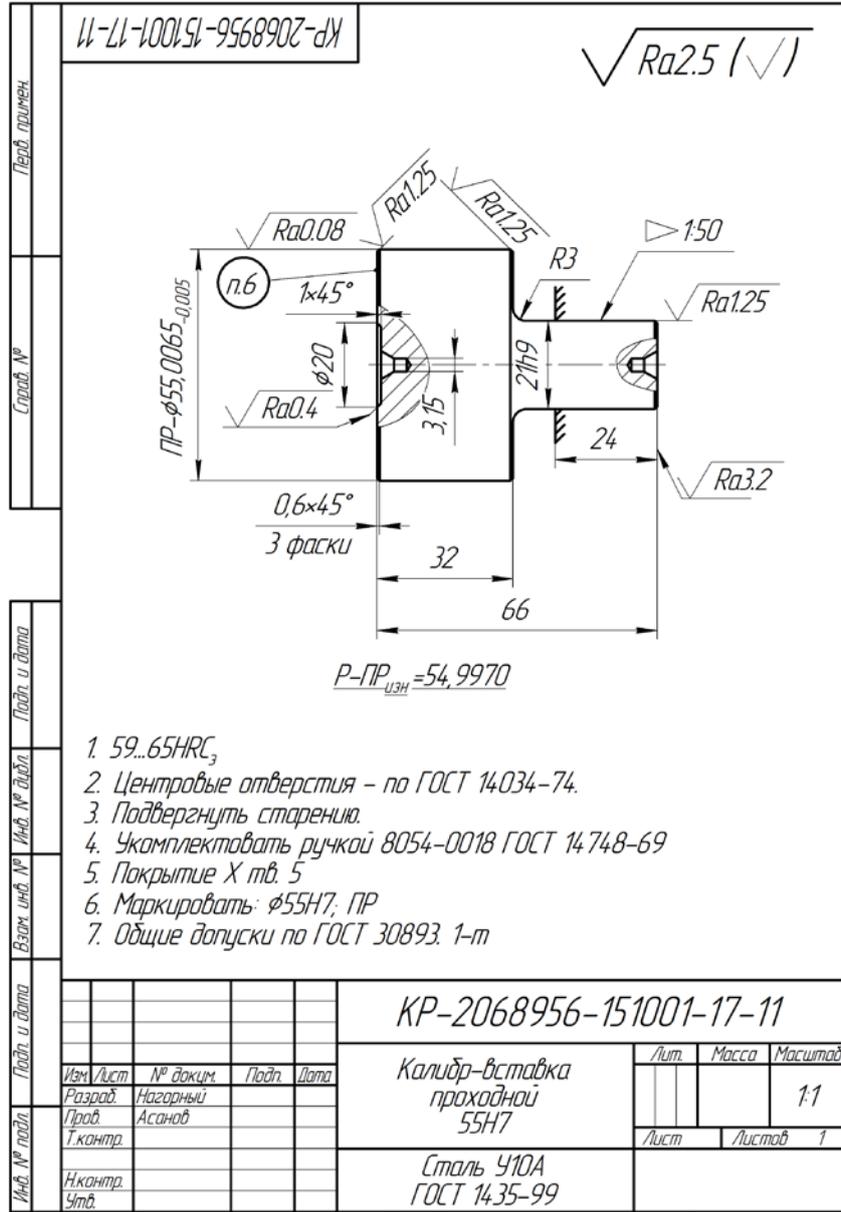
Пересчет позиционных допусков измерительных элементов калибра на другие виды допусков расположения

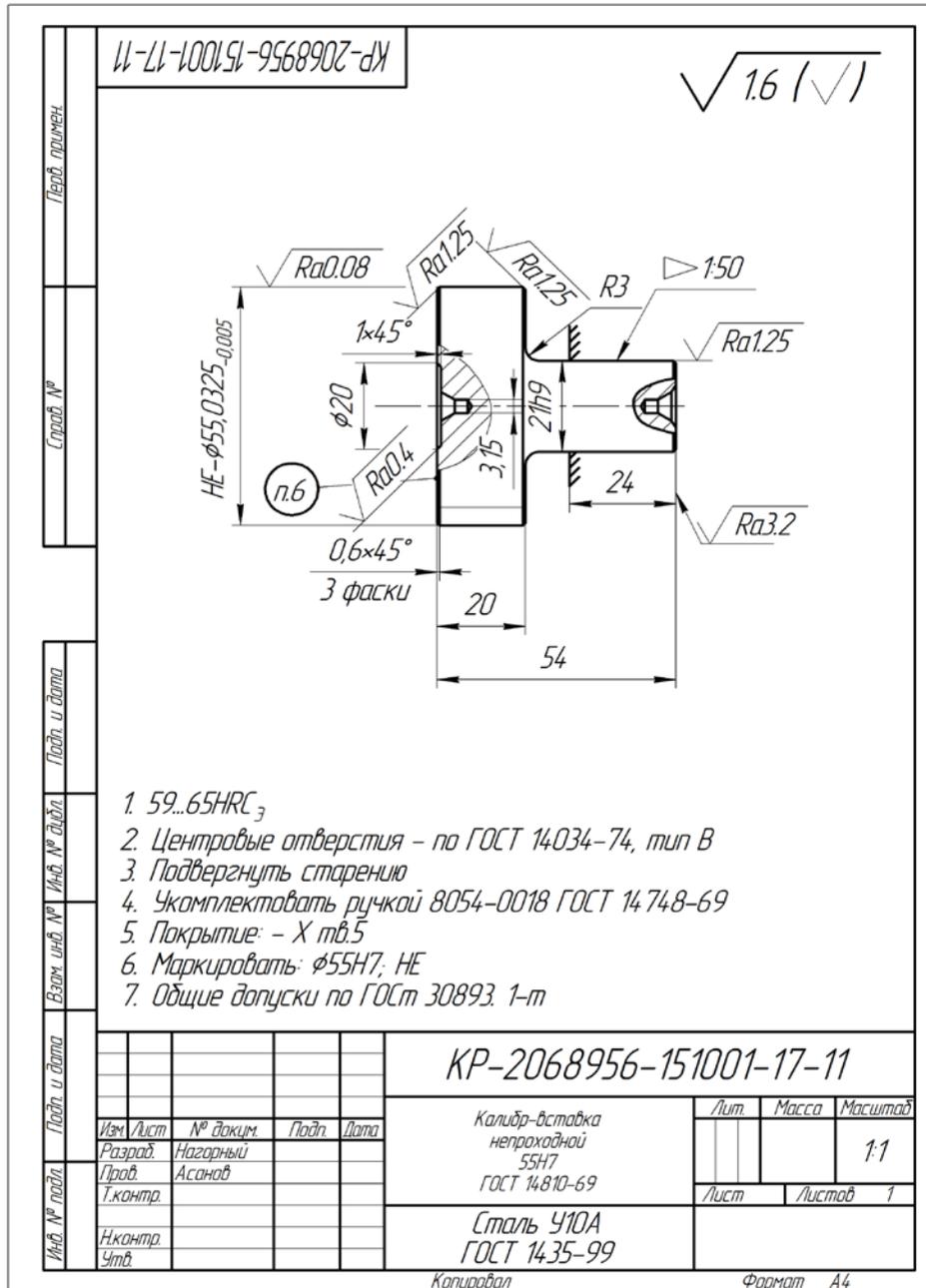
Вид калибра	Указываемый допуск расположения или формы измерительных элементов	Эскиз	Формула для пересчета позиционного допуска
Калибры для контроля соосности (симметричности) относительно оси (плоскости симметрии) базовой поверхности	Допуск соосности (симметричности) каждого измерительного элемента относительно оси (плоскости симметрии) базового измерительного элемента		$T_{CK} = T_{PK}$
Калибр для контроля соосности (симметричности) поверхностей относительно общей оси	Допуск соосности (симметричности) каждого измерительного элемента относительно общей оси (плоскости симметрии)		$T_{CK1} = T_{PK1}$ $T_{CK2} = T_{PK2}$
Калибр для контроля соосности (симметричности) без базового измерительного элемента (Расположение измерительных элементов вписанное или смежное)	Допуск соосности (симметричности) двух измерительных элементов		$T_{CK} = T_{PK1} + T_{PK2}$
Калибр для контроля перпендикулярности (наклона) оси измерительного элемента относительно плоскости	Допуск перпендикулярности оси измерительного элемента относительно плоскости		$T_{RK} = T_{PK}$
Калибр для контроля прямолинейности оси	Допуск прямолинейности оси измерительного элемента калибра		$T_{LK} = T_{PK}$



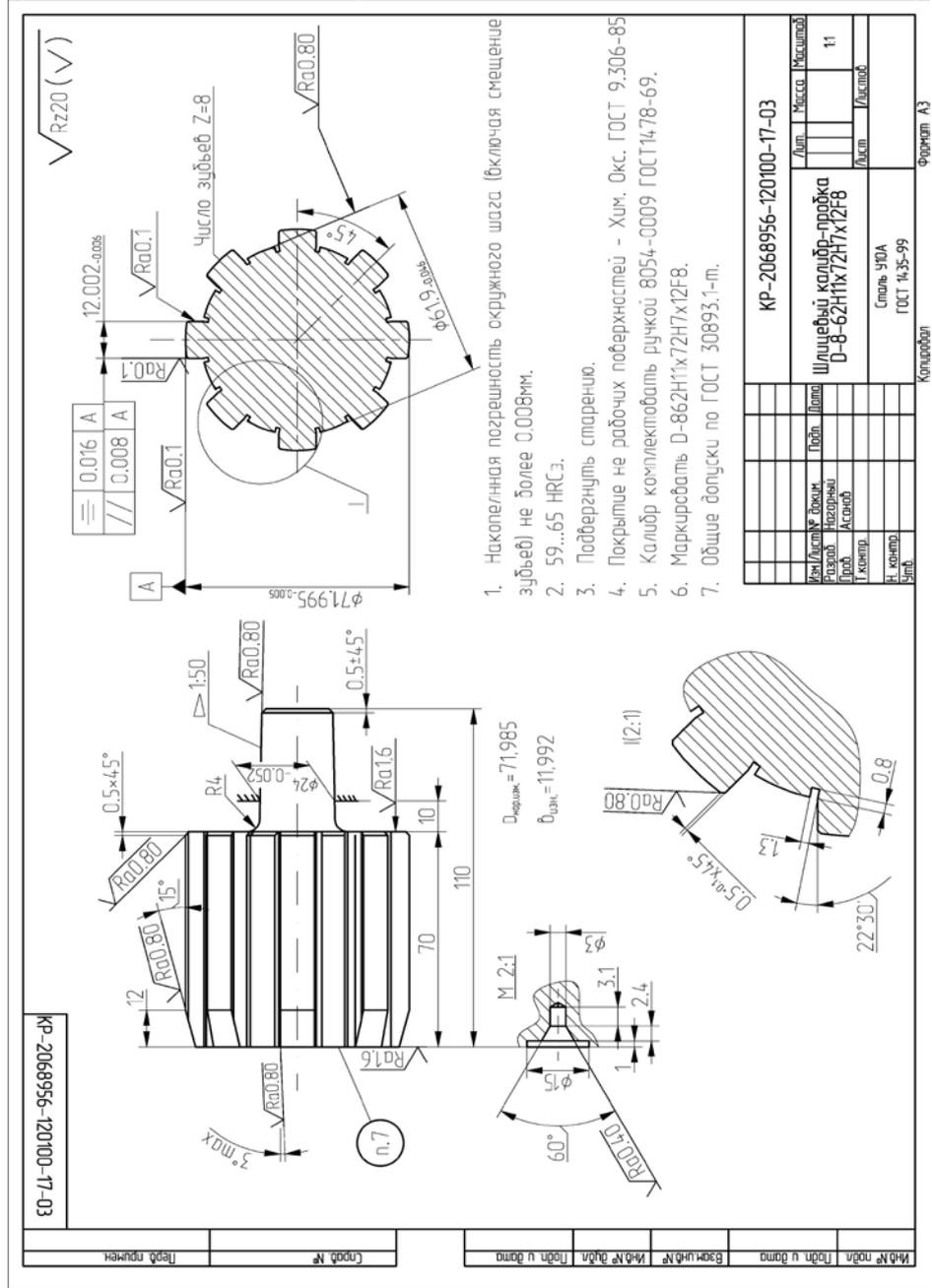
Приложение 5

Чертежи калибров



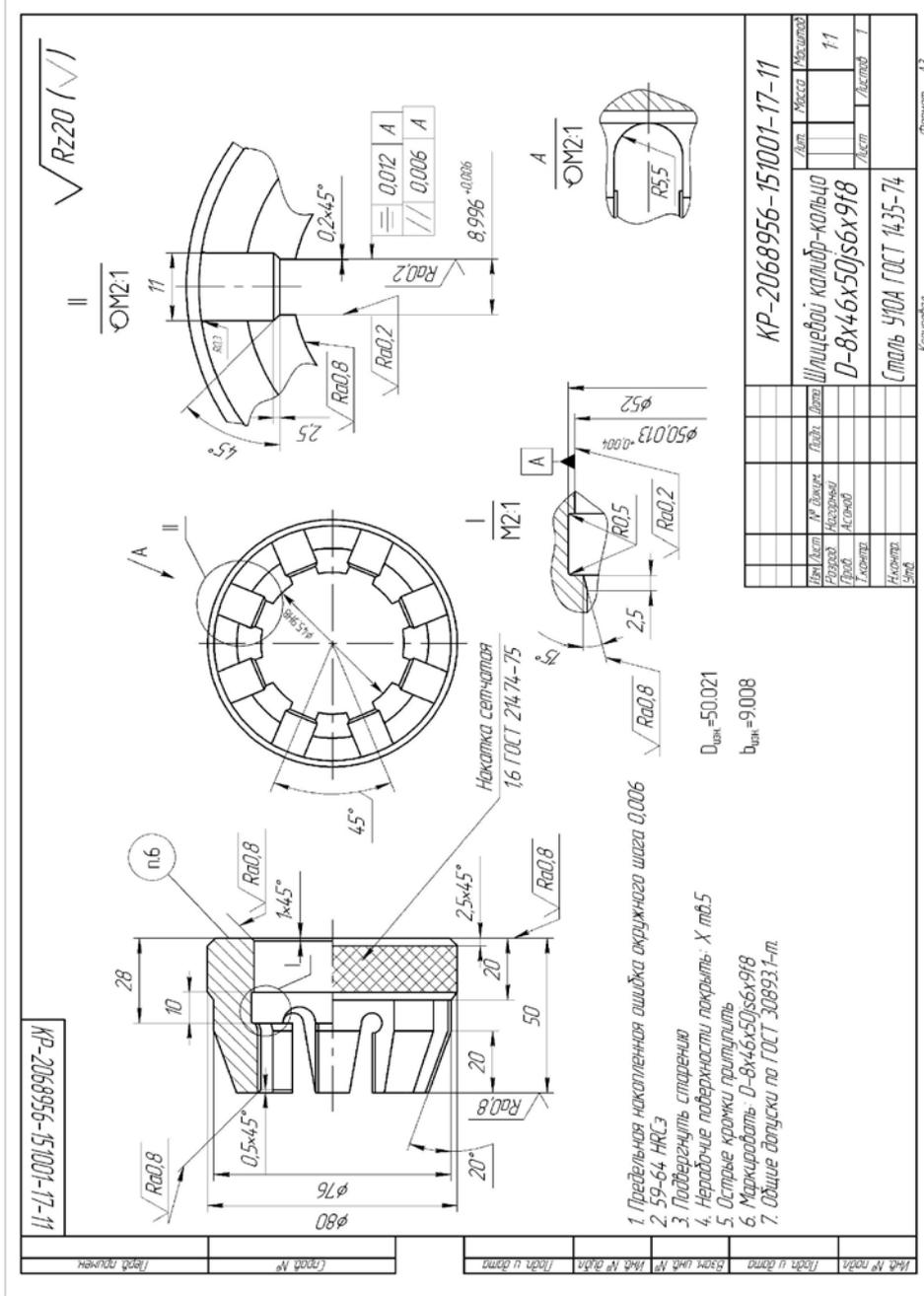


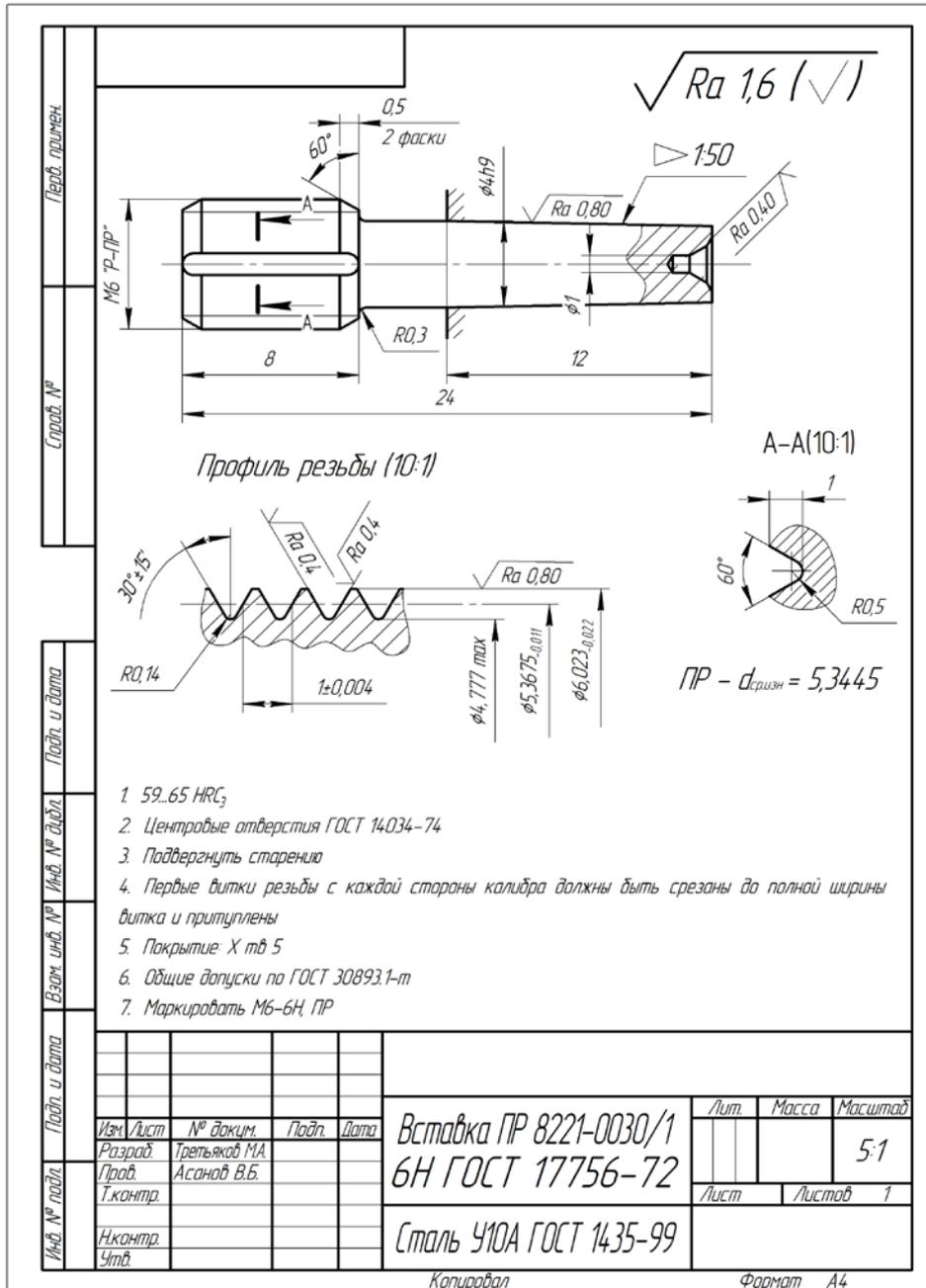
1. 59...65HRC₃
2. Центральные отверстия - по ГОСТ 14034-74, тип В
3. Подвергнуть старению
4. Укомплектовать ручкой 8054-0018 ГОСТ 14748-69
5. Покрытие: - X тв.5
6. Маркировать: φ55H7; HE
7. Общие допуски по ГОСТ 30893. 1-т

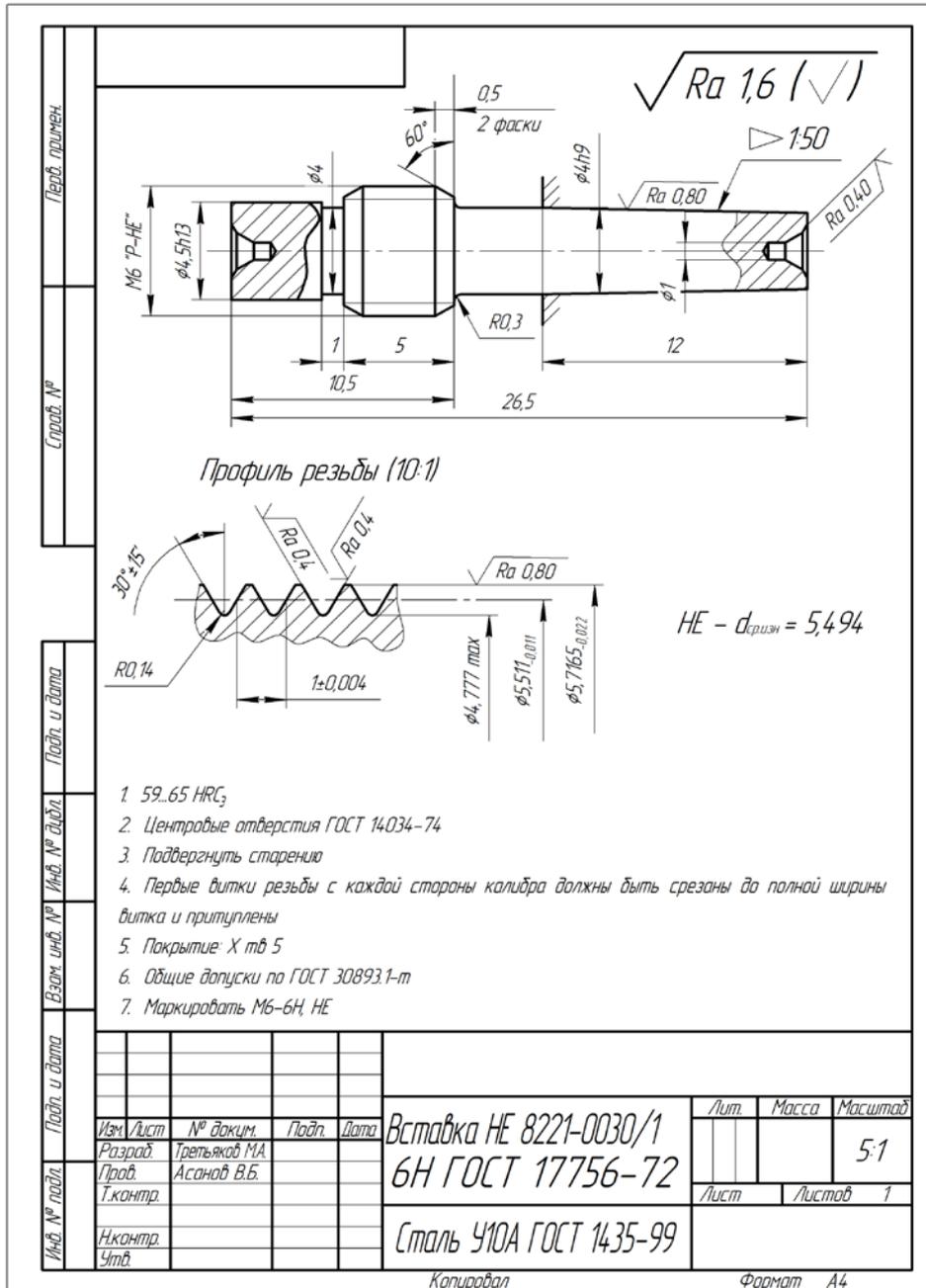


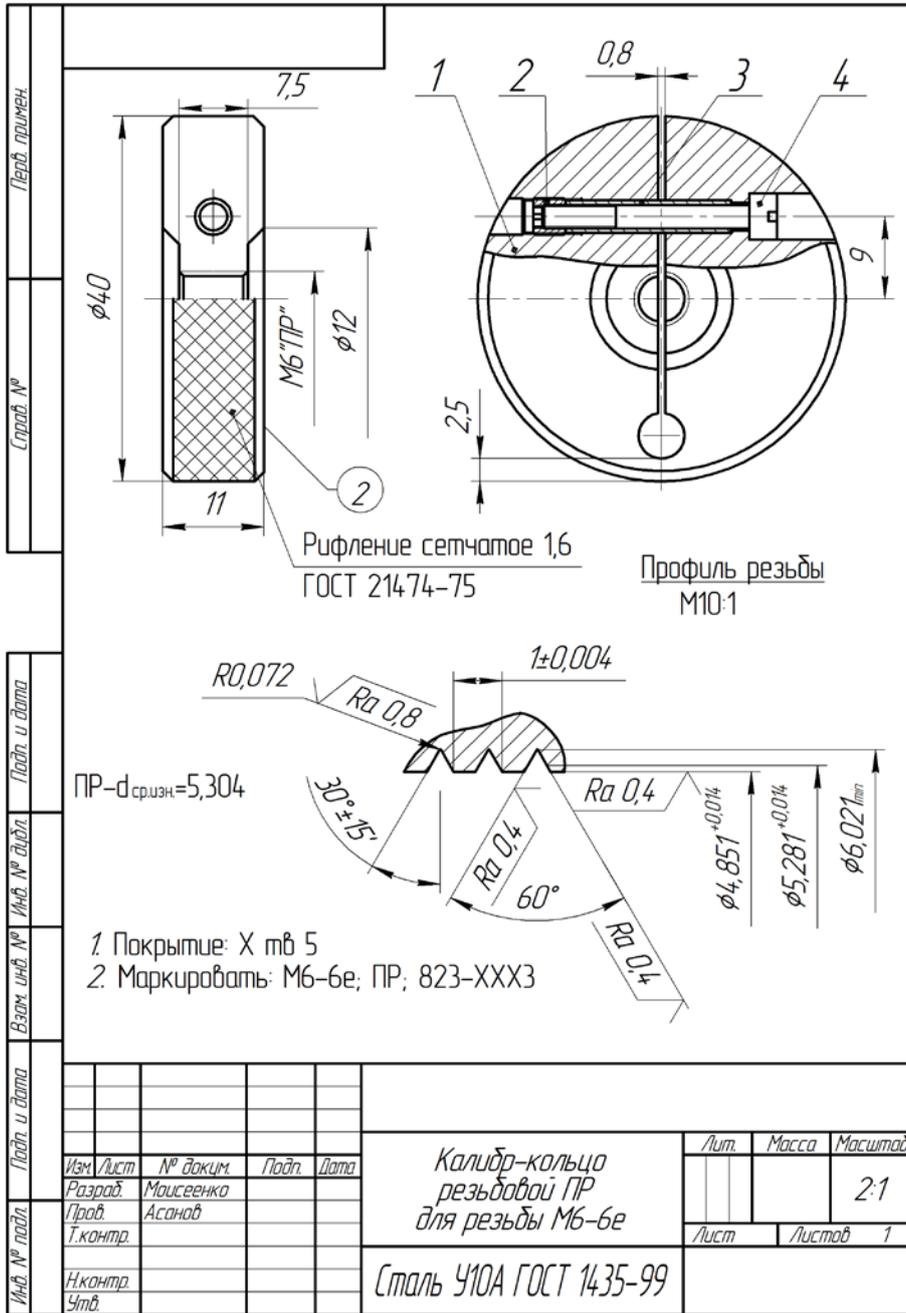


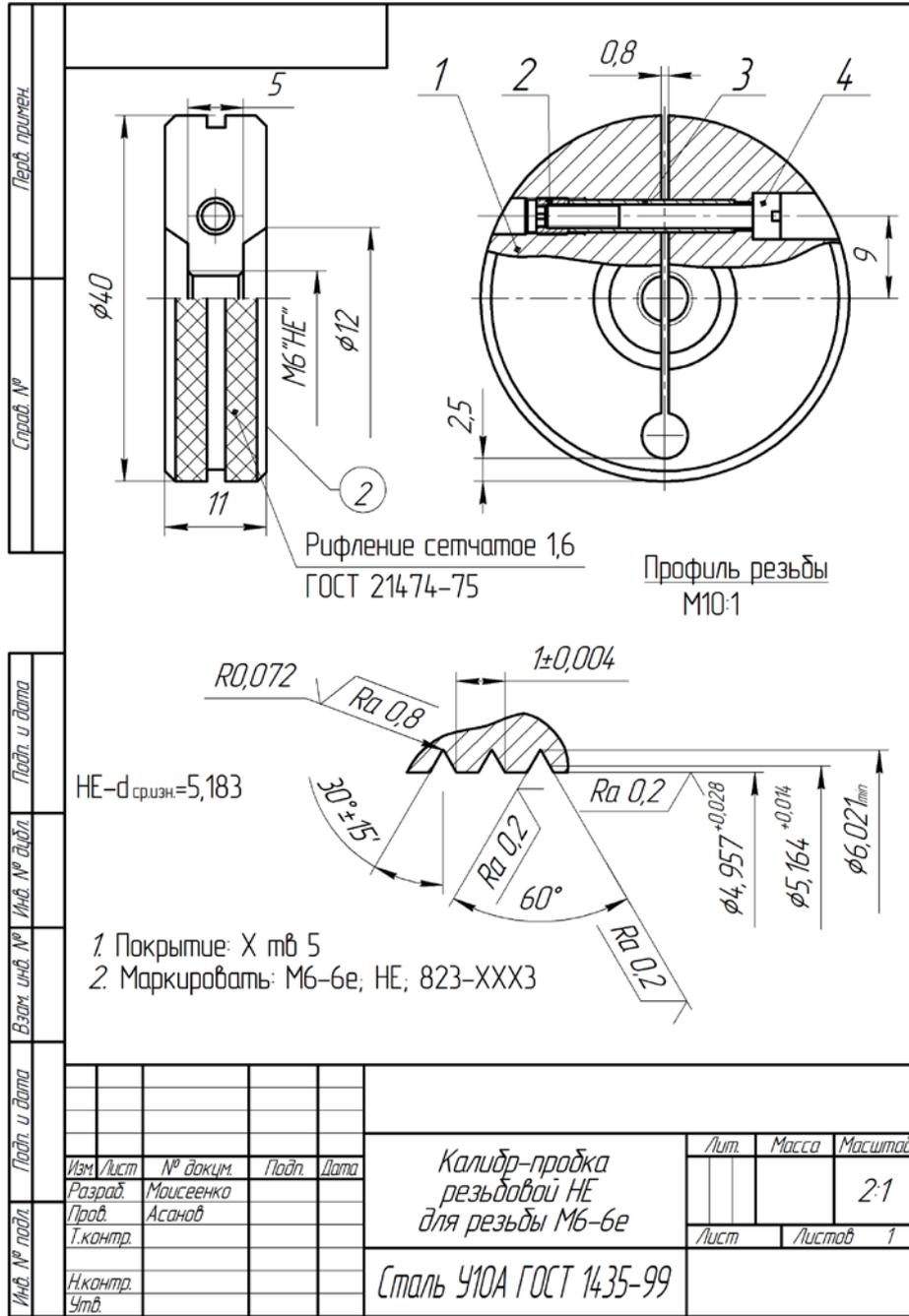
Ошибка!

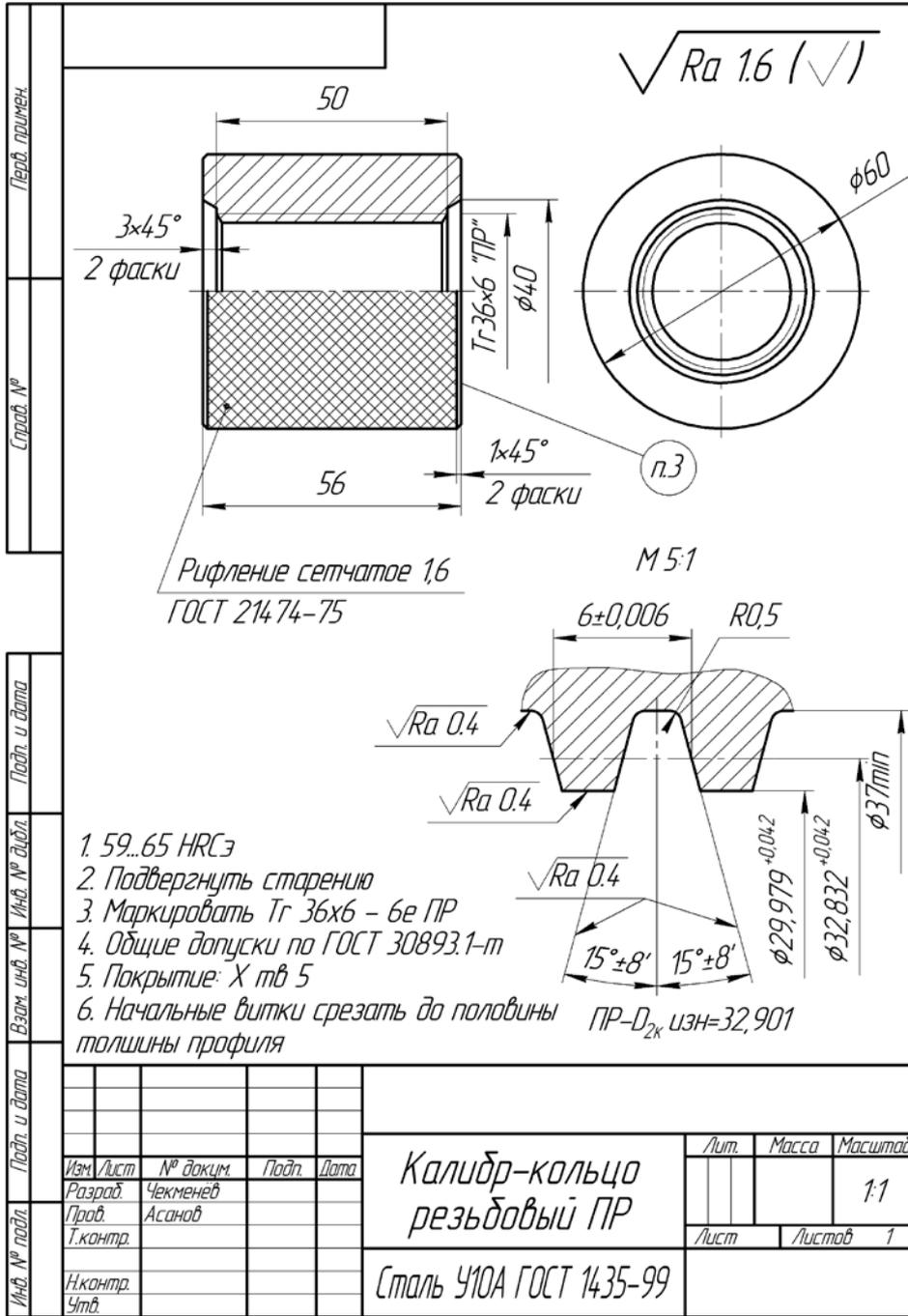


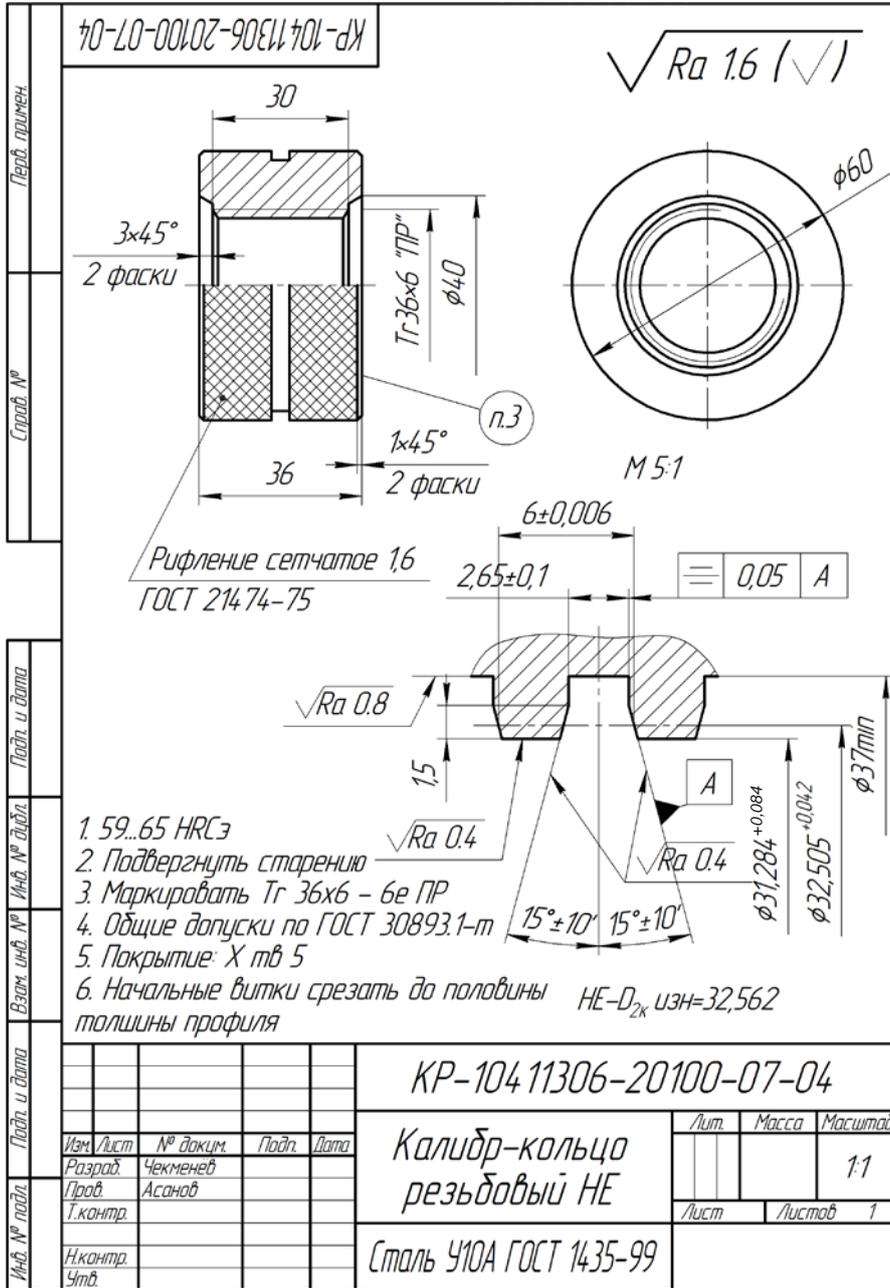






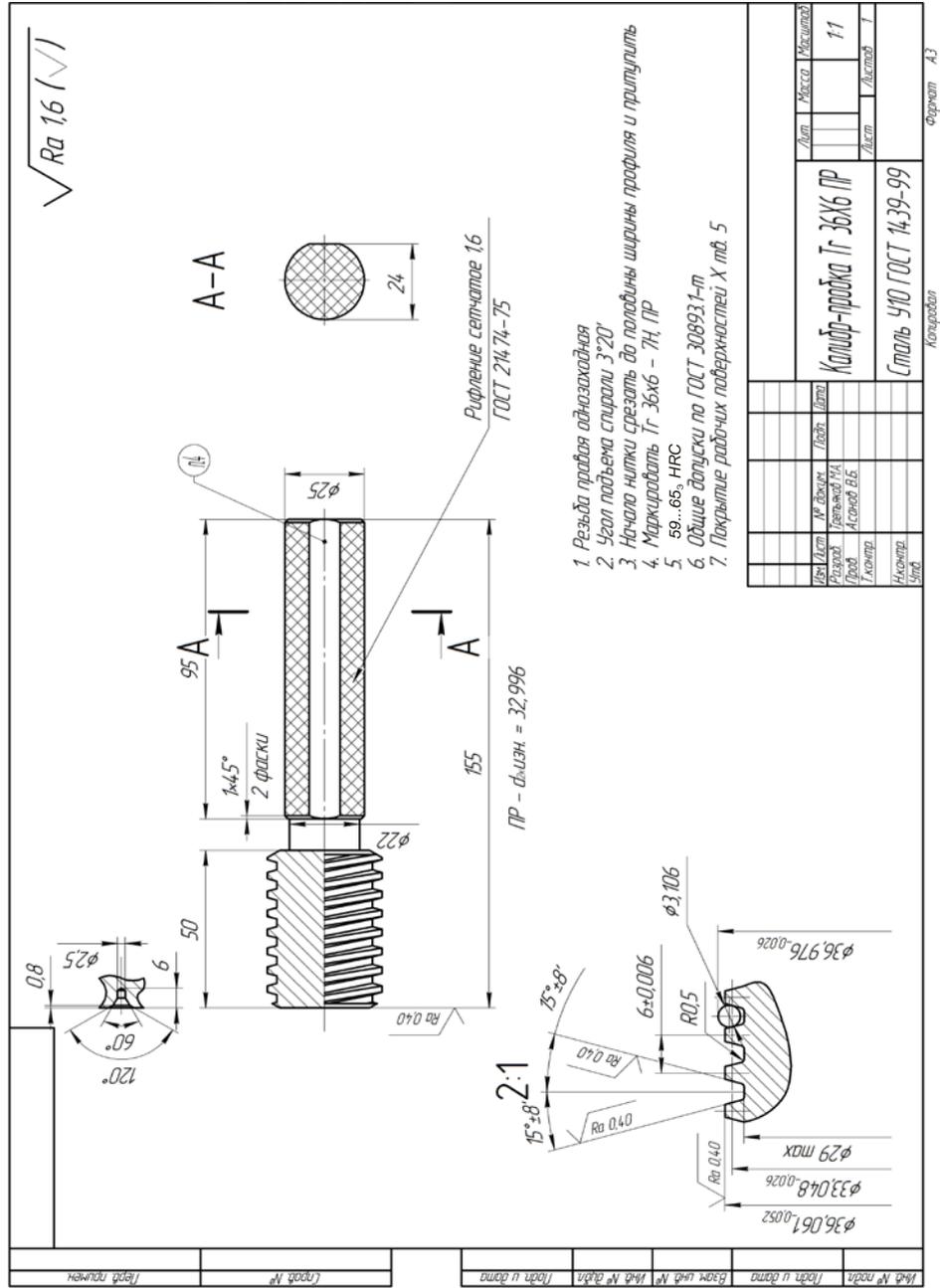


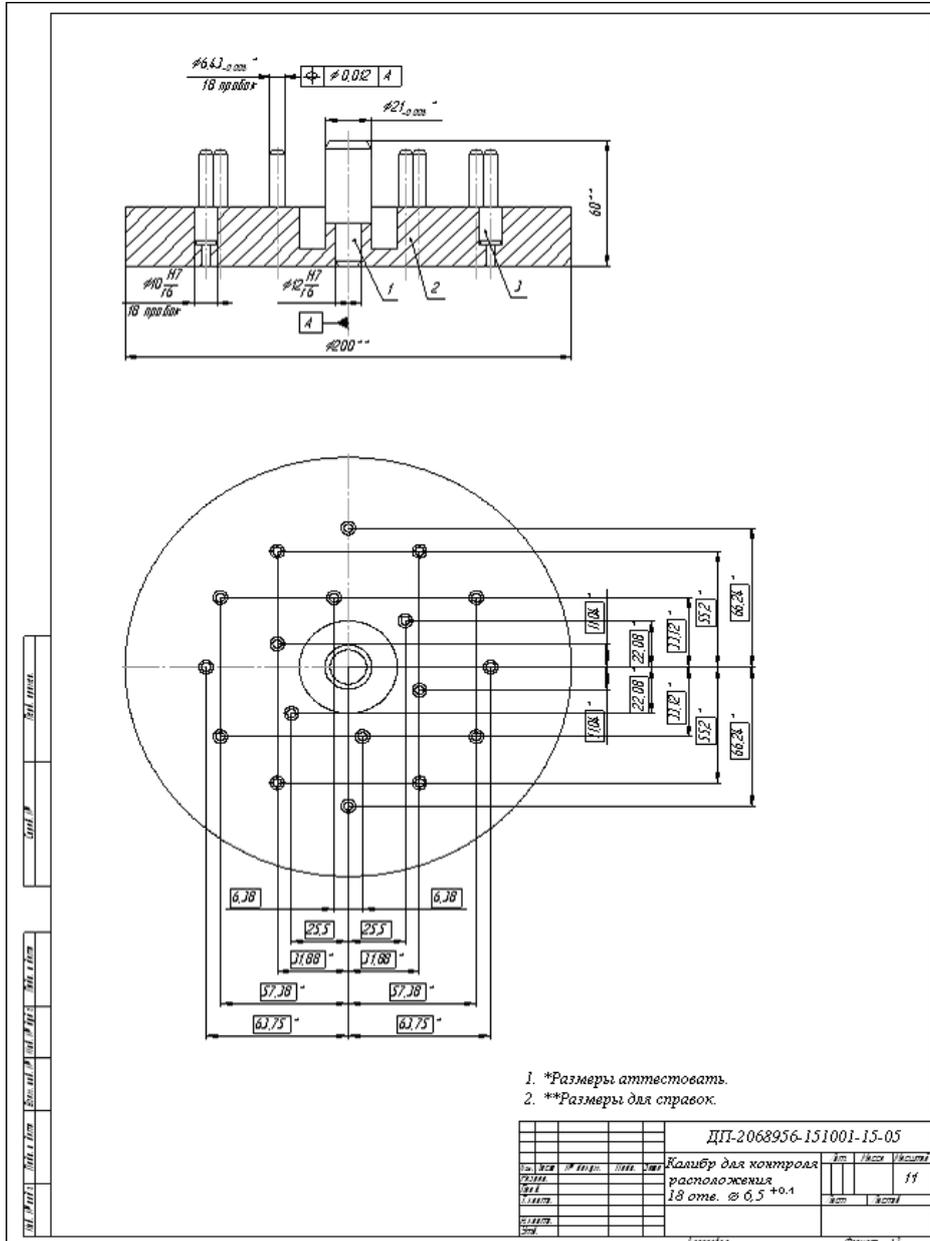




Копировал

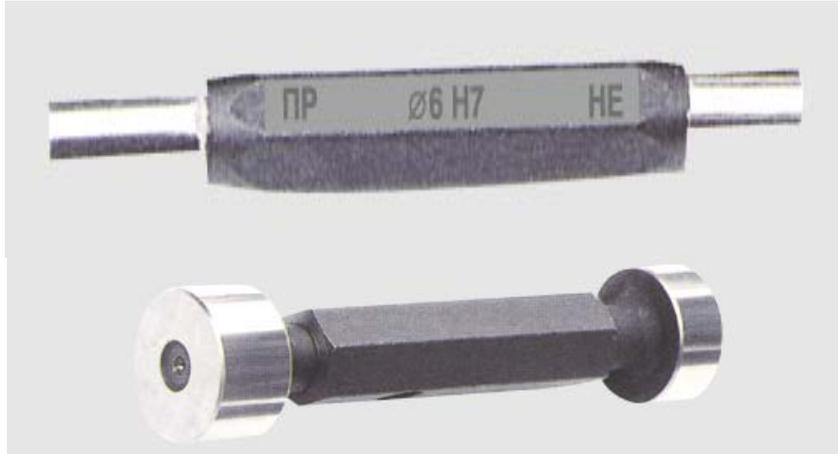
Формат А4





Приложение 6

**Фотографии (снимки в 3D) калибров.
Калибры гладкие ГОСТ 24853–81**



**Калибры для метрической
резьбы ГОСТ 24997–81**



**Калибры для трапецеидальной
резьбы ГОСТ 10071–89**



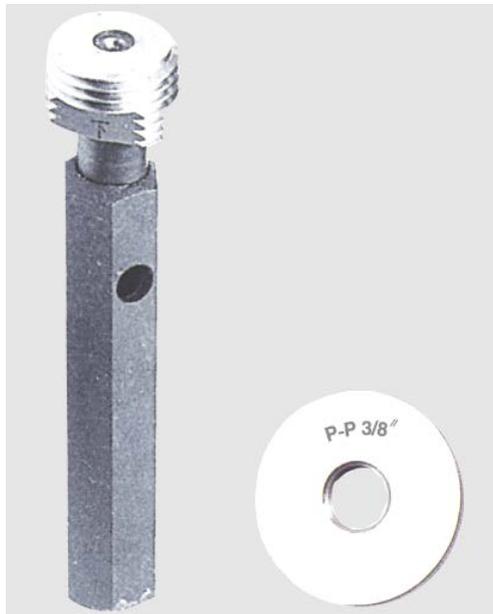
**Калибры для конусов
инструментов ГОСТ 2849–94**



**Калибры для трубной конической
резьбы ГОСТ 7157-79**



**Калибры для конической дюймовой
резьбы с углом профиля 60° ГОСТ 6485-69**



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Димов Ю.В.* Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов. – 3 изд. / Ю.В. Димов. – СПб.: Питер, 2010. – 463 с. ил.
2. *Болонкина И.И.* Точность и производственный контроль в машиностроении: справочник / И.И. Болонкина, А.К. Кугай, Б.М. Сорочкин, Б.А. Тайц. – Л.: Машиностроение, 1983. – 368 с., ил.
3. *Марков Н.Н.* Метрологическое обеспечение в машиностроении: учебник для вузов / Н.Н. Марков. – М.: СТАНКИН, 1995.
4. *Палей М.А.* Допуски и посадки: справочник. В 2 ч. / М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – М.: Машиностроение, 2001.
5. *Медовой И.А.* Калибры для трапецеидальной однозаходной и трубной цилиндрической резьбы. Исполнительные размеры калибров. Справочник / И.А. Медовой, Ю.Г. Уманский, Н.М. Журавлев. В 2 кн. – М.: Машиностроение, 1980. – 445 с.
6. *Райан Д.* Инженерная графика в САПР. Перевод с английского / Д. Райан. – М.: Мир, 1989. – 391 с.
7. *Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник.* В 2 т. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – Т. 2. – 208 с.
8. *Тимингс Р.Л.* Справочник инженера-механика / Р.Л. Тимингс. – М.: Техносфера, 2008. – 632 с.

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Гладкие соединения

1. ГОСТ 25346–89 ОНВ. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основные отклонения.
2. ГОСТ 25347–82 ОНВ. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендованные посадки.
3. ГОСТ 30893.1–2002 (ИСО 2768-1–89) ОНВ. Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками.
4. ГОСТ 24853–81. Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски.
5. ГОСТ 2015–84. Калибры гладкие нерегулируемые. Технические требования.
6. ГОСТ 21401–75 – Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Исполнительные размеры.
7. ГОСТ 14807–69 – ГОСТ 14827–69. Конструкция и основные размеры калибров пробок.
8. ГОСТ 16775–93 – ГОСТ 16778–93, ГОСТ 16780–71, ГОСТ 18355–73 – ГОСТ 18357–73, ГОСТ 18358–93–ГОСТ 18364–93, ГОСТ Р 288–92, ГОСТ Р 50287–92. Конструкция и основные размеры калибров-скоб.
9. ГОСТ 24851–81. Калибры гладкие для цилиндрических отверстий и валов. Виды.
10. ГОСТ 2216–84. Скобы гладкие регулируемые
11. ГОСТ 2534–77. Калибры предельные для глубин и высот уступов. Допуски.

Шлицевые соединения

1. ГОСТ 1139–80. Соединения шлицевые. Основные размеры и допуски.
2. ГОСТ 24960–81. Калибры комплексные для контроля шлицевых прямобоочных соединений. Виды, основные размеры.
3. ГОСТ 7951–80. Калибры для контроля шлицевых прямобоочных соединений. Допуски.
4. ГОСТ 24959–81. Калибры для шлицевых соединений. Технические требования.
5. ГОСТ 6033–80. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые эвольвентные с углом профиля 30 град. Размеры, допуски и измеряемые величины.

6. ГОСТ 24969–81. Калибры для контроля шлицевых эвольвентных соединений с углом 30 град. Допуски.

7. ГОСТ 24964–81. Скобы двусторонние для контроля внутреннего диаметра шлицевых валов с прямобочным профилем при центрировании по D или b . Конструкция и размеры.

8. ГОСТ 24966–81. Скобы двусторонние для контроля толщины зубьев шлицевых валов с прямобочным профилем. Конструкция и размеры.

9. ГОСТ 24965–81. Скобы двусторонние для контроля внутреннего диаметра шлицевых валов с прямобочным профилем при центрировании по d . Конструкция и размеры.

Резьбовые соединения

1. ГОСТ 9150–2002 ОНВ. Резьба метрическая. Профиль.

2. ГОСТ 8724–2002 ОНВ. Резьба метрическая. Диаметры и шаги.

3. ГОСТ 24705–2004 ОНВ. Резьба метрическая. Основные размеры.

4. ГОСТ 16093–2004 ОНВ. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором.

5. ГОСТ 4608–81 ОНВ. Резьба метрическая. Посадки с натягом.

6. ГОСТ 24834–81 ОНВ. Резьба метрическая. Переходные посадки.

7. ГОСТ 24939–81. Калибры для цилиндрических резьб. Виды.

8. ГОСТ 2016–86. Калибры резьбовые. Технические условия.

9. ГОСТ 17763–72. Кольца резьбовые с полным профилем резьбы диаметром от 1 до 100 мм. Конструкция и основные размеры.

10. ГОСТ 17764–72. Кольца резьбовые с укороченным профилем резьбы диаметром от 2 до 100 мм. Конструкция и основные размеры.

11. ГОСТ 17758–72. Пробки резьбовые со вставками двусторонние диаметром от 2 до 50 мм. Конструкция и основные размеры.

12. ГОСТ 17756–72. Пробки резьбовые со вставками с полным профилем резьбы диаметром от 1 до 100 мм. Конструкция и основные размеры.

13. ГОСТ 17757–72. Пробки резьбовые со вставками с укороченным профилем резьбы диаметром от 1 до 100 мм. Конструкция и основные размеры.

14. ГОСТ 17759–72. Пробки резьбовые со вставками с полным профилем резьбы диаметром от 52 до 100 мм. Конструкция и основные размеры.

15. ГОСТ 17760–72. Пробки резьбовые со вставками с укороченным профилем резьбы диаметром от 52 до 100 мм. Конструкция и основные размеры.

16. ГОСТ 24997–2004. Калибры для метрической резьбы. Допуски.

17. ГОСТ 18465–73. Калибры для метрической резьбы от 1 до 68 мм. Исполнительные размеры.

18. ГОСТ 18466–73. Калибры для метрической резьбы от 68 до 200 мм. Исполнительные размеры.

19. ГОСТ 24737–81. Резьба трапецеидальная. Основные размеры.
20. ГОСТ 24738–81. Резьба трапецеидальная однозаходная. Диаметры и шаги.
21. ГОСТ 9484–81. Резьба трапецеидальная. Профили.
22. ГОСТ 9562–81. Резьба трапецеидальная однозаходная. Допуски.
23. ГОСТ 24739–81. Резьба трапецеидальная многозаходная. Допуски.
24. ГОСТ 10071–89. Калибры для однозаходной трапецеидальной резьбы. Допуски.
25. ГОСТ 27298–87. Калибры для многозаходной трапецеидальной резьбы. Допуски.
26. ГОСТ 11708–82 ОНВ. Резьба. Термины и определения.

***Отклонения и допуски формы, расположения
и координирующих размеров***

1. ГОСТ 24642–81 ОНВ. Допуски формы и расположения поверхностей. Термины и определения.
2. ГОСТ 24643–81 ОНВ. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения.
3. ГОСТ 14140–81 (СТ СЭВ 637–77). Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей.
4. ГОСТ 28187–89. Отклонения формы и расположения поверхностей. Общие требования и методы измерений.
5. ГОСТ 30893.2–2002 (ИСО 2768-2–89) ОНВ. Общие допуски. Допуски формы и расположения поверхностей, не указанные индивидуально.
6. ГОСТ 16085–80. Калибры для контроля расположения поверхностей. Допуски.
7. ГОСТ 2.308–79. Единая система конструкторской документации. Указания на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.
8. ГОСТ 50056–92 ОНВ. Зависимые допуски формы, расположения и координирующих размеров. Основные положения по применению.
ГОСТ 2.307–68. Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Калибры гладкие для валов и отверстий от 1 до 500 мм

Допуски и отклонения калибров, мкм															
Квалитеты допусков изделий	Обозначение допусков и отклонений	Интервалы размеров, мм													Квалитет допуска формы калибра
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500	
6	<i>Z</i>	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8	—
	<i>Y</i>	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7	—
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5	—
	<i>Z</i> ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	—
	<i>Y</i> ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	5	6	6	7	—
	<i>H, H_S</i>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1
	<i>H</i> ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2
	<i>H</i> _p	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	1
7	<i>Z, Z</i> ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	—
	<i>Y, Y</i> ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9	—
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	6	7	—
	<i>H, H</i> ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2
	<i>H_S</i>	—	—	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1
	<i>H</i> _p	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	1



8	Z, Z_1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18	–
	Y, Y_1	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	9	9	11	–
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9	–
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	3
	H_S^*, H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1
9	Z, Z_1	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32	–
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9	–
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	3
	H_S^*, H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1
10	Z, Z_1	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	27	32	37	–
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	11	14	–
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	3
	H_S^*, H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1
11	Z, Z_1	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55	–
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	15	20	–
	H, H_1	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	4
	H_S	–	–	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	3
	H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1

Окончание таблицы

Допуски и отклонения калибров, мкм															
Квалитеты допусков изделий	Обозначение допусков и отклонений	Интервалы размеров, мм													Квалитет допуска формы калибра
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500	
12	Z, Z ₁	10	12	14	16	19	22	25	28	32	45	15	65	70	–
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	20	30	35	–
	H, H ₁	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	4
	H _S	–	–	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	3
	H _p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	1
13	Z, Z ₁	20	24	28	32	36	42	48	54	60	80	90	100	110	–
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	35	45	55	–
	H, H ₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	5
	H _S	–	–	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	5
	H _p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2
14**	Z, Z ₁	20	24	28	32	36	42	48	54	60	100	110	125	145	–
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	55	70	90	–
	H, H ₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	5
	H _S	–	–	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	5
	H _p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2



15**	Z, Z_1	40	48	56	64	72	80	90	100	110	170	190	210	240	–
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	90	110	140	–
	H, H_1	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	5
	H_S	–	–	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	5
	H_p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2
16** 17**	Z, Z_1	40	48	56	64	72	80	90	100	110	210	240	280	320	–
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	140	180	220	–
	H, H_1	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	5
	H_S	–	–	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	5
	H_p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	2

* К размерам до 6 мм не относятся.

** К размерам до 1 мм не относятся.

Примечание. Числовые значения стандартных допусков принимаются по ГОСТ 25347–82.

Приложение 2

Обозначения в стандартах на калибры для прямобочных шлицевых соединений

В стандарте ГОСТ 7951–80 «Калибры для контроля прямобочных соединений. Допуски» приняты следующие обозначения, которые сохранены в данном учебном пособии:

- D – номинальный наружный диаметр вала и втулки;
- d – номинальный внутренний диаметр вала и втулки;
- b – номинальная толщина зуба вала и ширина паза втулки;
- D_{\max} – наибольший диаметр D вала;
- D_{\min} – наименьший диаметр D втулки;
- d_{\max} – наибольший диаметр d вала;
- d_{\min} – наименьший диаметр d втулки;
- b_{\max} – наибольшая толщина зуба;
- b_{\min} – наименьшая ширина паза;
- D_k – номинальный наружный диаметр калибра-пробки и калибра кольца;
- D_k – номинальный внутренний диаметр калибра-пробки и калибра-кольца;
- b_k – номинальная толщина зуба калибра-пробки и ширина паза калибра-кольца;
- D_{k-w} – предельные размеры изношенных наружных диаметров калибра-пробки и калибра-кольца;
- d_{k-w} – предельные размеры изношенных внутренних диаметров калибра-пробки и калибра-кольца;
- b_{k-w} – предельные размеры изношенной толщины зуба калибра-пробки и изношенной ширины паза калибра-кольца;
- $H_d; H_D$ – допуск на изготовление калибра-пробки по центрирующим диаметрам d и D ;
- $H_{D'}$ – допуск на изготовление калибра-пробки по нецентрирующему диаметру D ;
- H_b – допуск на изготовление калибра-пробки по толщине зуба b ;
- $H_{1d}; H_{1D}$ – допуск на изготовление калибра-кольца по центрирующим диаметрам d и D ;
- $H_{1D'}$ – допуск на изготовление калибра-кольца по центрирующему диаметру D ;
- H_{1b} – допуск на изготовление калибра-кольца по ширине паза b ;
- $z_d; z_D; z_b; z_{D'}$ – расстояние от середины поля допуска на изготовление калибра-пробки до соответствующего наименьшего предельного размера втулки;

z_{1d} ; z_{1D} ; z_{1b} ; $z_{1D'}$ – расстояние от середины поля допуска на изготовление калибра-кольца до соответствующего наибольшего размера вала;

Y_d ; Y_D ; Y_b – допустимый выход размера изношенного калибра-пробки за границу поля допуска втулки;

Y_{1d} ; Y_{1D} ; Y_{1b} – допустимый выход размера изношенного калибра-кольца за границу поля допуска вала;

es – верхнее отклонение вала;

T_s – допуск симметричности зубьев или пазов калибра относительно оси поверхности d_k или D_k ;

T_p – допуск параллельности боковых сторон зуба калибра-пробки или паза калибра-кольца относительно оси поверхности d_k или D_k ;

f – номинальная величина фаски;

h – рабочая высота зуба;

l – номинальная длина рабочей части калибра-пробки исполнения 1;

l_1 – номинальная длина рабочей части калибра-пробки исполнения 2;

l_2 – номинальная длина рабочей части калибра-пробки исполнения 3;

l_3 – номинальная длина рабочей части калибра-кольца;

r – номинальный радиус закругления;

z – число зубьев;

α – угловой шаг.

Приложение 3

Общие обозначения в стандартах на калибры для цилиндрических резьб

В стандартах на калибры для цилиндрических резьб приняты следующие общие обозначения параметров, допусков и предельных отклонений резьбы контролируемых изделий и калибров:

b_1 – ширина канавки резьбового калибра-кольца или ролика с полным профилем резьбы;

b_2 – ширина канавки резьбового калибра-пробки или ролика с полным профилем резьбы;

b_3 – ширина канавки резьбового калибра-пробки с полным профилем резьбы;

d – номинальный наружный диаметр контролируемой наружной резьбы;

d_1 – номинальный внутренний диаметр контролируемой наружной резьбы;

d_2 – номинальный средний диаметр контролируемой наружной резьбы;

d_3 – номинальный внутренний диаметр контролируемой наружной резьбы;

D – номинальный наружный диаметр контролируемой внутренней резьбы;

D_1 – номинальный внутренний диаметр контролируемой внутренней резьбы;

D_2 – номинальный средний диаметр контролируемой внутренней резьбы;

D_3 – номинальный наружный диаметр контролируемой внутренней резьбы;

EI – (с индексом, обозначающим соответствующий диаметр) – нижнее отклонение диаметров внутренней резьбы;

es – (с индексом, обозначающим соответствующий диаметр) – верхнее отклонение диаметров наружной резьбы;

F_1 – расстояние между линией среднего диаметра и вершиной укороченного профиля резьбы калибра;

F_3 (или t_3) – высота укороченного профиля резьбы калибра;

H – высота исходного треугольника резьбы;

H_1 – допуск гладкого калибра-пробки для внутренней резьбы;

H_2 – допуск гладкого калибра-кольца или калибра-скобы для наружной резьбы;

H_p – допуск гладкого контрольного калибра-пробки для гладкого калибра-скобы и калибра-пробки для контроля износа гладкого калибра-кольца или калибра-скобы;

m – расстояние между серединой поля допуска T_R проходного и непроходного резьбовых калибров-колец и серединой поля допуска T_{cp} резьбового контрольного проходного калибра-пробки;

r_2 – номинальный радиус закругления полного профиля резьбы калибра;

TPS – допуск симметричности канавки во впадине резьбы укороченного профиля резьбы калибра;

P – шаг резьбы;

S – смещение (отклонение от симметричности) канавки b_3 относительно боковых сторон профиля резьбы;

T_{cp} – допуск среднего диаметра резьбового контрольного проходного и непроходного калибров-пробок, резьбового калибра-пробки для контроля износа и установочного калибра-пробки;

T_d – допуск наружного диаметра контролируемой наружной резьбы;

T_{d2} – допуск среднего диаметра контролируемой наружной резьбы;

T_{D1} – допуск внутреннего диаметра контролируемой внутренней резьбы;

T_{D2} – допуск среднего диаметра контролируемой внутренней резьбы;

T_p – допуск шага резьбы калибра;

T_{PL} – допуск наружного и среднего диаметров резьбового проходного и непроходного калибров-пробок;

T_R – допуск внутреннего и среднего диаметров резьбового проходного и непроходного калибров-колец;

$T_{\alpha 1}$ – допуск угла наклона боковой стороны профиля резьбы калибра с полным профилем (для резьб с симметричным профилем);

$T_{\alpha 2}$ – допуск угла наклона боковой стороны профиля резьбы калибра с укороченным профилем (для резьб с симметричным профилем);

W_{G0} – величина среднедопустимого износа резьбовых проходных калибров-пробок и калибров-колец;

W_{NG} – величина среднедопустимого износа резьбовых непроходных калибров-пробок и калибров-колец;

Z_1 – расстояние от середины поля допуска H_1 гладкого проходного калибра-пробки до проходного (нижнего) предела внутреннего диаметра контролируемой внутренней резьбы;

Z_2 – расстояние от середины поля допуска H_2 гладкого проходного калибра-кольца или калибра-скобы до проходного (верхнего) предела наружного диаметра контролируемой наружной резьбы;

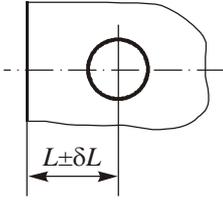
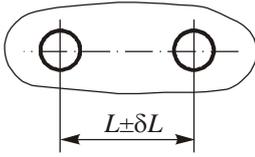
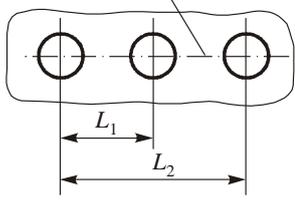
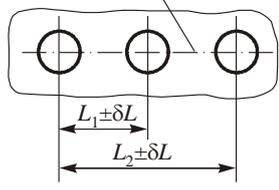
Z_{PL} – расстояние от середины поля допуска T_{PL} резьбового проходного калибра-пробки до проходного (нижнего) предела среднего диаметра контролируемой внутренней резьбы;

Z_R – расстояние от середины поля допуска T_R резьбового проходного калибра-кольца до проходного (верхнего) предела среднего диаметра контролируемой наружной резьбы.

Приложение 4

Таблица П4.1

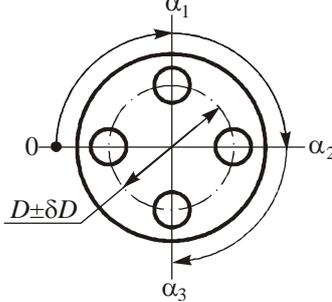
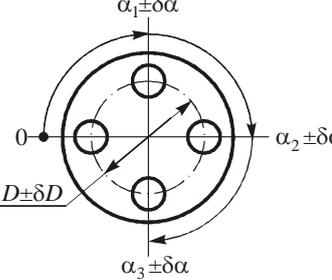
Пересчет предельных отклонений размеров, координирующих оси, на позиционные допуски

Характеристика расположения поверхностей	Эскиз	Формула для определения позиционного допуска T_p
1. Одна поверхность, координированная относительно плоскости (при сборке базовые плоскости соединяемых деталей совмещаются)		$T_p = 2\delta L$ $\delta L = \frac{T_p}{2} = 0,5S_{\min}$
2. Две поверхности, координируемые относительно друг друга		$T_p = \delta L$ $\delta L = S_{\min}$
3. Три и более поверхностей, расположенных в один ряд	<p>Общая плоскость</p>  <p>1. Предельные отклонения размера между осями двух любых поверхностей $\pm\delta L_{\Sigma}$</p> <p>2. Предельные отклонения осей от общей плоскости $\pm\delta_y$ ($\delta_y = 0,5\delta L_{\Sigma}$)</p>	$T_p = 1,4\delta L_{\Sigma}$ $\delta L_{\Sigma} = 0,7S_{\min}$
	<p>Общая плоскость</p>  <p>Предельные отклонения осей от общей плоскости $\pm\delta_y$ ($\delta_y = \delta L$)</p>	$T_p = 2,8\delta L$ $\delta L = 0,35S_{\min}$

Продолжение табл. П4.1

Характеристика расположения поверхностей	Эскиз	Формула для определения позиционного допуска T_p
4. Три или четыре поверхности, расположенные в два ряда		$T_p = \sqrt{\delta L_x^2 + \delta L_y^2}$ <p>при $\delta L_x = \delta L_y = \delta L$</p> $T_p = 1,4\delta L$
5. Одна или несколько поверхностей, координированных относительно двух взаимно перпендикулярных плоскостей (при сборке базовые плоскости соединяемых деталей совмещаются)		$T_p = 2\sqrt{\delta L_x^2 + \delta L_y^2}$ <p>при $\delta L_x = \delta L_y = \delta L$</p> $T_p = 2,8\delta L$
6. Поверхности, расположенные в несколько рядов		$T_p = 2\sqrt{\delta L_x^2 + \delta L_y^2}$ <p>при $\delta L_x = \delta L_y = \delta L$</p> $T_p = 2,8\delta L$
7. Две поверхности, координированные относительно друг друга и базового элемента, определяющего центр системы полярных координат		$T_p =$ $= 2\sqrt{\left(\frac{\delta\alpha R}{2 \cdot 3440}\right)^2 + \delta R^2}$

Окончание табл. П4.1

Характеристика расположения поверхностей	Эскиз	Формула для определения позиционного допуска T_p
8. Три и более поверхностей, расположенных по окружности	 <p>Предельные отклонения центрального угла между осями двух любых поверхностей $\pm\delta\alpha_\Sigma$</p>	$T_p =$ $= 2\sqrt{\left(\frac{\delta\alpha_\Sigma R}{2 \cdot 3440}\right)^2 + \delta R^2}$ $\delta R = 0,5\delta D$
		$T_p =$ $= 2\sqrt{\left(\frac{\delta\alpha R}{3440}\right)^2 + \delta R^2}$ $\delta R = 0,5\delta D$

Примечание. В формулах α и α_Σ – в минутах, 3440 – число минут в радиане, остальные размеры и отклонения приведены в миллиметрах.

Таблица П4.2

Пересчет допусков расположения поверхностей на позиционные допуски

Заданный допуск и характер расположения поверхностей	Эскиз	Формулы для определения позиционного допуска T_p
1. Допуск соосности (симметричности) поверхности относительно оси (плоскости симметричности) базовой поверхности		<p>Для базовой поверхности $T_p = 0$ Для рассматриваемой поверхности $T_p = T_c$</p>
2. Допуск соосности (симметричности) двух и более поверхностей относительно оси (плоскости симметрии) базовой поверхности		<p>Для базовой поверхности $T_p = 0$ Для остальных поверхностей $T_{p1} = T_{c1}$ $T_{p2} = T_{c2}$</p>
3. Допуск соосности (симметричности) поверхности относительно общей оси (плоскости симметрии)		<p>$T_{p1} = T_{c1}$ $T_{p2} = T_{c2}$</p>
4. Допуск соосности (симметричности) двух поверхностей Базовая поверхность не указана. Расположение поверхности вписанное или смежное		<p>$T_{p1} = T_{p2} = \frac{T_c}{2}$</p>
5. Допуск перпендикулярности (наклона) оси поверхности относительно плоскости		<p>$T_p = T_R$</p>

Таблица П4.3

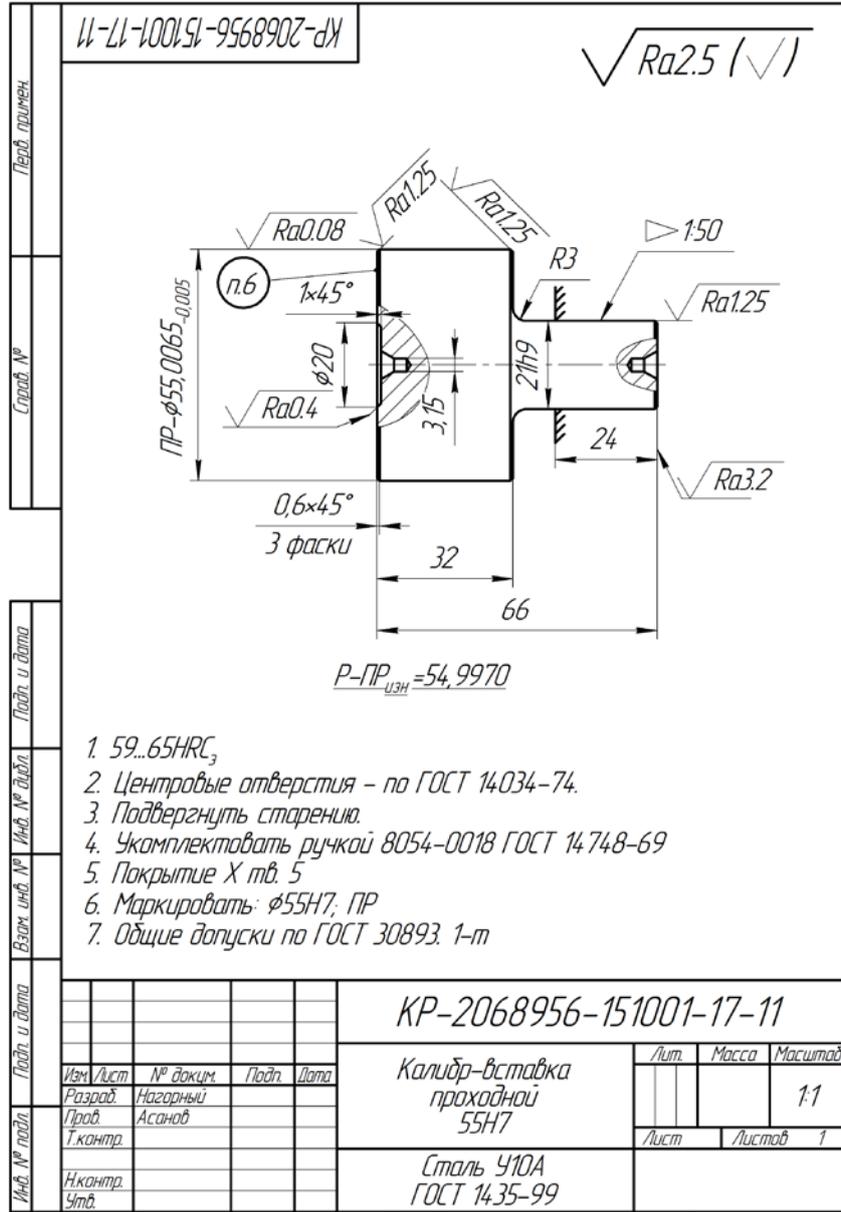
Пересчет позиционных допусков измерительных элементов калибра на другие виды допусков расположения

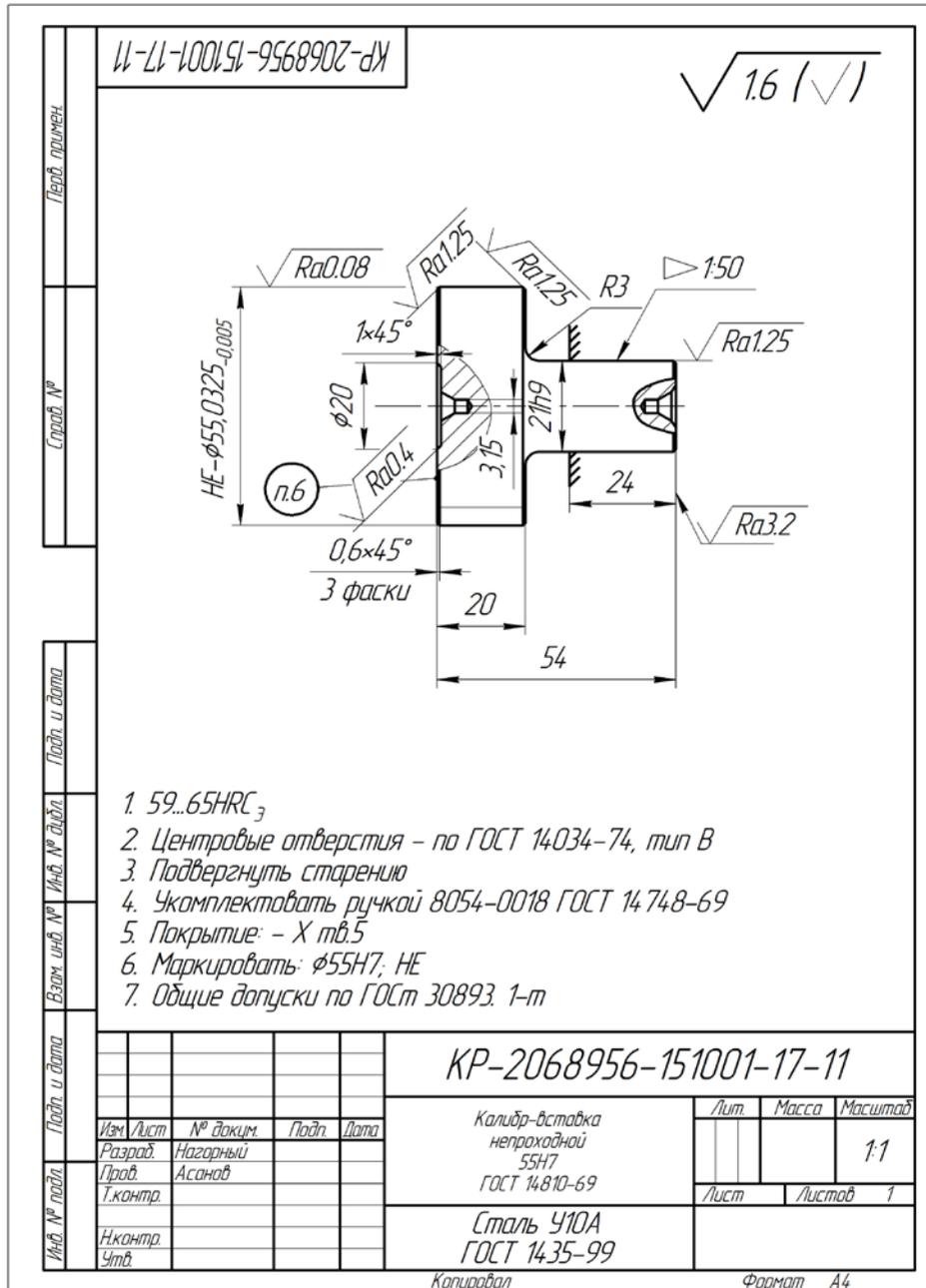
Вид калибра	Указываемый допуск расположения или формы измерительных элементов	Эскиз	Формула для пересчета позиционного допуска
Калибры для контроля соосности (симметричности) относительно оси (плоскости симметрии) базовой поверхности	Допуск соосности (симметричности) каждого измерительного элемента относительно оси (плоскости симметрии) базового измерительного элемента		$T_{CK} = T_{PK}$
Калибр для контроля соосности (симметричности) поверхностей относительно общей оси	Допуск соосности (симметричности) каждого измерительного элемента относительно общей оси (плоскости симметрии)		$T_{CK1} = T_{PK1}$ $T_{CK2} = T_{PK2}$
Калибр для контроля соосности (симметричности) без базового измерительного элемента (Расположение измерительных элементов вписанное или смежное)	Допуск соосности (симметричности) двух измерительных элементов		$T_{CK} = T_{PK1} + T_{PK2}$
Калибр для контроля перпендикулярности (наклона) оси измерительного элемента относительно плоскости	Допуск перпендикулярности оси измерительного элемента относительно плоскости		$T_{RK} = T_{PK}$
Калибр для контроля прямолинейности оси	Допуск прямолинейности оси измерительного элемента калибра		$T_{LK} = T_{PK}$

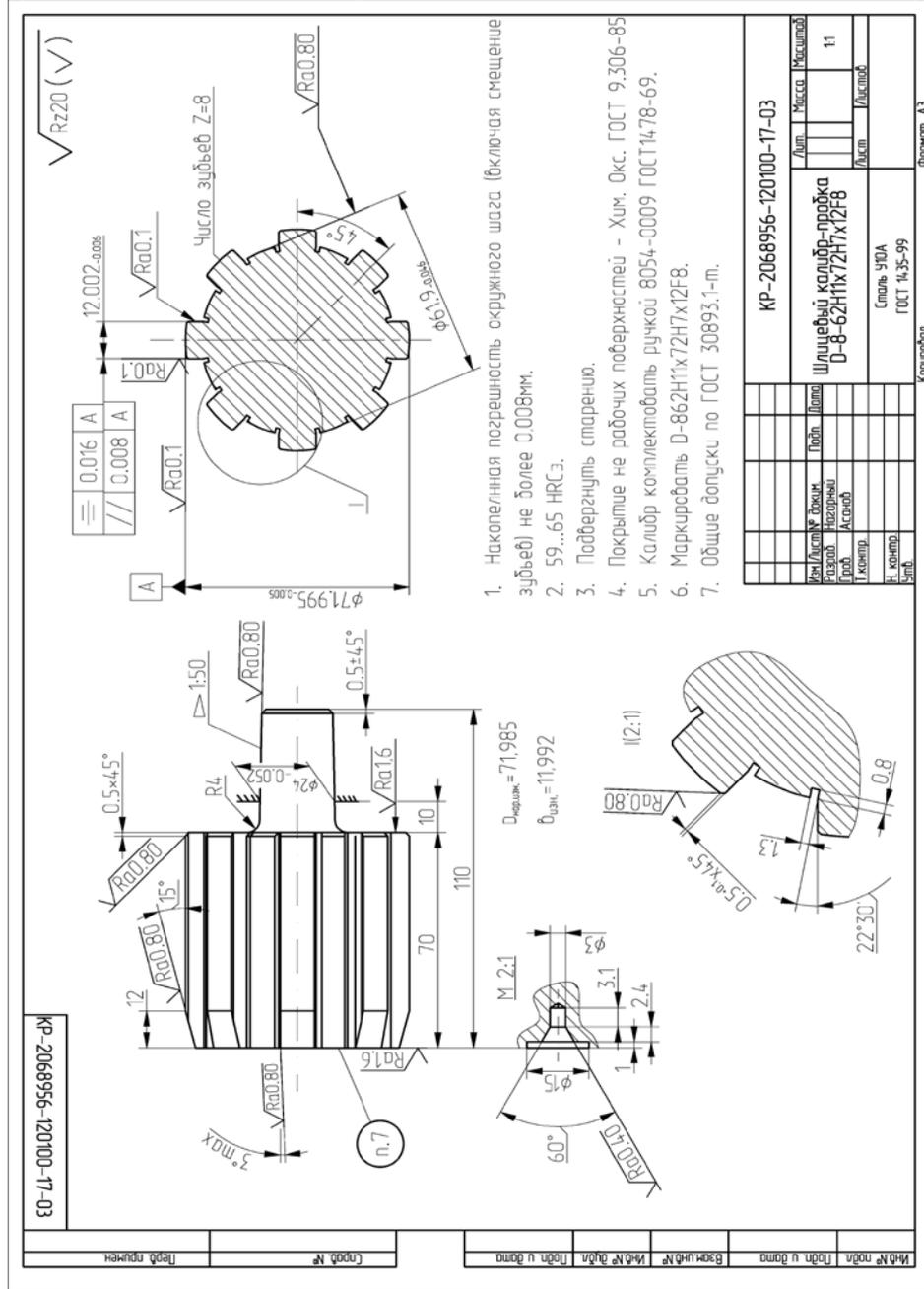


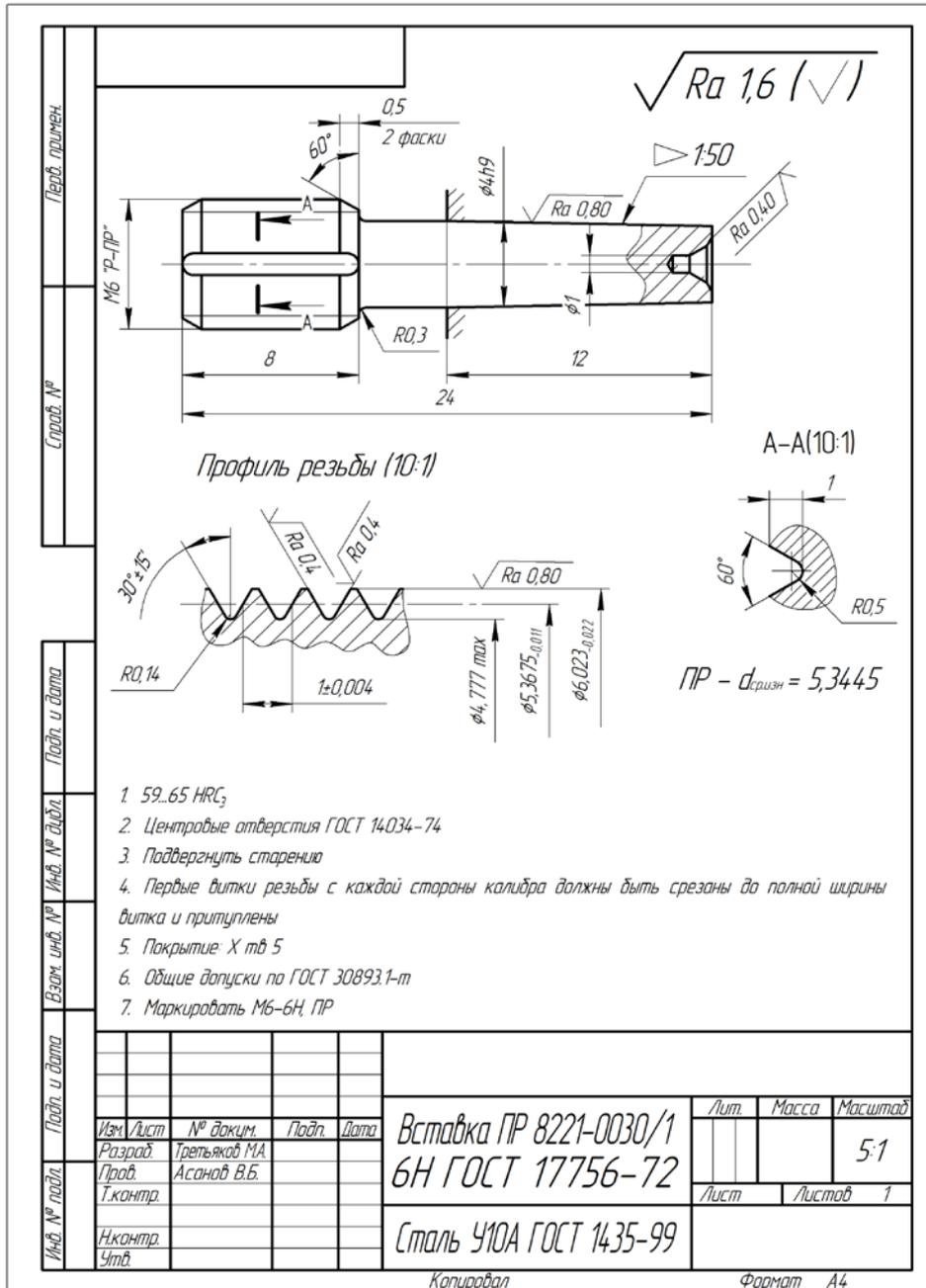
Приложение 5

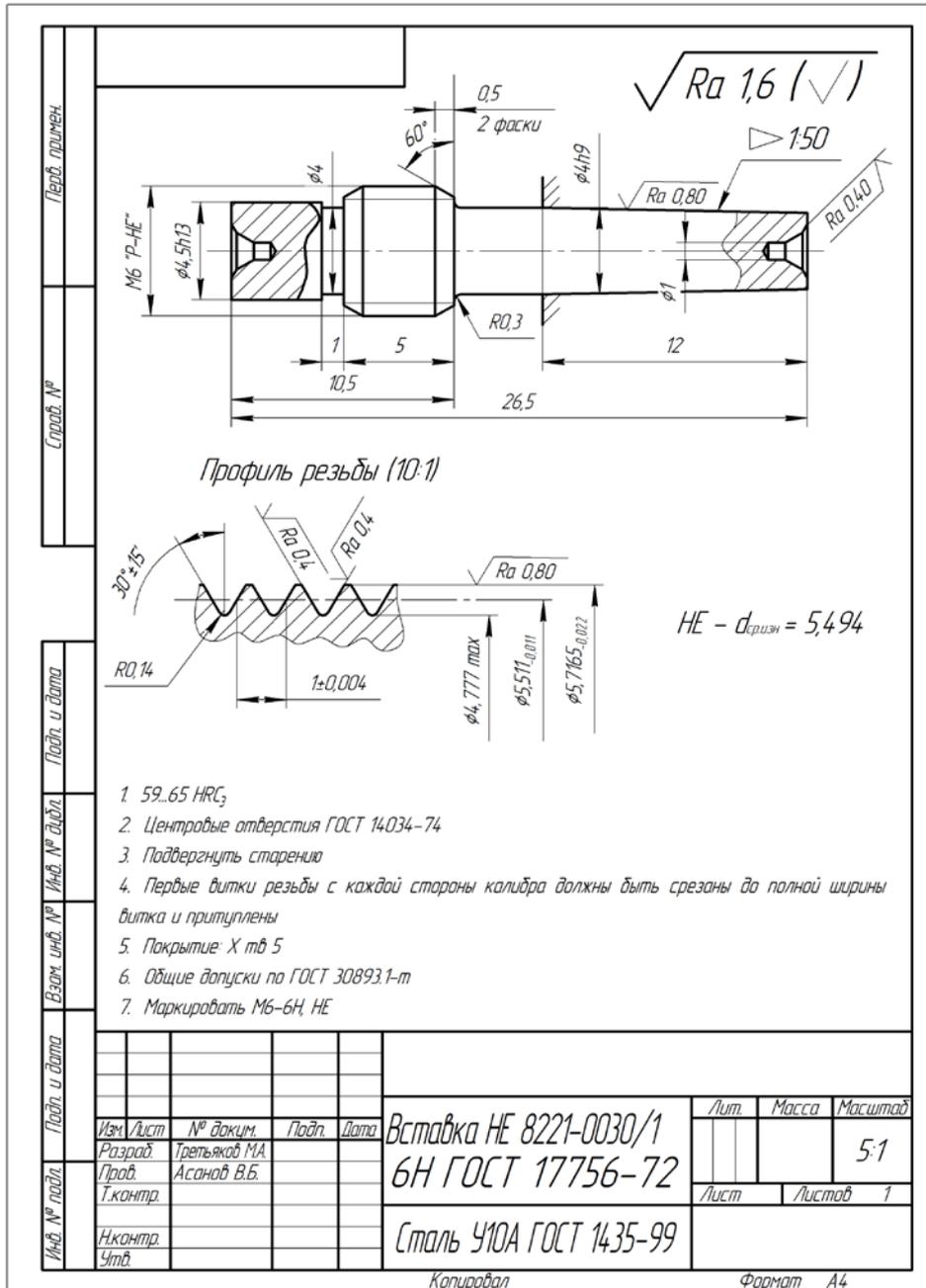
Чертежи калибров

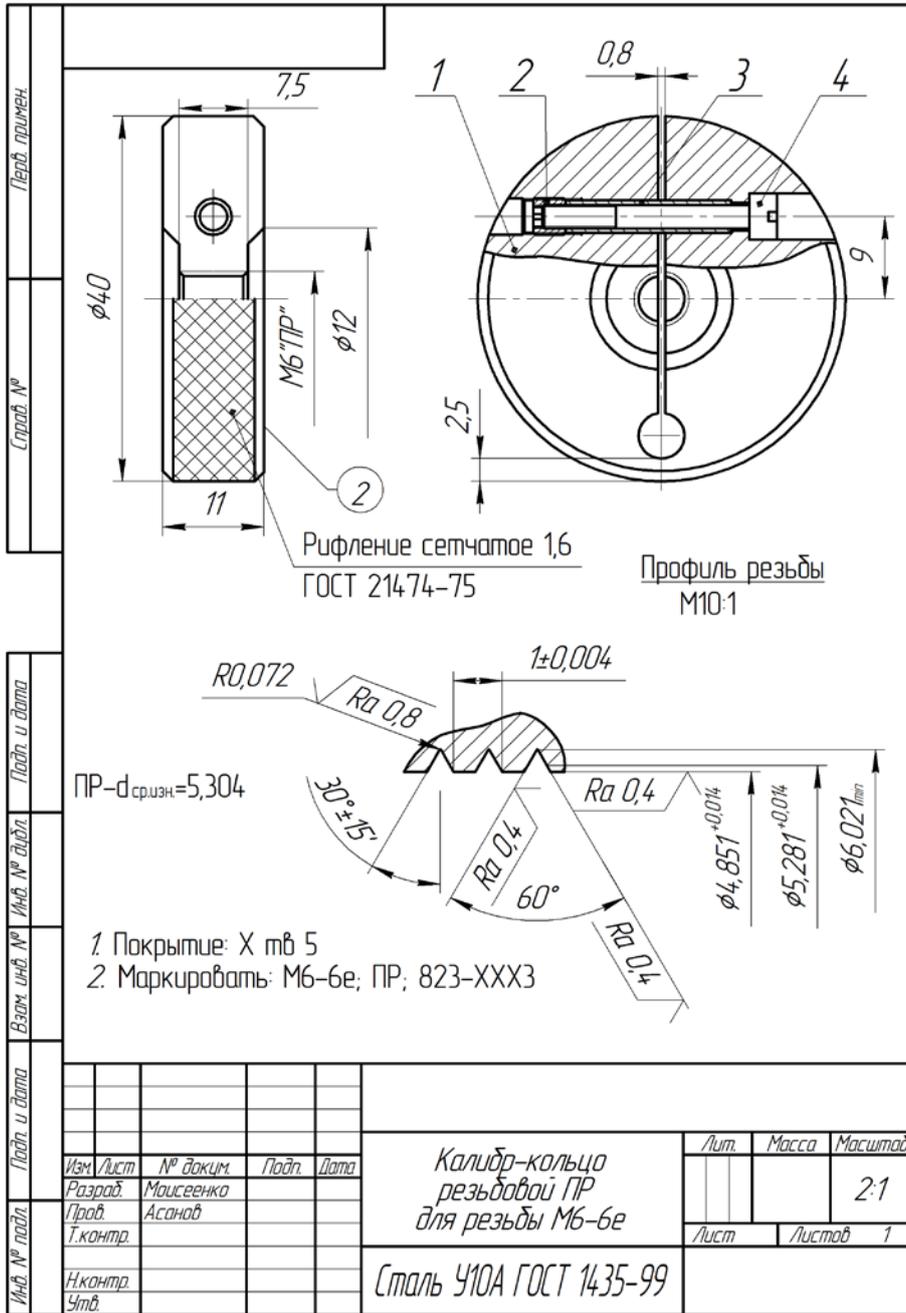


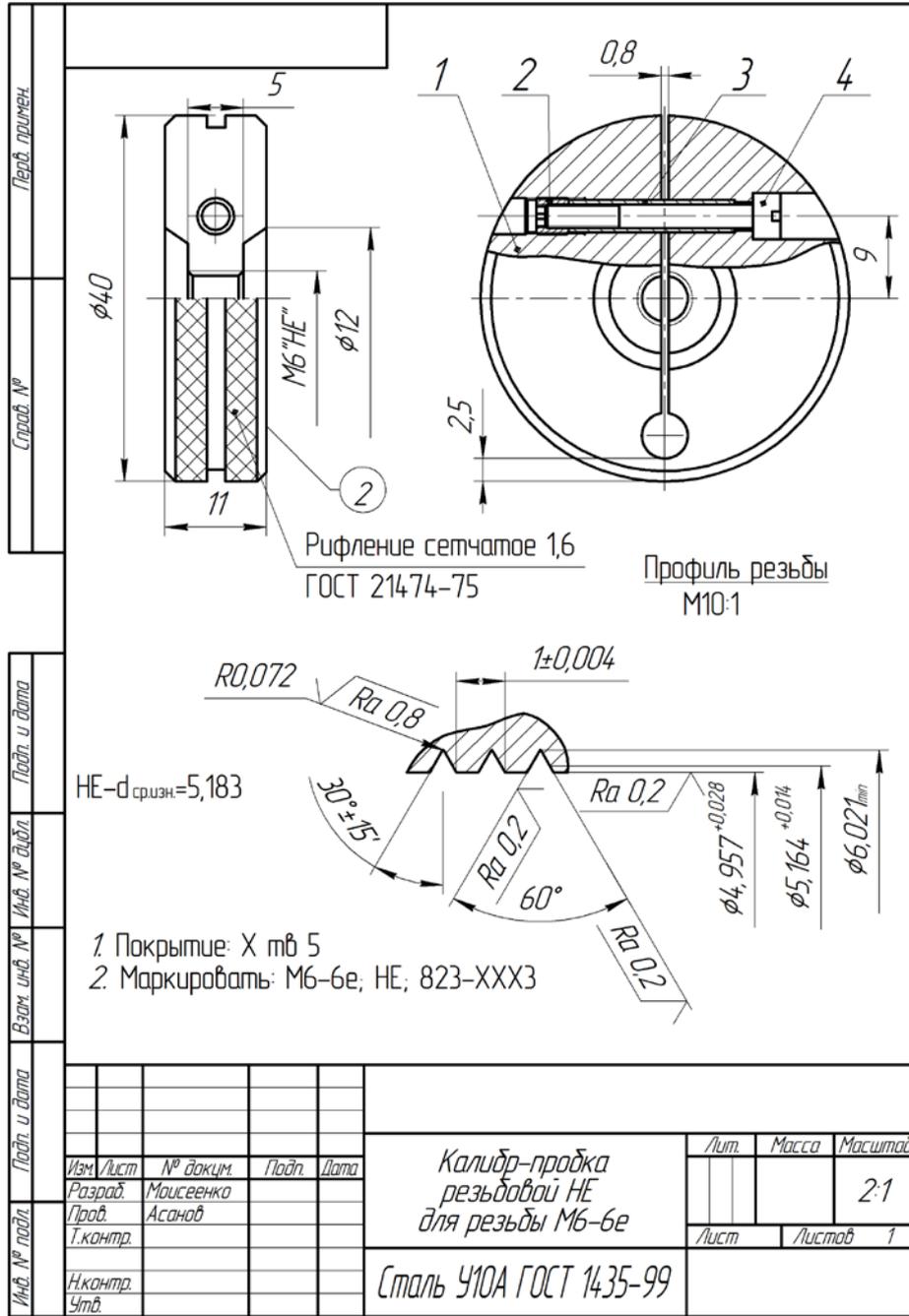


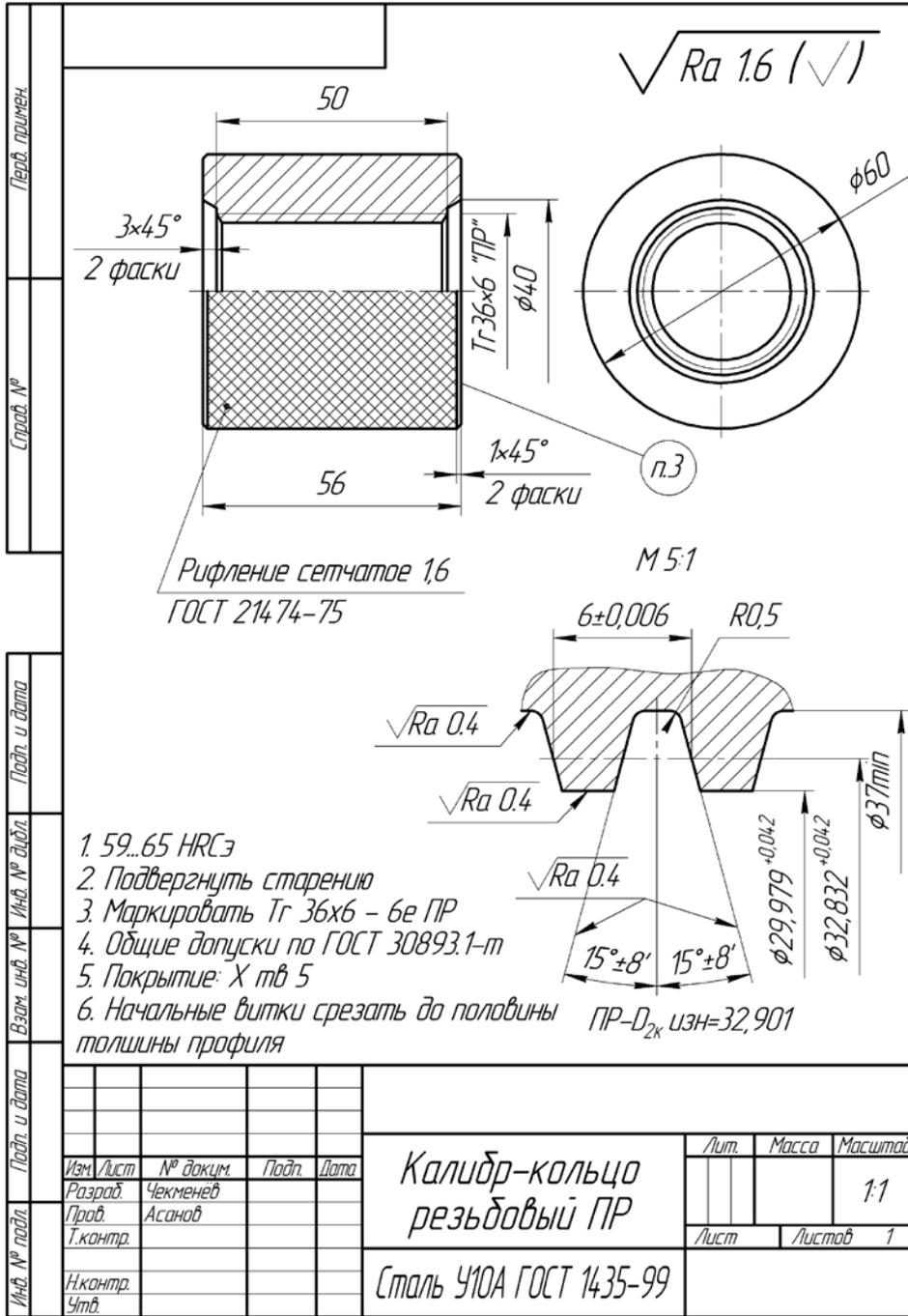


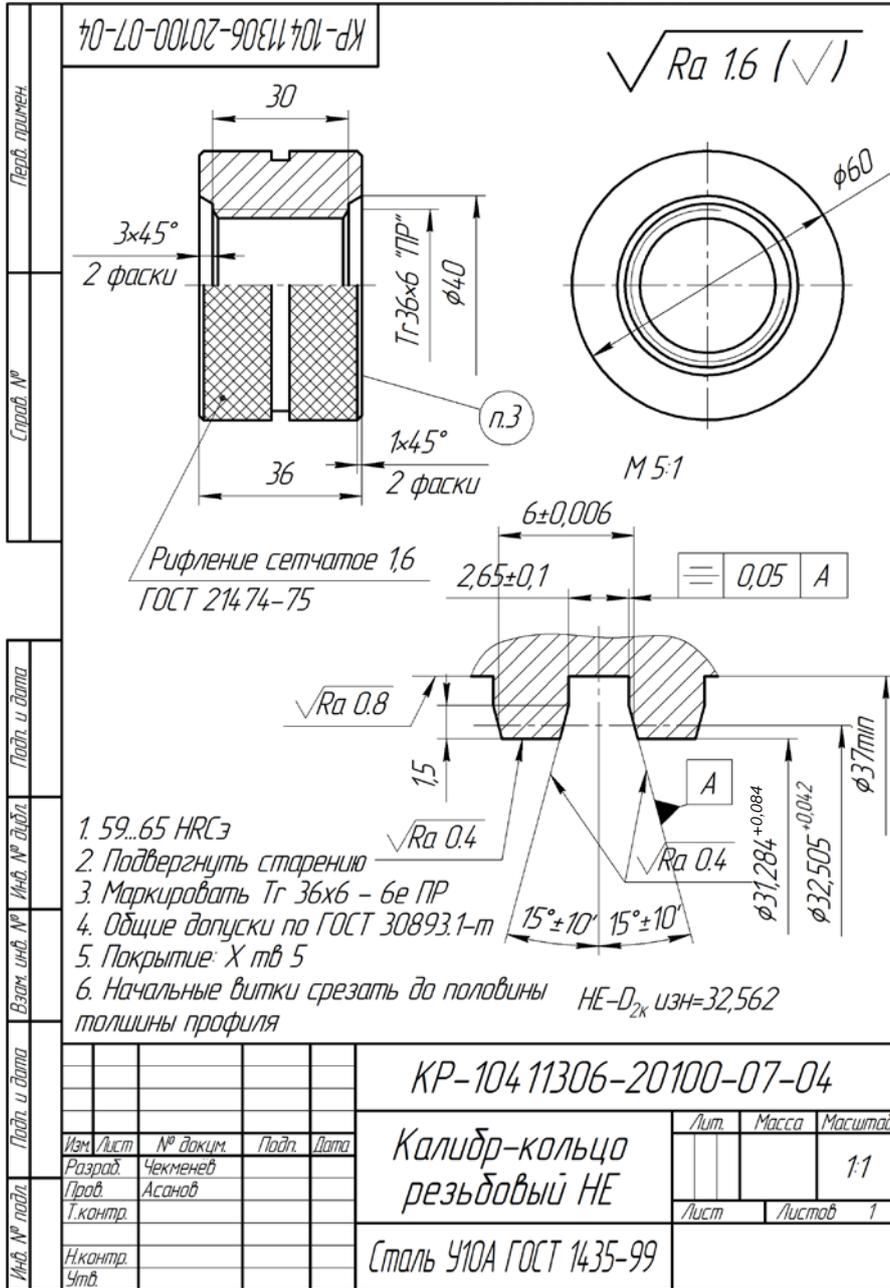






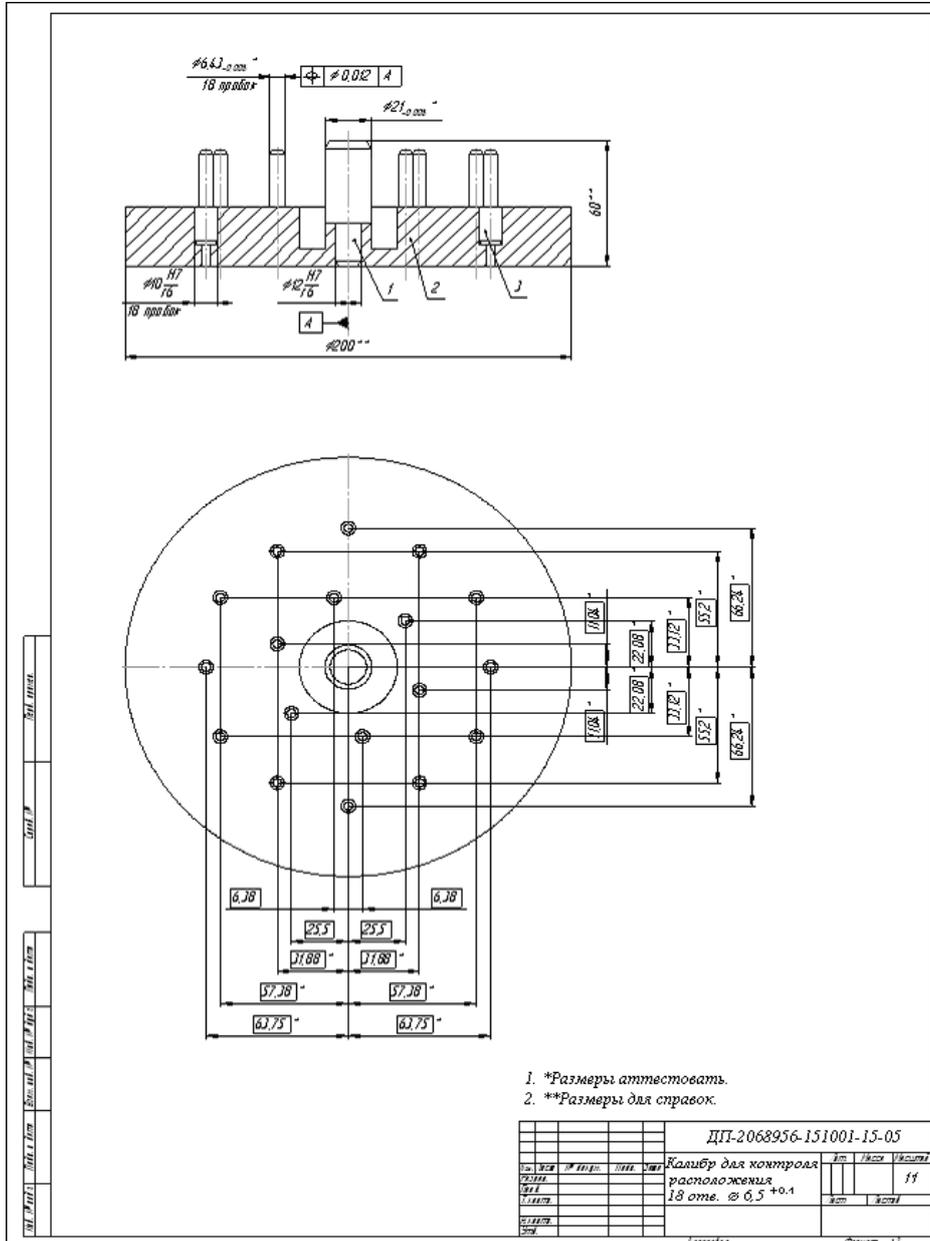






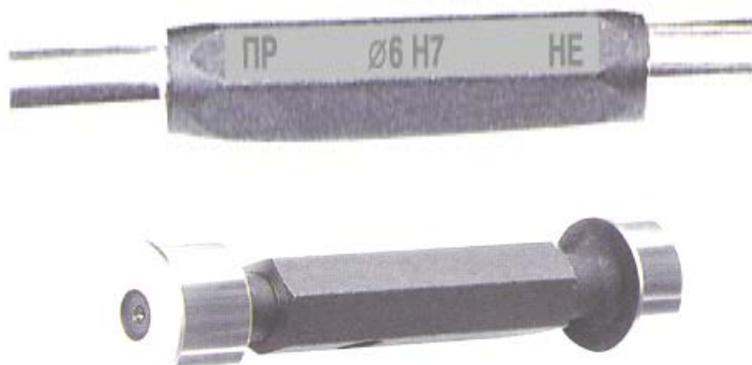
Копировал

Формат А4



Приложение 6

**Фотографии (снимки в 3D) калибров.
Калибры гладкие ГОСТ 24853–81**



**Калибры для метрической
резьбы ГОСТ 24997–81**



**Калибры для трапецеидальной
резьбы ГОСТ 10071–89**



**Калибры для конусов
инструментов ГОСТ 2849–94**



Калибры для трубной конической резьбы ГОСТ 7157-79



Калибры для конической дюймовой резьбы с углом профиля 60° ГОСТ 6485-69



УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Асанов Вениамин Бадьминович

**НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАЛИБРОВ

Учебное пособие

Редактор *Л.Н. Ветчакова*
Выпускающий редактор *И.П. Брованова*
Художественный редактор *А.В. Ладыжская*
Корректор *И.Е. Семенова*
Компьютерная верстка *Л.А. Веселовская*

Подписано в печать 24.12.2013
Формат 70 × 100 1/16. Бумага офсетная
Уч.-изд. л. 14,83. Печ. л. 11,5
Тираж 3000 экз. (1-й з-д – 1–150 экз.)
Изд. № 91. Заказ № 99

Издательство Новосибирского государственного
технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20
Тел. (383) 346-31-87
E-mail: office@publish.nstu.ru

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20

От автора

В данной работе не используются ГОСТ 31254-2004, ГОСТ Р 53442-2009 (ИСО 1101:2004), ГОСТ Р 53090-2008 (ИСО 2692:2006), ГОСТ Р 53089-2008 (ИСО 5458:1998), так как на период написания методического пособия не были разработаны ключевые стандарты по методам оценки отклонений формы, согласованные с вышеперечисленными, поэтому расчеты калибров для контроля формы и расположения поверхностей произведены по ГОСТ 16085-80 и ГОСТ 50056-92.

От автора

В данной работе не используются ГОСТ 31254-2004, ГОСТ Р 53442-2009 (ИСО 1101:2004), ГОСТ Р 53090-2008 (ИСО 2692:2006), ГОСТ Р 53089-2008 (ИСО 5458:1998), так как на период написания методического пособия не были разработаны ключевые стандарты по методам оценки отклонений формы, согласованные с вышеперечисленными, поэтому расчеты калибров для контроля формы и расположения поверхностей произведены по ГОСТ 16085-80 и ГОСТ 50056-92.

От автора

В данной работе не используются ГОСТ 31254-2004, ГОСТ Р 53442-2009 (ИСО 1101:2004), ГОСТ Р 53090-2008 (ИСО 2692:2006), ГОСТ Р 53089-2008 (ИСО 5458:1998), так как на период написания методического пособия не были разработаны ключевые стандарты по методам оценки отклонений формы, согласованные с вышеперечисленными, поэтому расчеты калибров для контроля формы и расположения поверхностей произведены по ГОСТ 16085-80 и ГОСТ 50056-92.

От автора

В данной работе не используются ГОСТ 31254-2004, ГОСТ Р 53442-2009 (ИСО 1101:2004), ГОСТ Р 53090-2008 (ИСО 2692:2006), ГОСТ Р 53089-2008 (ИСО 5458:1998), так как на период написания методического пособия не были разработаны ключевые стандарты по методам оценки отклонений формы, согласованные с вышеперечисленными, поэтому расчеты калибров для контроля формы и расположения поверхностей произведены по ГОСТ 16085-80 и ГОСТ 50056-92.