

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
БУРЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.В. Кузьмин, С.Н. Шуханов

КУРС МЕТРОЛОГИИ, СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ

*Допущено УМО вузов России по образованию в области энергетики
и электротехники в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по направлению
подготовки 141100 «Энергетическое машиностроение»*



Улан-Удэ
2013

УДК 631.158:006
К 893

Утверждено к печати
редакционно-издательским советом
Бурятский государственный университет

Рецензенты

М.К. Бураев, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Технический сервис и инженерные дисциплины» ФГБОУ ВПО «Иркутская государственная сельскохозяйственная академия»

Г.И. Хараев, д-р техн. наук, профессор кафедры «Биомедицинская техника, процессы и аппараты пищевых производств» ФГБОУ ВПО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления»

Н.С. Хитерхеева, канд. техн. наук, доцент кафедры «Машиноведение» ФГБОУ ВПО «Бурятский государственный университет»

Кузьмин А.В., Шуханов С.Н.

К 893 **Курс метрологии, стандартизации и сертификации:** учеб. пособие. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского государственного университета, 2013. – 300 с.: ил.
ISBN 978-5-9793-0547-9

В учебном пособии даны материалы по основам метрологии, стандартизации и сертификации, предложен краткий курс лекций и лабораторных работ. Представлены методические рекомендации по обоснованию и проектированию посадок, выбору допусков и квалитетов на размеры, исходя из анализа условий работы агрегатов, узлов и их деталей, приводятся примеры оформления лабораторных работ.

Учебное пособие предназначено для студентов направления подготовки 141100 «Энергетическое машиностроение» очного и заочного отделений.

Пособие может быть полезным для всех других лиц, интересующихся данными вопросами.

ISBN 978-5-9793-0547-9

© А.В. Кузьмин, С.Н. Шуханов, 2013

© Бурятский госуниверситет, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
-----------------------	---

Курс лекций

Лекция 1. Введение в метрологию.....	6
Лекция 2. Измерения.....	15
Лекция 3. Государственная метрологическая служба.....	20
Лекция 4. Правовые основы метрологической деятельности в РФ.....	27
Лекция 5. Международные организации по метрологии, стандартизации и сертификации.....	31
Лекция 6. Выбор средств измерений.....	40
Лекция 7. Сущность стандартизации.....	56
Лекция 8. Методы стандартизации.....	61
Лекция 9. Правовые основы стандартизации.....	66
Лекция 10. Допуски и посадки	71
Лекция 11. Единая система допусков и посадок	80
Лекция 12. Основы расчета и выбора посадок	94
Лекция 13. Основы сертификации	105
Лекция 14. Обязательная и добровольная сертификация	109

Содержание лабораторных работ

Лабораторная работа 1. Устройство и эксплуатация штангенприборов	123
Лабораторная работа 2. Устройство и эксплуатация микрометрических приборов.....	129
Лабораторная работа 3. Измерение индикаторной скобой.....	134
Лабораторная работа 4. Измерения индикаторным нутромером	138
Лабораторная работа 5. Контроль диаметра цилиндрического валика при измерении на микрокатере.....	141
Лабораторная работа 6. Измерение на горизонтальном оптиметре.....	146
Лабораторная работа 7. Погрешности измерений и определение доверительного интервала	150
Лабораторная работа 8. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров	160

Содержание лабораторных работ по допускам и посадкам

Задание 1. Определение элементов присоединительных размеров сопряжения	164
Задание 2. Выбор посадок и квалитетов.....	174
Задание 3. Расчет полей допусков рабочих калибров	179
Задание 4. Расчет и выбор посадок с гарантированным зазором	187
Задание 5. Расчет и выбор посадок с гарантированным натягом	193
Задание 6. Расчет и выбор посадок подшипников качения.....	202
Задание 7. Допуски, посадки и предельные размеры шпоночного соединения.....	208
Задание 8. Определение допусков, посадок и предельных размеров прямобочного шлицевого соединения	214
Задание 9. Расчет допусков размеров, входящих в размерные цепи ...	221
Тесты для фронтального контроля по лабораторным работам	226
Тесты для фронтального контроля по лабораторным работам по допускам и посадкам	236
Приложения	257
Библиографический список	299

ВВЕДЕНИЕ

Одним из самых главных критериев успеха в настоящее время является конкурентоспособность выпускаемой продукции и выполняемых работ и услуг, что, в свою очередь, зависит от качества их выполнения. Метрология, стандартизация и сертификация являются инструментами обеспечения качества оказываемых работ, услуг или производимой продукции, особенно актуального в Российской Федерации сейчас, когда она вступила во Всемирную торговую организацию.

Качество – это сложное, комплексное понятие, зависящее от многих видов деятельности: выбора направления и разработки стратегии, маркетинга, подготовки и организации производства, хранения, транспортировки, торговли, сервиса вплоть до утилизации. Требования к качеству на международном уровне определены стандартами ИСО серии 9000. Эти стандарты установили четкие требования к системам качества и положили начало сертификации систем обеспечения качества. В настоящее время возникло самостоятельное направление менеджмента – менеджмент качества. Сейчас методы менеджмента качества связывают в основном с методологией TQM (total quality management) – всеобщим менеджментом качества. Стандарты ИСО серии 14000 устанавливают требования к системам менеджмента качества с точки зрения охраны окружающей среды и безопасности продукции. В современном мире соответствие стандартам ИСО серии 14000 становится не менее популярным, чем соответствие стандартам ИСО 9000.

Знания и навыки, полученные при изучении курса «Метрологии, стандартизации и сертификации», помогут студентам при изучении специальных дисциплин.

В современных условиях эффективность образования в большей степени зависит от самостоятельной работы студентов в виде выполнения домашних заданий, рефератов и т.д.

КУРС ЛЕКЦИЙ

ЛЕКЦИЯ 1

Введение в метрологию

? Вопросы

1. Основные определения.
2. Средства измерений. Метрологические показатели.
3. Виды и методы измерений.
4. Виды контроля.
5. Погрешности измерений.

1. Основные определения

Метрология (греч. «метрон» – мера, «логос» – учение) – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности.

Измерение – определение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Метрология как наука и область практической деятельности возникла в глубокой древности. Человек применял измерения, т.е. сравнение неизвестной величины с однородной ей величиной, принятой за единицу, сравнивал прежде всего с частями своего тела.

Так, в английской системе мер до сих пор применяются:

1 фут (ступня) = 30,48 см.

1 ярд = 91,44 см (меч короля Англии Генриха I 1101 г.).

1 дюйм (большой палец) = 2,54 см.

1 миля = 5280 футов = 1760 ярдов = 1609 м (латин. «mille» – «тысяча» (парных шагов римского legionera)).

1 ярд = 3 фута

1 фут = 12 дюймов

Единица массы драгоценных камней **карат** – масса горошины рожкового дерева (с греч.) или боба (с араб.): 1 карат \approx 0,2 г.

Измерения и числа связаны между собой. Наряду с арабскими иногда используются римские цифры:

1	5	10	50	100	500	1000
I	V	X	L	C	D	M

В Древней Руси употреблялись сажени, пяди, вершки, локти или аршины (аршин с персид. – локоть) и т.д.

В Сибири, например, употреблялась раньше единица измерения – «буха́» – максимальное расстояние, на котором еще видно раздельно рога у быка.

В Испании до сих пор иногда употребляется единица расстояния «сигара» – путь, который можно пройти, выкурив одну сигару.

Т.О. было большое разнообразие мер и систем измерения, что конечно неудобно и вызывает много разногласий и разночтений.

Поэтому была разработана, в конце концов, международная система единиц (СИ).

7 основных единиц: 1. *метр* (длина) – *м*, (длина пути света в вакууме за 299792458^{-1} с),

1) *килограмм* (масса) – *кг*,

2) *секунда* (время) – *с*,

3) *Ампер* (сила тока) – *А*,

4) *Кельвин* (температура) – *К*,

5) *кандела* (сила света) – *кд*,

6) *моль* (кол-во вещества) – *моль*

2 дополнительные: 1) *радиан* (плоский угол) – *рад*,

2) *стерадиан* (телесный угол) – *ср*.

Кроме того, допущены следующие единицы:

времени – *минута*, *час*, *сутки*;

плоского угла – *градус*, *минута*, *секунда*;

массы – *тонна*;

объема – *литр*.

Технические измерения – измерения линейно-угловых величин.

Единицей технических линейных измерений является *мм*.

2. Средства измерений. Метрологические показатели

Средство измерений – техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер, которой принимается неизменным в пределах установленной погрешности в течение известного интервала времени.

По метрологическому назначению средства измерений подразделяются на:

- *рабочие средства измерений*;
- *метрологические средства измерений* (для обеспечения единства измерений).

По конструктивному исполнению:

- *меры*;
- *измерительные приборы*;
- *измерительные установки*;
- *измерительные системы*;
- *измерительные комплексы*;

- *измерительные принадлежности.*

Мера – средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких размеров, значения которых выражены в установленных единицах измерения и известны с необходимой точностью.

Измерительные приборы – средства измерений, предназначенные для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне.

Метрологические показатели – параметры и характеристики средств измерений:

- **Цена деления шкалы** – разность значений физической величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.
- **Диапазон показаний** – область значений шкалы, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы.
- **Диапазон измерений** – область значений измеряемой величины, для которой нормированы погрешности данного средства измерений.
- **Пределы измерений** – это наименьшее и наибольшее значение диапазона измерений.
- **Измерительное усилие** – это сила, с которой чувствительный элемент средства измерений воздействует на поверхность объекта измерений.
- **Длина (интервал) деления шкалы** – это расстояние между серединами 2-х соседних отметок шкалы.

3. Виды и методы измерений

Измерение – совокупность операций по применению системы измерений для получения значения измеряемой физической величины.

Можно выделить следующие **виды измерений**:

1. По характеру зависимости измеряемой величины от времени измерения методы измерений подразделяются на:

- **статические**, при которых измеряемая величина остается постоянной во времени;
- **динамические**, в процессе которых измеряемая величина изменяется и является непостоянной во времени.

Статическими измерениями являются, например, измерения размеров тела, постоянного давления; динамическими – измерения пульсирующих давлений, вибраций.

2. По способу получения результатов измерений (виду уравнения измерений) методы измерений разделяют на прямые, косвенные, совокупные и совместные.

- **Прямое измерение** – измерение, при котором значение измеряемой величины определяют непосредственно по результату измерения, например, измерение угла угломером или измерение диаметра штангенциркулем.
- **Косвенное измерение** – измерение, при котором искомое значение величины определяют пересчётом результатов прямых измерений величин, связанных с искомой величиной известной зависимостью, например определение среднего диаметра резьбы с помощью трех проволок или угла с помощью синусной линейки.

- **Совместными** называют измерения, производимые одновременно (прямые или косвенные) двух или нескольких неоднородных величин. Целью совместных измерений является нахождение функциональной зависимости между величинами, например зависимости длины тела от температуры, зависимости электрического сопротивления проводника от давления и т. п.
 - **Совокупные** – это такие измерения, в которых значения измеряемых величин находят по данным повторных измерений одной или нескольких однородных величин при различных сочетаниях мер или этих величин. Результаты совокупных измерений находят путем решения системы уравнений, составляемых по результатам нескольких прямых измерений. Например, совокупными являются измерения, при которых массы отдельных гирь набора находят по известной массе одной из них и по результатам прямых сравнений масс различных сочетаний гирь.
3. По условиям, определяющим точность результата измерения, методы делятся на три класса.
- **Измерения максимальной возможной точности**, достижимой при существующем уровне техники. К ним относятся в первую очередь эталонные измерения, связанные с максимальной возможной точностью воспроизведения установленных единиц физических величин, и, кроме того, измерения физических констант, прежде всего универсальных (например, абсолютного значения ускорения свободного падения и др.).
К этому же классу относятся и некоторые специальные измерения, требующие высокой точности.
 - **Контрольно-поверочные измерения**, погрешность которых с определенной вероятностью не должна превышать некоторое заданное значение. К ним относятся измерения, выполняемые лабораториями государственного надзора за внедрением и соблюдением стандартов и состоянием измерительной техники и заводскими измерительными лабораториями с погрешностью заранее заданного значения.
 - **Технические измерения**, в которых погрешность результата определяется характеристиками средств измерений. Примерами технических измерений являются измерения, выполняемые в процессе производства на машиностроительных предприятиях, на щитах распределительных устройств электрических станций и др.
4. По способу выражения результатов измерений различают абсолютные и относительные измерения.
- **Абсолютное** измерение основано на прямых измерениях величины и (или) использовании значений физических констант, например, измерение размеров деталей штангенциркулем или микрометром.
 - При **относительных** измерениях величину сравнивают с одноименной, играющей роль единицы или принятой за исходную, например измерение диаметра вращающейся детали по числу оборотов соприкасающегося с ней аттестованного ролика.

5. В зависимости от совокупности измеряемых параметров изделия различают поэлементный и комплексный методы измерения.

- **Поэлементный** метод характеризуется измерением каждого параметра изделия в отдельности (например, эксцентриситета, овальности, огранки цилиндрического вала).
- **Комплексный** метод характеризуется измерением суммарного показателя качества (а не физической величины), на который оказывают влияние отдельные его составляющие (например, измерение радиального биения цилиндрической детали, на которое влияют эксцентриситет, овальность и др.).

Можно выделить следующие **методы измерений**.

1. *По способу получения значений* измеряемых величин различают два основных метода измерений: метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

- **Метод непосредственной оценки** – метод измерения, при котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия (например, измерение длины с помощью линейки или размеров деталей микрометром, угломером и т. д.).
- **Метод сравнения с мерой** – метод измерения, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Например, для измерения диаметра калибра микрокатор устанавливают на нуль по блоку концевых мер длины, а результаты измерения получают по отклонению стрелки микрокатора от нуля, то есть сравнивается измеряемая величина с размером блока концевых мер. О точности размера судят по отклонению стрелки микрокатора относительно нулевого положения.

Существует несколько разновидностей метода сравнения:

- **метод противопоставления**, при котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения;
- **дифференциальный метод**, при котором измеряемую величину сравнивают с известной величиной, воспроизводимой мерой. Этим методом, например, определяют отклонение контролируемого диаметра детали на оптиметре после его настройки на нуль по блоку концевых мер длины;
- **нулевой метод**, при котором результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля. Подобным методом измеряют электрическое сопротивление по схеме моста с полным его уравниванием;
- **метод совпадений**, при котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, определяют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов (например, при измерении штангенциркулем используют совпадение отметок основной и нониусной шкал).

2. *При измерении линейных величин* независимо от рассмотренных методов различают контактный и бесконтактный методы измерений.

- **Контактное измерение** – измерение, при котором воспринимающее устройство средства измерения имеет механический контакт с поверхностью измеряемого объекта. (штангенциркуль, микрометр, ...)

- **Бесконтактное измерение** – нет механического контакта (измерение на измерительном микроскопе).
3. *В зависимости от измерительных средств, используемых в процессе измерения*, различают инструментальный, экспертный, эвристический и органолептический методы измерений.
- **Инструментальный** метод основан на использовании специальных технических средств, в том числе автоматизированных и автоматических.
 - **Экспертный** метод оценки основан на использовании данных нескольких специалистов. Широко применяется в квалиметрии, спорте, искусстве, медицине.
 - **Эвристические** методы оценки основаны на интуиции. Широко используется способ попарного сопоставления, когда измеряемые величины сначала сравниваются между собой попарно, а затем производится ранжирование на основании результатов этого сравнения.
 - **Органолептические** методы оценки основаны на использовании органов чувств человека (осязания, обоняния, зрения, слуха и вкуса). Часто используются измерения на основе впечатлений (конкурсы мастеров искусств, соревнования спортсменов).

4. Виды контроля

Контроль – это процесс получения и обработки информации об объекте (параметре детали, механизма, процесса и т.д.) с целью определения нахождения параметров объекта в заданных пределах.

Классификация видов контроля.

1. По возможности (или невозможности) использования продукции после выполнения контрольных операций различают неразрушающий и разрушающий контроль.
 - При **неразрушающем** контроле соответствие контролируемого размера (или значения) норме определяется по результатам взаимодействия различных физических полей и излучений с объектом контроля. Интенсивность полей и излучений выбирается такой, чтобы не только не происходило разрушений объекта контроля, но и не менялись его свойства во время контроля. В зависимости от природы физических полей и излучений виды неразрушающего контроля разделяются на следующие группы: акустические, радиационные, оптические, радиоволновые, тепловые, магнитные, вихревые, электрические, проникающих веществ.
 - При **разрушающем** контроле определение соответствия (или несоответствия) контролируемого размера (или значения) норме сопровождается разрушением изделия (объекта контроля), например, при проверке изделия на прочность.
2. По характеру распределения по времени различают непрерывный, периодический и летучий контроль.
 - **Непрерывный** контроль состоит в непрерывной проверке соответствия контролируемых размеров (или значений) нормам в течение всего процесса изготовления или определенной стадии жизненного цикла.

- При **периодическом** контроле измерительную информацию получают периодически через установленные интервалы времени t . Период контроля t может быть как меньше, так и больше времени одной технологической операции $t_{\text{оя}}$. Если $t = t_{\text{оп}}$, то периодический контроль становится операционным (или послеоперационным).
 - **Летучий** контроль проводят в случайные моменты времени.
3. В зависимости от исполнителя контроль разделяется на: *самоконтроль, контроль мастером, контроль ОТК* (отделом технического контроля) и *инспекционный контроль* (специально уполномоченными представителями). *Инспекционный контроль* в зависимости от того, какая организация уполномочила представителя проводить контроль подразделяется на: ведомственный, межведомственный, вневедомственный, государственный.
4. По стадиям технологического (производственного) процесса различают входной, операционный и приемочный (приемосдаточный) контроль.
- **Входному** контролю подвергают сырье, исходные материалы, полуфабрикаты, комплектующие изделия, техническую документацию и т. п., иначе говоря, все то, что используется при производстве продукции или ее эксплуатации.
 - **Операционный** контроль еще незавершенной продукции проводится на всех операциях производственного процесса.
 - **Приемочный** контроль готовых, сборочных и монтажных единиц осуществляется в конце технологического процесса.
5. По характеру воздействия на ход производственного (технологического) процесса контроль делится на активный и пассивный.
- При **активном** контроле его результаты непрерывно используются для управления технологическим процессом. Можно сказать, что активный контроль совмещен с производственным процессом в единый контрольно-технологический процесс. Как правило, он выполняется автоматически.
 - **Пассивный** контроль осуществляется после завершения либо отдельной технологической операции, либо всего технологического цикла изготовления детали или изделия. Он может быть ручным, автоматизированным и автоматическим.
6. В зависимости от места проведения различают подвижный и стационарный контроль.
- **Подвижный** контроль проводится непосредственно на рабочих местах, где изготавливается продукция (у станка, на сборочных и настроечных стендах и т. д.).
 - **Стационарный** контроль проводится на специально оборудованных рабочих местах. Он применяется при необходимости создания специальных условий контроля; при наличии возможности включения в технологический цикл стационарного рабочего места контролера; при использовании средств контроля, которые применяются только в стационарных условиях; при крупносерийном и массовом производстве.

7. По объекту контроля отличают контроль качества выпускаемой *продукции*, товарной и сопроводительной *документации*, *технологического процесса*, средств технологического *оснащения*, прохождения *рекламации*, соблюдения *условий эксплуатации*, а также контроль *технологической дисциплины* и *квалификации* исполнителей.

8. По числу измерений отличают *однократный* и *многократный* контроль.

9. По способу отбора изделий, подвергаемых контролю, отличают сплошной и выборочный контроль.

- **Сплошной** (стопроцентный) контроль всех без исключения изготовленных изделий применяется при индивидуальном и мелкосерийном производстве, на стадии освоения новой продукции, по аварийным параметрам (размерам), при селективной сборке.
- **Выборочный** контроль проводится во всех остальных случаях, чаще всего при крупносерийном и массовом производстве. Для сокращения затрат на контроль большой партии изделий (которую в математической статистике принято называть генеральной совокупностью) контролю подвергается только часть партии – выборка, формируемая по определенным правилам, обеспечивающим случайный набор изделий. Если число бракованных изделий в выборке превышает установленную норму, то вся партия (генеральная совокупность) бракуется.

5. Погрешность измерения

Погрешность измерения – отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

На практике всегда имеют дело с оценкой погрешности измерений с некоторой доверительной вероятностью, так как истинное значение величины определить невозможно.

Погрешность измерения может быть представлена в виде **абсолютной погрешности**, выраженной в единицах измеряемой величины, или в виде **относительной погрешности** – отношения абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины.

$$\Delta = A_{И} - A_{О} \approx A_{И} - A_{Д}, \quad (1)$$

где:

Δ – абсолютная погрешность;

$A_{И}$ – результат измерения;

$A_{О}$ – истинное значение измеряемой величины;

$A_{Д}$ – действительное значение величины.

Действительное значение физической величины – это количественное выражение размера величины через выбранную единицу, найденное с максимально достижимой на данном уровне развития науки и техники точностью.

Систематическая погрешность – составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины.

Случайная погрешность – составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины.

Грубая погрешность (промах) – погрешность измерения, существенно превышающая ожидаемую при данных условиях погрешность.

Вообще **суммарная погрешность** измерения зависит от многих причин и состоит из следующих составляющих:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{СИ} + \Delta_M + \Delta_Y + \Delta_O + \Delta_{МО} + \dots, \quad (2)$$

где: $\Delta_{СИ}$ – погрешность средств измерения (инструментальная погрешность);

Δ_M – погрешность метода измерения (методическая погрешность);

Δ_Y – погрешность, зависящая от условий измерения;

Δ_O – погрешность оператора;

$\Delta_{МО}$ – погрешность, зависящая от выбранной модели объекта измерения.

Из приведенных составляющих погрешности измерения *инструментальная* и *методическая* погрешности могут иметь систематическую и случайную составляющие.

В данном случае, например, инструментальная погрешность состоит:

$$\Delta_{СИ} = \sum_{i=1}^n \Delta i_{Сист.} + \sqrt{\Delta_{Случ.1}^2 + \Delta_{Случ.2}^2 + \Delta_{Случ.3}^2 + \dots + \Delta_{Случ.n}^2}$$

Основная погрешность – погрешность при проведении измерений в нормальных условиях.

Дополнительная погрешность – изменение значения погрешности из-за воздействия влияющих величин при отклонении условий проведения измерений от нормальных.

Поправка – значение величины, одноименной с измеряемой, прибавляемое к полученному при измерении значению величины с целью исключения (уменьшения) систематической погрешности.

Суммарная (полная) погрешность измерения состоит из следующих наиболее существенных составляющих:

- 1) инструментальная погрешность;
- 2) погрешность, вносимая в процесс измерений мерами или образцами;
- 3) погрешность, возникающая от измерительного усилия при контактных измерениях;
- 4) погрешности, возникающие из-за термического расширения (сжатия) объекта измерений в процессе измерения при отклонениях температуры.

Чаще всего наибольший вклад в погрешность измерения вносит **инструментальная погрешность** (разность между показанием средства измерения и действительным размером измеряемого объекта).

Субъективные погрешности человека (погрешность оператора) разделяются на три группы:

- ошибки при действиях;

- *ошибки при наблюдении;*
- *профессиональные ошибки.*

Ошибки при действиях:

- неточное совмещение реперов (или шкалы) с измеряемым размером;
- ошибки подбора ПКМД в блок;
- ошибки установки на ноль;
- ошибки при закреплении средства измерений в установленном положении;
- завышение или занижение измерительного усилия.

Ошибки при наблюдении: ошибки отсчета при оценке точности совпадения стрелки или штриха нониуса с делением шкалы и его знаком.

Профессиональные субъективные погрешности – это ошибки исполнителя, вызванные его недостаточным умением.

ЛЕКЦИЯ 2

Измерения

? Вопросы

1. Шкалы измерений.
2. Нормальные условия измерений.
3. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
4. Класс точности средств измерений.
5. Результат измерения и его характеристики.

1. Шкалы измерений

Исторически измерения возникли как процесс количественного сравнения оцениваемого свойства предмета с установленной мерой данного свойства. Это было естественно, так как количество оцениваемых свойств было тогда невелико, а основные, наиболее практически востребованные из них (длина, масса, объем) допускали изготовление довольно простых, наглядных и практически удобных мер (в России: мера длины – фут 30,48 см, аршин 0,711200 м, сажень 2,13360 м; мера массы – золотник 1/96 фунта – 4,265542 г, фунт 0,40951241 кг (0,45359237 кг), безмен 1,0235 кг, пуд 16,380496 кг; мера объема – бутылка водочная 0,614970 л или винная 0,768712 л, ведро 12,2994 л, бочка 40 ведер – 491,976 л). Однако уже в то время были в ходу меры, не имевшие материального выражения (меры площади – десятина 10925,4 м² или 1,09254 га, меры длины большого размера – верста 1066,80 м, берковец 10 пудов, ласт 72 пуда, например).

С развитием производства и товарообмена количество измеряемых свойств расширялось, многие из них не были столь наглядными. Как следствие, неизбежен был переход от мер к единицам физических величин. Дальнейшее развитие науки и техники поставило вопрос об измерительном контроле свойств до недавнего вре-

мени считавшихся неизмеряемыми. Прежде всего, следует отметить качественные свойства. В последнее время широко используются цветовые атласы (наборы), сопоставление с которыми позволяет четко идентифицировать и классифицировать тот или иной оттенок. В данном случае не применимы традиционные понятия измерений, однако можно найти порядок расположения цветов и выстроить шкалу.

Отправной точкой теории шкал является положение о том, что свойства объекта образуют дискретное множество, между элементами которого существует любого рода логические взаимосвязи. Тогда под *шкалой измерений данного свойства понимают отображение элементов данного множества на систему условных знаков с аналогичными отношениями.*

В настоящее время в соответствии с логической структурой проявления свойств в теории измерений принято различать пять типов шкал измерений:

- 1) шкала наименований (классификации);
- 2) шкала порядков (рангов);
- 3) шкала разностей (интервалов);
- 4) шкала отношений;
- 5) абсолютная шкала.

Шкала наименований – шкала, элементы которой характеризуются только соотношениями эквивалентности (совпадения, равенства, сходства) конкретных качественных проявлений свойств (например, атласы цветов).

В шкалах наименований принципиально невозможно ввести единицы измерения и нулевой элемент (нулевую точку шкалы). Это чисто качественные шкалы.

Шкала порядка (ранга) – шкала, элементы которой допускают логическую взаимосвязь элементов не только в виде отношений эквивалентности (как у шкал наименований), но и отношений порядка по возрастанию или убыванию количественного проявления измеряемого свойства (например, шкалы чисел твердости, баллов землетрясений, силы ветра и т.п.).

Внесение любого изменения в шкалы наименований и порядка невозможно, так как это фактически означает создание новой шкалы.

Шкалы разностей (интервалов) – шкала, допускающая дополнительно к соотношениям эквивалентности и порядка суммирование интервалов (разностей) между различными количественными проявлениями свойств (например, шкалы времени, температуры Цельсия).

Шкалы разностей имеют условные (принятые по соглашению) единицы измерений и нулевые элементы соответствующие характерным значениям измеряемой величины. В этих шкалах допустимы линейные преобразования и процедуры статистической обработки результатов измерений.

Шкалы отношений – шкалы, к множеству количественных проявлений которых применимы соотношения эквивалентности и порядка – операции вычитания и умножения (шкалы отношений первого рода – пропорциональные шкалы) и суммирования (шкалы отношений второго рода – аддитивные шкалы).

В шкалах отношений используются условные единицы измерений и естественные нули (например, шкала термодинамической температуры (шкала первого рода); шкала массы (шкала второго рода) и т.п.).

Абсолютные шкалы – шкалы, обладающие всеми признаками шкал отношений, но дополнительно в них существует естественное однозначное определение единицы измерений. Такие шкалы используются для измерений относительных величин, таких, как, например, коэффициент полезного действия. Шкалы разностей (интервалов) и отношений объединяет общее название – *метрические шкалы*. Именно они положены в основу Международной системы единиц.

Метрические шкалы, как правило, воспроизводятся эталонами, которые могут воспроизводить одну точку шкалы (эталон массы); отдельный участок шкалы (эталон длины) или практически всю шкалу (эталон времени).

2. Нормальные условия измерений

Исследования метрологических характеристик средств измерений производят, как правило, в специализированных лабораториях.

Для обеспечения сопоставимости результатов исследований устанавливаются диапазоны значений физических величин, непосредственно не измеряемых, но оказывающих влияние на погрешность средства измерений. Совокупность этих диапазонов называется **нормальными условиями измерений**.

Погрешность средства измерений, определенная при нормальных условиях измерений, называется *основной*.

Общие требования к установлению нормальных условий сформулированы в ГОСТ 8.395 – 80 «ГСИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования».

При установлении нормальных условий рекомендуется в качестве номинальных выбрать одно из следующих значений физических величин (табл. 1).

Таблица 1

Рекомендуемые номинальные значения физических величин

Наименование физической величины	Номинальное значение	Значение, допускаемое в качестве номинального
Температура: единица измерения К единица измерения °С	293 20	273; 90; 4,2 +23; +25; +27
Атмосферное давление: единица измерения кПа единица измерения Па единица измерения мм рт. ст.	101,3 - 760	100 101 325 750
Относительная влажность: единица измерения %	60	0; 55; 58; 65

3. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений

Эксплуатация средств измерений часто происходит за пределами нормальных условий, но при сохранении их работоспособности.

Составляющая погрешности, возникающая дополнительно к основной вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от установленного для нее диапазона нормальных условий, называется **дополнительной погрешностью средства измерений**.

Дополнительные погрешности, как правило, нормируются в удельной форме (например, в процентах с соответствующим знаком на каждые 10 °С изменения температуры от номинального значения и т.п.).

Погрешность средства измерений – его основная метрологическая характеристика.

Все характеристики средства измерений как технического устройства классифицируются в качестве метрологических в зависимости от их влияния на величину погрешности: если какая-либо характеристика оказывает влияние, то она считается метрологической.

В общем случае к метрологическим характеристикам средств измерений относят *назначение, диапазон измерений, погрешность, влияющие величины*.

Назначение указывает на то, какая физическая величина (или величины), в каких единицах (или шкалах) и в каком диапазоне (или диапазонах) измеряется данным средством измерений.

Влияющими являются величины, которые не указаны в назначении средства измерений, но оказывают влияние на его показания. Влияющие величины по отношению к объекту измерения подразделяются на внутренние и внешние.

Разработаны правила, в соответствии с которыми для каждого средства измерений должны приводиться все его метрологические характеристики. В противном случае нарушаются требования единства измерений, так как результаты измерений воспроизвести невозможно. Данные правила сформулированы в ГОСТ 8.009-84 «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений».

Нормируемые метрологические характеристики средств измерений делятся на группы:

- характеристики, предназначенные для определения результатов измерений (без введения поправки);
- функция преобразования измерительного преобразователя (прибора с именованной шкалой или шкалой, градуированной в единицах, отличных от единиц входной величины);
- значение однозначной и или значения многозначной меры;
- цена деления шкалы измерительного прибора или многозначной меры;
- вид выходного кода, число разрядов кода, цена единицы наименьшего разряда кода средств измерений, предназначенных для выдачи результатов в цифровом коде;
- характеристики систематической погрешности средства измерений;
- значение систематической составляющей Δ_C ;

- значения систематической составляющей Δ_C , математического ожидания $M[\Delta_C]$ и среднего квадратического отклонения $S[\Delta_C]$ систематической составляющей.

Методика оценки характеристик систематической погрешности средств измерений регламентирована руководящим документом РД 50-453 – 84 «ГСИ. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета».

Для определения значения Δ_C выполняют два ряда наблюдений известной с достаточной точностью величины X_D , подаваемой на вход. При выполнении наблюдений первого ряда значение входной величины X медленно и плавно подводят к требуемому значению X_D со стороны меньших значений. Получают ряд значений $X_{Mi} = X_{M1}, X_{M2}, X_{M3}, \dots, X_{Mn}$.

При выполнении наблюдений второго ряда величину X подводят к значению X_D со стороны больших значений $X_{Bi} = X_{B1}, X_{B2}, X_{B3}, \dots, X_{Bn}$. Для каждого ряда наблюдений находят среднее арифметическое значение систематической погрешности:

$$\Delta_M = \sum_{i=1}^n \frac{X_{Mi} - X_D}{n}, \quad \Delta_B = \sum_{i=1}^n \frac{X_{Bi} - X_D}{n}, \quad (3)$$

где Δ_M – среднее значение систематической погрешности для ряда X_{Mi} ;

Δ_B – среднее значение систематической погрешности для ряда X_{Bi} ;

n – количество членов рядов X_{Mi} , X_{Bi} .

На основании зависимостей (3) производится оценка систематической составляющей погрешности средства измерений:

$$\Delta_C = \frac{\Delta_M + \Delta_B}{2}. \quad (4)$$

Для совокупности средств измерений данного типа характеристики систематической составляющей погрешности определяются путем проведения многократных наблюдений известной величины X_D сравнительно большим числом (m) экземпляров средств измерений. По результатам наблюдений определяются средние арифметические значения для каждого испытываемого экземпляра $X_i = X_1, X_2, X_3, \dots, X_m$. Затем находится среднее арифметическое значение (X_{cp}) результатов данного ряда:

$$X_{cp} = \frac{\sum_{j=1}^m X_j}{m}. \quad (5)$$

Среднее арифметическое значение X_{cp} представляет собой оценку математического ожидания результата измерения величины X_D всеми m экземплярами исследуемых средств измерений.

Тогда можно получить оценку математического ожидания систематической составляющей погрешности средства измерений данного типа:

$$\tilde{M}[\Delta_C] = X_{cp} - X_D. \quad (6)$$

Оценка среднего квадратического отклонения $\tilde{S}[\Delta_c]$ систематической составляющей погрешности совокупности средств измерений в точке X_d может быть рассчитана по зависимости:

$$\tilde{S}[\Delta_c] = \left(\frac{\sum_{j=1}^m (X_j - X_d)^2}{m-1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

1. Характеристиками случайной составляющей погрешности экземпляра средств измерений являются или среднее квадратическое отклонение $S[\Delta]$, или среднее квадратическое отклонение $S[\Delta]$ и нормализованная автокорреляционная функция $r_\Delta[\tau]$ либо функция спектральной плотности $S_\Delta[\omega]$.

Для определения среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности средства измерений также необходимо произвести два ряда наблюдений со стороны меньших и больших значений известной величины X_d . На практике, естественно, второй раз наблюдения не проводят, а используют результаты, полученные для определения систематической составляющей погрешности. В этом случае на первом этапе определяют значения погрешностей:

$$\Delta_{Mi} = X_{Mi} - X_d, \quad \Delta_{Bi} = X_{Bi} - X_d \quad (8)$$

Затем рассчитывают среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности экземпляра средств измерений данного типа:

$$S[\Delta] = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_{Mi} - \Delta_M)^2 + \sum_{i=1}^n (\Delta_{Bi} - \Delta_B)^2}{2n-1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности типа средств измерений не рассчитывается, а принимается равным предельно допустимому значению, установленному для данного типа средств измерений ($S_d[\Delta]$).

2. *Характеристика случайной составляющей погрешности средств измерений* от явлений гистерезиса – вариация V выходного сигнала (показаний) средства измерений.

Оценка вариации выходного сигнала экземпляра средств измерений производится по зависимости:

$$V = [\Delta_M - \Delta_B] \quad (10)$$

Вариация выходного сигнала средств измерений данного типа принимается равной установленному для типа значению (V_d).

ЛЕКЦИЯ 3

Государственная метрологическая служба

? Вопросы

1. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии.
2. Организация деятельности «Ростехрегулирования».
3. Государственная метрологическая служба.
4. Метрологические службы государственных органов управления и юридических лиц.
5. Государственные инспекторы по обеспечению единства измерений.

1. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии действует на основании Положения о Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2004 года №294.

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом в сфере технического регулирования и метрологии.

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии («Ростехрегулирование») находится в ведении Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации.

«Ростехрегулирование» организует:

- экспертизу и подготовку заключений по проектам федеральных программ, а также межотраслевых и межгосударственных научно-технических и инновационных программ;
- экспертизу проектов национальных стандартов;
- проведение в установленном порядке испытаний средств измерений в целях утверждения их типа и утверждение типа средств измерений;
- проведение в установленном порядке поверки средств измерений в Российской Федерации;
- сбор и обработку информации о случаях причинения вреда вследствие нарушения требований технических регламентов, а также информирование приобретателей, изготовителей и продавцов по вопросам соблюдения требований технических регламентов.

2. Организация деятельности «Ростехрегулирования»

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии возглавляет руководитель, назначаемый на должность и освобождаемый от должности Правительством Российской Федерации по представлению Министра промышленности и энергетики Российской Федерации.

Руководитель Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии является Главным государственным инспектором Российской Федерации по надзору за техническими регламентами, национальными стандартами и обеспечением единства измерений.

В ведении Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии находятся:

- *Государственная метрологическая служба;*
- *Государственная служба времени и частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ) – сеть организаций, несущая ответственность за воспроизведение и хранение единиц времени и частоты и передачу их размеров, а также за обеспечение потребителей в народном хозяйстве информацией о точном времени, за выполнение измерений времени и частоты в установленных единицах и «шкалах»;*
- *Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО) – сеть организаций, несущая ответственность за создание и внедрение стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов для обеспечения единства измерений;*
- *Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГСССД) – сеть организаций, несущая ответственность за получение и информационное обеспечение заинтересованных лиц данными о физических константах и свойствах веществ и материалов, основанных на исследованиях и высокоточных измерениях.*

В систему Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии входят:

- центральный аппарат;
- научно-исследовательские институты;
- КВФ «Интерстандарт»;
- РИА «Стандарты и качество»;
- издательско-полиграфический комплекс «Издательство стандартов»;
- территориальные органы Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии;
- учебные заведения и другие организации;
- опытные заводы (на начало 2005 года Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии располагало 13-ю опытными заводами).

Центральный аппарат Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии состоит из следующих управлений:

- метрологии и надзора;
- технического регулирования и стандартизации;
- развития, информационного обеспечения и аккредитации;
- экономики, бюджетного планирования и госсобственности;
- делами;
- международного и регионального сотрудничества.

Учебные заведения, входящие в систему Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии:

- Академия стандартизации, метрологии и сертификации;
- Московская инженерная школа метрологии и качества;
- Уральский колледж метрологии и качества;
- Регистр системы сертификации персонала.

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии имеет в своем подчинении развитую сеть научно-исследовательских институтов (НИИ), специализирующихся на различных областях измерений, стандартизации, подтверждения соответствия и сертификации. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии располагает 19-ю НИИ, 100 территориальными центрами стандартизации, метрологии и сертификации (ЦСМ).

На базе территориальных органов Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии создаются органы по сертификации и испытательные лаборатории.

На конец 2004 г. в системе Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии было аккредитовано более 500 органов по сертификации различных видов услуг и около 2000 испытательных лабораторий.

3. Государственная метрологическая служба

Метрологическая служба – совокупность субъектов деятельности и видов работ, направленных на обеспечение единства измерений.

Государственная метрологическая служба – представляет собой совокупность государственных метрологических органов, направленных на обеспечение качества измерений.

Государственная метрологическая служба несет полную ответственность за обеспечение единства измерений в стране на межотраслевом и организационно-ведомственном уровне метрологических служб. В состав государственной службы входят:

- Главный центр, Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии;
- Государственные научные метрологические центры (ГНМЦ) и НИИ (метрологические НИИ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии), несущие ответственность за создание, хранение и применение государственных эталонов, и разработку нормативных документов по обеспечению единства измерений;

- Органы Государственной метрологической службы на территориях республик в составе Российской Федерации, автономных областей и округов, краев, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга.

Основные функции Государственной метрологической службы:

- Создание, совершенствование, хранение и применение государственных эталонов единиц величин.
- Выполнение фундаментальных и прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области метрологии, в том числе по созданию уникальных опытно-экспериментальных установок, шкал и исходных мер для обеспечения единства измерений.
- Передача размеров единиц величин от государственных эталонов исходным.
- Осуществление государственного метрологического контроля и надзора на территориях республик в составе Российской Федерации, автономных областей и округов, краев, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга.
- Проведение государственных испытаний средств измерений.
- Разработка и совершенствование научных, нормативных, организационных и экономических основ деятельности по обеспечению единства измерений в соответствии со специализацией.
- Участие в сличении государственных эталонов с национальными эталонами других стран, разработке международных стандартов, норм, правил и др.

Эталон – предназначенная для воспроизведения и хранения единицы величины высокоточная мера.

Различают следующие виды эталонов.

Первичный эталон – эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей в стране точностью.

Первичный или специальный эталон, официально утвержденный в качестве исходного для страны, называется *государственным*.

Вторичный (или специальный) эталон – воспроизводит единицу в особых условиях и заменяет при этих условиях первичный эталон. Он создается и утверждается в тех случаях, когда это необходимо для обеспечения наименьшего износа государственного эталона.

Вторичные эталоны по своему назначению делятся на эталоны-копии, эталоны сравнения, эталоны-свидетели и рабочие эталоны.

Эталон-копия – предназначен для передачи размеров единиц рабочим эталонам. Он не всегда является физической копией государственного эталона.

Эталон-свидетель – предназначен для проверки сохранности государственного эталона и для его замены в случае порчи или утраты.

Эталон сравнения – применяют для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличаемы друг с другом.

Рабочий эталон – воспроизводит единицу от вторичных эталонов и служит для передачи размера эталону более низкого разряда.

Государственные научные метрологические центры формируются из числа находящихся в ведении Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии предприятий и организаций или их структурных подразделений. Этими

метрологическими органами выполняются работы по созданию, совершенствованию, хранению и применению государственных эталонов единиц величин, а также ведется разработка нормативных документов по обеспечению единства измерений. Они должны иметь высококвалифицированные научные кадры.

Государственная служба времени и частоты и определения параметров вращения Земли осуществляет межрегиональную и межотраслевую координацию работ по обеспечению единства измерений времени, частоты и определения параметров вращения Земли.

Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов осуществляет межрегиональную и межотраслевую координацию работ по разработке и внедрению стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов в отраслях народного хозяйства в целях обеспечения единства измерений на основе их применения.

Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов осуществляет межрегиональную и межотраслевую координацию работ по разработке и внедрению стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов в науке и технике в целях обеспечения единства измерений на основе их применения.

4. Метрологические службы государственных органов управления и юридических лиц

Метрологическая служба государственного органа управления может включать в себя:

- структурные подразделения главного метролога в центральном аппарате государственного органа управления;
- головные и базовые организации метрологической службы в отраслях, назначаемые государственным органам управления;
- метрологические службы предприятий, объединений, организаций и учреждений.

В состав метрологических служб могут входить самостоятельные калибровочные и поверочные лаборатории, а также структурные подразделения по ремонту средств измерений.

Метрологические службы юридических лиц независимо от их подчиненности и форм собственности образуются, как правило, в виде самостоятельных структурных подразделений для обеспечения единства и требуемой точности измерений.

Метрологический контроль и надзор осуществляются метрологическими службами юридических лиц путем:

- калибровки средств измерений;
- надзора за состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами единиц величин, применяемыми для калибровки средств измерений, соблюдением метрологических правил и норм, нормативных документов по обеспечению единства измерений;

- выдачи обязательных предписаний, направленных на предотвращение, прекращение или устранение нарушений метрологических правил и норм;
- проверки своевременности представления средств измерений на испытания в целях утверждения типа средств измерений, а также на поверку и калибровку.

5. Государственные инспекторы по обеспечению единства измерений

Государственный метрологический контроль и надзор осуществляют должностные лица Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии – главные государственные инспекторы и государственные инспекторы по обеспечению единства измерений Российской Федерации, республик в составе Российской Федерации, автономных областей и округов, краев, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга. Непосредственно государственный контроль и надзор осуществляют более 700 государственных инспекторов по надзору за национальными стандартами и обеспечением единства измерений.

Осуществление государственного контроля и надзора может быть возложено на государственных инспекторов по надзору за национальными стандартами, действующих в соответствии с законодательством Российской Федерации и прошедших аттестацию в качестве государственных инспекторов по обеспечению единства измерений. Государственные инспекторы, осуществляющие поверку средств измерений, подлежат аттестации в качестве *поверителей*.

Государственные инспекторы обязаны строго соблюдать законодательство Российской Федерации, а также положения нормативных документов по обеспечению единства измерений и государственного метрологического контроля и надзора. За невыполнение или ненадлежащее выполнение должностных обязанностей, превышение полномочий и за иные нарушения, включая разглашение государственной или коммерческой тайны, государственные инспекторы могут быть привлечены к ответственности в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Жалобы на действия государственных инспекторов подаются в 20-дневный срок со дня принятия ими решений в тот орган ГМС, которому они непосредственно подчинены, или в вышестоящий орган. Жалобы рассматриваются и решения по ним принимаются в месячный срок со дня подачи жалобы. Действия государственных инспекторов могут также быть в установленном порядке обжалованы в суд. Обжалование действий государственных инспекторов не приостанавливает реализацию их предписаний.

Юридические и физические лица обязаны содействовать государственному инспектору в выполнении возложенных на него обязанностей. Лица, препятствующие осуществлению государственного метрологического контроля и надзора, несут ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

ЛЕКЦИЯ 4

Правовые основы метрологической деятельности в РФ

? Вопросы

1. Законодательная база метрологии.
2. Юридическая ответственность за нарушение нормативных требований по метрологии.
3. Методика выполнения измерений.

1. Законодательная база метрологии

Основными правовыми актами по метрологии в России являются:

1. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» от 27.04.93, № 4871-1 в редакции 2003 г.
2. РМГ 29-99. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.
3. МИ* 2247-93 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
4. ГОСТ 8.417-81 ГСИ. Единицы физических величин.
5. ПР 50.2.006-94 ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения.
6. ПР 50.2.009-94 ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерения.
7. ПР 50.2.014-94 ГСИ. Аккредитация метрологических служб юридических лиц на право поверки средств измерений.
8. МИ 2277-94 ГСИ. Система сертификации средств измерений. Основные положения и порядок проведения работ.
9. ПР 50.2.002-94 ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм.
10. ПР 50.2.004-94 ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже.
11. ПР 50.2.017-95 ГСИ. Положение о российской системе калибровки.
12. Постановление Госстандарта России от 8 февраля 1994 г. № 8 «Порядок лицензирования деятельности по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений» (зарегистрировано в Минюсте РФ 9 декабря 1994 г. № 741).
13. Постановление Госстандарта России от 08.02.94 № 8 «Порядок осуществления государственного метрологического надзора за количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций» (зарегистрировано в Минюсте РФ 9 декабря 1994 г. № 740).

14. Постановление Госстандарта РФ от 28 декабря 1995 г. № 95 «Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ» (зарегистрировано в Минюсте РФ 27 февраля 1996 г. № Ю37).

15. Постановление Госстандарта РФ от 8 февраля 1994 г. № 8 «Требования к государственным центрам испытаний средств измерений и порядок их аккредитации» (зарегистрировано в Минюсте РФ 13 июля 1994 г. № 635).

16. ИСО 10012-1:1992. «Требования, гарантирующие качество измерительного оборудования. – Часть 1. Система подтверждения метрологической пригодности измерительного оборудования».

* МИ – рекомендации государственных метрологических научных центров.

Закон «Об обеспечении единства измерений» осуществляет регулирование отношений, связанных с обеспечением единства измерений в Российской Федерации, в соответствии с Конституцией РФ.

Основные статьи Закона устанавливают:

- основные понятия, применяемые в Законе;
- организационную структуру государственного управления обеспечением единства измерений;
- нормативные документы по обеспечению единства измерений;
- единицы величин и государственные эталоны единиц величин;
- средства и методики измерений.

Закон определяет *Государственную метрологическую службу* и другие службы обеспечения единства измерений, метрологические службы государственных органов управления и юридических лиц, а также виды и сферы распределения государственного метрологического контроля и надзора.

Отдельные статьи Закона содержат положения по калибровке и сертификации средств измерений и устанавливают виды ответственности за нарушение Закона.

Становление рыночных отношений наложило отпечаток на статью Закона, которая определяет основы деятельности метрологических служб государственных органов управления и юридических лиц. Вопросы деятельности структурных подразделений метрологических служб на предприятиях выведены за рамки законодательной метрологии, а их деятельность стимулируется чисто экономическими методами.

В тех сферах, которые не контролируются государственными органами, создается *Российская система калибровки*, также направленная на обеспечение единства измерений.

Положение о лицензировании метрологической деятельности направлено на защиту прав потребителей и охватывает сферы, подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору. Право выдачи лицензии предоставлено исключительно органам Государственной метрологической службы.

В области государственного метрологического надзора введены новые виды надзора:

- за количеством товаров, отчуждаемых при торговых операциях;
- за количеством товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже;
- за банковскими, почтовыми, налоговыми и таможенными операциями;

- о за обязательностью сертификации продукции и услуг.

Закон создает условия для взаимодействия с международной и национальными системами измерений зарубежных стран. Это прежде всего необходимо для взаимного признания результатов испытаний, калибровки и сертификации, а также для использования мирового опыта и тенденций в современной метрологии.

2. Юридическая ответственность за нарушение нормативных требований по метрологии

Статья 25 Закона «Об обеспечении единства измерений» предусматривает возможность привлечения юридических и физических лиц, а также государственных органов управления РФ, виновных в нарушении положений этого Закона к административной, гражданской, правовой или уголовной ответственности в соответствии с действующим законодательством.

Кодексом об административных нарушениях и, в частности, статьей 170 «Нарушение обязательных требований государственных стандартов, правил обязательной сертификации, нарушение требований нормативных документов по обеспечению единства измерений» предусмотрено наложение штрафа от **пяти** до **ста** минимальных размеров оплаты труда.

Гражданско-правовая ответственность наступает в ситуациях, когда в результате нарушений метрологических правил и норм юридическим или физическим лицам причинен имущественный или иной ущерб. Причиненный ущерб подлежит возмещению по иску потерпевшего на основании соответствующих актов гражданского законодательства.

К *уголовной ответственности* нарушители метрологических требований привлекаются в тех случаях, когда имеются признаки состава преступления, предусмотренные Уголовным кодексом.

Дисциплинарная ответственность за нарушение метрологических правил и норм определяется решением администрации (организации) на основании Кодекса законов о труде.

3. Методика выполнения измерений

Основная потеря точности при измерениях происходит не за счет возможной метрологической неисправности применяемых средств измерений, а в первую очередь за счет несовершенства методов и методик выполнения измерений.

В целом точность измерения зависит от: точности применяемого средства измерения; точности метода измерения; влияния внешних факторов. Например, при измерении массы материала, движущегося по транспортеру, точность базового устройства обычно в 10-20 раз выше общей точности взвешивания массы; при проверке ртутных термометров следует учитывать точность «считывания» показаний.

Под методикой выполнения измерений понимают совокупность методов, средств, процедур, условий подготовки и проведения измерений, а также правил обработки экспериментальных данных при выполнении конкретных измерений.

По Закону РФ «Об обеспечении единства измерений» измерения должны осуществляться в соответствии с аттестованными в установленном порядке методиками.

Разработка методик выполнения измерений должна включать:

- анализ технических требований к точности измерений, изложенных в стандарте, технических условий или технических заданий;
- определение конкретных условий проведения измерений;
- выбор испытательного и вспомогательного оборудования, а также средств измерений;
- разработку при необходимости нестандартных средств измерений;
- исследование влияния условий проведения измерений и подготовки испытуемых объектов к измерениям;
- определение порядка подготовки средств измерений к работе, последовательности и количества измерений;
- разработку или выбор алгоритма обработки экспериментальных данных и правил оформления результатов измерения.

Нормативно-техническими документами (НТД), регламентирующими методику выполнения измерений являются:

1. Национальные стандарты или методические указания Ростехрегулирования РФ по методикам выполнения измерений. Стандарт разрабатывается в том случае, если применяемые средства измерений внесены в Государственный реестр средств измерений.

2. Отраслевые методики выполнения измерений, используемые в одной отрасли.

3. Стандарты предприятий на методики выполнения измерений, используемые на одном предприятии.

В НТД на методики выполнения измерений предусматриваются: нормы точности измерений; специфика измеряемой величины (диапазон, наименование продукции и т. д.); максимальная автоматизация измерений и обработки данных.

Методики выполнения измерений перед их вводом в действие должны быть *аттестованы* или *стандартизованы*. Аттестация включает в себя: разработку и утверждение программы аттестации; выполнение исследований в соответствии с программой; составление и оформление отчета об аттестации; оформление аттестата методики выполнения измерений.

При аттестации должна быть проверена правильность учета всех факторов, влияющих на точность измерений, установлена достоверность их результатов. Аттестацию методик выполнения измерений проводят государственные и ведомственные метрологические службы. При этом государственные метрологические службы проводят аттестацию методик особо точных, ответственных измерений, а также измерений, проводимых в организациях Ростехрегулирования РФ.

Стандартизация методик применяется для измерений, широко применяемых на предприятиях.

Методики выполнения измерений периодически пересматриваются с целью их усовершенствования.

ЛЕКЦИЯ 5

Международные организации по метрологии, стандартизации и сертификации

? Вопросы

1. Международная организация ИСО.
2. Международная электротехническая комиссия (МЭК).
3. Международные организации, участвующие в работе по метрологии, стандартизации и сертификации.
4. Региональные организации.

1. Международная организация по стандартизации (ИСО)

В 1946 г. на заседании Комитета по координации стандартов ООН было решено создать международную организацию по стандартизации (ИСО). Она начала работать в 1947 г. СССР был одним из ее основателей и постоянным членом руководящих органов. Россия как правопреемник СССР стала членом этой организации. Штаб-квартира находится в Женеве, рабочие языки – английский, французский и русский.

Деятельность ИСО направлена на содействие развитию стандартизации и смежных видов деятельности с целью обеспечения международного обмена товарами и услугами, а также развития сотрудничества в интеллектуальной, научно-технической и экономической областях.

Диапазон объектов стандартизации в ИСО обширен. Исключение составляют электротехника, электроника и радиотехника, относящиеся к компетенции Международной электротехнической комиссии (МЭК). Вопросы информационной технологии, микропроцессорной техники, сертификации и т. п. являются объектами совместных разработок ИСО/МЭК.

В состав ИСО входят 120 стран своими национальными организациями по стандартизации. Россию представляет Госстандарт РФ в качестве комитета-члена ИСО. Всего в составе ИСО более 80 комитетов-членов. В ИСО предусмотрены члены-корреспонденты (их 22), которыми являются организации по стандартизации развивающихся государств, и члены-абоненты для развивающихся стран.

Организационная структура ИСО представлена на рисунке 1. Высшим органом управления является Генеральная ассамблея. В период между сессиями Генеральной ассамблеи работой организации руководит Совет ИСО, в который входят представители национальных организаций по стандартизации.

Совету ИСО подчиняются семь комитетов: СТАКО, ПЛАКО, КАСКО, ДЕФКО, КОПОЛКО и РЕМКО.

СТАКО оказывает методическую и информационную помощь Совету ИСО по принципам и методике разработки международных стандартов.

ПЛАКО подготавливает предложения по планированию работы ИСО, организации и координации технических сторон работы.

КАСКО занимается вопросами подтверждения соответствия продукции, услуг, процессов и систем качества требованиям стандартов, компетентности испытательных лабораторий и органов по сертификации.

ДЕВКО изучает запросы развивающихся стран в области стандартизации и разрабатывает рекомендации по содействию этим странам в данной области.

КОПОЛКО изучает вопросы обеспечения интересов потребителей и возможности содействия этому через стандартизацию, а также доведения до них необходимой информации о международных стандартах.

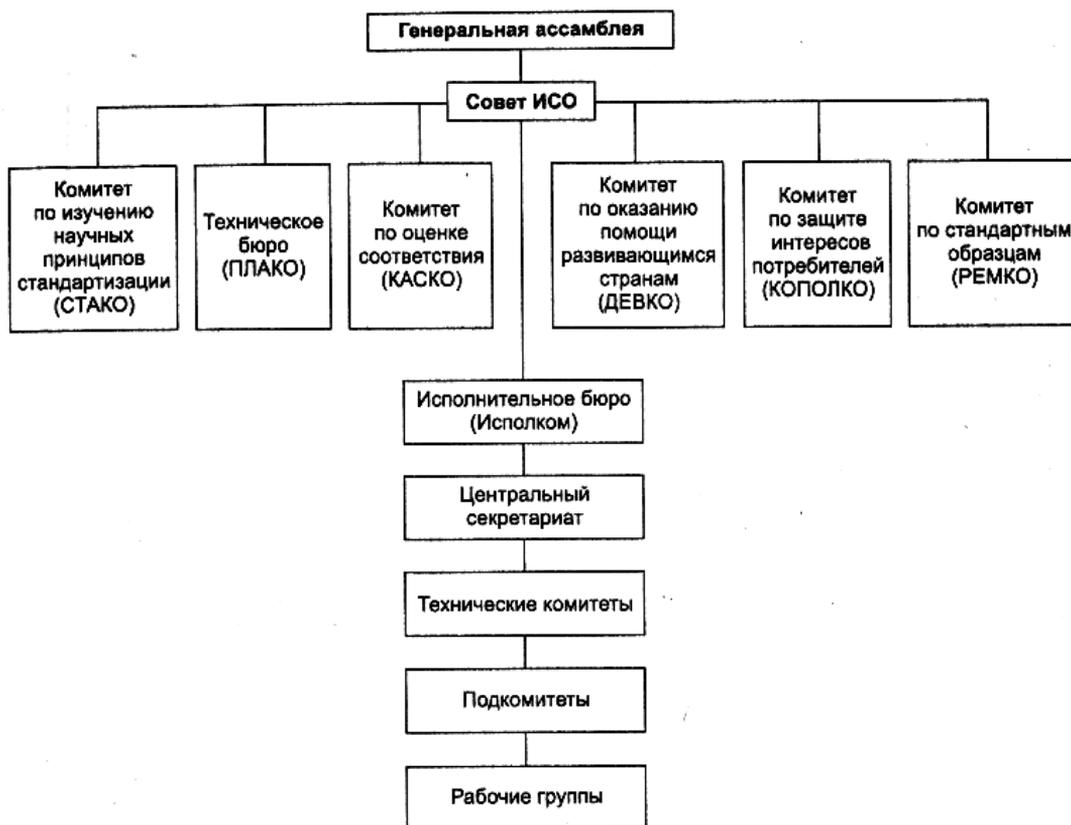


Рис. 1. Организационная структура ИСО

Значительными достижениями ИСО являются: разработка международной системы единиц измерения; принятие метрической системы резьбы; принятие системы стандартных размеров и конструкций контейнеров для перевозки грузов всеми видами транспорта. Очень актуальна в настоящее время работа ТК 176 «Системы обеспечения качества», к ним относятся стандарты серии ИСО 9000.

Международные стандарты ИСО не являются обязательными, то есть каждая страна вправе применять их целиком, частично или вообще не применять. Однако страны, стремящиеся поддерживать конкурентоспособность своей продукции на

мировом рынке, вынуждены применять эти стандарты. Поэтому некоторые страны стремятся не создавать свои национальные стандарты на объекты стандартизации, на которые действуют соответствующие международные стандарты.

2. Международная электротехническая комиссия (МЭК)

В 1881 г. состоялся первый Международный конгресс по электричеству, а уже в 1904 г. правительственными делегациями конгресса было решено создать специальную организацию по стандартизации этой области. Эта организация получила название «Международная электротехническая комиссия» (МЭК) и начала работать в 1906 г.

Советский Союз входил в МЭК с 1922 г., Россия стала правопреемником СССР и представлена в МЭК «Росстандартом». Российская сторона принимает участие более чем в 190 технических комитетах и подкомитетах МЭК. Штаб-квартира находится в Женеве, рабочие языки – английский, французский, русский.

Высшим руководящим органом МЭК является Совет. Основным координационным органом является Комитет действий, в подчинении которого работают комитеты по направлениям и консультативные группы: АКОС – консультативный комитет по вопросам электробезопасности электробытовых приборов, радиоэлектронной аппаратуры, высоковольтного оборудования и др.; АСЕТ – консультативный Комитет по вопросам электроники и связи занимается, так же как и АКОС, вопросами электробезопасности; КГЭМС – координационная группа по электромагнитной совместимости; КГИТ – координационная группа по технике информации; рабочая групп по координации размеров.

Организационная структура МЭК представлена на рис. 2.

Группы могут быть постоянно действующими или создаваться по необходимости.

Структура технических органов МЭК, непосредственно разрабатывающих международные стандарты, аналогична структуре ИСО: это технические комитеты (ТК), подкомитеты (ПК) и рабочие группы (РГ).

МЭК сотрудничает с ИСО, совместно разрабатывая руководства ИСО/МЭК и директивы ИСО/МЭК по актуальным вопросам стандартизации, сертификации, аккредитации испытательных лабораторий и методическим аспектам.

Самостоятельный статус в МЭК имеет Международный специальный комитет по радиопомехам (СИСР), так как является совместным комитетом участвующих в нем заинтересованных международных организаций (создан в 1934 г.).

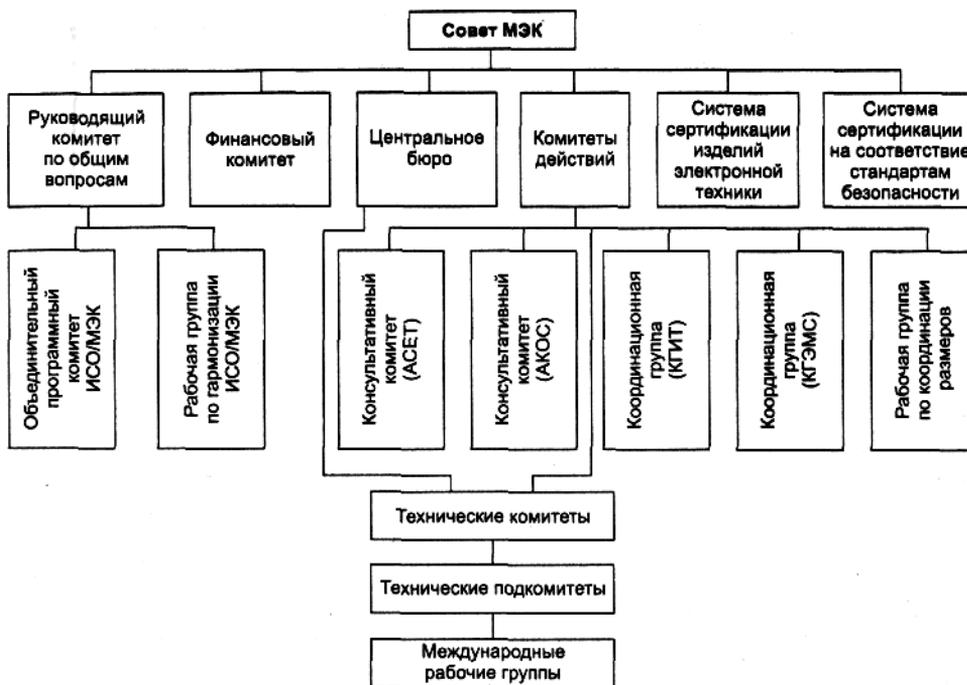


Рис. 2. Структура МЭК

Так как СИСПР является комитетом МЭК, то в его работе принимают участие все национальные комитеты, а также ряд заинтересованных международных организаций. В качестве наблюдателей в работе СИСПР принимают участие Международный консультативный комитет по радиосвязи и Международная организация гражданской авиации. Высшим органом СИСПР является Пленарная ассамблея, собираемая раз в 3 года.

3. Международные организации, участвующие в работах по стандартизации, метрологии и сертификации

Европейская экономическая комиссия ООН (ЕЭК ООН) – орган Экономического и социального совета ООН (ЭКОСОС), создана в 1947 г.

Высшим органом ЕЭК является пленарная сессия, созываемая ежегодно, как правило, на уровне заместителей министров. Исполнительный орган ЕЭК – секретариат.

Кроме государств – членов ЕЭК (их около 40), в ее работе могут участвовать в качестве наблюдателей или консультантов любые страны – члены ООН. Штаб-

квартира находится в Женеве, рабочие языки комиссии – английский, русский, французский.

Главной задачей ЕЭК ООН в области стандартизации является разработка основных направлений политики по стандартизации на правительственном уровне.

Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) основана в 1945 г. как межправительственная специализированная организация ООН.

Штаб-квартира находится в Риме, официальными и рабочими языками ФАО являются английский, французский, испанский, китайский и арабский.

Ее членами являются около 160 государств. *Цель организации согласно Уставу* – содействие подъему всеобщего благосостояния путем индивидуальных и совместных действий по поднятию уровня питания и жизни народов, увеличению эффективности производства и распределению продовольственных и сельскохозяйственных продуктов, улучшению условий жизни сельского населения, что в целом должно содействовать развитию мировой экономики.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) создана в 1948 г. по инициативе Экономического и социального совета ООН и является специализированным учреждением ООН. *Цель ВОЗ, которая определена ее Уставом*, – достижение всеми народами возможно высшего уровня здоровья (здоровье трактуется как совокупность полного физического, душевного и социального благосостояния). Членами ВОЗ состоят более 180 государств, в том числе и Россия. ВОЗ имеет консультативный статус в ИСО и принимает участие в работе более чем 40 технических комитетов.

Штаб-квартира находится в Женеве, официальные языки – английский, испанский, китайский, русский, французский, рабочие языки – английский, французский.

Комиссия ФАО/ВОЗ по разработке стандартов на продовольственные товары (Комиссия «Кодекс Алиментариус») организована ФАО и ВОЗ для осуществления совместной программы по созданию международных стандартов на продовольственные товары. Комиссия в своей работе базируется на рекомендациях, принятых комитетами ФАО. В ее работе участвуют более 130 стран.

«Кодекс Алиментариус» разрабатывает своды правил проверки животных до и после убоя, гигиенические правила, правила хранения свежих, консервированных и замороженных продуктов, а также натуральных минеральных вод. Эти разработки рекомендуются правительствам в качестве факультативных руководств.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) – это межправительственная организация, учрежденная под эгидой ООН для развития сотрудничества в области мирного использования атомной энергии. Работает с 1957 г., штаб-квартира – в Вене; 113 членов, в том числе Россия.

Официальные языки МАГАТЭ – английский, русский, французский, испанский, китайский; рабочие – английский, русский, французский, испанский.

МАГАТЭ разрабатывает основные стандарты безопасности для целей радиологической защиты, а также положения и технические руководства по конкретным операциям, включая безопасную транспортировку радиоактивных материалов.

Всемирная торговая организация (ВТО) образована в 1993 г. путем преобразования *генерального соглашения по тарифам и торговле (ГАТТ)* во Всемирную тор-

говую организацию. Штаб-квартира секретариата ВТО находится в Женеве. Россия не является членом этой организации, но готовится ко вступлению в нее.

ГАТТ действовало с 1947 г. как межправительственный договор 123 государств в области внешнеторговых отношений.

После преобразования в ВТО многостороннее Соглашение по тарифам и торговле стало составной частью новой организации. В ее компетенцию вошли и другие вопросы: защита прав интеллектуальной собственности, инвестиционная деятельность, торговля услугами (в том числе банковскими, страховыми, транспортными). 1 января 1995 г. ВТО начала функционировать официально.

Международная организация потребительских союзов (МОПС) ведет большую работу, связанную с обеспечением качества продукции и в первую очередь товаров широкого потребления. Создан в 1960 г., членами МОПС являются свыше 160 потребительских ассоциаций из разных стран.

МОПС активно сотрудничает с ИСО/ТК 176 «Управление качеством и обеспечение качества» и ИСО/ТК 181 «Безопасность игрушек».

Международная организация мер и весов (МОМВ) основана в 1875 г. с целью унификации применяемых в разных странах систем единиц измерения, установления единообразия эталонов длины и массы.

В настоящее время МО МВ кроме единиц длины и массы занимается системами единиц времени и частоты, а также электрическими, фотометрическими, стабилизированными лазерными, гравитационными, термометрическими и радиометрическими измерениями.

Высшим международным органом по вопросам установления единиц, их определений и методов воспроизведения является Генеральная конференция по мерам и весам, в работе которой участвуют представители всех 47 государств, присоединившихся к Конвенции. Председательствует на Генеральной конференции президент Парижской академии наук. Конференция избирает Международный комитет мер и весов (МКМВ), который руководит работой всей организации в промежутках между Генеральными конференциями. В соответствии с Конвенцией создана и функционирует научная лаборатория – Международное бюро мер и весов (МБМВ) со штаб-квартирой в Севре (Франция).

Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ) – межправительственная международная организация, имеющая своей целью международное согласование деятельности государственных метрологических служб или других национальных учреждений, направленное на обеспечение сопоставимости, правильности и точности результатов измерений в странах – членах МОЗМ. Организация создана в 1955 г. на основе Конвенции, ратифицированной законодательными органами стран-участниц.

В настоящее время странами – членами МОЗМ являются 50 государств, членами-корреспондентами – 32 государства. Высшим руководящим органом МОЗМ является Международная конференция законодательной метрологии. Исполнительным органом организации является Международный комитет законодательной метрологии (МКЗМ). Работа Конференции и Комитета обеспечивается Международным бюро законодательной метрологии (МБЗМ).

В Париже находится центр по документации МОЗМ. Официальный язык – французский.

Основными направлениями деятельности МОЗМ являются [26]:

- установление единых для стран – членов МОЗМ методов нормирования метрологических характеристик средств измерений;
- гармонизация поверочной аппаратуры, методов сличения, проверок и аттестации эталонных, образцовых и рабочих измерительных приборов;
- обеспечение применения в странах единиц измерений, унифицированных в международном масштабе;
- выработка оптимальных форм организации метрологических служб и обеспечение единства государственных предписаний по их ведению;
- оказание научно-технического содействия развивающимся странам в создании и организации работ метрологических служб и их оснащения необходимыми техническими средствами;
- установление единых принципов подготовки кадров в области метрологии различных уровней квалификации.

МОЗМ участвует в работе 29 технических комитетов ИСО.

4. Региональные организации по стандартизации, метрологии и сертификации

Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС) подробно рассмотрен в другой лекции.

Европейский союз (ЕС) как организация, ставящая своей целью интеграцию экономики европейских стран, придает первостепенное значение устранению национальных барьеров в торговле и развитию европейской стандартизации. В 1972 г. Советом ЕС была принята Генеральная программа устранения технических барьеров в торговле в пределах Сообщества. В рамках этой программы ставилась задача по созданию системы обязательных для ЕС единых стандартов, базирующихся на лучших национальных стандартах европейских стран. Нормативную базу стандартизации ЕС составляет техническое законодательство, которое представлено постановлениями Совета, директивами Совета и гармонизированными европейскими стандартами.

Гармонизированный европейский стандарт ~ это стандарт, обеспечивающий реализацию соответствующей директивы, и в этом случае он обязателен для применения в странах ЕС.

Продукция, отвечающая требованиям директивы, маркируется знаком,  который предназначен не для потребителей, а для контролирующих и таможенных органов.

Европейский комитет по стандартизации (СЕН) учрежден в 1961 г. в рамках Европейского союза (ЕС) по инициативе Европейского экономического сообщества (ЕЭС) и Европейской ассоциации свободной торговли (ЕАСТ).

Высшим органом СЕН является Генеральная ассамблея. Административный совет через центральный секретариат, штаб-квартира которого находится в Брюсселе, осуществляет всю административную работу. Официальные языки – английский, французский, немецкий. Вся работа по стандартизации ведется техническими комитетами (их более 140) и консультативными группами.

Европейский комитет по стандартизации в электротехнике (СЕНЭЛЕК) создан в 1972 г. в результате слияния Европейского комитета по координации электротехнических стандартов стран – членов ЕАСТ (СЕНЭЛ) и Европейского комитета по координации электротехнических стандартов стран ЕЭС (СЕНЭЛКОМ). Организационная структура этого комитета аналогична структуре СЕН.

Европейский институт по стандартизации в области электросвязи (ЕТСИ) начал свою деятельность в 1988 г. *Основная его задача* – поиск общих стандартов, на основе которых можно создать комплексную инфраструктуру электросвязи. Эта инфраструктура призвана обеспечить полную совместимость любого оборудования и услуг, предлагаемых потребителям. Кроме того, ЕТСИ занимается проблемами телевизионного вещания (звук и изображение) и оказанием помощи ЕС в выработке общеевропейской политики в области электросвязи.

Европейская организация по испытаниям и сертификации (ЕОИС) образована в 1988 г. Целью создания ЕОИС является образование центрального европейского органа, ответственного за все аспекты деятельности в области оценки соответствия продукции и систем обеспечения качества требованиям стандартов.

Продукция, прошедшая сертификацию ЕОИС, маркируется единым сертификационным знаком ЕЭС.

Метрологическая организация европейского экономического сообщества (Евромет) – это организация национальных метрологических институтов стран – членов ЕЭС. Евромет функционирует в виде комитета, предложения которого рассматриваются в группе «Вопросы экономики» Совета ЕЭС, председатель которого выбирается на два года. Все возникающие проблемы решает секретариат Евромета.

В обязанности Евромета входит:

- исследование и создание национальных измерительных эталонов;
- исследования, направленные на создание первичных эталонов, то есть фундаментальных констант, материалов, измерительных методов;
- создание на высшем метрологическом уровне калибровочных служб, необходимых каждому члену;
- разработка измерительных методов для самого высокого уровня;
- создание перевозимых эталонов.

Европейская организация по качеству (ЕОК) была создана в 1957 г. как Европейская организация по контролю качества (ЕОКК), в 1988 г. переименована в ЕОК.

Целями ЕОК являются: содействие, распространение, совершенствование с помощью всех возможных средств применения практических методов и теоретических принципов управления качеством с тем, чтобы повысить качество и надежность продукции и услуг.

Местонахождение секретариата – Берн (Швейцария). Официальные языки ЕОК – английский и французский.

Межскандинавская организация по стандартизации (ИНСТА) создана в 1952 г. по инициативе национальных организаций по стандартизации Дании, Норвегии, Финляндии и Швеции, которые являются ее членами.

Сотрудничество между органами по аккредитации лабораторий стран Северной Европы (НОРДА). НОРДА был создан в 1986 г. в качестве форума для организации сотрудничества между органами по аккредитации испытательных лабораторий, действующими в Дании, Норвегии, Финляндии и Швеции. Главная цель НОРДА – обеспечение взаимного признания странами Северной Европы результатов испытаний, проведенных испытательными лабораториями, аккредитованными в национальных системах аккредитации. Отбором уже апробированных методов испытаний и контроля продукции, пригодных для стран региона, занимается Испытательный центр северных стран – НОРДТЕСТ.

Панамериканский комитет стандартов (КОПАНТ) существует с 1961 г. и объединяет национальные организации Аргентины, Боливии, Бразилии, Чили, Колумбии, Коста-Рики, Эквадора, Доминиканской Республики, Мексики, Панама, Парагвая, Перу, Тринидад-Тобаго, Уругвая, Венесуэлы, а также региональные организации пяти стран: Коста-Рики, Сальвадора, Гватемалы, Гондураса и Никарагуа.

Главная цель организации – устранение технических барьеров в региональной торговле и активизация участия латиноамериканских стран в работах ИСО и МЭК и содействию максимально возможной гармонизации региональных нормативных документов с требованиями международных организаций.

Международная ассоциация стран Юго-Восточной Азии (АСЕАН) в 1994 г. создала Консультативный комитет по стандартизации и качеству. В состав этой региональной организации входят национальные организации по стандартизации и сертификации стран-членов АСЕАН: Малайзии, Таиланда, Индонезии, Сингапура, Филиппин, Брунея, Вьетнама.

Арабская организация по стандартизации и метрологии (АСМО) учреждена в соответствии с резолюцией Совета арабского экономического единства в 1965 г. в качестве специальной службы Лиги арабских государств в области стандартизации, метрологии и управления качеством продукции.

Африканская региональная организация по стандартизации (АРСО) создана в 1977 г. В ее составе – 23 африканских государства: Египет, Эфиопия, Гана, Кот-д'Ивуар, Кения, Либерия, Ливан, Малави, Маврикий, Нигерия, Сенегал, Судан, Того, Тунис, Уганда, Камерун, Танзания, Буркина-Фасо, Заир, Замбия, Нигер, Гвинея-Биссау и Гвинея.

АРСО ставит перед собой следующие цели: содействие развитию стандартизации в Африке, выработка согласованных позиций членов организации и расширение их участия в международной стандартизации, создание региональных стандартов, содействие посредством стандартизации социальному, промышленному и экономическому развитию африканских стран, защита интересов потребителей и обеспечение безопасности людей.

ЛЕКЦИЯ 6

Выбор средств измерений

? Вопросы

1. Планирование измерений.
2. Подготовка и выполнение измерительного эксперимента.
3. Обработка результатов наблюдений и оценивание погрешностей измерений.
4. Выбор средств измерений для контроля размеров.
5. Выбор измерительных средств для других параметров.

1. Планирование измерений

В простейшем случае планирование измерений сводится к нахождению оптимального числа измерений n набора величин X_1, \dots, X_n , а затем статистических характеристик:

- среднего арифметического $\bar{X} = \bar{X}_n \pm \Delta\bar{X}$,

где \bar{X} – среднее арифметическое выборки; ΔX – его доверительный интервал;

- среднего квадратического выборки $S_n \approx \sigma_n (n \rightarrow \infty)$.

Доверительный интервал, на величину которого истинное значение \bar{X} может отличаться от выборочного \bar{X}_n :

$$\Delta\bar{X} = S_n \frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}},$$

где t_{n-1} – табличный коэффициент Стьюдента, зависящий от доверительной вероятности P и числа измерений $(n - 1)$. На практике выбирают: $P \approx 0,68$, что соответствует $\pm 1\sigma$; $P \approx 0,95$ соответствует $\pm 2\sigma$; $P \approx 0,997$ соответствует $\pm 3\sigma$.

Наибольшее число требуемых испытаний

$$n = (S_m \cdot t_{m-1} / \Delta X)^2 \cdot (1 + 0,5/m + 2/\sqrt{m}),$$

где m – число предварительных экспериментов, заведомо меньшее, чем требуемое.

Таким образом, исходными, предварительно выбранными величинами при планировании измерений, являются: ΔX – максимальное допустимое отклонение среднего арифметического; P – доверительная вероятность; m – число предварительных испытаний [8].

Выбор измерительного средства

Обоснованный выбор измерительного средства необходим как для метрологического, инженерного и научного эксперимента, так и для практической деятельности в условиях производства и оказания услуг.

2. Подготовка и выполнение измерительного эксперимента

Умение проводить научные исследования становится для инженера необходимостью, так как часто лишь с их помощью удастся учесть особенности конкретных условий производства и выявить резервы повышения его эффективности.

Эксперимент является главным орудием научного метода познания, на котором основывается наука. Лишь эксперимент, дающий повторяющиеся результаты и поддающийся воспроизведению разными исследователями, позволяет установить или подтвердить научную истину. Эксперимент включает в себя ряд опытов, в процессе каждого из которых происходит воспроизведение исследуемого явления в определенных условиях проведения эксперимента при возможности регистрации его результатов.

Для проведения метрологического эксперимента необходимо: определиться с методикой выполнения измерений; выбрать метод измерения, средство измерения и вспомогательные устройства; подготовиться к измерению и опробованию средства измерения; осуществить контроль условий выполнения измерений; установить число наблюдений при измерении; учесть систематические погрешности и уменьшить их; обработать результаты наблюдений и оценить погрешность измерений; интерпретировать и представить результаты измерения; округлить результаты наблюдений и измерений.

Методика выполнения измерений (МВИ) – нормативно-технический документ, в котором установлена совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение необходимых результатов измерений. В МВИ должны устанавливаться: ее назначение, нормы точности и область применения; метод (методы) измерений; требования к средствам измерений (СИ) и вспомогательным устройствам, необходимым для выполнения измерений; требования к безопасности, включая экологическую безопасность; требования к квалификации операторов; условия выполнения измерений; операции подготовки к выполнению измерений; экспериментальные операции, выполняемые для получения *результатов наблюдений* при измерении; способы обработки результатов наблюдений и оценки показателей точности измерений; требования к оформлению результатов измерений.

Разработку или выбор МВИ начинают с анализа объекта, условий и цели измерений и установления соответствующей модели объекта измерений. Под моделью (содержащей физические, математические, структурные, смысловые и другие аспекты) объекта измерений (ОИ) понимают формализованное описание ОИ, основанное на совокупности уже имеющихся знаний об ОИ. В качестве измеряемых величин следует выбирать такие параметры или характеристики модели ОИ, которые наиболее близко соответствуют цели измерения.

Погрешностями модели можно пренебрегать, если они не превышают 10% от допускаемой погрешности измерений [8].

Примеры простейших моделей ОИ

1. ОИ – вал; модель ОИ – прямой круговой цилиндр; измеряемый параметр – диаметр цилиндра в любом поперечном сечении; источники погрешности модели – эллиптичность, граненость и конусность вала.

2. ОИ – электрическая сеть переменного тока как потенциальный источник мощности, выделяющейся в активной нагрузке; модель ОИ – синусоидальное напряжение $U = U_m \sin \omega t$ с амплитудой U_m ; измеряемый параметр – действующее значение напряжения

$$U_{\delta} = U_m \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2 \omega t} = \frac{U_m}{\sqrt{2}},$$

источник погрешности модели – отклонение временной зависимости напряжения от синусоидальной.

Выбор метода измерений определяется принятой моделью ОИ и доступными СИ. Под *методом измерений* понимают прием или совокупность приемов сравнения измеряемой величины с ее единицей (или шкалой) в соответствии с реализованным принципом измерений.

При выборе метода измерений добиваются того, чтобы *погрешность метода измерений*, то есть составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная несовершенством принятой модели и метода измерений (иначе, теоретическая погрешность), не сказывалась заметно на результирующей погрешности измерения, то есть не превышала 30% от нее. Изменения измеряемых параметров модели в течение цикла наблюдений, как правило, не должны превышать 10% от заданной погрешности измерения. Если возможны альтернативы, учитывают и экономические соображения: ненужное завышение точности модели и метода измерения приводят к необоснованным затратам. То же относится и к выбору СИ [8].

Выбор средств измерений и вспомогательных устройств определяется измеряемой величиной, принятым методом измерений и требуемой точностью результата измерений (нормами точности). Измерения с применением СИ недостаточной точности малоценны (даже бессмысленны), так как могут быть причиной неправильных выводов. Применение излишне точных СИ экономически невыгодно. Учитывают также диапазон изменений измеряемой величины, условия измерений, эксплуатационные качества СИ, их стоимость.

Основное внимание уделяют погрешностям СИ. При этом добиваются выполнения условия

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{мод}} + \Delta_{\text{м}} + \Delta_{\text{СИ}} + \Delta_{\text{всл}} + \Delta_{\text{о}} \leq \Delta_{\text{д}}, \quad (11)$$

где $\Delta_{\text{д}}$ – предельно допускаемая погрешность результатов измерений;

предельные погрешности: $\Delta_{\text{мод}}$ – модели измерений, $\Delta_{\text{м}}$ – метода измерений; $\Delta_{\text{СИ}}$, – средства измерений, $\Delta_{\text{всл}}$ – дополнительные погрешности, обусловленные воздействием влияющих факторов условий измерений, $\Delta_{\text{о}}$ – оператора.

Этот критерий выбора СИ достаточно надежен, но дает завышенную на 20–30% оценку суммарной погрешности измерения Δ_{Σ} . Если такой запас по точности не допустим, суммирование составляющих Δ_{Σ} следует произвести по формулам для случайных погрешностей.

Подготовка к измерениям и опробование средств измерений. При подготовке к измерениям оператор должен:

1. Подготовить ОИ (например, очистить) и создать необходимые (по НТД) условия измерений (испытаний) – установить в рабочее положение, включить питание, охлаждение, прогреть его необходимое время и т. п.

2. Опробовать СИ. Проверить действие органов управления, регулировки, настройки и коррекции. Если СИ снабжены средствами самокалибровки (тестирования), выполнить соответствующие операции.

3. Провести 2-3 пробных наблюдения и сравнить результаты с ожидаемыми.

При непредвиденно большом расхождении результатов проанализировать причины и устранить их.

Контроль условий выполнения измерений. Сохранение метрологических характеристик СИ гарантируется для нормальных условий измерений (табл. 2). Однако реальное проведение измерений в этих нормальных условиях маловероятно. Поэтому в эксплуатационной документации (ЭД) на СИ указывают пределы нормальной области значений влияющих величин, выходить за которые при выполнении измерений не допускается из-за возникновения дополнительной погрешности СИ. Рекомендуется выделить (определить) рабочее пространство, действием влияющих величин внутри которого можно пренебречь. По ГОСТу 8.050-73 «Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений» и ГОСТ 8.395-80 «Нормальные условия измерений при поверке» предусмотрены пределы нормальной области значений влияющих величин, которые устанавливаются в зависимости от допусков и диапазона измеряемых размеров[8].

Таблица 2

Номинальные значения влияющих физических величин

Влияющая величина	Номинальное значение
Температура для всех видов измерений	293 К (20 °С)
Давление окружающего воздуха для измерения ионизирующих излучений, теплофизических, температурных, магнитных, электрических, давлений, параметров движения	100 КПа, (750 мм рт. ст.)
То же для остальных видов измерений	101,3 КПа (760 мм рт. ст.)
Относительная влажность воздуха для измерений: линейных, угловых, массы и спектроскопии	58%
То же для измерений электрического сопротивления	55%
То же для измерений температуры, силы, твердости, переменного электрического тока, ионизирующих излучений, параметров движения	65%
То же для остальных видов измерений	60%

СИ влияющих величин выбирают такими, чтобы их погрешность не превышала 30% от допустимых изменений влияющих величин.

Установление числа наблюдений при измерениях. Не следует отождествлять понятия «измерение» с «наблюдением при измерении» – экспериментальной операцией, выполняемой в процессе измерений, в результате которого получают одно значение величины (отсчета) – результата наблюдения, подлежащего обработке для

получения *результата измерения*. Система этих понятий необходима для однозначного изложения измерительных процедур.

Различают измерения с *однократными* и *многократными* наблюдениями. Наиболее распространены (в производстве) измерения с однократными наблюдениями.

Случайную погрешность считают пренебрежимо малой по сравнению с *неисключенным остатком систематической погрешности* (НСП), если $\Theta / S(x) > 8$, где Θ – граница НСП результата измерения; $S(x)$ – среднее квадратическое отклонение (СКО) отдельных наблюдений.

Иногда для повышения надежности таких измерений (исключения промахов) делают все-таки два или три наблюдения, и за результат измерения принимают среднее арифметическое значение результатов этих наблюдений.

Измерение с числом наблюдений $n > 4$ относят (условно) к измерениям с многократными наблюдениями и выполняют статистическую обработку ряда результатов наблюдений для получения информации о результате измерений и о случайной составляющей погрешности этого результата. При увеличении n СКО случайной погрешности результата измерений $S(\bar{x})$ уменьшается по закону обратной пропорциональности \sqrt{n} . Этим руководствуются при выборе n для разумного уменьшения $S(\bar{x})$, например, по сравнению с НСП результата измерения Θ , не зависящей от n (до выполнения условия $\Theta / S(x) > 8$, дальнейшее увеличение n не имеет смысла). Как правило, выбор числа наблюдений производится при разработке МВИ.

Учет систематических погрешностей и способы их уменьшения. Систематические погрешности, как правило, не проявляются при выполнении наблюдений и вычислении результатов измерений, но способны существенно исказить эти результаты.

При разработке СИ и МВИ, то есть еще до начала измерений систематические погрешности более или менее полно исключаются (например, введением аддитивных и мультипликативных поправок). Поэтому при выполнении наблюдений и оценке результатов измерений имеют дело с *неисключенными остатками систематических погрешностей* – НСП. Систематическую погрешность в данном разделе необходимо понимать именно как неисключенную систематическую погрешность (НСП) [8].

Для обнаружения НСП рекомендуется: провести измерение другим, максимально отличным от использованного, методом и сравнить результаты; резко изменить условия наблюдений (использовать другие экземпляры СИ, сменить оператора, изменить время наблюдений, например провести их в ночное время, когда выключено технологическое оборудование); провести контрольное измерение в лаборатории другой организации или в метрологическом учреждении, в которых имеются более точные СИ и МВИ; выполнить теоретическую (расчетную) оценку НСП с привлечением имеющихся априорных знаний об объекте измерений, более точных или других моделях объекта измерений, методе и СИ. Для уменьшения (исключения) НСП в ходе выполнения измерений применяются следующие методы (приемы):

1. *Метод замещения.* Его суть – замена измеряемой величины известной (мерой), притом так, чтобы в состоянии и действии всех используемых СИ не происходило никаких изменений.

2. *Метод противопоставления.* Измерение выполняется с двумя наблюдениями, проводимыми так, чтобы причина НСП оказывала разные, но известные по закономерности воздействия на результаты наблюдений.

3. *Метод компенсации погрешности по знаку* предусматривает измерение с двумя наблюдениями, выполняемыми так, чтобы НСП входила в результат каждого из них с разными знаками.

4. *Метод рандомизации* (перевода систематической погрешности в случайную) заключается в такой организации измерений, при которой фактор, вызывающий НСП, при каждом наблюдении действует по-разному.

5. *Метод симметричных наблюдений* применяется для устранения прогрессирующих систематических погрешностей, линейно меняющихся пропорционально времени. Используют следующее свойство любых двух наблюдений, симметричных относительно средней точки интервала наблюдений: среднее значение линейно прогрессирующей погрешности результатов любой пары симметричных наблюдений равно погрешности, соответствующей средней точке интервала. Ряд наблюдений выполняют через равные промежутки времени и вычисляют средние арифметические значения результатов симметрично расположенных наблюдений (симметрично относительно среднего по времени наблюдения). Как было сказано, они должны быть равны. Это дает возможность контролировать в ходе измерения, соблюдается ли условие линейности возрастания систематической погрешности.

Описанные методы (приемы) должны учитываться при разработке МВИ[8].

3. Обработка результатов наблюдений и оценивание погрешностей измерений

Оценку погрешности результата измерения выполняют при разработке МВИ. Источниками погрешностей являются модель ОИ, метод измерения, СИ, оператор, влияющие факторы условий измерений, алгоритм обработки результатов наблюдений. Как правило, погрешность результата измерения оценивается при доверительной вероятности $P = 0,95$.

При выборе значения P необходимо учитывать степень важности (ответственности) результата измерений. Например, если ошибка в измерении может привести к гибели людей или к тяжелым экологическим последствиям, значение P должно быть увеличено [8].

1. *Измерения с однократными наблюдениями.* За результат измерения в этом случае принимают результат однократного наблюдения x (с введением поправки, если она имеется), используя предварительно полученные (например, при разработке МВИ) данные об источниках, составляющих погрешность.

Доверительные границы НСП результата измерения $\Theta(P)$ вычисляют по формуле

$$\Theta(P) = k(P) \sqrt{\sum_{j=1}^{m_1} \Theta_j^2} \quad (12)$$

где $k(P)$ – коэффициент, определяемый принятой P и числом m_1 составляющих НСП: $\Theta_j(P)$ – найденные нестатистическими методами границы j -й составляющей НСП (границы интервала, внутри которого находится эта составляющая, определяемые при отсутствии сведений о вероятности ее нахождения в этом интервале). При $P = 0,90$ и $P = 0,95$ $k(P)$ равен 0,95 и 1,1 соответственно при любом числе слагаемых m_1 . При $P = 0,99$ значения $k(P)$ следующие (табл. 3):

Таблица 3

m_1	$k(P)$	m_1	$k(P)$
5 и более	1,45	3	1,30
4	1,40	2	1,20

Если составляющие НСП распределены равномерно и заданы доверительными границами $\Theta_j(P)$, то доверительную границу НСП результата измерения вычисляют по формуле

$$\Theta(P) = k \sqrt{\sum_{j=1}^{m_1} [\Theta_j^2(P) / k_j^2]} \quad (13)$$

где k и k_j – те же, что и в предыдущем случае, коэффициенты, соответствующие доверительной вероятности P и P_j соответственно;

m_1 – число составляющих НСП.

Среднее квадратическое отклонение (СКО) результата измерения с однократным наблюдением вычисляют одним из следующих способов[8]:

- Если в технической документации на СИ или в МВИ указаны нормально распределенные составляющие случайной погрешности результата наблюдения (инструментальная, методическая, из-за влияющих факторов, оператора и т. д.), то СКО вычисляют по формуле

$$S(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^{m_2} S_i^2(x)}$$

где m_2 – число составляющих случайной погрешности; S_i – значения СКО этих составляющих.

Доверительную границу случайной погрешности результата измерения $\in(P)$ в этом случае вычисляют по формуле

$$\in(P) = z_{P/2} S(x) \quad (14)$$

где $z_{P/2}$ – значение нормированной функции Лапласа в точке $P/2$ при доверительной вероятности P (табл. 4):

Таблица 4

P	$Z_{P/2}$	P	$Z_{P/2}$
0,90	1,65	0,97	2,17
0,95	1,96	0,98	2,33
0,96	2,06	0,99	2,58

• Если в тех же документах случайные составляющие погрешности результата наблюдения представлены доверительными границами $\epsilon_i (P)$ при одной и той же доверительной вероятности P , то доверительную границу случайной погрешности результата измерения с однократным наблюдением при доверительной вероятности вычисляют по формуле

$$\epsilon (P) = \sqrt{\sum_{i=1}^{m_2} \epsilon_i^2 (P)}$$

• Если случайные составляющие погрешности результата наблюдения определяют предварительно в реальных рабочих условиях экспериментальными методами при числе наблюдений $n_i < 30$, то:

$$\epsilon (P) = t \sqrt{\sum_{i=1}^{m_2} S_i^2 (x)}$$

где t – коэффициент Стьюдента, соответствующий наименьшему числу наблюдений n_{\min} из всех n_i , можно найти в любом справочнике по теории вероятностей;

$S(x)$ – оценки СКО случайных составляющих погрешности результата наблюдения, определяемых по формуле (19).

Если в эксперименте невозможно или нецелесообразно определить СКО составляющих случайной погрешности и определено сразу суммарное СКО, то в формуле (14) $m_2 = 1$.

• Если случайные составляющие погрешности результата наблюдений представлены доверительными границами $\epsilon (P_i)$, соответствующими разным вероятностям P_i , то сначала определяют СКО результата измерения с однократным наблюдением по формуле

$$S(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^{m_2} [\epsilon_i^2 (P) / z_{P_i/2}^2]}$$

где $z_{P_i/2}$ – значения функции Лапласа.

Затем вычисляют $\epsilon (P)$ по формуле (14).

Для суммирования систематической и случайной составляющих погрешностей рекомендуется следующий способ:

Если

$$\Theta(P)/S(x) < 0,8, \tag{15}$$

то НСП $\Theta(P)$ пренебрегают и окончательно принимают $\in(P)$ за погрешность результата измерения $\Delta(P)$ при доверительной вероятности P .

Если

$$\Theta(P)/S(x) > 0,8, \quad (16)$$

то пренебрегают случайной погрешностью и принимают $\Delta(P) = \Theta(P)$. Если $0,8 \leq \Theta(P)/S(x) \leq 8$, то доверительную границу погрешности результата измерений вычисляют по формуле

$$\Delta(P) = K_{\Sigma}(\gamma) [\Theta(P) + \in(P)], \quad (17)$$

$$K_{\Sigma}(\gamma) = \sqrt{1 + \gamma^2} / (1 + \gamma); \quad \gamma = \Theta(P) / \left[\sqrt{3} k(P) S(x) \right]$$

где

2. *Измерения с многократными наблюдениями.* Обработку результатов в этом случае рекомендуется начать с проверки на отсутствие промахов (грубых погрешностей). Промах – это результат x_n отдельного наблюдения, входящего в ряд из n наблюдений, который для данных условий измерений резко отличается от остальных результатов этого ряда. Если оператор в ходе измерения обнаруживает такой результат и достоверно находит его причину, он вправе его отбросить и провести (при необходимости) дополнительное наблюдение взамен отброшенного. При обработке уже имеющихся результатов наблюдений произвольно отбрасывать отдельные результаты нельзя, так как это может привести к фиктивному повышению точности результата измерения. Поэтому применяют следующую процедуру. Вычисляют среднее арифметическое \bar{x} результатов наблюдений x_i по формуле

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (18)$$

Затем вычисляют оценку СКО результата наблюдения как

$$S(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (19)$$

Находят отклонение v_n предполагаемого промаха x_n от \bar{x} :

$$V_n = |X_n - \bar{x}|$$

По числу всех наблюдений n (включая x_n) и принятому для измерения значению P (обычно 0,95) по любому справочнику по теории вероятностей находят $z(P, n)$ – нормированное выборочное отклонение нормального распределения. Если $V_n < z S(x)$, то наблюдение x_n не является промахом; если $V_n \geq z S(x)$, то x_n – промах, подлежащий исключению. После исключения x_n повторяют процедуру определения \bar{x} и $S(x)$ для оставшегося ряда результатов наблюдений и проверки на промах наибольшего из оставшегося ряда отклонений от нового значения (вычисленного исходя из $n - 1$) [8].

За результат измерения принимают среднее арифметическое \bar{x} [см. формулу (18)] результатов наблюдений x_i . Погрешность \bar{x} содержит случайную и систе-

матическую составляющие. Случайную составляющую, характеризующую СКО результата измерения, оценивают по формуле

$$S(\bar{x}) = \frac{1}{\sqrt{n}} S(x) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Принадлежность результатов наблюдений x_i , к нормальному распределению при $n \geq 20$ легко проверить, применив правило 3σ : если отклонение от \bar{x} не превышает 3σ , то случайная величина распределена нормально. Доверительные границы случайной погрешности результата измерения при доверительной вероятности P находят по формуле

$$\in (P) = t(P, n) \cdot S(\bar{X}), \quad (20)$$

где t – коэффициент Стьюдента.

Доверительные границы $\Theta(P)$ НСП результата измерения с многократными наблюдениями определяют точно так же, как и при измерении с однократным наблюдением – по формулам (12) или (13).

Суммирование систематической и случайной составляющих погрешности результата измерения при вычислении $\Delta(P)$ рекомендуется [8] осуществлять с использованием критериев и формул (15-17), в которых при этом $S(x)$ заменяется на $S(\bar{X}) = S(x) / \sqrt{n}$.

Выбор измерительных средств по допустимой погрешности измерения

При выборе измерительных средств и методов контроля изделий учитывают совокупность метрологических, эксплуатационных и экономических показателей. К метрологическим показателям относятся: допустимая погрешность измерительного прибора; цена деления шкалы; порог чувствительности; пределы измерения и др. К эксплуатационным и экономическим показателям относятся: стоимость и надежность измерительных средств; продолжительность работы (до ремонта); время, затрачиваемое на настройку и процесс измерения; масса, габаритные размеры и рабочая нагрузка [8].

4. Выбор измерительных средств для контроля размеров

На рисунке 3 показаны кривые распределения размеров деталей (y_{mex}) и погрешностей измерения ($y_{мет}$) с центрами, совпадающими с границами допуска. В результате наложения кривых $y_{мет}$ и y_{mex} происходит искажение кривой распределения $y(\sigma_{mex}, \sigma_{мет})$, появляются области вероятностей m и n , обуславливающие выход размера за границу допуска на величину c . Таким образом, чем точнее технологический процесс (меньше отношение $IT/\Delta_{мет}$), тем меньше неправильно принятых деталей по сравнению с неправильно забракованными [8].

Решающим фактором является допускаемая погрешность измерительного средства, что вытекает из стандартизованного определения действительного размера, как и размера, получаемого в результате измерения с допустимой погрешностью. Допускаемые погрешности измерения $\delta_{изм}$ при приемочном контроле на линейные

размеры до 500 мм устанавливаются ГОСТ 8.051-81, которые составляют 35-20% от допуска на изготовление детали ИТ. По этому стандарту предусмотрены наибольшие допускаемые погрешности измерения, включающие погрешности от средств измерений, установочных мер, температурных деформаций, измерительного усилия, базирования детали. Допускаемая погрешность измерения $\delta_{изм}$ состоит из случайной и неучтенной систематической составляющих погрешности. При этом случайная составляющая погрешности принимается равной 2σ и не должна превышать 0,6 от погрешности измерения $\delta_{изм}$.

В ГОСТ 8.051-81 погрешность задана для однократного наблюдения. Случайная составляющая погрешности может быть значительно уменьшена за счет многократных наблюдений, при которых она уменьшается в \sqrt{n} раз, где n – число наблюдений. При этом за действительный размер принимается среднее арифметическое из серии проведенных наблюдений [8].

При арбитражной перепроверке деталей погрешность измерения не должна превышать 30% предела погрешности, допускаемой при приемке.

Значения допустимой погрешности измерения $\delta_{изм}$ на угловые размеры установлены по ГОСТ 8.050-73.

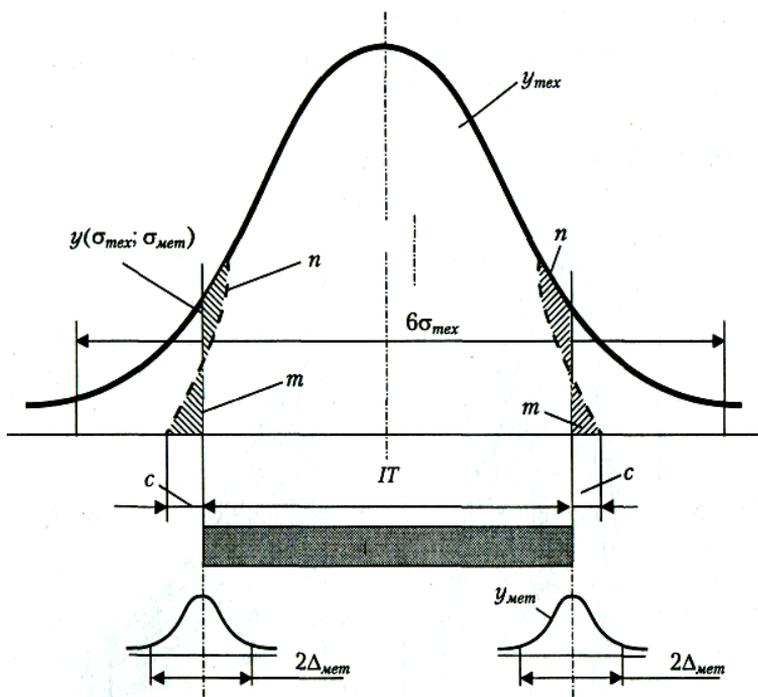


Рис. 3. Кривые распределения контролируемых параметров, построенные с учетом погрешностей измерения

Разрешается увеличение допустимой погрешности измерения, указанной в ГОСТ 8.051-81 и ГОСТ 8.050-73, при уменьшении допуска размера, учитывающего это увеличение, а также в случае разделения изделий на размерные группы для селективной сборки.

Установленные стандартом погрешности измерения являются наибольшими, которые можно допустить при измерении: они включают в себя случайные и неучтенные систематические погрешности измерения, все составляющие, зависящие от измерительных средств, установочных мер, температурных деформаций, базирования и т. д.

Случайная погрешность измерения не должна превышать 0,6 от допустимой погрешности измерения и принимается равной 2σ , где σ – значение среднего квадратического отклонения погрешности измерения [8].

При допусках, не соответствующих значениям, указанным в ГОСТ 8.051-81 и ГОСТ 8.050-73, допустимую погрешность выбирают по ближайшему меньшему значению допуска для соответствующего размера.

Влияние погрешностей измерения при приемочном контроле по линейным размерам оценивается параметрами:

- m – часть измеренных деталей, имеющих размеры, выходящие за предельные размеры, принята в числе годных (неправильно принятые);
- n – часть деталей, имеющих размеры, не превышающие предельных размеров, забракованы (неправильно забракованные);
- c – вероятностная предельная величина выхода размера за предельные размеры у неправильно принятых деталей.

Значения параметров m , n , c при распределении контролируемых размеров по нормальному закону приведены на рисунках 4-6.

Сплошные линии соответствуют распределению погрешности измерения по нормальному закону, а пунктирные – по закону равной вероятности [8].

При неизвестном законе распределения погрешности измерения для параметров m , n и c рекомендуется принимать средние их значения, определенных по сплошной и пунктирной линиям.

Параметры m и c на графиках определены с доверительной вероятностью 0,9973.

Для определения m с другой доверительной вероятностью необходимо сместить начало координат по оси ординат [8].

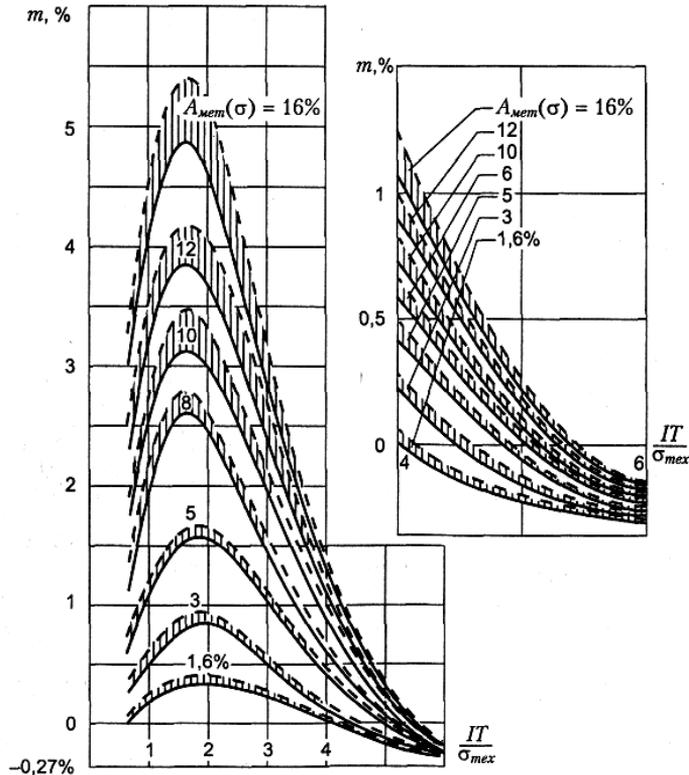


Рис. 4. График для определения параметра m

Кривые графиков (сплошные и пунктирные) соответствуют определенному значению относительной погрешности измерения, равной

$$A_{мет(\sigma)} = \frac{\sigma}{IT} 100\%$$

где σ – среднее квадратическое отклонение погрешности измерения; IT – допуск контролируемого размера.

При определении параметров m , n и c рекомендуется принимать $A_{мет(\sigma)} = 16\%$ для квалитетов 2-7, $A_{мет(\sigma)} = 12\%$ – для квалитетов 8 и 9, $A_{мет(\sigma)} = 10\%$ – для квалитетов 10 и грубее.

Параметры m , n и c приведены на графиках в зависимости от значения IT/σ_{mex} , где σ_{mex} – среднее квадратическое отклонение погрешности изготовления. Параметры m , n и c даны при симметричном расположении поля допуска относительно центра группирования контролируемых деталей [8].

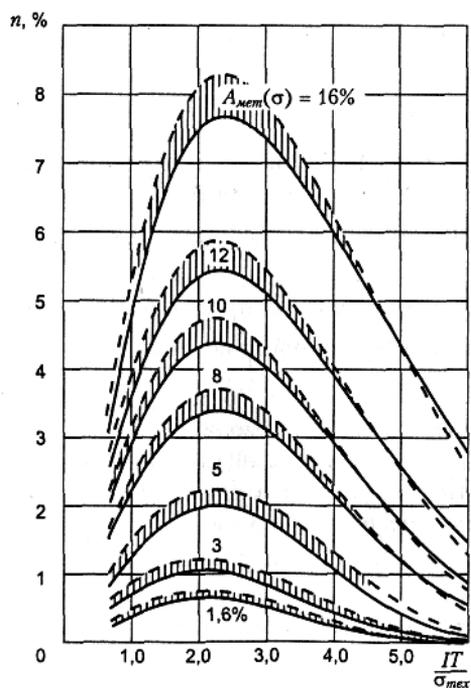


Рис. 5. График для определения параметра n

Для определения m , n и c при совместном влиянии систематической и случайной погрешностей изготовления пользуются теми же графиками, но вместо значения IT/σ_{mex} принимается для одной границы $(IT + 2\alpha_T)/\sigma_{mex}$, а для другой — $(IT - 2\alpha_T)/\sigma_{mex}$, где σ_{mex} — систематическая погрешность изготовления.

При определении параметров m и n для каждой границы берется половина получаемых значений.

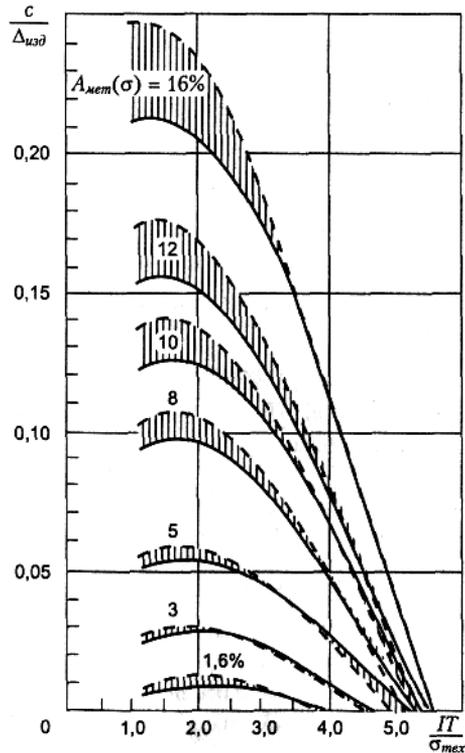


Рис. 6. График для определения параметра c

Возможные предельные значения параметров m , n и c/IT , соответствующие экстремальным значениям кривых (на рисунках 4 – 6), приведены в табл. 5.

Таблица 5

$A_{мет}(\sigma)$	m	n	c/IT	$A_{мет}(\sigma)$	m	n	c/IT
1,60	0,37-0,39	0,70-0,75	0,01	10,0	3,10-3,50	4,50-4,75	0,14
3,0	0,87-0,90	1,20-1,30	0,03	12,0	3,75-4,11	5,40-5,80	0,17
5,0	1,60-1,70	2,00-2,25	0,06	16,0	5,00-5,40	7,80-8,25	0,25
8,0	2,60-2,80	3,40-3,70	0,10				

Первые значения тип соответствуют распределению погрешностей измерения по нормальному закону, вторые – по закону равной вероятности.

Предельные значения параметров m , n и c/IT учитывают влияние только случайной составляющей погрешности измерения [8].

ГОСТ 8.051-81 предусматривает два способа установления приемочных границ.

Первый способ. Приемочные границы устанавливают совпадающими с предельными размерами (рис. 7, а).

Пример. При проектировании вала диаметром 100 мм оценено, что отклонения его размеров для условий эксплуатации должны соответствовать $h6(100_{-0,022})$. В соответствии с ГОСТ 8.051-81 устанавливают, что для размера вала 100 мм и допуска $IT = 0,022$ мм допускаемая погрешность измерения $\delta_{изм} = 0,006$ мм.

В соответствии с таблицей 5 устанавливают, что для $A_{тех(\sigma)} = 16\%$ и неизвестной точности технологического процесса $m = 5,0$ и $c = 0,25 IT$, то есть среди годных деталей может оказаться до 5,0% неправильно принятых деталей с предельными отклонениями $+0,0055$ и $-0,0275$ мм.

Если полученные данные не повлияют на эксплуатационные показатели вала, то на чертежах указывают первоначально выбранный квалитет. В противном случае назначают более точный квалитет или другое поле допуска в этом квалитете [8].

Второй способ. Приемочные границы смещают внутрь относительно предельных размеров.

При введении производственного допуска могут быть два варианта в зависимости от того, известна или неизвестна точность технологического процесса.

Вариант 1. При назначении предельных размеров точность технологического процесса неизвестна. В соответствии с ГОСТ 8.051-81 предельные размеры изменяются на половину допускаемой погрешности измерения (рис. 7, б). Для примера, рассмотренного выше, диаметр $100_{-0,019}^{-0,003}$.

Вариант 2. При назначении предельных размеров точность технологического процесса известна. В этом случае предельные размеры уменьшают на значение параметра c (рис. 7, в).

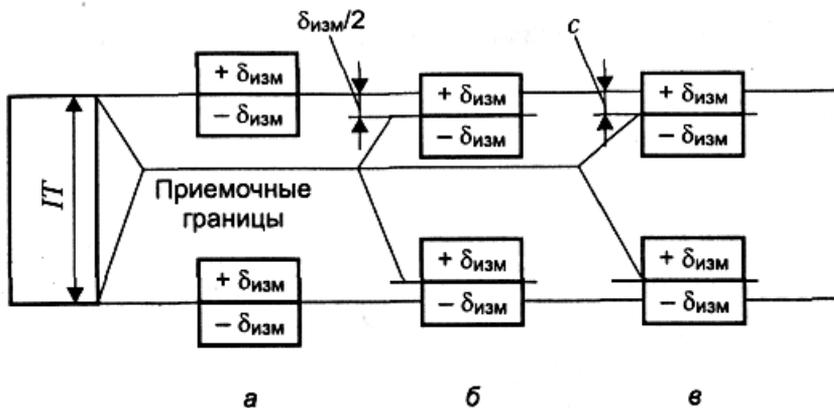


Рис. 7. Варианты расположения приемочных границ по отношению к полю допуска

Предположим, что для рассмотренного выше примера $IT/\sigma_{max} = 4$ (при изготовлении имеется 4,5% брака по обеим границам): $A_{мет(\sigma)} = 16\%$, $c/IT = 0,1$; $c = 0,0022$ мм. С учетом данных диаметр вала принимают $100_{-0,020}^{-0,002}$ [8].

5. Выбор измерительных средств для других параметров

Выбор измерительного средства определяется допуском на измерение, который зависит от допуска на контролируемый параметр. При отсутствии рекомендаций в НТД допуск на измерение принимают

$$\sigma_{изм} = 0,33 T, \quad (21)$$

где T – допуск на контролируемый параметр.

Например, для измерения отклонений *формы и расположения* допустимую абсолютную погрешность измерения искомого средства измерения определяют по выражению

$$\Delta_{np} = \sqrt{\delta_{изм}^2 - \sum_{i=1}^n \Delta_i^2}, \quad (22)$$

где $\delta_{изм}$ – абсолютная погрешность измерения точности формы или расположения, которая не должны быть больше $0,33 T_\phi$ (здесь T_ϕ – заданный допуск формы или расположения);

Δ_i – абсолютные погрешности n звеньев измерительного канала.

Приведенная погрешность средства измерения определяется как

$$\gamma = (\Delta_{np} / X_N) 100,$$

где X_N – нормирующий параметр, в качестве которого может служить диапазон измерений выбранного средства измерения [8].

ЛЕКЦИЯ 7

Сущность стандартизации

? Вопросы

1. Основные определения.
2. Нормативные документы по стандартизации.
3. Принципы стандартизации.

1. Основные определения

Standard – (англ.) норма, образец, эталон, модель.

Стандартизация – деятельность, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области посредством установления соответствующих норм, правил и требований.

Фактическая стандартизация возникла в древние времена, на заре человеческой истории.

Проявлениями стандартизации можно считать:

- Язык и письменность;
- Летоисчисление и календарь;
- Система счета, денежная система;
- Единицы мер и весов.

Кроме того, известны такие примеры:

- Пирамиды и их каменные блоки в Древнем Египте;
- Храмы и их колонны в Древней Греции;
- Акведуки и их трубы в Древнем Риме и т.д.

Даже в природе наблюдаются факты проявления стандартизации:

- Виды животных и растений;
- Пчелиные соты;
- Плотины бобров;
- Гнезда ласточек;
- Пение птиц (звукоряд сигналов) и т.д.

Настоящая же стандартизация появилась в XIX в. с возникновением промышленности: появились первые стандарты на резьбы, профили проката и т.д.

Стандарт – нормативный документ, разработанный на основе согласия заинтересованных сторон, утвержденный признанным органом, направленный на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области.

Объектами стандартизации являются *продукция, процессы* или *услуги*.

Общей целью стандартизации является *защита интересов* потребителей и государства **по вопросам качества** продукции, процессов и услуг. Кроме того, целью стандартизации является:

- **Повышение уровня безопасности** жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества, экологической безопасности, безопасности жизни или здоровья животных или растений и **содействие соблюдению требований** технических регламентов;
- **Повышение уровня безопасности** объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- **Обеспечение научно-технического прогресса**;
- **Повышение конкурентоспособности** продукции, работ и услуг;
- **Рациональное использование ресурсов**;
- **Техническая и информационная совместимость**;
- **Сопоставимость результатов** исследований (испытаний) и измерений, технических и экономико-статистических данных;

- **Взаимозаменяемость** продукции, процессов и услуг.

Областью стандартизации называют совокупность взаимосвязанных объектов стандартизации.

Например: область стандартизации – машиностроение;

область стандартизации – технологические процессы.

Техническое законодательство – совокупность правовых норм, регламентирующих требования к техническим объектам: продукции, процессам ее жизненного цикла, работам (услугам) и контроль (надзор) за соблюдением установленных требований.

Техническое законодательство – является основой деятельности по стандартизации, метрологии и сертификации.

Техническое регулирование – правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также в области установления и применения на добровольной основе требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказания услуг и правовое регулирование отношений в области оценки соответствия.

Главные элементы технического регулирования:

- Установление, применение и исполнение обязательных требований к продукции и процессам ЖЦП;
- Установление и применение на добровольной основе требований к продукции, процессам ЖЦП, выполнению работ или оказанию услуг;
- Правовое регулирование в области оценки соответствия.

Первый элемент реализуется через принятие и применение технических регламентов на продукцию и правила метрологии; второй – через стандартизацию; третий – через оценку соответствия (сертификацию и декларирование соответствия, государственный контроль и надзор, аккредитацию, испытание, регистрацию).

2. Нормативные документы по стандартизации

Нормативный документ – документ, устанавливающий правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов.

Стандарт – документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг.

В зависимости от сферы действия различают стандарты разного статуса и категории: **международный стандарт**, **региональный стандарт**, **национальный стандарт** (прежнее название – государственный стандарт РФ – ГОСТ Р), **межгосударственный стандарт** (ГОСТ), **стандарт организации** (СТО).

Национальный стандарт – стандарт, утверждённый национальным органом Российской Федерации по стандартизации.

Регламент – документ, содержащий обязательные правовые нормы и принятый органом власти.

Технический регламент (ТР) – документ, который является носителем обязательных требований. По мере принятия технических регламентов на те или иные объекты национальные стандарты на эти объекты будут приобретать добровольный характер.

Классификатор – нормативный документ, представляющий систематизированный свод наименований и кодов классифицированных группировок и (или) объектов классификации (ПР 50-733-93).

Общероссийский классификатор технико-экономической и социальной информации – нормативный документ, распределяющий технико-экономическую и социальную информацию в соответствии с её классификацией (классами, видами и др.) и являющийся обязательным для применения при создании государственных информационных систем и информационных ресурсов и межведомственном обмене информацией.

Правила (нормы) по стандартизации – нормативный документ, устанавливающий обязательные для применения организационно-методические положения, которые дополняют или конкретизируют отдельные положения основополагающих национальных стандартов и определяют порядок и методы выполнения работ по стандартизации.

Рекомендации по стандартизации – документ, содержащий советы организационно-методического характера, которые касаются проведения работ по стандартизации и способствуют применению основополагающего национального стандарта или содержат положения, которые целесообразно предварительно проверить на практике до их установления в основополагающем национальном стандарте.

Норма – положение, устанавливающее количественные или качественные критерии, которые должны быть удовлетворены.

Примерами норм являются:

- «О новых нормах предельно допустимых нагрузок для женщин при подъеме и перемещении тяжестей вручную» (письмо Комитета РФ по торговле от 15.03.93 № 1-427/32-11);
- «Нормы радиационной безопасности». Госсанэпидемнадзор РФ. М., 1996.

Кодекс установившейся практики – документ, рекомендуемый практические правила или процедуры проектирования, изготовления, монтажа, технического обслуживания или эксплуатации оборудования, конструкций или изделий. Этот документ может быть стандартом, частью стандарта или самостоятельным документом.

Пример:

- «Кодекс правил ИСО/МЭК практической деятельности по оценке соответствия» (ИСО/МЭК: 1994);
- «Кодекс добросовестной практики применительно к подготовке и утверждению и применению стандартов» (сокращенно – «Кодекс по стандартам»).

3. Принципы стандартизации

Принципы стандартизации отражают основные закономерности процесса разработки стандартов, обосновывают ее необходимость в управлении народным хозяйством, определяют условия эффективной реализации и тенденции развития.

Выделяются следующие принципы стандартизации:

1. *Добровольное применение стандартов и обеспечение условий для их единообразного применения.* Национальный стандарт применяется на добровольной основе и равным образом и в равной мере независимо от страны и (или) места происхождения продукции, осуществления процессов ЖЦП, выполнения работ и оказания услуг, видов или особенностей сделок и лиц (являющихся изготовителями, исполнителями, продавцами, приобретателями).

2. *Применение международного стандарта как основы разработки национального стандарта.* Исключение могут составить случаи, когда: соответствие требований международных стандартов невозможно вследствие несоответствия их требованиям климатическим и географическим особенностям РФ или техническим (технологическим) особенностям отечественного производства.

3. *Сбалансированность интересов сторон, разрабатывающих, изготавливающих, предоставляющих и потребляющих продукцию (услугу).*

4. *Системность стандартизации.*

5. *Динамичность и опережающее развитие стандарта.* Стандарты должны адаптироваться к переменам, происходящим вследствие научно-технического прогресса.

6. *Недопустимость создания препятствий производству и обращению продукции, выполнению работ и оказанию услуг в большей степени, чем это минимально необходимо для выполнения целей стандартизации.*

7. *Эффективность стандартизации.* Применение НД должно давать экономический или социальный эффект. В целом вложение в стандартизацию выгодно государству: 1 рубль, направленный в эту сферу, дает 10 рублей прибыли.

8. *Принцип гармонизации.* В частности, недопустимость стандартов, противоречащих техническим регламентам.

9. *Четкость формулировок положений стандарта.* Недопустимость двусмысленного толкования НД.

10. *Комплексность стандартизации взаимосвязанных объектов.* Увязка стандартов на готовые изделия со стандартами на сборочные единицы, детали, полуфабрикаты, материалы, сырье, а также на технические средства, методы организации производства и способы контроля.

11. *Объективность проверки требований.* В качестве объективного доказательства используются сертификаты соответствия, заключения надзорных органов.

12. *Обеспечение условий для единообразного применения стандартов.* Хотя порядок разработки, утверждения, учета изменения и отмены стандартов организаций устанавливается ими самостоятельно, СТО должен учитывать: во-первых, принципы стандартизации; во-вторых, универсальные правила, действующие в отношении в отношении стандартов любого статуса в части правил построения, изложения, оформления стандартов.

ЛЕКЦИЯ 8

Методы стандартизации

? Вопросы

1. Методы стандартизации.
2. Система стандартизации в РФ.
3. Межгосударственная система стандартизации.

1. Методы стандартизации

Метод стандартизации – прием или совокупность приемов, с помощью которых достигаются цели стандартизации.

Существуют следующие методы стандартизации:

- 1) упорядочение объектов стандартизации;
- 2) параметрическая стандартизация;
- 3) унификация продукции;
- 4) агрегатирование;
- 5) комплексная стандартизация;
- 6) опережающая стандартизация.

Упорядочение объектов стандартизации – универсальный метод в области стандартизации продукции, процессов и услуг. Упорядочение как управление многообразием связано, прежде всего, с сокращением многообразия.

Упорядочение состоит из отдельных методов:

- систематизация;
- селекция;
- симплификация;
- типизация;
- оптимизация.

Систематизация объектов стандартизации заключается в научно обоснованном, последовательном классифицировании и ранжировании совокупности конкретных объектов стандартизации.

Примером может служить Общероссийский классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции (ОКП), который систематизирует всю товарную продукцию по отраслевой принадлежности.

Рассмотрим пример кодового обозначения в ОКП продукции класса 54:

54 (класс) – продукция целлюлозно-бумажной промышленности;

54 6 (подкласс) – тетради школьные, обои бумажно-беловые товары;

54 6 3 (группа) – бумажно-беловые товары;

54 6 3 1 (подгруппа) – тетради и дневники школьные;

54 6 3 1 4 (вид) – тетради для письма карандашом;

54 6 3 1 4 0001 (разновидность) – тетради для письма карандашом, переплет обрезной, цельнобумажный блок из бумаги типографской мелованной, объем 48 л, размер 144 × 203 мм.

Селекция объектов стандартизации – деятельность, заключающаяся в отборе таких конкретных объектов, которые признаются целесообразными для дальнейшего производства и применения в общественном производстве.

Симплификация – деятельность, заключающаяся в определении таких конкретных объектов, которые признаются нецелесообразными для дальнейшего производства и применения в общественном производстве.

Процессы селекции и симплификации осуществляются параллельно. Им предшествуют классификация и ранжирование объектов и специальный анализ перспективности и сопоставления объектов с будущими потребностями. Так при разработке первого ГОСТа на алюминиевую посуду были классифицированы по вместимости выпускаемые в тот период кастрюли. Их оказалось 50 типоразмеров. Анализ показал, что номенклатуру можно сократить до 22 типоразмеров, исключив емкости: 0,9; 1,3; 1,7 л, которые оказались лишними при наличии в номенклатуре посуды емкостью 1,0 и 1,5 л.

Типизация объектов стандартизации – деятельность по созданию типовых (образцовых) объектов – конструкций, технологических правил, форм документации.

В отличие от селекции отобранные конкретные объекты подвергаются каким-либо техническим преобразованиям, направленным на повышение их качества и универсальности.

Пример: В начале 1960-х гг. в эксплуатации находилось более 100 конструктивных разновидностей телевизоров. При анализе были выявлено всего три разновидности в зависимости от диагонали экрана: 35, 47 и 59 см. В каждом варианте были отобраны наиболее удачные схемы, которые затем были усовершенствованы с целью повышения безопасности и ремонтпригодности. В результате были созданы типовые (унифицированные) конструкции – УНТ-35, УНТ-47, УНТ-59.

Оптимизация объектов стандартизации заключается в определении оптимальных главных параметров (параметров назначения), а также значений всех других показателей качества и экономичности.

Оптимизацию объектов стандартизации осуществляют путем применения специальных экономико-математических методов и моделей оптимизации.

Целью оптимизации является достижение оптимальной степени упорядочения и максимально возможной эффективности по выбранному критерию.

Параметрическая стандартизация.

Параметр продукции – это количественная характеристика её свойств.

Параметрическая стандартизация заключается в выборе и обосновании целесообразной номенклатуры и численного значения параметров. Решается эта задача с помощью математических методов.

Параметрические ряды машин, приборов, тары рекомендуется строить согласно системе предпочтительных чисел – набору последовательных чисел, изменяющихся в геометрической прогрессии.

Смысл этой системы заключается в выборе лишь тех значений параметров, которые подчиняются строго определенной математической закономерности, а не любых значений, принимаемых в результате расчетов или в порядке волевого решения.

Основным стандартом в этой области является ГОСТ 8032 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел». На базе данного стандарта утвержден ГОСТ 6636 «Нормальные линейные размеры», устанавливающий ряды чисел для выбора линейных размеров.

ГОСТ 8032 предусматривает четыре основных ряда предпочтительных чисел:

1-й ряд – R5 (знаменатель $\sqrt[5]{10} \approx 1,6$) – 1,00; 1,60; 2,50; 4,00; 6,30; 10,00

2-й ряд – R10 (знаменатель $\sqrt[10]{10} \approx 1,25$) – 1,00; 1,25; 1,60; 2,00; 2,50 ...

3-й ряд – R20 (знаменатель $\sqrt[20]{10} \approx 1,12$) – 1,00; 1,12; 1,25; 1,40; 1,60 ...

4-й ряд – R40 (знаменатель $\sqrt[40]{10} \approx 1,06$) – 1,00; 1,06; 1,12; 1,18; 1,25...

Унификация продукции – деятельность по рациональному сокращению числа типов деталей, агрегатов одинакового функционального назначения.

Степень унификации характеризуется уровнем унификации продукции – насыщенностью продукции унифицированными, в том числе стандартизированными деталями, узлами, и сборочными единицами.

Одним из показателей уровня унификации является коэффициент применяемости (унификации) K_n :

$$K_n = \frac{n - n_o}{n} 100 \%$$

где n – общее число деталей в изделии, шт.;

n_o – число оригинальных деталей (разработанных впервые), шт.

Агрегатирование – метод создания машин, приборов и оборудования из отдельных стандартных унифицированных узлов, многократно используемых при создании различных изделий на основе геометрической и функциональной взаимозаменяемости.

Например, применение в мебельном производстве щитов 15 размеров и стандартных ящиков 3-х размеров позволяет получить 52 вида мебели, комбинируя данные элементы.

Комплексная стандартизация – это установление и применение взаимосвязанных по своему уровню требований к качеству готовых изделий, необходимых для их изготовления сырья материалов и комплектующих узлов, а также условий сохранения и потребления (эксплуатации).

Попережающая стандартизация – метод, заключающийся в установлении повышенных по отношению к уже достигнутому на практике уровню норм и требований к объектам стандартизации, которые согласно прогнозам будут оптимальными в последующее время.

2. Система стандартизации в РФ

Система стандартизации РФ – это совокупность организационно-технических, правовых и экономических мер, осуществляемых под управлением национального органа по стандартизации и направленных на разработку и применение нормативных документов в области стандартизации с целью защиты потребителей и государства.

С принятием ФЗ «О техническом регулировании» началось реформирование системы, в котором можно выделить три этапа:

1 этап – начальный (2002 г.) – состояние Государственной системы стандартизации (ГСС), функционирующей с 1992 г., к моменту принятия названного закона;

2 этап – переходный (2003–2010 гг.) – преобразование государственной системы стандартизации (ГСС) в национальную систему стандартизации (НСС) с изменением правового статуса системы с государственного на добровольный.

3 этап – окончание формирования национальной системы стандартизации – системы, возглавляемой негосударственной организацией и базирующейся на национальных стандартах только добровольного применения.

Основой ГСС являлся фонд законов, подзаконных актов, нормативных документов по стандартизации. Указанный фонд представлял четырех уровневую систему:

1. Техническое законодательство;
2. Государственные стандарты, общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации;
3. Стандарты отрасли и стандарты общественных организаций;
4. Стандарты предприятий и технические условия.

По состоянию на 1 января 2004 года федеральный фонд составлял около 25 000 национальных стандартов (что сопоставимо с другими развитыми странами: в Германии 27 179, в Великобритании – 22 589).

Рассмотрим *переходный этап*.

Его начало ознаменовалось тем, что Госстандарт России, получив (в соответствии с постановлением Правительства РФ) функции национального органа по стандартизации, принял постановление от 27.07.03 № 63 «О национальных стандартах РФ», в соответствии с которым:

– С 1 июля 2003 года (дня вступления в силу ФЗ «О техническом регулировании») признаны национальными действующие государственные и межгосударственные стандарты, введенные до 1 июля 2003 г. для применения в РФ;

– Впредь до вступления в силу соответствующих технических регламентов действующие государственные и межгосударственные стандарты рекомендовано применять в добровольном порядке, за исключением обязательных требований, обеспечивающих достижение целей законодательства РФ о техническом регулировании.

С принятием ТР перейдут в разряд добровольных документов нормы и правила федеральных органов исполнительной власти (СанПины бывшего Минздрава РФ и СНИПы бывшего Госстроя РФ).

Постановлением Правительства РФ от 17.06.04 № 294 утверждено Положение о Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии, которое определено национальным органом по стандартизации (вместо Госстандарта РФ). Росстандарт находится в ведении Минпромэнерго РФ.

Что касается *заключительного этапа*, к 2010 г. действующая национальная система окончательно приобретет форму и содержание, соответствующие идее, заложенной в ее организацию, и зарубежной практике.

Она будет возглавляться негосударственной организацией. А национальные стандарты (в связи с окончанием формирования фонда ТР) будут сугубо добровольного применения.

Изменение статуса системы не означает, что государство не будет участвовать в деятельности национальной системы. В частности, она проявляется в регламентировании целей и принципов стандартизации, задач национального органа РФ по стандартизации, правил разработки и утверждения национальных стандартов.

Установление двух категорий стандартов – «национальных стандартов» и «стандартов организаций» – определит сосуществование двух систем исходя из сферы деятельности: *национальной* системы, действующей в общероссийском масштабе; *локальной*, действующей в рамках организации.

Национальная система включает:

- Национальные стандарты;
- Правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации;
- Общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации.

Локальная система стандартизации базируется на стандартах организаций (СТО), которые по существу начинают заменять стандарты предприятий (СТП), стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений (СТО).

Вид стандарта – характеристика, определяющая его содержанием в зависимости от объекта стандартизации.

Виды стандартов:

- Стандарты основополагающие;
- Стандарты на продукцию;
- Стандарты на услуги;
- Стандарты на процессы (работы);
- Стандарты на методы контроля;
- Стандарты на термины и определения.

3. Межгосударственная система стандартизации (МГСС)

13 марта 1992 г. представителями государств СНГ (бывшего СССР) было подписано Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации, в котором заложены основы системы межгосударственной стандартизации.

Согласно данному документу были признаны:

- действующие ГОСТы в качестве межгосударственных стандартов;
- эталонная база бывшего СССР как совместное достояние;

- необходимость двусторонних соглашений для взаимного признания систем стандартизации и метрологии.

На межправительственном уровне был создан Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ныне Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации – ЕАСС).

Основные функции ЕАСС:

- выработка приоритетных направлений деятельности в области стандартизации;
- представление проектов межгосударственных стандартов на утверждение и принятие стандартов.

Решения, принимаемые Советом обязательны для государств, представители которых вошли в состав Совета. Членами ЕАСС являются руководители национальных органов по С, М и С (12 государств).

Основной рабочий орган ЕАСС – бюро стандартов, метрологии и сертификации (г. Минск). Заседания проводятся поочередно в государствах – участниках Соглашения. В результате деятельности ЕАСС сохранены фонды НД СССР и эталонная база (25 тыс. государственных, 35 классификаторов ТЭИ, 140 метрологических эталонов единиц физических величин).

Рабочими органами ЕАСС являются межгосударственные технические комитеты по стандартизации (МТК). Действует свыше 200 МТК.

Заседания ЕАСС проходят 2 раза в год.

В качестве проекта ГОСТа национальный орган по стандартизации какого-либо государства может предложить действующий национальный стандарт государства – участника Соглашения. Так, значительную долю принятых ГОСТов в последнее время составляют государственные стандарты России – ГОСТ Р (около 70%).

Отдавая должное большой работе, проводимой Советом в рамках СНГ, Международная организация по стандартизации – ИСО признала ЕАСС в качестве региональной организации по стандартизации.

ЛЕКЦИЯ 9

Правовые основы стандартизации

? Вопросы

1. Правовые аспекты построения и содержания национальной системы стандартизации.
2. Концепция национальной системы стандартизации.
3. Организационно-методические основы стандартизации.

Для усиления роли национальной стандартизации в техническом прогрессе, повышения качества продукции и экономичности ее производства в России была разработана и введена в действие Государственная система стандартизации (ГСС), которая начала формироваться после распада СССР, с 1992 г., и постоянно совершенствуется.

ГСС представляет собой комплекс взаимосвязанных правил и положений, структуру органов и служб стандартизации с определенными правами и обязанностями этих служб, организацию и методику проведения работ по стандартизации, порядок разработки, оформления, согласования, утверждения внедрения стандартов и другой нормативно-технической документации, а также порядок контроля за их внедрением и соблюдением.

Главная цель Национальной системы стандартизации – с помощью стандартизации содействовать обеспечению динамичного и пропорционального развития всех отраслей промышленности и услуг.

1. Правовые аспекты построения и содержания национальной системы стандартизации

Законодательную и нормативно-правовую основу проведения работ в области стандартизации и связанных с ней областей деятельности (метрология, сертификация) с 1993 г. составляли Законы Российской Федерации:

- «О защите прав потребителей»;
- «О стандартизации»;
- «О сертификации продукции и услуг»;
- «Об обеспечении единства измерений».

В конце 2002 г. принят принципиально новый стратегический Федеральный закон «О техническом регулировании», который регулирует отношения, возникающие при разработке, принятии, применении и исполнении обязательных и на добровольной основе требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации, выполнению работ и оказанию услуг, а также при оценки соответствия (технические регламенты и стандарты должны обеспечить практическое выполнение законодательных актов).

С введением данного закона Законы «О стандартизации» и «О сертификации продукции и услуг» утратили силу с 1 июля 2003 года (со дня введения Закона «О техническом регулировании»).

Введение Закона «О техническом регулировании» направлено на реформирование системы технического регулирования, стандартизации и обеспечения качества и вызвано развитием рыночных отношений в обществе.

Техническое регулирование будет осуществляться в соответствии с принципами:

- применение единых правил установления требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ по или оказанию услуг;
- соответствие технического регулирования уровню развития национальной экономики, развитию материально-технической базы, а также уровню научно-технического развития;
- независимость органов по аккредитации, органов по сертификации от производителей, продавцов, исполнителей и приобретателей;
- единая система и правила аккредитации;

- единство правил и методов исследований, испытаний и измерений проведения процедур обязательной оценки соответствия;
- единства применения требований технических регламентов независимо от видов или особенностей сделок;
- недопустимость ограничения конкуренции при осуществлении аккредитации и сертификации;
- недопустимость совмещения полномочий органов государственного контроля (надзора) и органов по сертификации;
- недопустимость совмещения одним органом полномочий на аккредитацию и сертификацию;
- недопустимость внебюджетного финансирования государственного контроля (надзора) за соблюдением технических регламентов.

Одна из главных идей закона заключается в том, что обязательные требования, содержащиеся сегодня в нормативных актах, в том числе и государственных стандартах, вносятся в область технического законодательства – в федеральные законы (технические регламенты).

Создается двухуровневая структура нормативных и нормативно-правовых документов: **технический регламент**, содержащий обязательные требования, и **стандарты**, содержащие гармонизированные с техническим регламентом добровольные нормы и правила.

Таким образом, вводится новый нормативно-правовой документ – **технический регламент**, который будет приниматься как Федеральный закон или Постановлением Правительства РФ, а в исключительных случаях Указом Президента.

Разработанная программа реформирования системы стандартизации в России рассчитана на 7 лет до 2010 г., за это время необходимо разработать, по разным оценкам, 450–600 технических регламентов, вынести из существующих стандартов обязательные требования, пересмотреть санитарные правила и нормы (СанПин), строительные нормы и правила (СНиП), которые по своей сути уже являются техническими регламентами.

Введение Закона РФ «О техническом регулировании» в полной мере отражает то, что происходит сегодня в мире в области развития экономики, он направлен на устранение технических барьеров в торговле, создает условия для вступления России во Всемирную торговую организацию (ВТО).

2. Концепция Национальной системы стандартизации

В 1998 г. в связи с подготовкой вступления России в ВТО принята Концепция национальной системы стандартизации. Новая концепция определила приоритетные направления и объекты стандартизации, в ней подчеркивается, что цели стандартизации, установленные в РФ, полностью соответствуют целям международной и зарубежных систем стандартизации.

В Концепции национальной системы стандартизации определено, что исходными предпосылками развития и совершенствования стандартизации в РФ в настоящее время являются:

- ориентация развития экономики на рыночные отношения;
- интеграция экономики России с европейской и мировой экономиками, проведение практических мероприятий по обеспечению вступления России в ВТО;
- партнерство в рамках СНГ;
- снижение импортозависимости отечественного рынка и повышение конкурентоспособности российских товаров и услуг;
- опережающий характер интеграции в науке и технике по отношению к торгово-экономической интеграции; выявление областей науки и техники, где стандартизация должна носить опережающий характер.

Стандарты должны устанавливать требования по всем стадиям жизненного цикла продукции от разработки до утилизации, что и отражено в новом Законе «О техническом регулировании», и применяться всеми участниками этих процессов.

Важной задачей является гармонизация отечественных стандартов с международными стандартами, переход на добровольный характер применения стандартов.

Из Концепции следует, что основными работами по стандартизации на современном этапе являются:

- установление приоритетных направлений и объектов стандартизации;
- совершенствование законодательных основ стандартизации;
- оптимизация состава и структуры фонда стандартов;
- обеспечение качества продукции с целью защиты прав потребителей;
- разработка текущего и перспективного планирования;
- реформирование системы управляющих и исполнительных органов по стандартизации;
- внедрение современных информационных технологий; классификация и кодирование технико-экономической и социальной информации.

Совершенствование контроля и надзора должно базироваться на совокупности основополагающих принципов, присущих отечественной и зарубежной практике в этой области деятельности.

3. Организационно-методические основы стандартизации

Основные вопросы организации и практической деятельности в области стандартизации в России регламентированы в следующих основополагающих документах комплекса Государственной системы стандартизации РФ (ГСС):

ГОСТ Р 1.0-92 «ГСС РФ. Основные положения» – стандарт определяет цели и задачи стандартизации, основные принципы и организацию работ по стандартизации в РФ, категории нормативных документов по стандартизации, виды стандартов, основные положения и по международному сотрудничеству в области стандартизации, по применению стандартов и технических условий, по государственному надзору за соблюдением стандартов.

ГОСТ Р 1.2-92 «ГСС РФ. Порядок разработки государственных (национальных) стандартов» – стандарт устанавливает требования к разработке, согласованию, утверждению, государственной регистрации, изданию, обновлению (изменению, пересмотру) и отмене государственных стандартов РФ.

ГОСТ Р 1.4-93 «ГСС РФ. Стандарты отраслей, стандарты предприятий, стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений (стандарты организаций). Общие положения» – стандарт устанавливает общие положения по разработке, принятию, учетной регистрации, изданию, применению, контролю за соблюдением обязательных требований, изменению и отмене стандартов отраслей, а также объекты стандартизации и общие правила разработки и применения стандартов предприятий, научно-технических и инженерных обществ и других общественных объединений.

ГОСТ Р 1.5-2002 «ГСС РФ. Стандарты. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению» – стандарт устанавливает требования к стандартам, действующих только на федеральном уровне, а в отношении стандартов разрабатываемых на более низких уровнях, было признано целесообразным регламентировать общие правила только в части обозначения стандартов. Остальные положения ГОСТ Р 1.5-2002 могут быть самостоятельно выбраны и применены при разработке этих стандартов. Таким образом, это универсальный стандарт, который может быть использован в России при разработке стандартов разного уровня стандартизации.

ГОСТ Р 1.8-2002 «ГСС РФ. Стандарты межгосударственные. Правила разработки, применения, обновления и прекращения применения в части работ, осуществляемых в РФ» – стандарт устанавливает порядок разработки проектов межгосударственных стандартов, ведение секретариатов, порядок рассмотрения в РФ проектов межгосударственных стандартов, порядок принятия таких стандартов, внесение изменений в действующие межгосударственные стандарты, а также порядок прекращения их применения в РФ.

ГОСТ Р 1.9-95 «ГСС РФ. Порядок маркирования продукции и услуг знаком соответствия государственным стандартам» – стандарт устанавливает общие требования к этой процедуре, а также порядок выдачи лицензий на маркирование продукции и услуг этим знаком.

ГОСТ Р 1.10-95 «ГСС РФ. Порядок разработки, принятия, регистрации правил и рекомендаций по стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации и информации о них» – стандарт устанавливает требования к разработке, согласованию, принятию, регистрации, изданию, обеспечению, изменению и отмене правил и рекомендаций по стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации, к информации о правилах и рекомендациях, а также требования к их изложению и содержанию.

ГОСТ Р 1.11-99 «ГСС РФ. Метрологическая экспертиза проектов государственных стандартов».

ГОСТ Р 1.12-99 «ГСС РФ. Стандартизация и смежные области деятельности. Термины и определения».

ПР 50.1.002-94 Правила по стандартизации «Порядок представления в Госстандарт России (Росстандарт) информации о принятых стандартах отраслей, стандартах научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений (стандарты организаций)».

ПР 50.1.008-95 Правила по стандартизации «Организация и проведение работ по международной стандартизации в РФ».

ПР 50.74-94 Правила по стандартизации «Подготовка проектов государственных (национальных) стандартов РФ и проектов изменений к ним для принятия, государственной регистрации и издания».

ПР 50-718-99 Правила по стандартизации «Правила заполнения и представления каталожных листов продукции».

ПР 50-734-93 Правила по стандартизации «Порядок разработки общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации».

ЛЕКЦИЯ 10

Допуски и посадки

? Вопросы

1. Основные понятия и определения.
2. Допуск размера. Поле допуска.
3. Типы посадок и их характеристики.

1. Основные понятия и определения

Взаимозаменяемость – свойство независимо изготовленных деталей и сборочных единиц обеспечивать сборку изделий при изготовлении или замену одноименных деталей и сборочных единиц при ремонте без применения подбора, пригонки или регулировки; при этом должно быть обеспечено соответствие готового изделия предъявляемым к нему требованиям по всем показателям качества. Взаимозаменяемость, соответствующую этому определению, называют полной. Полная взаимозаменяемость возможна при условии, когда размеры, форма, механические, электрические и другие характеристики деталей и сборочных единиц удовлетворяют заданным техническим требованиям. Полную взаимозаменяемость экономически целесообразно применять для деталей, изготовленных с допусками не точнее 6-го качества, и в сборочных единицах, имеющих не более четырех сопрягаемых размеров. Взаимозаменяемость как принцип конструирования и производства изделий включает в себя свойства собираемости изделий и выполнения ими своих функций по назначению. Взаимозаменяемость деталей и сборочных единиц достигается изготовлением их элементов по всем геометрическим и физико-химическим параметрам в определенных заранее нормируемых пределах – допусках [19].

Принцип взаимозаменяемости, реализованный еще в XVII в. на тульских оружейных заводах, получил в дальнейшем большое развитие и в настоящее время широко используется во всех отраслях промышленности. Использование принципов взаимозаменяемости на всех этапах жизненного цикла изделий определено рядом достоинств [19]:

- существенным сокращением трудоемкости и четким нормированием сборочных процессов;

- возможностью широкого применения специализации и кооперирования производств;
- возможностью широкой автоматизации процессов изготовления и сборки, организации современных автоматизированных массовых производств на основе прогрессивных методов технологии;
- возможностью организации быстрого, дешевого и легкого ремонта изделий.

Реализация свойств взаимозаменяемости требует, как правило, повышенной точности геометрических параметров деталей [19].

Наряду с использованием метода полной взаимозаменяемости находят применение методы неполной взаимозаменяемости, основанные на вероятностных расчетах; групповой взаимозаменяемости, основанные на предварительной сортировке деталей по группам; регулирования с помощью конструктивных компенсаторов, а также методы непосредственного подбора или пригонки деталей «по месту». Различают внешнюю и внутреннюю взаимозаменяемость.

Принцип внешней взаимозаменяемости относится к покупным и кооперируемым изделиям и сборочным единицам. Признаками внешней взаимозаменяемости являются эксплуатационные показатели, размеры и форма присоединительных поверхностей, например в электродвигателе – частота вращения вала и мощность, а также размеры присоединительных поверхностей; в подшипниках качения – наружный диаметр наружного кольца и внутренний диаметр внутреннего кольца и точность вращения [19].

Внутренняя взаимозаменяемость распространяется на детали, сборочные единицы и механизмы, входящие в изделие [19].

Понятия «вал» и «отверстие»

Конструктивно любая деталь состоит из элементов (поверхностей) различной геометрической формы, часть из которых взаимодействует (образует посадку-сопряжения) с поверхностями других деталей, а остальная часть элементов является свободной (несопрягаемой) (рис. 8). В терминологии по допускам и посадкам. размеры всех элементов деталей независимо от их формы условно делят на три группы: размеры валов, размеры отверстий и размеры, не относящиеся к валам и отверстиям [19].

Вал – термин, условно применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы, и соответственно сопрягаемых размеров [19].

Отверстие – термин, условно применяемый для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей, включая нецилиндрические элементы, и соответственно сопрягаемых размеров [19].

Для сопрягаемых элементов деталей на основе анализа рабочих и сборочных чертежей, а при необходимости и образцов изделий, устанавливают охватывающие и охватываемые поверхности сопряженных деталей и, таким образом, принадлежность поверхностей сопряжений к группам «вал» и «отверстие» [19].

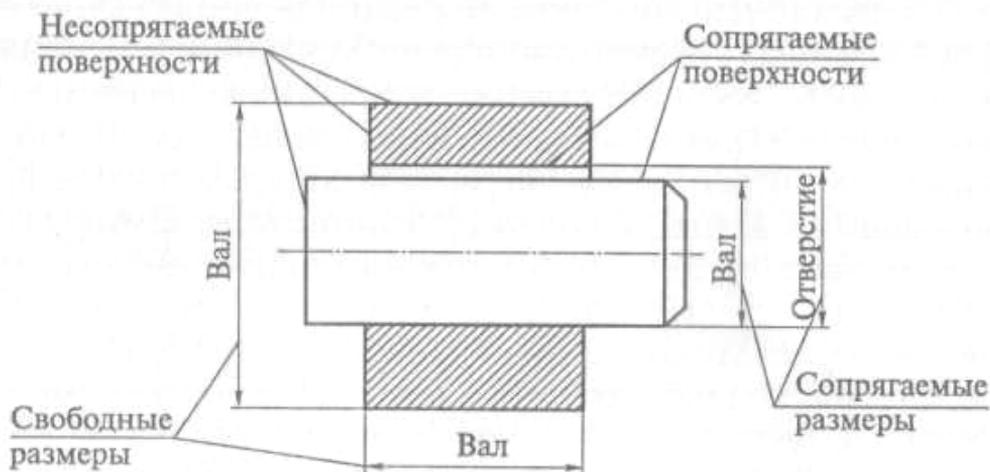


Рис. 8. Сопряжение вала и отверстия

Для несопрягаемых элементов деталей установление вал это или отверстие выполняют с помощью технологического принципа, состоящего в том, что если при обработке от базовой поверхности размер элемента увеличивается, то это отверстие, а если размер элемента уменьшается, то это вал [19].

Состав группы размеров и элементов деталей, не относящихся ни к валам, ни к отверстиям, сравнительно невелик (например, фаски, радиусы скруглений, галтели, выступы, впадины, расстояния между осями и др.) [19].

Терминология по размерам

Различают номинальный, действительный и предельные размеры.

Номинальный размер – размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит началом отсчета отклонений. Номинальный размер, общий для отверстия и вала, образующих соединение, называется номинальным размером соединения. Номинальный размер определяется на стадии разработки изделия исходя из функционального назначения деталей путем выполнения кинематических, динамических и прочностных расчетов с учетом конструктивных, технологических, эстетических и других условий. Полученный таким образом номинальный размер должен быть округлен до значений, установленных ГОСТ 6636–69 «Нормальные линейные размеры». Стандартом в диапазоне от 0,001 до 20 000 мм предусмотрено четыре основных ряда размеров: $Ra\ 5$, $Ra\ 10$, $Ra\ 20$, $Ra\ 40$, а также один дополнительный ряд $Ra\ 80$. В каждом ряду размеры изменяются по геометрической прогрессии со следующими значениями знаменателей соответственно рядам:

$$\sqrt[5]{10} \approx 1,6; \sqrt[10]{10} \approx 1,12; \sqrt[20]{10} \approx 1,25; \sqrt[40]{10} \approx 1,06; \sqrt[80]{10} \approx 1,03.$$

В каждом десятичном интервале для каждого ряда содержится соответственно номеру ряда 5; 10; 20; 40 и 80 чисел. При установлении номинальных размеров предпочтение должно отдаваться рядам с более крупной градацией, например ряд $Ra\ 5$ следует предпочесть ряду $Ra\ 10$, ряд $Ra\ 10$ – ряду $Ra\ 20$ и т.д. Ряды нормальных линейных размеров построены на базе рядов предпочтительных чисел (ГОСТ 8032–84) с некоторым округлением [19].

Стандарт на нормальные линейные размеры имеет большое экономическое значение, состоящее в том, что при сокращении числа номинальных размеров сокращается потребная номенклатура мерных режущих и измерительных инструментов (сверла, зенкеры, развертки, протяжки, калибры), штампов, приспособлений и другой технологической оснастки. При этом создаются условия для организации централизованного изготовления названных инструментов и оснастки на специализированных машиностроительных заводах [19].

Стандарт не распространяется на технологические межоперационные размеры и на размеры, связанные расчетными зависимостями с другими принятыми размерами или размерами стандартных комплектующих изделий [19].

Действительный размер – размер, установленный измерением с помощью средства измерений с допускаемой погрешностью измерения.

Под погрешностью измерения понимается отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины, которое определяется как алгебраическая разность этих величин. За истинное значение измеряемой величины принимается математическое ожидание многократных измерений [19].

Величина допускаемой погрешности измерения, по которой выбирается необходимое средство измерения, регламентируется ГОСТ 8.051–81 в зависимости от точности изготовления измеряемого элемента детали, заданной в чертеже [19].

Предельные размеры – два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер. Больший из двух предельных размеров называется *наибольшим предельным размером*, а меньший – *наименьшим предельным размером*. Для предельного размера, который соответствует максимальному количеству остающегося на детали материала (верхний предел для вала и нижний – для отверстия), предусмотрен термин *проходной предел*; для предельного размера, соответствующего минимуму остающегося материала (нижний предел для вала и верхний – для отверстия), – *непроходной предел*. Принято обозначать номинальный, действительный и предельные размеры соответственно: для отверстий – D, D_d, D_{max}, D_{min} ; для валов – d, d_d, d_{max}, d_{min} . Сравнивая действительный размер с предельными, можно судить о годности элемента детали. Условиями годности являются соотношения: для отверстий $D_{min} < D_d < D_{max}$; для валов $d_{min} < d_d < d_{max}$. Предельные размеры определяют характер соединения деталей и их допустимую неточность изготовления; при этом предельные размеры могут быть больше или меньше номинального размера или совпадать с ним [19].

Чтобы гарантировать в достижимой степени выполнение функциональных требований системы допусков и посадок, дано специальное толкование предельных

размеров, которые на предписанной длине должны отвечать следующим требованиям [19].

Для отверстий диаметр наибольшего правильного цилиндра, который может быть вписан в отверстие так, чтобы обеспечивался плотный контакт с наиболее выступающими точками поверхности (размер сопрягаемой детали идеальной геометрической формы, прилегающей к отверстию без зазора), не должен быть меньше, чем проходной предел [19].

Наибольший диаметр в любом месте отверстия не должен превышать непроходного предела. Для валов диаметр наименьшего правильного цилиндра, который может быть описан вокруг вала так, чтобы обеспечивался плотный контакт с наиболее выступающими точками поверхности (размер сопрягаемой детали идеальной геометрической формы, прилегающей к валу без зазора), не должен быть больше, чем проходной предел. Минимальный диаметр в любом месте вала не должен быть меньше, чем непроходной предел [19].

В ГОСТ 25346–89 даны специальные указания, что понимают под термином «пределный размер», называя это интерпретацией предельных размеров [19].

Размер, соответствующий пределу максимума материала (наибольший предельный размер вала и наименьший предельный размер отверстия), должен приниматься за размер элемента правильной соответствующей формы, который должен быть наибольшим прилегающим для отверстия и наименьшим прилегающим для вала. Размер, соответствующий пределу минимума материала (наименьший предельный размер вала и наибольший предельный размер отверстия), должен определяться при двухточечной схеме измерения. Из полученных результатов выбирают наибольшие для отверстий и наименьшие для валов [19].

Для упрощения простановки размеров на чертежах вместо предельных размеров проставляют предельные отклонения: *верхнее отклонение* – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами; *нижнее отклонение* – алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным **размерами** [19].

Верхнее отклонение обозначается *ES* (Ecart Superieur) для отверстий и *es* – для валов; нижнее отклонение обозначается *EI* (Ecart Interieur) для отверстий и *ei* – для валов.

Согласно определениям:

для отверстий

$$ES = D_{max} - D; EI = D_{min} - D;$$

для валов $es = d_{max} - d; ei = d_{min} - d$

Предельные отклонения могут иметь положительные и отрицательные значения [19].

2. Допуск размера. Поле допуска

Допуском размера называется разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями. Допуск обозначается *IT* (International Tolerance) или T_D – допуск отверстия и T_d – допуск вала [19].

Согласно определению:

допуск отверстия $TD = D_{\max} - D_{\min}$;

допуск вала $Td = d_{\max} - d_{\min}$.

Допуск размера всегда положительная величина. Допуск размера выражает разброс действительных размеров в пределах от наибольшего до наименьшего предельных размеров, физически определяет величину официально разрешенной погрешности действительного размера элемента детали в процессе его изготовления [19].

Поле допуска – это поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Поле допуска определяется величиной допуска и его положением относительно номинального размера. При одном и том же допуске для одного и того же номинального размера могут быть разные поля допусков [19].

Для графического изображения полей допусков, позволяющего понять соотношения номинального и предельных размеров, предельных отклонений и допуска, введено понятие нулевой линии [19].

Нулевой линией называется линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются предельные отклонения размеров при графическом изображении полей допусков. Если нулевая линия расположена горизонтально, то в условном масштабе положительные отклонения откладываются вверх, а отрицательные – вниз от нее (рис. 9 и 10). Если нулевая линия расположена вертикально, то положительные отклонения откладываются справа от нулевой линии [19].



Рис. 9. Схема расположения полей допусков отверстий

Поля допусков отверстий и валов могут занимать различное расположение относительно нулевой линии, что необходимо для образования различных посадок [19].

Различают начало и конец поля допуска. Началом поля допуска является граница, соответствующая наибольшему объему детали и позволяющая отличить годные детали от исправимых негодных. Концом поля допуска является граница, соответствующая наименьшему объему детали и позволяющая отличить годные детали от неисправимых негодных [19].

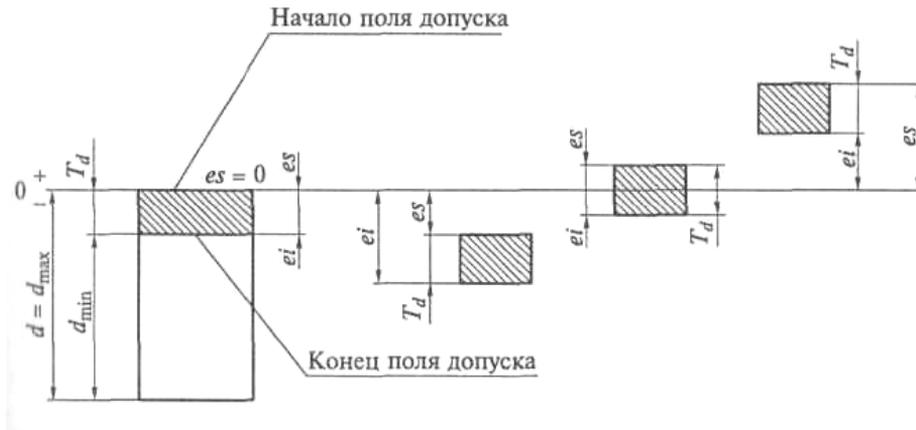


Рис. 10. Схема расположения полей допусков валов

Для отверстий начало поля допуска определяется линией, соответствующей нижнему отклонению, конец поля допуска – линией, соответствующей верхнему отклонению. Для валов начало поля допуска определяется линией, соответствующей верхнему отклонению, конец поля допуска – линией, соответствующей нижнему отклонению [19].

4. Типы посадок и их характеристики

Посадкой называется характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Посадка характеризует свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению [19].

Различают три типа посадок: с зазором, с натягом и переходные посадки [19].

Посадки с зазором. *Посадкой с зазором* называется посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении (поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала) [19] (рис. 11).

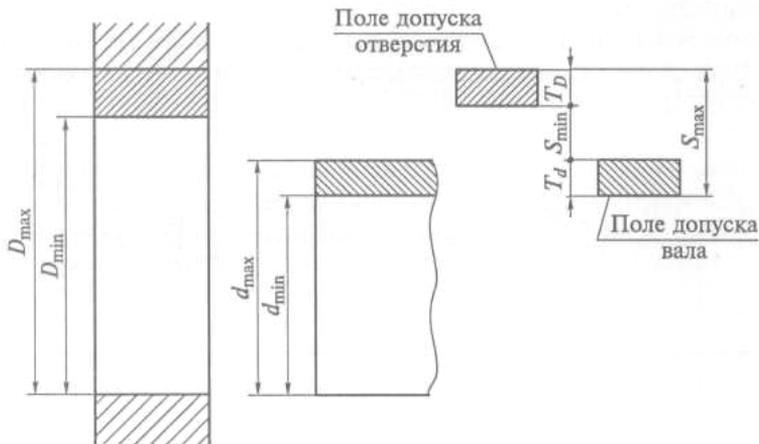


Рис. 11. Схемы расположения полей допусков при посадках с зазором

Зазор S – положительная разность размеров отверстия и вала. Зазор обеспечивает возможность относительного перемещения сопряженных деталей [19].

Основными характеристиками посадки с зазором являются [19]:

наименьший зазор $S_{min} = D_{min} - d_{max}$;

наибольший зазор $S_{max} = D_{max} - d_{min}$;

$$S_m = \frac{S_{max} + S_{min}}{2}$$

средний зазор $S_m =$

действительный зазор $S_{дл} = D_{дл} - d_{дл}$;

допуск зазора $T_s = S_{max} - S_{min} = (D_{max} - d_{min}) - (D_{min} - d_{max}) =$
 $= (D_{max} - D_{min}) + (d_{max} - d_{min}) = T_D + T_d$.

Посадки с натягом. *Посадкой с натягом* называется посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении (поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала) [19] (рис. 12).

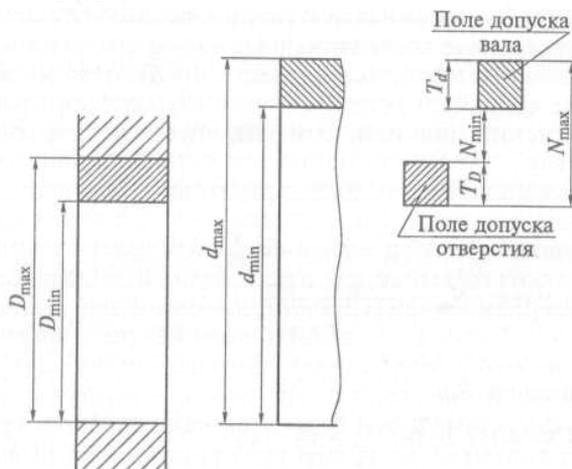


Рис. 12. Схемы расположения полей допусков при посадках с натягом

Натяг N – положительная разность размеров вала и отверстия до сборки. Натяг обеспечивает взаимную неподвижность деталей после их сборки.

Основными характеристиками посадки с натягом являются [19]:

наибольший натяг $N_{max} = d_{max} - D_{min}$;

наименьший натяг $N_{min} = d_{min} - D_{max}$;

$$\frac{N_{max} + N_{min}}{2};$$

средний натяг $N_m =$

действительный натяг $N_d = d_d - D_d$;

допуск натяга $T_N = N_{max} - N_{min} = (d_{max} - D_{min}) - (d_{min} - D_{max}) =$

$= (d_{max} - d_{min}) + (D_{max} - D_{min}) = T_d + T_D$.

Переходные посадки. *Переходной посадкой* называется посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью) [19] (рис. 13).

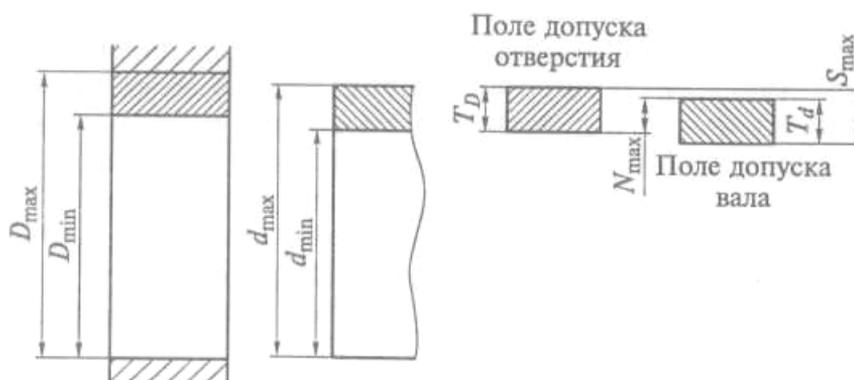


Рис. 13. Схемы расположения полей допусков при переходных посадках

Переходные посадки используют для неподвижных соединений в тех случаях, когда при эксплуатации необходимо проводить разборку и сборку, а также когда к центрированию деталей предъявляются повышенные требования [19].

Переходные посадки, как правило, требуют дополнительного закрепления сопрягаемых деталей, чтобы гарантировать неподвижность соединений (шпонки, штифты, шплинты и другие крепежные средства) [19].

Основными характеристиками переходных посадок являются [19]:

наибольший натяг $N_{max} = d_{max} - D_{min}$;

наибольший зазор $S_{max} = D_{max} - d_{min} = -N_{min}$;

$$\frac{N_{max} - S_{max}}{2};$$

средний натяг $N_m =$

или

$$\frac{S_{max} - N_{max}}{2};$$

средний зазор $S_m =$

действительный натяг $N_d = d_d - D_d$

или

действительный зазор $S_d = D_d - d_d$;

допуск посадки (натяга) $T_N = N_{max} + S_{max} = (d_{max} - D_{min}) + (D_{max} - d_{min}) = (d_{max} - d_{min}) + (D_{max} - D_{min}) = T_d + T_D$.

ЛЕКЦИЯ 11

Единая система допусков и посадок

? Вопросы

1. Общие положения.
2. Закономерности построения допусков.
3. Системы допусков и посадок.
4. Основные отклонения, их ряды в ЕСДП.
5. Образование полей допусков и посадок.
6. Обозначение предельных отклонений размеров на чертежах деталей.
7. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками.

1. Общие положения

В настоящее время в международной практике действуют различные системы допусков и посадок гладких соединений. Наиболее известна среди них международная система ИСО (Международной организации по стандартизации).

Международная система ИСО базируется на международном опыте, отражает новейшие достижения науки и техники и является весьма перспективной. В разработке системы ИСО, со дня ее основания в 1926 г. под названием ИСА, принимают активное участие отечественные специалисты. С образованием в 1949 г. Совета Экономической Взаимопомощи социалистических стран (СЭВ) начались работы по созданию единых норм взаимозаменяемости. В основу этих норм комиссией по стандартизации СЭВ были положены разработки ИСО [19].

По планам разработчиков в Единую систему допусков и посадок (ЕСДП) входили допуски и посадки как гладких, так и других видов соединений. В окончательной редакции наименование ЕСДП сохранено лишь за системой допусков и посадок для гладких соединений, а допуски и посадки типовых соединений объединены общим наименованием «Основные нормы взаимозаменяемости» (ОНВ) [19].

В России введение стандартов ЕСДП и ОНВ осуществлено через государственные стандарты (ГОСТ) [19].

Системой допусков и посадок называют совокупность допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов. Система предназначена для выбора минимально необходимых, но достаточных для практики вариантов допусков и посадок типовых соединений деталей машин. Оптимальные градации допусков и посадок являются основой стандартизации режущих инструментов и измерительных

средств, обеспечивают достижение взаимозаменяемости изделий и их составных частей, обуславливают повышение качества продукции [19].

ЕСДП гладких соединений изложена в стандартах: ГОСТ 25346-89; ГОСТ 25347-82; ГОСТ 25348-82; ГОСТ 25349-82; ГОСТ 25670-83; ГОСТ 26179-84.

Для всех размеров допуски и предельные отклонения установлены при температуре +20 °С [19].

2. Закономерности построения допусков

Основная закономерность построения допусков размеров $IT(T)$, мкм, имеет вид

$$IT(T) = Ki \quad (23)$$

где K – число единиц допуска; коэффициент, характеризующий квалитет; i – единица допуска, мкм.

Квалитет – это совокупность (ряд) допусков для всех номинальных размеров, соответствующих одной степени точности. Квалитеты установлены для нормирования требуемых точностей изготовления размеров деталей изделий различного назначения [19].

Допуск, характеризующий точность, в пределах одного квалитета зависит только от номинального размера, входящего в единицу допуска i .

В ЕСДП предусмотрено 20 квалитетов, которые обозначают арабскими цифрами (01; 0; 1; 2; ...; 18). С увеличением номера квалитета точность понижается (допуск увеличивается).

Допуск по квалитету обозначается буквами IT с указанием рядом номера квалитета, например $IT8$ – допуск по 8-му квалитету.

Область применения квалитетов [19]:

- квалитеты от 01-го до 4-го используют при изготовлении концевых мер длины, калибров и контркалибров, деталей измерительных средств и других высокоточных изделий;
- квалитеты от 5-го до 12-го применяют при изготовлении деталей, преимущественно образующих сопряжения с другими деталями различного типа;
- квалитеты от 13-го до 18-го используют для параметров деталей, не образующих сопряжений и не оказывающих определяющего влияния на работоспособность изделий.

Основная закономерность (23) построения рядов допусков действует, начиная со 2-го квалитета.

Число единиц допуска (K) для соответствующих квалитетов

Квалитет...	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18
K ...	2,7	3,7	5	7	10	16	25	40	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

Для квалитетов от 6-го и грубее значения K образуют геометрическую прогрессию со знаменателем $\phi = 1,6$. Это значит, что при переходе квалитета к следующему, более грубому, допуски для одного и того же номинального размера увеличиваются на 60 % [19].

С 6-го квалитета через каждые пять квалитетов допуски увеличиваются в 10 раз.

Для высокоточных квалитетов с 01-го по 1-й установлены следующие закономерности построения допусков:

$$IT01 = 0,3 + 0,008 D;$$

$$IT0 = 0,5 + 0,012 D;$$

$$IT1 = 0,8 + 0,020 D$$

где D – средний геометрический диаметр интервала номинальных размеров, в который входит рассматриваемый номинальный диаметр, мм; IT - допуски, мкм [19].

Единица допуска функционально связана с номинальным размером $i = f(D)$ и является масштабом для измерения допуска в закономерности (23).

Для диапазона размеров свыше 1 до 500 мм единица допуска i , мкм, находится из формулы

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001D. \quad (24)$$

Интервалы подразделяются на основные и промежуточные. Диапазон размеров до 500 мм разбит на 13 основных интервалов:

свыше 1 до 3 мм;	свыше 30 до 50 мм;	свыше 250 до 315 мм;
свыше 3 до 6 мм;	свыше 50 до 80 мм;	свыше 315 до 400 мм;
свыше 6 до 10 мм;	свыше 80 до 120 мм;	свыше 400 до 500 мм.
свыше 10 до 18 мм;	свыше 120 до 180 мм;	
свыше 18 до 30 мм;	свыше 180 до 250 мм;	

Промежуточные интервалы введены для номинальных размеров свыше 10 мм и делят каждый основной интервал на две, а в некоторых случаях – на три части [19].

Разбивка диапазона на интервалы номинальных размеров имеет большое технико-экономическое значение, поскольку примерно на порядок сокращает число единиц допуска, а следовательно, и допусков по сравнению с тем, если бы допуски рассчитывались для каждого номинального размера, а не для среднего геометрического диаметра интервала, где D_{max} и D_{min} – соответственно наибольший и наименьший размеры интервала, мм [19].

Например, для интервала свыше 50 до 80 мм средний геометрический размер D

$$= \sqrt[3]{50 \cdot 80} = 63,25 \text{ мм, а единица допуска } i = \sqrt[3]{\sqrt{63,25} + 0,001\sqrt{63,25}} = 1,86$$

мкм, которая принимается в расчет допуска по закономерности (23) для всех номинальных размеров, входящих в интервал. Для первого интервала (до 3 мм) принято

$$D = \sqrt[3]{3}$$

Введение интервалов позволило сократить объем нормативно-технической документации и материально-технического обеспечения в контрольно-измерительном и инструментальном подразделениях производств. Как видно из формулы (24), изменение номинального размера в пределах от D_{max} до D_{min} не оказывает существенного влияния на величину i , если расчет проводится для каждого номинального размера [19].

Учитывая взаимосвязь допусков на размеры детали, калибров и контркалибров, а также специальной оснастки и рабочих инструментов, важно обратить внимание на слово «свыше» в определении интервалов. Так, например, номинальный размер 30 мм должен входить в интервал свыше 18 до 30 мм, а не в интервал свыше 30 до 50 мм. Неправильный выбор интервала размеров для определения допуска является грубой ошибкой [19].

Для диапазона размеров свыше 500 до 10 000 мм единица допуска, мкм:

$$i = 0,004D + 2,1.$$

Для рассматриваемого диапазона номинальных размеров установлено так же, как и в диапазоне до 500 мм, 13 основных интервалов:

свыше 500 до 630 мм;	свыше 2 500 до 3 150 мм;
свыше 630 до 800 мм;	свыше 3 150 до 4000 мм;
свыше 800 до 1 000 мм;	свыше 4 000 до 5 000 мм;
свыше 1 000 до 1 250 мм;	свыше 5 000 до 6 300 мм;
свыше 1 250 до 1 600 мм;	свыше 6 300 до 8 000 мм;
свыше 1 600 до 2 000 мм;	свыше 8 000 до 10 000 мм
свыше 2 000 до 2 500 мм;	

3. Системы допусков и посадок

С учетом опыта использования и требований национальных систем допусков ЕСДП состоит из двух равноправных систем допусков и посадок: системы отверстия и системы вала.

Выделение названных систем допусков и посадок вызвано различием в способах образования посадок [19].

Система отверстия – система допусков и посадок при которой предельные размеры отверстия для всех посадок для данного номинального размера d_H сопряжения и качества остаются постоянными, а требуемые посадки достигаются за счет изменения предельных размеров вала (рис. 14, а).

Система вала – система допусков и посадок, при которой предельные размеры вала для всех посадок для данного номинального размера сопряжения и качества остаются постоянными, а требуемые посадки достигаются за счет изменения предельных размеров отверстия [19] (рис. 14, б).

Система отверстия имеет более широкое применение по сравнению с системой вала, что связано с ее преимуществами технико-экономического характера [19].

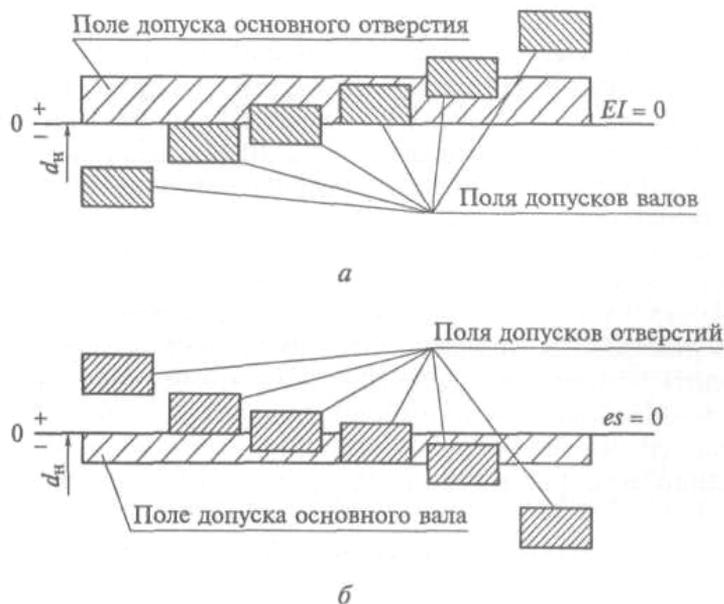


Рис. 14. Посадки в системе отверстия (а), в системе вала (б)

Для обработки отверстий с разными размерами необходимо иметь и разные комплекты режущих инструментов (сверла, зенкера, развертки, протяжки и т. п.), а валы независимо от их размера обрабатывают одним и тем же резцом или шлифовальным кругом [19].

Таким образом, система отверстия требует существенно меньших расходов производства как в процессе экспериментальной обработки сопряжения, так и в условиях массового или крупносерийного производства.

Система вала является предпочтительной по сравнению с системой отверстия, когда валы не требуют дополнительной размерной обработки, а могут пойти в сборку после так называемых заготовительных технологических процессов [19].

Система вала применяется также в случаях, когда система отверстия не позволяет осуществлять требуемые соединения при данных конструктивных решениях.

При выборе системы посадок необходимо учитывать допуски на стандартные детали и составные части изделий: в шариковых и роликовых подшипниках посадки внутреннего кольца на вал осуществляются в системе отверстия, а посадки наружного кольца в корпус изделия – в системе вала [19].

Деталь, размеры которой для всех посадок при неизменных номинальном размере и качестве не меняются, принято называть *основной деталью*.

В соответствии со схемой образования посадок в системе отверстия основной деталью является отверстие, а в системе вала – вал [19].

Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

Таким образом, в системе отверстия неосновными деталями будут валы, в системе вала – отверстия.

Расположение полей допусков основных деталей должно быть постоянным и не зависеть от расположения полей допусков неосновных деталей. В зависимости от расположения поля допуска основной детали относительно номинального размера сопряжения различают предельно асимметричные и симметричные системы допусков [19].

ЕСДП – предельно асимметричная система допусков, при этом допуск задается «в тело» детали, т.е. в плюс – в сторону увеличения размера от номинального для основного отверстия (рис. 14, а) и в минус – в сторону уменьшения размера от номинального для основного вала (рис. 14, б) [19].

Основное отверстие – отверстие в системе отверстия – характеризуется $EI = 0$ и $ES = +T_D$, а основной вал – вал в системе вала – имеет $es = 0$ и $ei = -T_d$.

Предельно асимметричные системы допусков и посадок имеют некоторые экономические преимущества перед симметричными системами, что связано с обеспечением основных деталей предельными калибрами.

Следует также отметить применение в ряде случаев несистемных посадок, т. е. отверстие выполняется в системе вала, а вал – в системе отверстия. В частности, несистемная посадка используется для боковых сторон прямобочного шлицевого соединения [19].

4. Основные отклонения, их ряды в ЕСДП

Основное отклонение – это одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии.

По ЕСДП таким основным отклонением является отклонение, ближайшее к нулевой линии [19].

В ЕСДП с целью образования различных полей допусков и посадок установлены одинаковые для всех квалитетов 28 основных отклонений для валов (обозначаются одной или двумя строчными буквами латинского алфавита от a до zc) и столько же для отверстий (обозначаются прописными буквами от A до ZC) в диапазоне номинальных размеров до 500 мм (рис. 15) и 17 основных отклонений валов и отверстий в диапазоне номинальных размеров свыше 500 до 10 000 мм.

В ГОСТ 25346–89 приведены эмпирические зависимости для определения основных отклонений валов, построенные на основе обработки большого количества опытно-статистических данных по применению посадок в различных отраслях промышленности развитых стран [19].

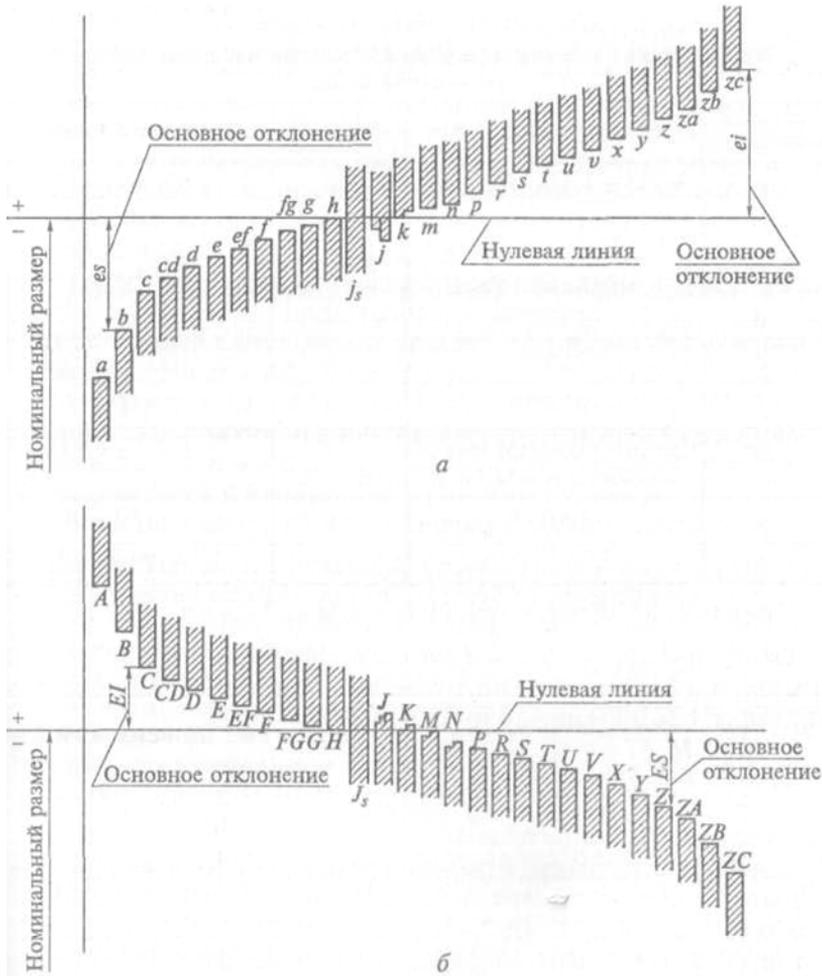


Рис. 15. Основные отклонения для валов (а), для отверстий (б)

Из рисунка 15, а видно, что основные отклонения валов от *a* по *h* являются верхними отклонениями *es*, а от *j* по *zc* – нижними отклонениями *ei*. Основное отклонение *j_s* определяет одинаковые по величине верхнее и нижнее отклонения: $es = +T_d/2$, $ei = -T_d/2$.

Основные отклонения отверстий от *A* по *H* (рис. 15, б) являются нижними отклонениями *EI*, а от *I* по *ZC* – верхними *ES*.

Основные отклонения отверстий *J_s*, как и основные отклонения валов *j_s* имеют $ES = +T_D/2$, $EI = -T_D/2$. Следует обратить особое внимание на основные отклонения вала *h* и отверстия *H*. Основным отклонением *h* вала является верхнее отклонение $es = 0$.

Основным отклонением H отверстия является нижнее отклонение $EI = 0$. Вторыми предельными отклонениями полей допусков вала с основным отклонением h будет нижнее отклонение $ei = -T_d$, а для отверстия с основным отклонением H – верхнее отклонение $ES = +T_D$.

Сопоставляя поля допусков отверстия и вала с основными отклонениями H и h и рассмотренными посадками в системах отверстия и вала, нетрудно установить, что отверстия с основными отклонениями H являются основными отверстиями в системе отверстия, а валы с основными отклонениями h – основными валами в системе вала [19].

Основные отклонения валов рассчитываются на основе экспериментальных данных.

Основные отклонения отверстий с размерами до 500 мм определяются по общему и специальному правилам [19].

Общее правило – основное отклонение отверстий должно быть симметрично относительно нулевой линии основному отклонению вала, обозначенному той же буквой:

от A до H : $EI = -es$;

от J до ZC : $ES = -ei$.

Из общего правила для размеров свыше 3 до 500 мм сделаны исключения [19]:

основное отклонение отверстий N равно нулю, начиная с 9-го квалитета;

для отверстий J, K, M, N по 8-й квалитет и от P до ZC по 7-й квалитет включительно основные отклонения рассчитываются по правилу

$$ES = -ei + \Delta,$$

где $\Delta = IT_n - IT_{n-1}$ разность между допуском рассматриваемого квалитета и допуском ближайшего более точного квалитета [19].

Например, для нахождения основного отклонения отверстия для 6-го квалитета $\Delta = IT_6 - IT_5$.

Специальное правило при условии, что в соответствующих посадках (переходных и с натягом) допуск отверстия на один квалитет грубее, чем допуск вала, позволяет получить одинаковые предельные натяги в одноименных посадках системы отверстия и системы вала (например, $H7/p6$ и $P7/h6$). Специальное правило не исключает возможности других сочетаний допусков отверстия и вала в посадке, в том числе одинаковых допусков [19].

5. Образование полей допусков и посадок

Поле допуска образуется сочетанием одного из основных отклонений с допуском по одному из квалитетов, поэтому условное обозначение поля допуска состоит из условного обозначения основного отклонения (буквы) и номера квалитета [19], например:

для валов $h7, d11, k5$ и т.д.;

для отверстий $H6, J_s7, A11$ и т.д.

По основному отклонению и допуску принятого квалитета можно определить второе предельное отклонение.

Если основное отклонение верхнее, то нижнее отклонение:

для вала $ei = es - IT$;

для отверстия $EI = ES - IT$.

Если основное отклонение нижнее, то верхнее отклонение:

для вала $es = ei + IT$;

для отверстия $ES = EI + IT$.

Отклонения ei , es , EI , ES выбирают с учетом знака.

Пример. Определить предельные отклонения для отверстия $\varnothing 20 D 10$. Для отверстия $\varnothing 20 D 10$ по ГОСТ 25346-89 определяют: значение основного отклонения, условно обозначенного буквой D для интервала размеров свыше 18 до 30 мм [19]:

$EI = +0,065$ мм;

значение допуска по 10-му качеству для того же интервала размеров:

$IT10 = 0,084$ мм.

Тогда второе верхнее отклонение

$ES = EI + IT10$; $ES = +0,065 + 0,084 = 0,149$ мм.

Независимость допуска от основного отклонения позволяет образовать значительное число полей допусков валов и отверстий, используемых для посадок. Однако не все возможные поля допусков могут найти применение даже в перспективе, на которую ориентирован стандарт. Одновременное применение на практике всех полей допусков неприемлемо по экономическим соображениям, так как привело бы к чрезмерному усложнению и удорожанию инструментального хозяйства в связи с созданием колоссального числа потребных режущих, измерительных инструментов различных типоразмеров [19].

В ЕСДП для диапазона размеров от 1 до 500 мм применяется отбор полей допусков, которые делятся на основные и дополнительные (ГОСТ 25347-82).

Основные поля допусков включают в себя предпочтительные (имеющие первоочередное применение) и дополнительные.

В отбор включено 81 поле допуска вала и 73 поля допуска отверстий, из них к предпочтительным отнесено 16 полей допусков валов и 10 полей допусков отверстий. Дополнительных полей допусков предусмотрено для валов – 36 и для отверстий – 31.

Предпочтительные поля допусков обеспечиваются режущим инструментом и калибрами по нормальному ряду чисел, а рекомендуемые – только калибрами. Дополнительные поля допусков являются полями ограниченного применения и используются тогда, когда применение основных полей допусков не позволяет выполнить требования, предъявляемые к изделию [19].

В ЕСДП предусмотрены все группы посадок: с зазором, натягом и переходные. Посадки не имеют названий, отражающих конструктивно-технологические или эксплуатационные свойства, а представляются только в условных обозначениях сочетаемых полей допусков отверстия и вала.

Посадки, как правило, применяют в системе отверстия (предпочтительно) или в системе вала [19].

Все посадки в системе отверстия для заданных номинальных размеров сопряжений и их квалитетов образуются полями допусков отверстий с неизменными основными отклонениями H и различными основными отклонениями валов.

Для посадок с зазором в системе отверстия используют поля допусков валов с основными отклонениями от a до h включительно [19].

Для переходных посадок в системе отверстия применяют поля допусков валов с основными отклонениями j, js, k, m, n .

Для посадок с натягом в системе отверстия выбирают поля допусков валов с основными отклонениями от p до zc .

Для посадок в системе вала для заданных номинальных размеров и квалитетов сопряжений используют поля допусков с неизменными основными отклонениями h вала и различными основными отклонениями отверстий [19].

Для посадок с зазором в системе вала выбирают поля допусков отверстий с основными отклонениями от A до H включительно.

Для переходных посадок в системе вала используют поля допусков отверстий с основными отклонениями J, Js, K, M, N [19].

Для посадок с натягом в системе вала используют поля допусков отверстий с основными отклонениями от P до ZC . Примеры схем полей допусков сопряжений деталей, образующих посадки в системах отверстия и вала, приведены на рисунках 16 и 17. Кроме образования посадок в системах отверстия и вала, ЕСДП, как и система ИСО, не исключает возможности осуществлять посадки за счет соединения любого вала с любым отверстием для получения требуемых параметров сопряжения. Таким образом, ЕСДП дает возможность для получения большого числа различных посадок. Техничко-экономические расчеты заставляют проводить отбор посадок для практического применения, используя основной ряд полей допусков [19].

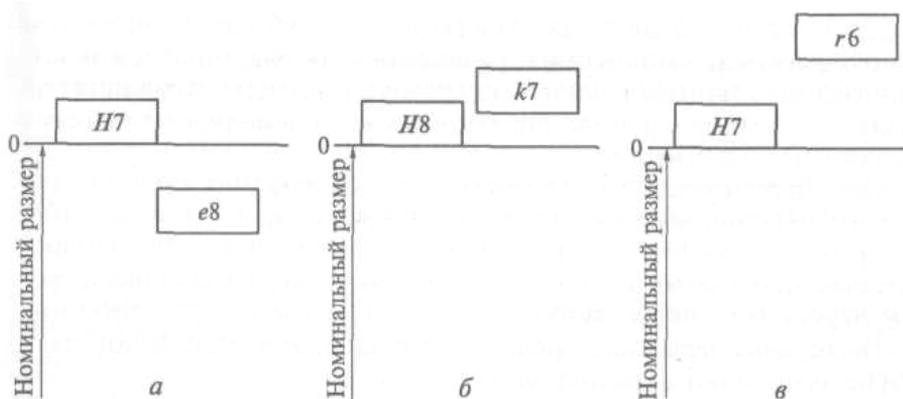


Рис. 16. Примеры схем полей допусков и посадок с зазором (а), переходных (б) и с натягом (в) в системе отверстия

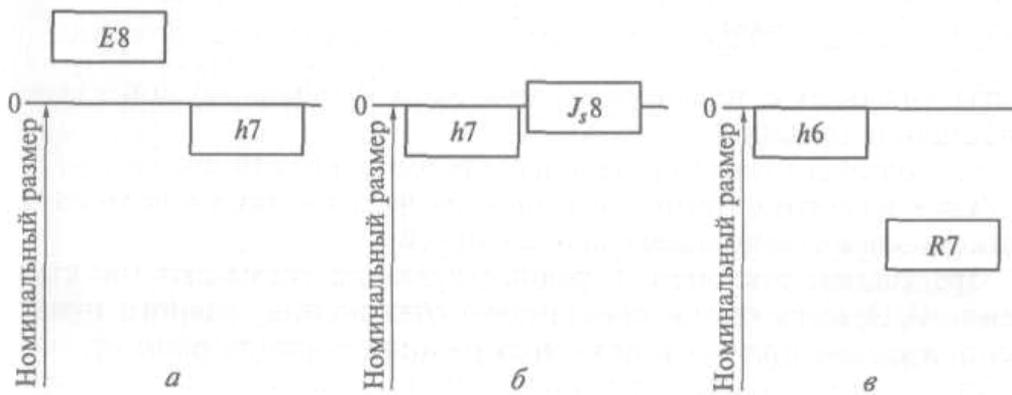


Рис. 17. Примеры схем полей допусков и посадок с зазором (а), переходных (б) и с натягом (в) в системе вала

ГОСТ 25347-82 выделяет рекомендуемые посадки, в числе которых указаны предпочтительные посадки первоочередного применения.

Для диапазона от 1 до 500 мм в системе отверстия выделено 69 рекомендуемых посадок, из них 17 – предпочтительных, а в системе вала – 59 рекомендуемых посадок, в том числе 11 предпочтительных [19].

6. Обозначение предельных отклонений размеров на чертежах деталей

Обозначения предельных отклонений размеров на рабочих чертежах деталей и сборочных чертежах должны соответствовать требованиям ГОСТ 2.109-73 и ГОСТ 2.307-68 [19].

При обозначении предельных отклонений размеров необходимо выполнять основные правила [19]:

- линейные размеры и их предельные отклонения на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы измерения;
- на рабочих чертежах предельные отклонения приводят для всех размеров, кроме справочных; размеров, определяющих зоны шероховатости, термообработки, покрытия, и для размеров деталей, задаваемых с припуском, для которых допускается не указывать предельные отклонения;
- на сборочных чертежах предельные отклонения проставляют для параметров, которые должны быть выполнены и проконтролированы по данному сборочному чертежу, а также для размеров деталей, изображенных на сборочном чертеже, на которые рабочие чертежи не выпускаются.

На *рабочих чертежах* предельные отклонения указывают сразу после номинальных размеров:

- а) условными обозначениями полей допусков по ГОСТ 25347-82 [19]:

б) числовыми значениями, при этом необходимо соблюдать следующие правила:



числовые значения предельных отклонений записывают до последней значащей цифры, выравнивая число знаков в верхнем и нижнем отклонениях добавлением нулей [19];

предельные отклонения, равные нулю, не указывают (по системе ИСО допускается проstanовка отклонения, равного нулю, без знаков «+» или «-» и без выравнивания по числу знаков) [19];

при симметричном расположении поля допуска абсолютную величину отклонения указывают один раз со знаком «+» [19]:



в) условными обозначениями полей допусков с указанием в скобках числовых значений соответствующих предельных отклонений [19]:



На сборочных чертежах предельные отклонения указывают:

а) в виде дроби, в числителе которой условное обозначение поля допуска отверстия, а в знаменателе – условное обозначение поля допуска вала [19]:



б) в виде дроби, в числителе которой числовые значения предельных отклонений отверстия, а в знаменателе – числовые значения предельных отклонений валов [19]:

$$\begin{array}{c} +0,025 \\ \hline \text{Ø}50 \frac{\quad}{+0,042} \\ \hline -0,026 \end{array} \quad \begin{array}{c} +0,33 \\ \hline \text{Ø}16 \frac{\quad}{-0,15} \\ \hline -0,18 \end{array}$$

в) в виде дроби, в числителе которой условное обозначение поля допуска отверстия, а в знаменателе – поле допуска вала и рядом в скобках в виде дроби соответственно числовые значения предельных отклонений отверстия и вала [19]:

$$\begin{array}{c} \text{Ø}50 \frac{H7 \ (+0,025)}{p6 \ (+0,042)} \\ \hline \quad \quad \quad (+0,026) \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{Ø}16 \frac{B12 \ (+0,330)}{h12 \ (+0,150)} \\ \hline \quad \quad \quad (-0,180) \end{array}$$

7. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками

Предельные отклонения, не указанные непосредственно после номинальных размеров на чертежах, а оговоренные общей записью в технических требованиях чертежа, называют *неуказанными предельными отклонениями*. Неуказанные предельные отклонения допускаются для размеров сравнительно низкой точности (12 - 17-й Квалитеты). Основные правила назначения указанных предельных отклонений размеров даны в ГОСТ 25670-83 [19].

Неуказанные предельные отклонения могут быть назначены или на основе квалитетов, или на основе специальных классов точности. Для этого установлено четыре класса точности [19]:

- точный, соответствующий округленно допускам 12-го квалитета;
- средний, соответствующий 14-му квалитету;
- грубый, соответствующий 16-му квалитету;
- очень грубый, соответствующий 17-му квалитету.

Допуски по этим специальным классам точности обозначаются соответственно t_1 , t_2 , t_3 и t_4 [19].

Согласно ГОСТ 25670-83 предусмотрены четыре варианта назначения неуказанных предельных отклонений размеров [19] (табл. 6).

Предельные отклонения размеров различных элементов, оговариваемых в одной общей записи, должны быть одного уровня точности (одного квалитета или одного класса точности либо одного квалитета и соответствующего ему класса точности) [19].

Варианты назначения неуказанных предельных отклонений размеров

Вариант	Линейные размеры (кроме радиусов закругления и фасок)				элементов, не относящихся к валам и отверстиям
	валов		отверстий		
	с круглым сечением (диаметр)	остальных	с круглым сечением (диаметр)	остальных	
Предельные отклонения для одной общей записи					
1	$-IT$		$+IT$		$\pm \frac{t}{2} \left(\pm \frac{IT}{2} \right)$
2	$-t$		$+t$		
3	$\pm \frac{t}{2}$				
4	$-IT$	$\pm \frac{t}{2}$	$+IT$	$\pm \frac{t}{2}$	

Выбор одного из вариантов общей записи зависит от конструктивных и технологических требований [19].

Предпочтение следует отдавать варианту 1, устанавливающему односторонние предельные отклонения «в тело» для валов и отверстий. Вариант 2 не рекомендуется. К элементам деталей, не относящимся к валам и отверстиям, относят уступы, глубины отверстий, высоту уступов, расстояния между осями отверстий или плоскостями симметрии и др. Для этих элементов предельные отклонения указываются

по варианту $\pm \frac{t}{2}$, в общей записи для всех элементов допускается указывать вместо

варианта $\pm \frac{t}{2}$ соответственно $\pm \frac{IT}{2}$ [19].

Пример общих записей:

а) в условных обозначениях:

вариант 1 $H14; h14; \pm \frac{t_2}{2}$ или $H14; h14; \pm \frac{IT14}{2}$;

вариант 2 $+t_2; -t_2; \pm \frac{t_2}{2}$;

вариант 3 $\pm \frac{t_2}{2}$; или $\pm \frac{IT14}{2}$;

вариант 4 $\emptyset H14; \emptyset h14; \pm \frac{t_2}{2}$ или $\emptyset H14; \emptyset h14; \pm \frac{IT14}{2}$.

Обозначения односторонних предельных отклонений по квалитетам, назначаемых только для круглых отверстий и валов, дополняются символом диаметра (\emptyset);

б) с дополнительными пояснениями:

«Неуказанные предельные отклонения размеров $H14; h14; \pm \frac{t_z}{2}$ »;
«Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий по $H14$, валов по

$h14$, остальных по $\pm \frac{t_z}{2}$ ».

«Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров отверстий по $H14$, диаметров валов по $h14$, остальных отверстий и валов и элементов, не относящихся

к отверстиям и валам по $\pm \frac{t_z}{2}$ » [19].

Неуказанные предельные отклонения радиусов закруглений, фасок и углов в общей записи не оговаривают, а выбирают по таблицам. С этой целью для радиусов закруглений, фасок и углов установлено два ряда более грубых, чем для других линейных размеров, предельных отклонений [19].

При этом первый ряд соответствует 12, 14 и 16-му квалитетам или 1, 2 и 3-му классам точности, а второй ряд – 17-му квалитету или 4-му классу точности [19].

ЛЕКЦИЯ 12

Основы расчета и выбора посадок

? Вопросы

1. Посадки с зазором.
2. Расчет переходных посадок.
3. Посадки с натягом.

1. Посадки с зазором

Выбор посадок или, точнее, предельных значений параметров (зазоров, натягов), необходимых для качественного выполнения соединением своего функционального назначения производят одним из двух способов:

- **Методом прецедентов или аналогов** (на основе опыта эксплуатации однотипных машин, рекомендаций отраслевых технических документов, литературных источников).
- **Расчетным способом.**

В любом случае новые опытные образцы изделий перед запуском в серийное производство проходят целый ряд стендовых и (или) натуральных испытаний, по результатам которых отдельные посадки могут быть подкорректированы.

Посадки с зазором рассчитывают главным образом при вращательном движении в наиболее ответственных подшипниках скольжения двигателей, станков, транспортных машин, турбин, компрессоров и т.п., но могут быть рассчитаны и при возвратно – поступательном движении (поршень – цилиндр, плунжерные пары).

Существующие варианты расчетов подшипников скольжения основаны на использовании *гидродинамической теории смазки*.

Подшипники скольжения из обычных машиностроительных материалов обладают *высокой долговечностью и малыми потерями на трение* только при работе в условиях жидкостной смазки, когда поверхности перемещающихся деталей разделяет *сплошной слой масла*.

В состоянии покоя вал в подшипнике лежит на нижней образующей втулки (штриховая линия на рисунке 18), практически полностью вытесняя масло в зоне максимального сближения поверхностей, соединение имеет максимальный эксцентриситет e_{\max} и односторонне расположенный сверху диаметральный зазор.

При вращении вала в подшипнике масло вследствие вязкости получает некоторую скорость и нагнетается в суживающуюся клиновую полость. Возникает гидродинамическое давление, вал несколько приподнимается и смещается в сторону вращения.

При установившемся режиме в соединении с зазором, заполненным вязкой жидкостью, будет продолжаться насосное действие масляного клина, и вал будет «плавать» в смазочном материале. Данное условие в каждом конкретном случае (размеры и материалы сопрягаемых деталей, действующие усилия, скорости, температура, марка смазочного материала, режим работы и др.) может соблюдаться лишь в определенном интервале зазоров.

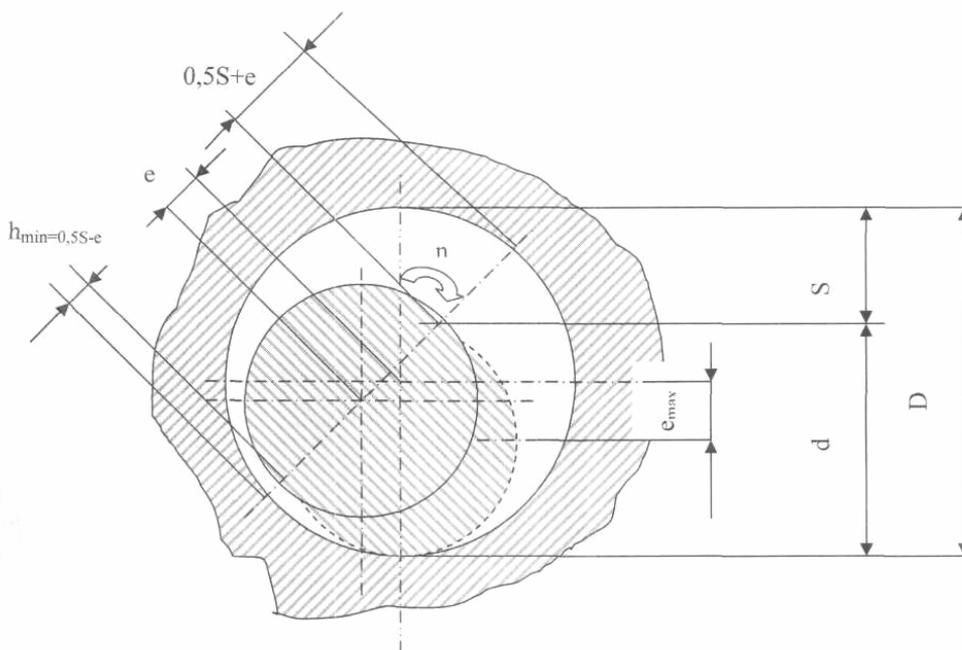


Рис. 18. Схема подшипника скольжения

Диаметральный зазор в работающем подшипнике делится на две неравные части, меньшая из которых определяет толщину масляного слоя в наиболее тонком месте.

Зависимость толщины масляного слоя от зазора (рис. 19) показывает, что в каждом соединении имеется оптимальное значение зазора $S_{\text{опт}}$, при котором толщина слоя наибольшая (наименьшие потери на трение и наибольшая надежность работы), а значения функциональных зазоров $S_{\text{max F}}$ и $S_{\text{min F}}$ в соединении при h_{min} еще обеспечивают жидкостную смазку.

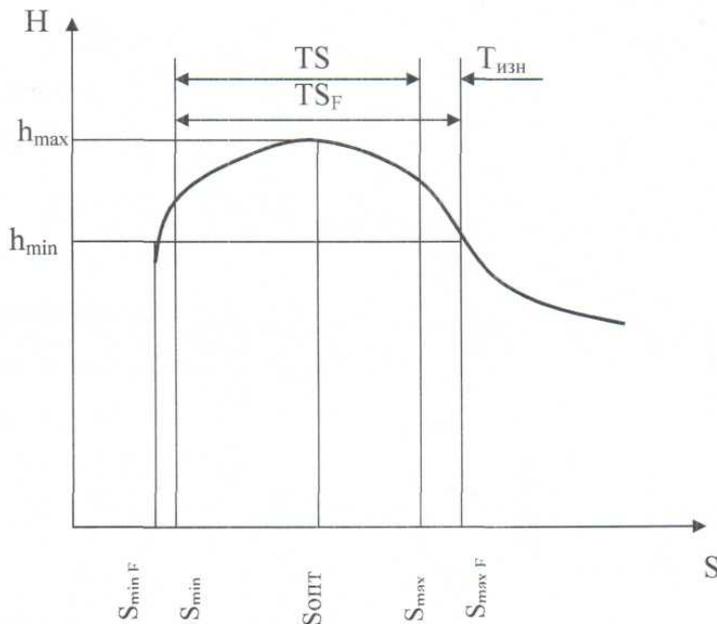


Рис. 19. Зависимость толщины масляного слоя от зазора

Положение вала во втулке при установившемся режиме работы определяется

абсолютным e и относительным $\chi = \frac{e}{0,5S}$ эксцентриситетами:

$$h_{\text{min}} = 0,5S - e = 0,5S(1 - \chi) \quad (25)$$

Чтобы слой смазочного материала не имел разрывов, необходимо, чтобы микронеровности втулки и вала не зацеплялись и компенсировались прочие факторы, т.е.:

$$h_{\text{min}} \geq R_{ZD} + R_{Zd} + \Delta_{\text{доп}}, \quad (26)$$

где $\Delta_{\text{доп}}$ – дополнительная величина, учитывающая отрицательное влияние на стабильность масляного слоя отклонений формы и расположения шейки вала и втул-

ки, возможного изгиба вала и упругих деформаций других деталей подшипникового узла, отклонений рабочей температуры от исходной расчетной и др.

Рассмотрим принципиальный ход расчета по одному из вариантов.

Оптимальный зазор определяется зависимостью:

$$S_{opt} = 2\sqrt{hS}, \text{ (мкм)} \quad (27)$$

где: h – толщина масляного слоя в месте наибольшего сближения поверхности вала и подшипника в рабочем состоянии, м;

S – зазор между валом и подшипником в состоянии покоя, м;

Величина произведения hS может быть вычислена по формуле:

$$hS = \frac{0,52 \cdot d^2 \cdot \omega \cdot \eta \cdot \ell}{q \cdot (d + \ell)}, \text{ (мкм}^2\text{)} \quad (28)$$

где: q – среднее удельное давление в подшипнике (определяемое через нагрузку на цапфу P из выражения:

$$q = \frac{P}{d \cdot \ell}, \text{ (Па)};$$

Определяем величину среднего зазора для выбора посадки:

$$S_{cp} = S_{opt} - S_t, \text{ (мкм)}, \quad (29)$$

где:

$$S_t = (\alpha_D - \alpha_d) \cdot (t_n - 20)d, \text{ (мкм)} \quad (30)$$

где: α_D – коэффициент линейного расширения материала втулки (для бронзы БрАЖ9 – 4: $\alpha_D = 17,8 \cdot 10^{-6}$);

α_d – коэффициент линейного расширения материала вала (для стали 40: $\alpha_d = 12,4 \cdot 10^{-6}$);

t_n – рабочая температура подшипника: 50°C .

По таблице стандартов выбираем посадку, исходя из условия:

$$S_{cp.cm} \approx S_{cp}, \quad (31)$$

При этом коэффициент относительной точности равен:

$$K = \frac{S_{cp}}{TS} > 1, \quad (32)$$

где: $S_{cp.cm}$ – средний зазор стандартной посадки;

TS – допуск посадки;

K – коэффициент относительной точности, (не следует выбирать посадку с $K < 1$ (т.е. в грубых квалитетах), т.к. это приводит к значительному уменьшению

толщины масляного слоя, снижению относительного эксцентриситета и потере устойчивости в работе).

Затем определяем наименьший слой смазки при наибольшем зазоре выбранной посадки:

$$h_{\min} = \frac{hS}{S_{\max \text{ см}} + 2(Rz_D + Rz_d)}, \text{ (мкм)} \quad (33)$$

Проверяем достаточность слоя смазки:

$$h_{\min} \geq Rz_D + Rz_d \quad (34)$$

Существенно, чтобы при любом способе расчета в подшипнике предусматривался запас на износ $T_{\text{изн}}$ (рисунок 19), наличие которого определяется коэффициентом запаса точности:

$$K_T = T_{SF} / T_S > 1 \quad (35)$$

Например, $T_S = 80$ мкм и $T_{SF} = 115$ мкм. Тогда $T_{\text{изн}} = 115 - 80 = 35$ мкм.

$K_T = 115/80 \approx 1,4$.

Практически из допуска посадки необходимо выделять некоторую часть на компенсацию ошибок монтажа $T_{\text{монт}}$.

Поэтому окончательно на допуски для изготовления вала и втулки остается:

$$T_{\text{изг}} = T_S - T_{\text{монт}} = ITD + ITd \quad (36)$$

2. Расчет переходных посадок

Расчет переходных посадок сводится к определению значения средневероятного параметра (натяга, зазора) и ожидаемого процента получения соединений с натягами или зазорами при заданных условиях.

Он справедлив в условиях массового производства. В основу расчета положен **ряд допущений**:

- Рассеяние действительных размеров деталей подчиняется **закону нормального распределения** (закону Гаусса);
- Теоретическое рассеяние в 6σ равно допуску детали;
- Центр рассеяния совпадает с серединой поля допуска.

На практике центры рассеяния действительных размеров нередко смещены в сторону проходного предела, вследствие чего фактически процент соединений с зазорами получается несколько меньше, а степень обеспечиваемой соосности выше расчетной.

Из теории вероятностей известно, что если простые события (действительные размеры детали) подчиняются закону нормального распределения, то и получающиеся в результате их произвольных сочетаний сложные события (посадки с вполне определенными значениями натяга или зазора) также подчиняются этому закону.

Рассмотрим расчет на примере посадки 60 H7/k6.

Центр рассеяния суммарной совокупности зазоров или натягов) находим из схемы посадки (рис. 3) по значениям средних отклонений деталей.

Им оказывается зазор:

$$S_m = 15 - 11,5 = 3,5 \text{ мкм.}$$

Среднее квадратичное отклонение суммарной совокупности:

$$\sigma_{\text{noc}} = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_d^2} \quad (37)$$

На основании допущений имеем:

$$\sigma_D = IT7/6 = 30/6 = 5 \text{ мкм}; \quad \sigma_d = IT6/6 = 19/6 \approx 3,2 \text{ мкм.}$$

$$\text{Тогда } \sigma_{\text{noc}} = \sqrt{35,2} \approx 6 \text{ мкм.}$$

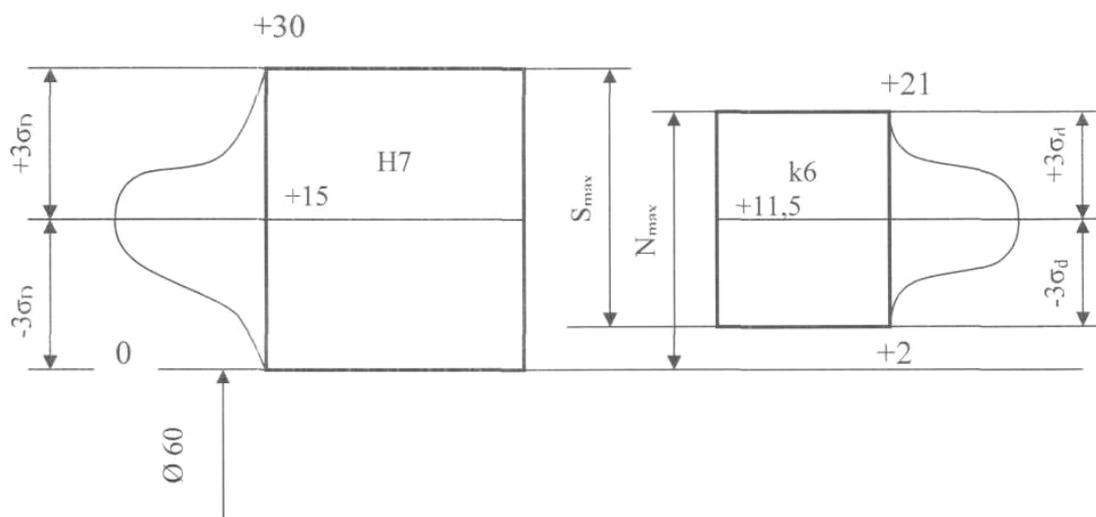


Рис. 20. Схема полей допусков переходной посадки

Отложив по оси абсцисс от центра рассеяния кривой значения $\sigma_{\text{noc}} = \pm 18$ мкм и одновременно отметив на расстоянии 3,5 мкм нулевую точку (рис. 21), получаем:

$$S_{\text{max вер}} = 18 + 3,5 = 21,5 \text{ мкм};$$

$$N_{\text{max вер}} = 18 - 3,5 = 14,5 \text{ мкм.}$$

При этом предельные параметры, подсчитанные по предельным отклонениям размеров деталей, составляют:

$$S_{\text{max}} = 28 \text{ мкм}; \quad N_{\text{max}} = 21 \text{ мкм.}$$

Вероятность получения при любой очередной сборке значения параметра в границах от $S_{\text{max вер}}$ до $N_{\text{max вер}}$ равна 99,73 % $\approx 100\%$.

Вероятность получения натягов численно равна незаштрихованной площади под кривой (рисунок 21).

Если всю площадь в границах $\pm 3\sigma_{\text{noc}}$ принять за единицу (или 100%), то незаштрихованная часть $Q = 0,5 - \Phi(z)$.

Площадь $\Phi(z)$ легко найти из таблицы значений функции Лапласа по аргументу: $z = x / \sigma_{\text{пос}} = 3,5 / 6 \approx 0,58$, где x – координата границы искомого участка от центра рассеяния.

Табличное значение $\Phi(z) = \Phi(0,58) = 0,2190$.

Тогда вероятность получения натягов составит: $0,5 - 0,219 = 0,281 \approx 28 \%$.

А вероятность получения зазоров: $0,5 + 0,219 = 0,719 \approx 72 \%$.

Сравнив значения предельных и вероятных параметров, можно сделать существенное заключение, справедливое для всех видов посадок: предельные зазоры и натяги, подсчитанные по предельным отклонениям маловероятны.

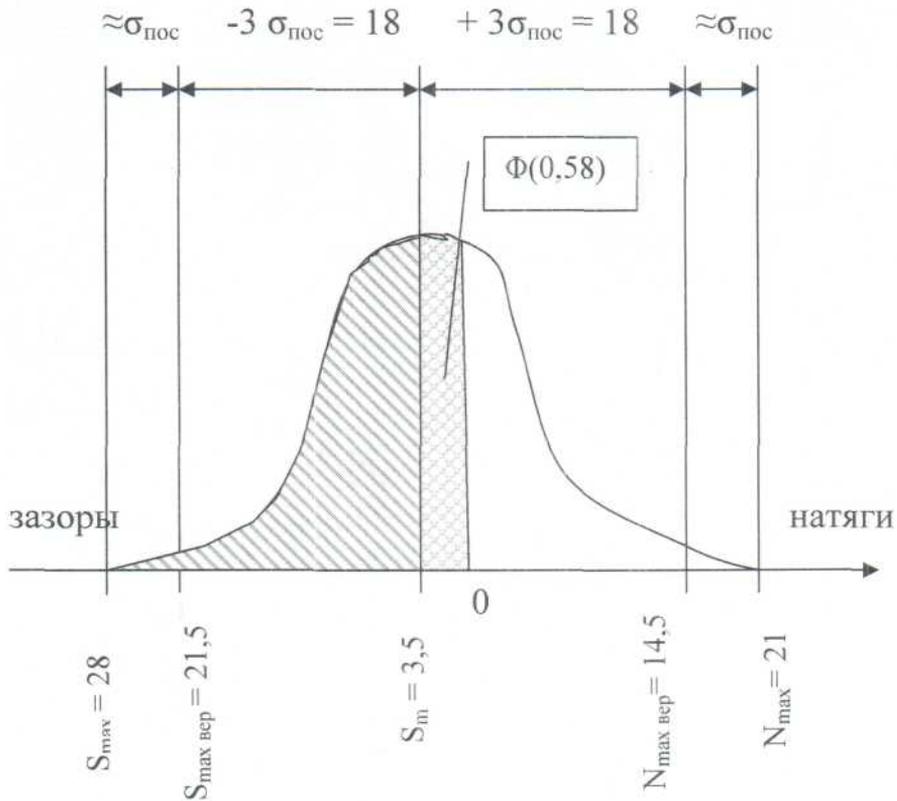


Рис. 21. Вероятность получения натягов и зазоров в переходной посадке

Реально параметры в соединениях получаются с более жестким допуском посадки, уменьшенным против предельного примерно на $2 \sigma_{\text{пос}}$.

3. Посадки с натягом

В связи с многочисленностью факторов, обуславливающих прочность прессового соединения (материал, размеры и конфигурация деталей и др.), параметры посадок с гарантированным натягом **обязательно рассчитывают**.

Основная задача расчета – определить минимальный необходимый натяг N_{\min} , обеспечивающий прочность соединения в условиях максимально возможного нагружения, и максимально допустимый натяг N_{\max} , определяемый прочностью деталей (втулка или ступица может лопнуть, полый вал – смяться).

Возможны и другие задачи:

- определение наибольшей нагрузки, допустимой для той или иной стандартной посадки;
- вычисление напряжений и деформаций в деталях заданного прессового соединения;
- нахождение усилия запрессовки при силовом способе сборки или температурного перепада при тепловом способе сборки;
- определение усилия распрессовки.

Полный натяг в соединении (рис. 22) – сумма упругих деформаций вала N_d и втулки N_D . Известные соотношения из сопротивления материалов по определению напряжений и упругих перемещений в толстостенных полых цилиндрах позволяют после несложных преобразований получить следующие зависимости.

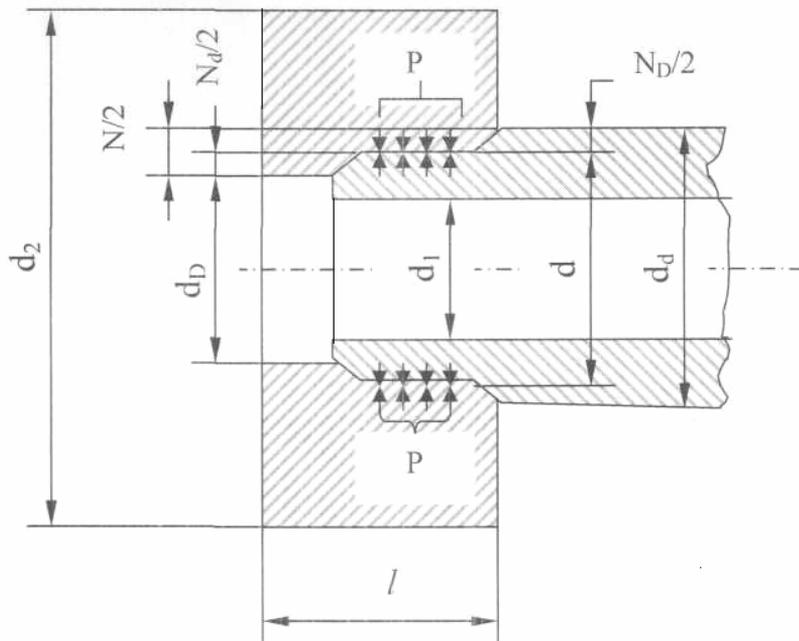


Рис. 22. Схема посадки с натягом

Для определения наибольших и наименьших натягов, мкм:

$$N_{\min(\max)} = p_{\min(\max)} \cdot d \cdot \left(\frac{C_1^{\min} - \mu_1}{E_1} + \frac{C_2^{\max} + \mu_2}{E_2} \right) \cdot 10^6, \quad (38)$$

где: $p_{\min(\max)}$ – минимально необходимое (максимально допустимое) давление на контактирующих поверхностях вала и втулки, МПа;

d – номинальный диаметр соединения, м;

C_1^{\min}, C_2^{\max} – коэффициенты пропорциональности между величиной нормальных окружных напряжений на поверхностях соприкосновения и давлением соответственно вала и втулки;

μ_1, μ_2 – коэффициенты Пуассона для материала вала и втулки (для стали $\mu \approx 0,3$; для чугуна $\mu \approx 0,25$);

E_1, E_2 – модули продольной упругости для материалов вала и втулки, МПа.

При одинаковых материалах обеих деталей (вала и втулки) формула упрощается:

$$N_{\min(\max)} = \frac{p_{\min(\max)} \cdot d}{E} \cdot (C_1^{\min} + C_2^{\max}) \cdot 10^6, \quad (39)$$

Наименьшее давление (Па) определяют из условия отсутствия относительного смещения деталей соединения даже в случае действия в механизме наибольшего (расчетного) осевого усилия P_{\max} (Н) или крутящего момента $M_{кр \max}$ (Н·м). Для этого должны удовлетворяться неравенства:

$$P_{тр \min} = \pi \cdot d \cdot \ell \cdot p_{\min} \cdot f \geq P_{\max},$$

$$p_{\min} \geq \frac{P_{\max}}{\pi \cdot d \cdot \ell \cdot f}, \quad (40)$$

или

$$M_{тр \min} = P_{тр \min} \cdot \frac{d}{2} \geq M_{кр \max},$$

$$p_{\min} \geq \frac{M_{кр \max}}{(\pi \cdot d^2 \cdot \ell \cdot f)}, \quad (41)$$

где: $P_{тр \min}$ – наименьшая сила трения;

$M_{тр \min}$ – наименьший момент трения на поверхности сопряжения;

ℓ – длина прессового соединения, м;

f – комплексный коэффициент трения сцепления (для деталей из стали и чугуна $\approx 0,08$ в случае силовой сборки и $\approx 0,14$ при тепловой сборке соединения).

При одновременном нагружении соединения крутящим моментом и сдвигающей силой расчет надо вести по равнодействующей:

$$T_{\max} = \sqrt{\left(\frac{2M_{кр \max}}{d}\right)^2 + P_{\max}^2}, \quad (42)$$

которую подставляют в формулу (16) вместо P_{\max} .

Наибольшее допустимое давление определяют из условия, что возникающие в поверхностных слоях сопряженных деталей напряжения не превышают предела текучести материалов σ_T .

Для материалов, не имеющих четко выраженного предела текучести, расчет ведут по пределу прочности при растяжении σ_B .

Опасными могут оказаться нормальные окружные напряжения на внутренней поверхности полого вала σ_1^{\max} или на внутренней поверхности втулки σ_2^{\max} :

$$\begin{aligned} \text{для вала} \quad P_{\max} &\leq \frac{(\sigma_T)_1}{C_1^{\max}}; \\ \text{для втулки} \quad P_{\max} &\leq \frac{(\sigma_T)_2}{C_2^{\max}}, \end{aligned} \quad (43)$$

Из двух величин лимитирует меньшая.

При сплошном вале расчет ведут только по втулке.

При силовом способе сборки соединения расчетные значения натягов необходимо корректировать в сторону увеличения из-за частичного смятия шероховатости на контактных поверхностях.

На основании экспериментальных данных значение смятия на каждой поверхности можно принять равным $0,6 R_Z$.

Корректировать следует не только наименьший, но и наибольший натяг, чтобы завязать полученную при расчете точность соединения.

В результате натяг для подбора по таблицам ГОСТ 25347 – 82 составит:

$$\begin{aligned} N_{\min \text{ табл}} &= N_{\min} + 1,2(R_{ZD} + R_{Zd}), \\ N_{\max \text{ табл}} &= N_{\max} + 1,2(R_{ZD} + R_{Zd}), \end{aligned} \quad (44)$$

При отсутствии на чертеже значения R_Z пересчет с R_a на R_Z осуществляют по формуле:

$$R_Z = k \cdot R_a, \quad (45)$$

где $k = 4$ при $R_a = 80; \dots 2,5$ мкм

$k = 5$ при $R_a = 1,25; \dots 0,02$ мкм.

Очевидно, что явление смятия неровностей особенно сильно искажает натяги при относительно небольших диаметрах, когда допуски малы. Это следует учитывать при конструировании, назначая меньшую, чем обычно, шероховатость поверхности.

Если детали соединения с натягом выполнены из материалов с разными коэффициентами линейного расширения и рабочая температура указанного соединения заметно отличается от нормальной, то во время работы механизма или машины в

соединении будет происходить изменения натяга. В процессе работы уменьшение натяга возможно также у быстровращающихся деталей большого диаметра (например, диски на валах паровых и газовых турбин) вследствие действия центробежных сил.

Следовательно, в указанных случаях независимо от метода выполнения соединения рассчитанные натяги необходимо корректировать.

После подбора конкретной посадки, возникает необходимость в дополнительных расчетах.

При силовой сборке соединения для подбора прессы необходимо знать максимально возможное усилие запрессовки:

$$P_{запр\max} = \pi \cdot d \cdot \ell \cdot p_{\max} \cdot f, \quad (46)$$

Соединения с натягом, полученные тепловым способом сборки, при прочих равных условиях прочнее соединений, полученных при силовой сборке.

Тепловой способ сборки применяют также для соединения деталей больших диаметров и малой длины, когда под прессом могут получиться перекосы.

Температура нагрева втулки или охлаждения вала, °С:

$$t = \frac{N_{\max} + S_{дон}}{\alpha_d \cdot 10^3} + t_0, \quad (47)$$

где $S_{дон}$ – дополнительный зазор при сборке, мкм, он необходим для удобства монтажа и компенсации некоторого охлаждения детали за время доставки с места нагрева (ориентировочно может быть принят равным основному отклонению поля допуска g 6);

α – коэффициент линейного расширения для материала втулки (при нагреве) или материал вала (при охлаждении), °С⁻¹;

t_0 – температура в помещении, где производится сборка.

Температура нагрева обычно колеблется от 75 до 450 °С. Нагрев осуществляют в горячем масле, в газовой или электрической печи, газовыми горелками и даже переносными электронагревателями.

Охлаждение вала применяют, когда нагрев охватываемой детали неприемлем, например, если втулка закалена или имеет какое-либо покрытие.

Охлаждение производят в спирте или ацетоне, предварительно охлажденных твердой углекислотой (-75 °С), в аммиачном рефрижераторе (-120 °С), жидким воздухом (-190 °С). Охлаждают в специальных холодильниках, где деталь либо непосредственно опускают в охлаждающую среду, либо в цилиндр, погруженных в охлаждающую жидкость.

При разработке соединений с натягом следует учитывать следующее:

1. Погрешности формы сопрягаемых поверхностей влияют на характер распределения напряжений и прочность соединения в целом.

2. Важное значение при запрессовке имеет наличие и форма заходных фасок у сопрягаемых деталей.

3. Однородность прессовых соединений обуславливается устойчивостью технологического процесса запрессовки (состав и количество смазочного материала, скорость запрессовки, температурные условия и т.п.). При сборке под прессом ре-

комендуется смазывать сопрягаемые поверхности каким-либо маслом. При нагреве втулки применять смазочные материалы нецелесообразно, при охлаждении вала в жидком воздухе масла запрещены по условиям безопасности работы. При запуске рекомендуются скорости 0,12; ...; 0,3 м/мин;

4. Посадки, подобранные в результате расчетов, во всех ответственных случаях или при значительном числе сборок следует предварительно **экспериментально проверять**.

ЛЕКЦИЯ 13

Основы сертификации

? Вопросы

1. Основные термины и определения.
2. Правовые основы сертификации.
3. Порядок сертификации.

1. Основные термины и определения

В Энциклопедическом словаре Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона, изданном в 1900 г., дается несколько определений сертификата, в частности, следующее: сертификат – это *удостоверение*. В финансовой сфере сертификат трактуют в одних случаях как *денежное свидетельство на определенную сумму*, в других – как *облигацию специального государственного займа*.

Имеются сведения о том, что производители товаров издавна гарантировали качество своих изделий, в том числе письменно, т.е. снабжали их (по современной терминологии) «заявлениями о соответствии».

Что же такое **качество**? Говоря о проблеме качества, следует отметить, что за этим понятием всегда стоит потребитель. Именно он выбирает наиболее предпочтительные свойства.

В настоящее время уже очевидно, что конкурентоспособность любого предприятия, независимо от формы его собственности и размеров, зависит в первую очередь от качества его продукции и соизмеримости ее цены с предлагаемым качеством, т.е. от того, в какой степени продукция предприятия удовлетворяет запросам потребителя.

Вообще качество – емкая, сложная и универсальная категория, имеющая множество особенностей и различных аспектов. Так, например, по ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения» **качество продукции** – это совокупность свойств, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с назначением. Согласно же международного стандарта ИСО 8402–94 **качество** определено как совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности.

В метрологии сертификация давно известна как деятельность по официальной проверке и клеймению (или пломбированию) прибора. Клеймение свидетельствует о том, что прибор удовлетворяет сертификационным требованиям по его конструктивным и метрологическим характеристикам. Более 100 лет термин *сертификат* используется в международной метрологической практике.

В течение нескольких столетий действуют так называемые «классификационные организации», которые, будучи неправительственными и независимыми организациями, оценивают безопасность судов для целей их страхования. По существу, это сертификация третьей стороной – сертификация соответствия. Примером классификационной организации является **Регистр Ллойда** – авторитетнейшая в наше время международная организация, которая в течение двух столетий остается мировым лидером сертификационных организаций.

Сертификация – форма осуществления органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров. При этой форме подтверждение соответствия осуществляется третьей стороной – органом по сертификации.

Декларирование соответствия – форма подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов. В отличие от сертификации декларирование осуществляется первой стороной, как правило, изготовителем.

Сертификат соответствия – документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Декларация о соответствии – документ, удостоверяющий соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов.

Знак соответствия – обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии объекта сертификации требованиям системы добровольной сертификации или национальному стандарту.

Знак обращения на рынке – обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии объекта сертификации требованиям технических регламентов.

Система сертификации – совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом.

Схемы сертификации – определенная совокупность действий, официально принимаемая в качестве доказательств соответствия продукции заданным требованиям.

В качестве способов доказательства используют: *испытание; проверку производства; инспекционный контроль; рассмотрение заявки-декларации (с прилагаемыми документами).*

Обязательная сертификация является формой государственного контроля за безопасностью продукции.

Добровольная сертификация проводится по инициативе заявителей в целях подтверждения соответствия продукции (услуг) национальным стандартам, стандартам организаций, системам добровольной сертификации, условиям договоров.

Добровольная сертификация проводится на условиях договора между заявителем и органом по сертификации. Добровольная сертификация продукции, подлежащей обязательной сертификации, не может заменить обязательную сертификацию такой продукции. Создать систему добровольной сертификации может не только юридическое лицо, но и индивидуальный предприниматель или оба указанных субъекта.

2. Правовые основы сертификации

Деятельность в области сертификации в РФ регулируется следующими правовыми актами:

- законами РФ;
- подзаконными актами (указами Президента и постановлениями Правительства, нормативными актами министерств и ведомств, например постановлениями Росстандарта).

Сертификация в РФ проводится на основании законов «О техническом регулировании», «О защите прав потребителей», а также законов, относящихся к определенному виду деятельности: «О ветеринарии», «Об оружии», «О безопасности дорожного движения», «Об инженерно-технической системе агропромышленного комплекса», «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения», «Об энергосбережении», «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами», «О качестве и безопасности пищевых продуктов», о «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции».

Нормативно-методическая база сертификации включает:

- совокупность нормативных документов, на соответствие требованиям которых проводится сертификация продукции и услуг, а также документов, устанавливающих методы проверки соблюдения этих требований;
- комплекс организационно-методических документов, определяющих правила и порядок проведения работ по сертификации.

Подтверждение соответствия проводится в целях:

- удостоверения соответствия объектов технического регулирования, работ, услуг, и иных объектов технического регулирования, работ, услуг и иных объектов техническим регламентам, стандартам, условиям договоров;
- содействия приобретателям в компетентном выборе продукции, услуг, работ;
- повышения конкурентоспособности продукции, работ, услуг на российском и международном рынках;
- создания условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории РФ, а также для осуществления международного, экономического, научно-технического сотрудничества и международной торговли.

Подтверждение соответствия осуществляется на основе следующих принципов:

- доступности информации о порядке осуществления подтверждения соответствия заинтересованным лицам;

- недопустимости применения обязательного подтверждения соответствия к объектам, в отношении которых не установлены требования технических регламентов;
- установления перечня форм и схем обязательного подтверждения соответствия в отношении определенных видов продукции в соответствующем техническом регламенте;
- уменьшения сроков осуществления обязательного подтверждения соответствия и затрат заявителя;
- недопустимости принуждения к осуществлению добровольного подтверждения соответствия, в том числе в определенной системе добровольной сертификации;
- защиты имущественных интересов заявителей, соблюдения коммерческой тайны в отношении сведений, полученных при осуществлении подтверждения соответствия;
- недопустимости подмены обязательного соответствия добровольной сертификацией.

3. Порядок сертификации

Сертификация продукции состоит из следующих этапов:

- подача заявки на сертификацию;
- принятие решения по заявке, в том числе выбор схемы сертификации;
- отбор, идентификация образцов и их испытания;
- оценка производства (если это предусмотрено схемой сертификации);
- анализ полученных результатов и принятие решения о выдаче (об отказе в выдаче) сертификата соответствия;
- выдача сертификата соответствия;
- осуществление инспекционного контроля за сертифицированной продукцией (если это предусмотрено схемой сертификации);
- разработка и выполнение корректирующих мероприятий при нарушении соответствия продукции установленным требованиям и неправильном применении знака соответствия.

Испытания образцов проводят в аккредитованных испытательных лабораториях

Аккредитация – официальное признание соответствующим органом компетентности физического или юридического лица выполнять работу в определенной области оценки соответствия.

Порядок сертификации услуг:

- *подача заявки,*
- *принятие решения по заявке,*
- *выбор схемы сертификации,*
- *оценка соответствия услуг требованиям,*
- *анализ результатов и принятие решения о выдаче сертификата,*
- *инспекционный контроль*

Этапы сертификации систем менеджмента качества (СМК):

- *организация работ (предсертификационный этап),*
- *предварительная оценка СМК,*
- *проверка и оценка СМК в организации,*
- *инспекционный контроль за сертифицированной СМК.*

На этапе организации работ заявитель подает заявку в ЦОС системы – Технический центр Регистра. Последний определяет ОС. После оплаты регистрационного взноса ОС передает заявителю следующие документы:

- комплект исходных форм документов для проведения предварительной оценки СМК;
- перечень документов представляемых на сертификацию СМК.

В частности, в состав исходных данных для предварительной оценки СМК входят сведения о предприятии, используемой технической документации, показателях качества изготовления продукции (коэффициент дефектности, уровень гарантийных ремонтов и т.д.).

Несоответствия, выявленные в ходе проверки, подразделяются на *значительные несоответствия* (например, отсутствует один элемент) и *малозначительные несоответствия* (например, незначительное упущение при реализации отдельных требований стандарта).

Критерием для принятия решения о соответствии (несоответствии) СМК установленным требованиям является выполнение (невыполнение) проверяемой организацией корректирующих мероприятий в согласованные сроки и признание (непризнание) ОС их результативности.

ЛЕКЦИЯ 14

Обязательная и добровольная сертификация

? Вопросы

1. Формы подтверждения соответствия.
2. Обязательная и добровольная сертификация.
3. Схемы декларирования и сертификации обязательного подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов.

1. Формы подтверждения соответствия

Основные формы подтверждения соответствия на территории РФ носят добровольный или обязательный характер.

Добровольное подтверждение соответствия проводится в форме добровольной сертификации, а обязательное – в форме декларирования соответствия (т.е. в форме принятия декларации о соответствии) или обязательной сертификации.

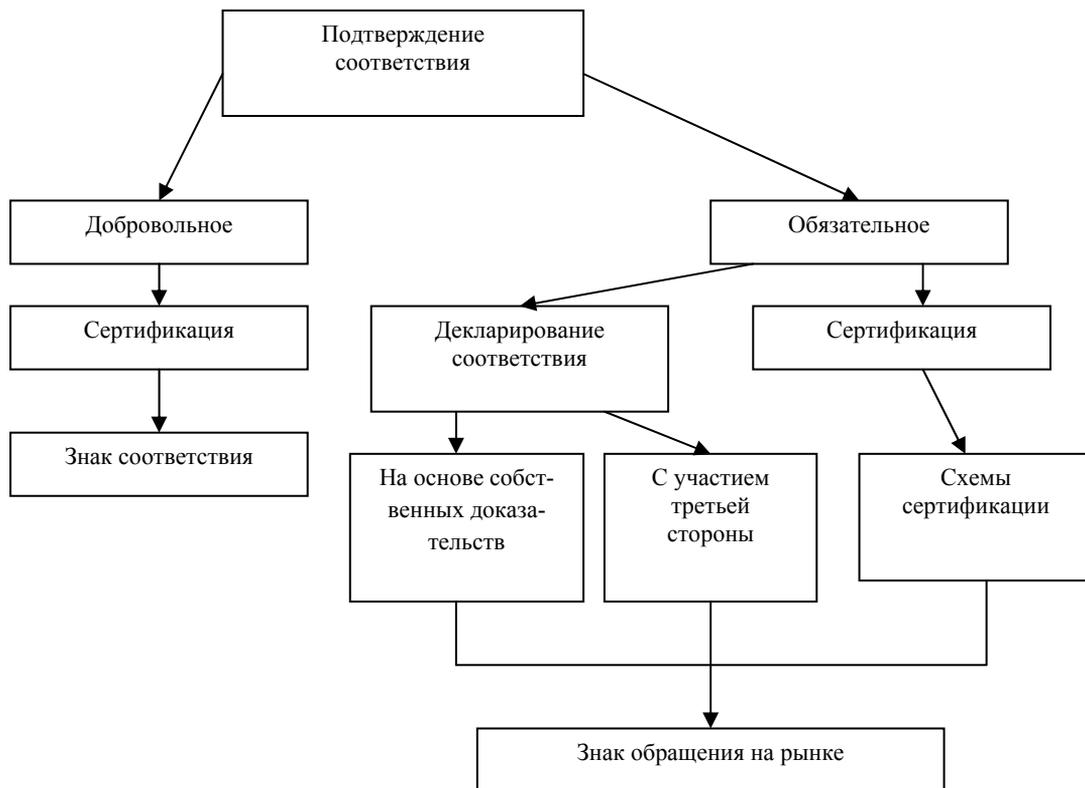


Рис. 23. Формы подтверждения соответствия

Следует уточнить, что *декларирование соответствия* – это форма подтверждения соответствия какого-либо объекта (продукции и т.п.) требованиям технических регламентов, а *декларация о соответствии* – документ, удостоверяющий соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов.

Добровольное подтверждение соответствия объектов проводится по инициативе заявителя на основе договора с органом по сертификации и осуществляется для установления их соответствия национальным стандартам, стандартам организаций, системам добровольной сертификации, условиям договоров, которыми определены требования к данным объектам.

2. Обязательная и добровольная сертификация

Добровольная сертификация проводится на условиях договора между заявителем и органом по сертификации. Система добровольной сертификации (в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании») может быть создана одним или несколькими индивидуальными предпринимателями. Это изменение (по отношению к закону РФ «О сертификации продукции и услуг») отражает пред-

принимательский характер этой формы сертификации. В системе добровольной сертификации должны быть указаны:

- субъекты, создавшие систему добровольной сертификации;
- объекты, подлежащие сертификации, их параметры, проверяемые на соответствие;
- участники системы добровольной сертификации;
- правила проведения сертификационных работ и порядок их оплаты;
- возможность, изображение и порядок применения знака соответствия.

Система добровольной сертификации при соблюдении ею всех правил и предоставления соответствующих документов может быть зарегистрирована в установленном законом порядке федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию. Данный орган ведет единый реестр зарегистрированных систем добровольной сертификации, определяет порядок предоставления и обеспечивает доступность сведений о них заинтересованным юридическим и физическим лицам.

Исключительно важную роль в подтверждении соответствия и сертификации объектов играет орган по сертификации, который в рамках добровольного подтверждения соответствия, как правило, осуществляет следующие функции:

- проводит подтверждение соответствия объектов национальным стандартам, стандартам организаций, системам добровольной сертификации и условиям договоров;
- выдает сертификат соответствия объектам, положительно прошедшим добровольную сертификацию, а в случаях, предусмотренных соответствующей системой добровольной сертификации, предоставляет заявителям право на применение знака соответствия;
- в обоснованных случаях приостанавливает или прекращает действие выданных им сертификатов соответствия и разрешений на применение знаков соответствия.

Добровольная сертификация продукции, подлежащей обязательной сертификации, не может заменить обязательную сертификацию такой продукции. Тем не менее у продукции, прошедшей обязательную сертификацию, могут проверяться в рамках добровольной сертификации требования, дополняющие обязательные. Допустим при анализе зубных паст может быть проверена эффективность их действия и т.п. По состоянию на 01.01. 2005 г. в России зарегистрировано 249 систем добровольной сертификации (2003 г. – 25, 2004 г. – 62).

Примерами систем добровольной сертификации могут быть:

- Система стоимостной оценки автотранспортных средств (СЕРТОЦАТ), разработанная Министерством автомобильного транспорта РФ;
- Система сертификации экологического агропроизводства (ЭкоНива), разработанная АОЗТ «ЭкоНива»;
- Система сертификации санаторно-оздоровительных услуг, разработанная Центром сертификации Центрального региона (ЦСЦР);
- Система добровольной сертификации информационных услуг по вопросам обеспечения единства измерений при обращении на рынке лабораторного

оборудования и средств контроля, разработанная научно-исследовательским институтом метрологии (ФГУП «УНИИМ»).

В России в настоящее время преобладает обязательная сертификация, за рубежом – добровольная. В условиях развитой рыночной экономики проведение добровольной сертификации становится условием преодоления торговых барьеров, так как, повышая конкурентоспособность, она фактически обеспечивает производителю место на рынке.

Система предназначена для подтверждения соответствия отечественной и импортируемой продукции всем требованиям государственных стандартов, а также международных, региональных и национальных стандартов других стран, указанным заявителем. В выданном сертификате дается вся информация не только о безопасности продукции, но и обо всех ее потребительских свойствах. И поэтому для покупателей именно эта добровольная система является более информативной и привлекательной, чем обязательная Система ГОСТ Р.

Таким образом, в отличие от обязательной сертификации, подтверждающей только требования безопасности, добровольная сертификация решает более широкий круг задач, в частности:

- 1) подтверждение соответствия требованиям стандартов, а также ряда показателей качества, дополняющих безопасность;
- 2) подтверждение подлинности продукции;
- 3) проверка адекватности цены качеству товара;
- 4) подтверждение соответствия системы организации требованиям ИСО 9000;
- 5) подтверждение соответствия системы управления окружающей средой требованиям ИСО 14000;
- 6) подтверждение соответствия компетентности персонала, претендующего на работу в качестве эксперта, установленным требованиям;
- 7) подтверждение соответствия процессов жизненного цикла продукции (производство, ремонт, перевозки и пр.) установленным требованиям;
- 8) подтверждение соответствия лабораторного оборудования и средств контроля метрологическим требованиям.

Наметившаяся тенденция сокращения номенклатуры продукции, подлежащей обязательной сертификации, будет способствовать расширению добровольной сертификации.

Добровольная сертификация является рыночным инструментом борьбы с фальсифицированной продукцией, особенно если органом, зарегистрировавшим систему, выступает ассоциация (гильдия) производителей. В этой ситуации маркирование продукции знаком соответствия данной системы означает, что продукция выпущена «легальным» производителем, гарантирующим качество и безопасность для потребителя.

Обязательная сертификация является формой государственного контроля за безопасностью продукции. Она может осуществляться лишь в случаях, предусмотренных законодательными актами РФ. Отсюда второе наименование обязательной сертификации – «сертификация в законодательно регулируемой сфере».

В соответствии со ст. 7 Закона о защите прав потребителей перечни товаров (работ, услуг), подлежащих обязательному подтверждению соответствия, утверждаются Правительством РФ. На основании этих перечней разрабатывается и вводится в действие постановлением Росстандарта «Номенклатура продукции и услуг (работ), в отношении которых законодательными актами РФ предусмотрено их обязательное подтверждение соответствия». По существу «Номенклатура...» – это детализированный «Перечень...». Если «Перечень...» представлен классами соответствующего Общероссийского классификатора (по продукции ОК 005-93-ОКП, по услугам ОК 002-93-ОКУН) с двухразрядным кодом, то «Номенклатура...» – видами продукции и услуг с шестизначным кодом.

Обязательное подтверждение соответствия продукции предусматривается только на соответствие требованиям определенного технического регламента в случаях, установленных этим регламентом Объектом обязательного подтверждения соответствия может быть только продукция, выпускаемая в обращение на территории РФ.

Наиболее развивающейся формой обязательного подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов является *декларирование соответствия*, которое в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» может осуществляться по одной из приведенных ниже форм:

а) односторонней – принятие декларации на основании собственных доказательств соответствия.

б) двусторонней – принятие декларации на основании собственных доказательств соответствия и доказательств, получаемых с участием аккредитованного органа по сертификации и аккредитованной испытательной лаборатории (центра), т.е. с участием независимой (третьей) стороны (в случае недостаточности собственных доказательств).

Декларация о соответствии и материалы доказательной базы заявитель должен хранить в течение трех лет с момента окончания срока действия декларации.

Обязательная сертификация по подтверждению соответствия объектов требованиям технических регламентов должна использоваться в обоснованных случаях, так как в последнее время принятие декларации о соответствии признается наиболее приоритетной обязательной формой подтверждения соответствия. Основанием для применения обязательной сертификации являются:

- отсутствие доверия к объективности декларирования соответствия, когда потребители не могут быть удовлетворены этой формой подтверждения соответствия;
- принадлежность конкретного объекта к сфере действия международных договоров и других соглашений, предусматривающих обязательность подтверждения соответствия, которые должна выполнять Россия;
- Относительно высокая опасность объектов обязательного подтверждения соответствия в комплексе со сложившейся ситуацией на рынке (например, на рынке лекарств, алкогольных напитков);
- ограниченные возможности заявителя по декларированию соответствия (например, в случае невозможности заявителем-продавцом без нарушения за-

кона и требований технического регламента полностью или частично обеспечить собственные доказательства подтверждения соответствия в требуемом объеме);

- отсутствие на территории России полномочного представителя зарубежного изготовителя, что не позволяет реализовать положения об обязательном подтверждении соответствия.



Рис. 24. Действующий знак соответствия при обязательной сертификации в РФ

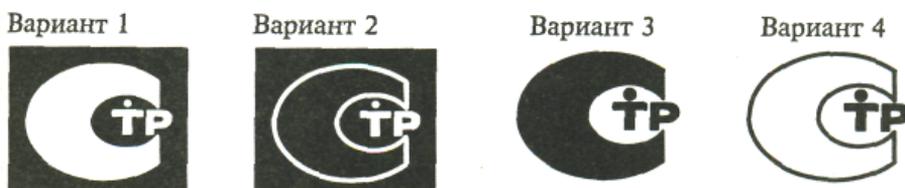


Рис. 25. Изображение знака обращения на рынке

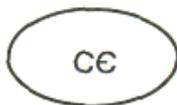


Рис. 26. Знак соответствия европейским стандартам

3. Схемы декларирования и сертификации обязательного подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов

Схемы декларирования и сертификации обязательного подтверждения соответствия объектов устанавливаются определенным техническим регламентом.

В общем случае каждая схема представляет собой относительно полный набор операций и условий их выполнения всеми участниками подтверждения соответствия. Все схемы гармонизированы с европейским модульным подходом к оценке соответствия.

Все схемы декларирования и сертификации обязательного подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов подразделяются на два вида:

- декларирования соответствия;
- сертификации.

В них включаются необходимые для подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов один или несколько компонентов:

- испытания (типовых образцов, единиц или партий продукции);
- сертификация системы менеджмента качества;
- инспекционный контроль.

В технических регламентах на конкретные объекты схемы, как правило, выбираются таким образом, чтобы они:

- не были излишне трудоемкими и соответствовали целям технического регламента;
- подпадали в своей основе под соответствующую международную директиву, что особенно важно для диффузии инноваций на международный рынок;
- при необходимости позволяли включать дополнительные к ним требования.

При этом в техническом регламенте желательно было бы по возможности устанавливать для однородных объектов несколько альтернативных, но во многом равнозначных по степени доказательности схем.

Схемы декларирования соответствия 1д-7д аналогичны европейским схемам декларирования соответствия: А, С, D, E, F, G, H.

Таблица 7

**Схемы декларирования соответствия объектов
требованиям технических регламентов**

Схема	Содержание схемы и ее исполнители
1д	<p>Заявитель:</p> <ul style="list-style-type: none"> • приводит собственные доказательства соответствия, которые включают формирование комплекта технической документации. Техническая документация должна позволять проведение оценки соответствия продукции требованиям технического регламента. Она должна в необходимой для оценки мере отражать проект (технические условия), принцип действия продукции и способ производства, а также содержать доказательства соответствия продукции техническому регламенту. Конкретные требования к составу технической документации устанавливаются в техническом регламенте на данный вид продукции. Примерный состав комплекта технической документации включает: общее описание продукции и принцип действия; проектные данные, чертежи, схемы, технические условия; перечень полностью или частично используемых стандартов и описание решений для обеспечения соответствия продукции требованиям технического регламента; результаты проектных расчетов, проведенных проверок; протоколы испытаний; • обеспечивает соответствие процесса производства изготавливаемой продукции технической документации и относящимся к ней требованиям технического регламента; • принимает декларацию о соответствии, регистрирует ее в установленном порядке; <p>маркирует продукцию, на которую принята декларация о соответствии, знаком обращения на рынке.</p>
2д	<p>Заявитель заключает договор с аккредитованной испытательной лабораторией (центром). Аккредитованная испытательная лаборатория (центр) проводит испытания типового образца продукции. Протокол испытаний типового образца кроме харак-</p>

	<p>теристик продукции должен содержать описание типа продукции непосредственно или в виде ссылки на технические условия либо другой аналогичный документ, а также содержать заключение о соответствии образца технической документации, по которой он изготовлен.</p> <p>Заявитель:</p> <ul style="list-style-type: none"> • принимает декларацию о соответствии; • обеспечивает соответствие процесса производства изготавливаемой продукции технической документации и относящимся к ней требованиям технического регламента; • принимает декларацию о соответствии, регистрирует ее в установленном порядке; <p>маркирует продукцию, на которую принята декларация о соответствии, знаком обращения на рынке</p>
Зд	<p>Заявитель заключает договор с аккредитованной испытательной лабораторией (центром).</p> <p>Аккредитованная испытательная лаборатория (центр) проводит испытания типового образца продукции. Протокол испытаний типового образца кроме характеристик продукции должен содержать описание типа продукции непосредственно или в виде ссылки на технические условия либо другой аналогичный документ, а также содержать заключение о соответствии образца требованиям технической документации.</p> <p>Заявитель:</p> <ul style="list-style-type: none"> • подает по своему выбору заявку в орган по сертификации на проведение сертификации СМК применительно к декларируемой продукции. В заявке должен быть указан документ, на соответствие которому проводится сертификация системы; • предпринимает все необходимые меры к тому, чтобы процесс производства в СМК обеспечивал соответствие изготавливаемой продукции технической документации и требованиям технического регламента. <p>Орган по сертификации проводит сертификацию СМК. Заявитель:</p> <ul style="list-style-type: none"> • получает от органа по сертификации сертификат на СМК; • выполняет в процессе производства продукции требования, вытекающие из положений сертифицированной СМК и поддерживает ее функционирование на должном уровне; • принимает декларацию о соответствии, регистрирует ее в установленном порядке; <p>маркирует продукцию, на которую принята декларация о соответствии, знаком обращения на рынке;</p> <ul style="list-style-type: none"> • информирует орган по сертификации обо всех изменениях системы. <p>Орган по сертификации осуществляет инспекционный контроль за СМК с целью удостоверения того, что заявитель продолжает выполнять обязательства, вытекающие из сертификации. Инспекционный контроль проводится с помощью периодических проверок. Периодичность проверок может устанавливаться в технических регламентах. Орган также проверяет изменения в системе и решает, будет ли сохраняться данная СМК. Им могут проводиться внезапные проверки. Во время проверок он может поручить или провести самостоятельно испытания с целью контроля эффективности функционирования системы. Результаты инспекционных проверок оформляются актом и доводятся до сведения заявителя.</p>

4д	Данная схема отличается от предыдущей в основном тем, что при сертификации СМК большее внимание уделяется вопросам контроля и испытаниям декларируемой продукции.
5д	Заявитель заключает договор с аккредитованной испытательной лабораторией (центром). Аккредитованная испытательная лаборатория (центр) проводит испытания выборочной партии продукции и выдает протоколы испытаний заявителю. Заявитель: <ul style="list-style-type: none"> • принимает декларацию о соответствии; • обеспечивает соответствие процесса производства изготавливаемой продукции технической документации и относящимся к ней требованиям технического регламента; • принимает декларацию о соответствии, регистрирует ее в установленном порядке; маркирует продукцию, на которую принята декларация о соответствии, знаком обращения на рынке
6д	Данная схема отличается от предыдущей только тем, что аккредитованная лаборатория (центр) проводит испытания каждой единицы декларируемой продукции.
7д	Данная схема отличается от схем 3д и 4д в основном тем, что при сертификации СМК большее внимание уделяется вопросам проектирования и производства декларируемой продукции.

При выборе схемы следует учитывать:

- риск от использования;
- степень потенциальной опасности продукции;
- чувствительность показателей безопасности, установленных техническим регламентом, к изменению производственных и эксплуатационных компонентов;
- степень сложности конструкции;
- наличие других факторов влияния (например, необходимость государственного контроля за декларируемой продукцией).

Современные схемы обязательной сертификации соответствуют следующим схемам сертификации продукции, которые использовались для нее ранее: 1с–1; 2с–1а; 3с–2; 3; 4; 4с–2а; 3а; 4а; 5с–5; 6с–7; 7с–8.

Таблица 8

Схемы обязательной сертификации продукции

Схема	Содержание схемы и ее исполнители
1с	Заявитель подает в орган по сертификации заявку на проведение сертификации своей продукции по своему выбору в один из аккредитованных органов, имеющих данную продукцию в области аккредитации. Орган по сертификации: <ul style="list-style-type: none"> • рассматривает заявку и принимает по ней решение; • сообщает заявителю решение по заявке, содержащее условия проведения сертификации. Аккредитованная испытательная лаборатория проводит испытания типового

	<p>образца (типовых образцов) по поручению органа по сертификации и выдает органу по сертификации протокол испытаний. Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализирует результаты испытаний; • при положительных результатах испытаний оформляет сертификат соответствия по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю. <p>Заявитель на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке.</p>
2с	<p>Заявитель подает в орган по сертификации заявку на проведение сертификации своей продукции по своему выбору в один из аккредитованных органов, имеющий данную продукцию в области аккредитации. Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • рассматривает заявку и принимает по ней решение; • сообщает заявителю решение по заявке, содержащее условия проведения сертификации. <p>Аккредитованная испытательная лаборатория проводит испытания типового образца (типовых образцов) по поручению органа по сертификации и выдает органу по сертификации протокол испытаний.</p> <p>Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализирует результаты испытаний; • проводит анализ состояния производства и оформляет актом его результаты; • обобщает результаты испытаний и анализа состояния производства; • при положительных результатах обобщения оформляет сертификат соответствия по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю. <p>Заявитель на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке.</p>
3с	<p>Заявитель подает в орган по сертификации заявку на проведение сертификации своей продукции по своему выбору в один из аккредитованных органов, имеющий данную продукцию в области аккредитации. Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • рассматривает заявку и принимает по ней решение; • сообщает заявителю решение по заявке, содержащее условия проведения сертификации. <p>Аккредитованная испытательная лаборатория:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводит испытания типового образца (типовых образцов) по поручению органа по сертификации; • выдает органу по сертификации протокол испытаний. <p>Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализирует результаты испытаний; • при положительных результатах испытаний оформляет сертификат соответствия по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю. <p>Заявитель на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке.</p> <p>Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводит инспекционный контроль за сертифицированной продукцией в течение всего срока действия сертификата соответствия путем периодических испытаний образцов продукции. Место отбора образцов (у изготовителя и (или) у продавца) устанавливается в техническом регламенте. По результатам инспекционного контроля принимается одно из следующих решений: считать действие

	сертификата соответствия подтвержденным; приостановить действие сертификата соответствия; отменить действие сертификата соответствия
4с	<p>Заявитель подает в орган по сертификации заявку на проведение сертификации своей продукции по своему выбору в один из аккредитованных органов, имеющий данную продукцию в области аккредитации. Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • рассматривает заявку и принимает по ней решение; • сообщает заявителю решение по заявке, содержащее условия проведения сертификации. <p>Аккредитованная испытательная лаборатория:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводит испытания типового образца (типовых образцов) по поручению органа по сертификации; • выдает органу по сертификации протокол испытаний. <p>Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализирует результаты испытаний; • проводит анализ состояния производства и оформляет актом его результаты
	<ul style="list-style-type: none"> • обобщает результаты испытаний и анализа состояния производства; при положительных результатах обобщения оформляет сертификат соответствия по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю. <p>Заявитель на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке.</p> <p>Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводит инспекционный контроль за сертифицированной продукцией в течение всего срока действия сертификата соответствия путем периодических испытаний образцов продукции. Место отбора образцов (у изготовителя и (или) у продавца) устанавливается в техническом регламенте. По результатам инспекционного контроля принимается одно из следующих решений: считать действие сертификата соответствия подтвержденным; приостановить действие сертификата соответствия; отменить действие сертификата соответствия
5с	<p>Заявитель подает в орган по сертификации заявку на проведение сертификации своей продукции по своему выбору в один из аккредитованных органов, имеющий данную продукцию в области аккредитации. В заявке указывается документ, на соответствие которому заявитель предпочитает проводить сертификацию СМК с учетом того, что в техническом регламенте могут быть установлены один или несколько документов, на соответствие которым может проводиться сертификация системы. При наличии у заявителя полученного ранее сертификата на СМК он представляет его вместе с заявкой. Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • рассматривает заявку и принимает по ней решение; • сообщает заявителю решение по заявке, содержащее условия проведения сертификации, в том числе сообщает в орган по сертификации СМК. <p>Аккредитованная испытательная лаборатория:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводит испытания типового образца (типовых образцов) по поручению органа по сертификации; • выдает органу по сертификации протокол испытаний. <p>Орган по сертификации СМК:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводит сертификацию СМК по поручению органа по сертификации продукции либо сам орган по сертификации продукции, если сертификация систем качества входит в область его аккредитации.

	<ul style="list-style-type: none"> • Сертификация СМК не проводится, если заявитель представил имеющийся сертификат на систему, выданный органом, аккредитованном в установленном порядке, и подтверждающий соответствие системы требованиям документа, определенным в техническом регламенте; • при положительных результатах сертификации СМК выдает сертификат на систему. <p>Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализирует результаты испытаний; • обобщает результаты испытаний и сертификации СМК; • при положительных результатах испытаний и наличии сертификата на СМК оформляет сертификат соответствия на продукцию по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю. <p>Заявитель:</p> <p>на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • в процессе производства данной продукции информирует орган по сертификации об изменениях, вносимых в продукцию. <p>Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводит инспекционный контроль путем периодических испытаний образцов сертифицированной продукции и периодического контроля за сертифицированной СМК в течение всего срока действия сертификатов соответствия. Место отбора образцов (у изготовителя и (или) у продавца) устанавливается в техническом регламенте; • проверяет вносимые заявителем изменения в продукцию; <p>по результатам инспекционного контроля и проверок внесенных заявителем изменений в продукцию принимает одно из следующих решений: считать действие сертификата соответствия подтвержденным; приостановить действие сертификата соответствия; отменить действие сертификата соответствия</p>
6с	<p>Заявитель подает в орган по сертификации заявку на проведение сертификации партии своей продукции по своему выбору в один из аккредитованных органов, имеющих данную продукцию в области аккредитации. В заявке должны содержаться идентифицирующие признаки партии и входящих в нее единиц продукции. Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • рассматривает заявку и принимает по ней решение; • сообщает заявителю решение по заявке, содержащее условия проведения сертификации. <p>Аккредитованная испытательная лаборатория:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводит испытания партии продукции по поручению органа по сертификации; • выдает органу по сертификации протокол испытаний. <p>Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализирует результаты испытаний; • обобщает результаты испытаний; • при положительных результатах обобщения оформляет сертификат соответствия на партию продукции по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю. <p>Заявитель на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке</p>

7с	<p>Заявитель подает в орган по сертификации заявку на проведение сертификации каждой единицы своей продукции по своему выбору в один из аккредитованных органов, имеющий данную продукцию в области аккредитации. В заявке должны содержаться идентифицирующие признаки единиц продукции. Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • рассматривает заявку и принимает по ней решение; • сообщает заявителю решение по заявке, содержащее условия проведения сертификации. <p>Аккредитованная испытательная лаборатория:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводит испытания каждой единицы продукции по поручению органа по сертификации; • выдает органу по сертификации протокол испытаний. <p>Орган по сертификации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализирует результаты испытаний; • обобщает результаты испытаний; • при положительных результатах обобщения оформляет сертификат соответствия по форме, утвержденной федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию, и выдает его заявителю. <p>Заявитель на основании полученного сертификата соответствия маркирует продукцию знаком обращения на рынке</p>
----	--

При выборе той или иной схемы сертификации продукции (схемы 1с–7с) следует учитывать:

- положения и требования международных соглашений, которые подписала Россия (касающихся сертифицируемой продукции);
- особенности выбираемых схем и их отдельных операций;
- специфику сертифицируемой продукции;
- особенности сферы использования продукции;
- цели технического регламента на данную продукцию;
- суммарный риск от недостоверной оценки соответствия и ущерб от применения продукции, прошедшей сертификацию, включая возможные потенциальные последствия опасности и чувствительность регламентируемых техническим регламентом показателей безопасности к изменению производственных, эксплуатационных и других факторов;
- функциональный статус заявителя (изготовитель, продавец).

Применительно к каждой схеме сертификации продукции можно привести ряд рекомендаций (табл. 9).

Рекомендации по применению схем сертификации продукции 1с–7с

Схема	Содержание схемы и ее исполнители
1с	Для серийно выпускаемой продукции. При малой чувствительности показателей безопасности продукции к изменению производственных, эксплуатационных и иных факторов
2с	Для серийно выпускаемой продукции. При малой чувствительности показателей безопасности продукции к изменению производственных, эксплуатационных и иных факторов
3с	Для серийно выпускаемой продукции. При малой чувствительности показателей безопасности продукции к изменению производственных, эксплуатационных и иных факторов
4с	Для серийно выпускаемой продукции. При значительной чувствительности показателей безопасности продукции к изменению производственных и эксплуатационных факторов. Результаты испытаний типового образца в силу их однородности не могут дать достаточной уверенности в стабильности подтвержденных показателей в течение срока действия сертификата соответствия. Для малых предприятий более предпочтительна (по сравнению со схемой 5с), так как не требуется иметь сертификат на СМК
5с	Для серийно выпускаемой продукции. При значительной чувствительности показателей безопасности продукции к изменению производственных и эксплуатационных факторов. Результаты испытаний типового образца в силу их однородности не могут дать достаточной уверенности в стабильности подтвержденных показателей в течение срока действия сертификата соответствия. Для малых предприятий схема обременительна из-за оформления СМК
6с	Для партий продукции. Предпочтительна в основном для приобретенной продавцами продукции, но не имеющей сертификата соответствия (например, для продукции, закупленной за рубежом). Целесообразна для изготовителей в случае разовой поставки партии продукции
7с	Для каждой единицы продукции. Предпочтительна в основном для приобретенной продавцами продукции, например уникального изделия, не имеющей сертификата соответствия (например, для продукции, закупленной за рубежом). Целесообразна для изготовителей, например, в случае выпуска уникального изделия. При исключительной ответственности выпускаемой продукции по последствиям отказов

СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО МЕТРОЛОГИИ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

Устройство и эксплуатация штангенприборов

Цель работы: Ознакомиться с устройством и областью применения штанген-приборов и получить практические навыки использования.

Задание: 1. Проверить пригодность приборов для работы.
2. Выполнить измерения выданной детали.

Средства измерения и принадлежности:

1. Штангенциркуль ШЦ-I.
2. Штангенциркуль ШЦ-II.
3. Штангенглубиномер.
4. Штангенрейсмус.

Порядок выполнения задания

Исходные данные: Учебная деталь.

1. Изучить конструкцию, правила регулирования и настройки приборов по прилагаемой теоретической части учебного пособия.
2. Нарисовать эскиз детали с указанием на нем размеров, подлежащих измерениям.
3. Определить для всех приборов и занести в таблицу 10 метрологические показатели:
 - Пределы измерения
 - Цену деления с основной шкалы, мм
 - Цену деления в шкалы нониуса по формуле:

$$b = \frac{\ell}{n}, \quad (48)$$

где: ℓ – длина шкалы нониуса, мм;

n – количество делений шкалы нониуса;

- Точность отсчета по нониусу по формуле:

$$e = \frac{c}{n}, \quad (49)$$

- Предельную погрешность Δ_{lim} (приложение 7)
-

Таблица 10

Метрологические показатели приборов, применяемых при измерениях

Приборы, применяемые при измерении		Метрологические показатели					Возможные предельные погрешности, мкм	
На размере	Наименование прибора	Пределы измерений, мм	Цена деления основной шкалы, мм	Интервал деления шкалы нониуса, мм	Цена деления шкалы нониуса, мм	Возможные предельные погрешности, мкм		
						от	до	

1. Проверить совпадение нулевых штрихов основной шкалы и шкалы нониуса по всем приборам.
2. Выполнить измерения по всем размерам детали.
3. Записать результаты измерений с учетом Δ_{lim} в табл. 11.
- 4.

Таблица 11

Результаты измерения

Изменяемые размеры, мм	Результаты измерения, мм	Погрешность измерения, мкм $\pm \Delta_{\text{lim}}$	Возможные предельные размеры с учетом погрешности, мм	
			max	min

Теоретическая часть

Штангенприборы предназначены для измерения линейных размеров абсолютным методом и нанесения разметки.

Наиболее распространенными штангенприборами являются **штангенциркули** (рис. 27). Отечественная промышленность выпускает несколько модификаций этих приборов.

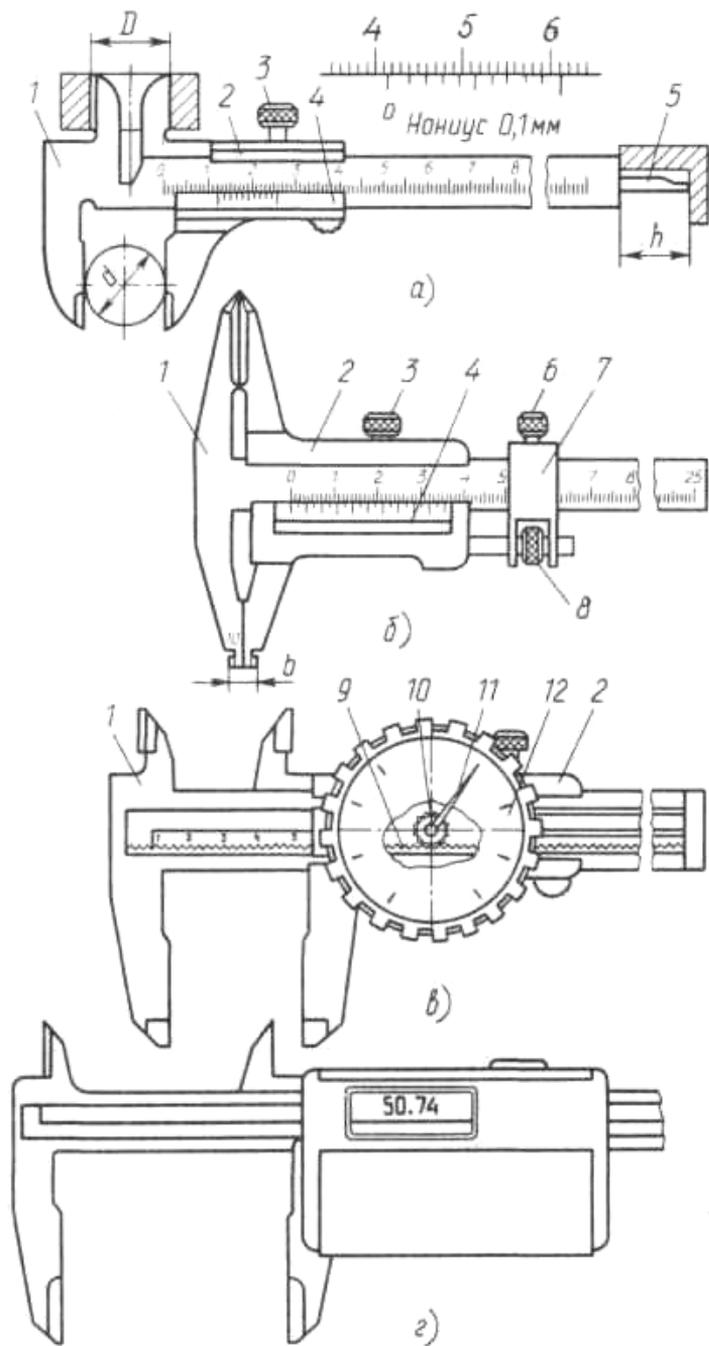


Рис. 27. Штангенциркули

Штангенциркуль ШЦ – I (рис. 27, а) предназначен для измерения наружных и внутренних размеров, глубин отверстий, впадин, высоты уступов и т.п. Он имеет двусторонние измерительные губки для наружных и внутренних измерений, а также линейку 5 для измерения глубины. Неподвижные двусторонние губки с рабочими поверхностями выполнены заодно со штангой 1, по которой перемещается рамка 2 со второй парой губок. В требуемом положении на штанге рамка крепится стопорным винтом 3. Отсчет размеров осуществляется по нониусу 4 и линейке на штанге. ШЦ – I имеет диапазон измерений 0...125 мм и цену деления нониуса 0,1 мм.

Штангенциркуль ШЦТ – I отличается от предыдущего отсутствием губок для измерения внутренних размеров. Односторонние губки оснащены накладками из твердого сплава. Этот прибор применяют для наружных измерений и контроля глубины.

Штангенциркуль ШЦ – II (рис. 22, б) кроме измерений наружных и внутренних размеров широко используют для разметочных работ. Состоит он из тех же деталей, что и штангенциркуль ШЦ – I, но дополнительно оснащен специальным устройством 7 для точного перемещения рамки 2 по штанге 1. Это устройство значительно упрощает установку размера при переносе его на заготовку в процессе разметки. Для этого после предварительной установки размера с помощью нониуса 4 фиксируют устройство 7 стопорным винтом 6 и, вращая винт 8 тонкой настройки, перемещают рамку 2 по штанге 1 до установки размера с требуемой точностью. По окончании настройки фиксируют рамку стопорным винтом 3 и приступают к разметке, используя остроконечные губки штангенциркуля для нанесения рисок на поверхность заготовки. Эти губки могут быть использованы и для измерения наружных размеров в труднодоступных местах. Рабочие поверхности губок для измерения внутренних размеров имеют цилиндрическую форму. При измерении внутренних размеров необходимо прибавить к результату измерения толщину губок (чаще встречается 10 мм). Штангенциркули ШЦ – II имеют диапазон измерений 0...250 мм и цену деления нониуса 0,05 мм.

Штангенциркуль ШЦ – III в отличие от ШЦ – II не имеет верхних остроконечных губок и устройства для подачи рамки. Его применяют для внутренних измерений с помощью таких же, как у ШЦ – II, нижних губок. Цена деления нониуса составляет 0,1 или 0,05 мм, диапазоны измерений 0...160; 0...200 мм.

За рубежом изготавливают штангенциркули с усовершенствованным отсчетным устройством, значительно повышающие производительность и облегчающие работу контролера. Так, в Германии выпускаются штангенциркули со стрелочным отсчетным устройством (точность измерения 0,1 мм). Существуют штангенциркули с цифровым отсчетным устройством (цена деления: 0,05 и 0,01 мм).

Штангенглубиномеры (рис. 28) предназначены для измерений глубин отверстий и пазов, высоты уступов и т. п.

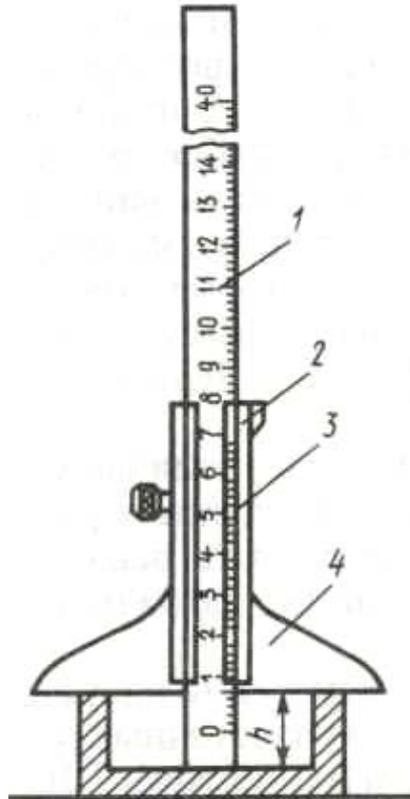


Рис. 28. Штангенглубиномер

Цена деления нониуса этих инструментов составляет 0,05 мм, диапазоны измерений: 0...160; 0...200; 0...250; 0...315; 0...400 мм. По конструкции штангенглубиномер отличается от штангенциркуля отсутствием неподвижных губок на штанге и наличием вместо них на рамке 2 с нониусом 3 траверсы 4, которая является опорой при измерении глубины. Нулевой размер штангенглубиномер показывает при совпадении торцов штанги (линейки) 1 и траверсы (основания) 4.

Штангенрейсмус (рис. 29) обычно применяют для разметки, но он может быть использован и для измерения высоты деталей, установленных на контрольно-поверочной плите.

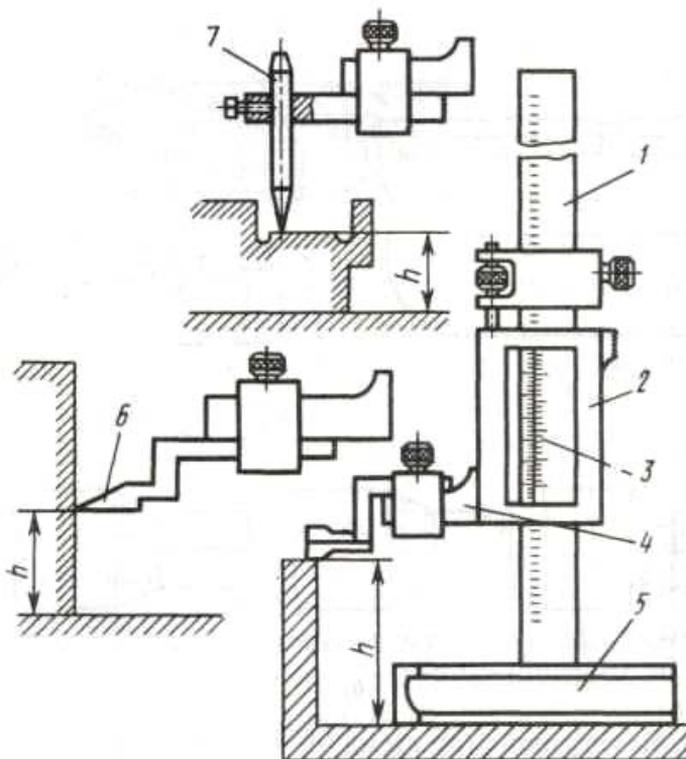


Рис. 29. Штангенрейсмус

Штангенрейсмусы имеют цену деления нониуса 0,1 или 0,05 мм и наибольший предел измерений 2500 мм. Они оснащены массивным основанием 5 для установки на плите. Перпендикулярно основанию расположена штанга 1 с миллиметровой шкалой. Подвижная рамка 2 с нониусом 3 имеет державку 4, с помощью которой осуществляют установку специальной ножки для измерения высоты, либо глубиномера 7, либо разметочной ножки 6.

При разметке вертикальных поверхностей штангенрейсмус с установленным по шкале и нониусу размером h (рекомендуется пользоваться винтом тонкой настройки рамки) перемещают по плите вдоль размечаемой заготовки, при этом острие разметочной ножки вычерчивает на поверхности заготовки горизонтальную линию.

В настоящее время зарубежная промышленность выпускает штангенрейсмусы с цифровым отсчетом измеряемого размера [2].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

Устройство и эксплуатация микрометрических приборов

Цель работы: Ознакомиться с устройством микрометрических приборов и получить практические навыки их использования.

- Задание:*
1. Изучить конструкцию приборов.
 2. Подготовить микрометр к работе (установить на ноль).
 3. Выполнить измерения выданной детали.

Средства измерения и принадлежности:

1. Микрометр гладкий.
2. Микрометрический глубиномер.
3. Микрометрический нутромер.

Порядок выполнения задания

Исходные данные: Учебная деталь.

1. Изучить конструкцию, правила регулирования и настройки приборов по прилагаемой теоретической части учебного пособия.
2. Нарисовать эскиз детали с указанием на нем размеров, подлежащих измерениям.
3. Определить для всех приборов и занести в таблицу 12 метрологические показатели:
 - Пределы измерения;
 - Цену деления s основной шкалы (на стебле микрометрической головки), мм;
 - Цену деления шкалы на барабане в мм по формуле:

$$b = \frac{t}{n}, \quad (50)$$

где: t – шаг резьбы микровинта, мм;

n – количество делений шкалы барабана;

- Возможную предельную погрешность Δ_{lim} в пределах его использования (приложения 7, 8, 11).

Таблица 12

Метрологические показатели приборов, применяемых при измерениях

Приборы, применяемые при измерениях		Метрологические показатели					
На раз- мере	Наимено- вание при- бора	Пределы измерений, мм	Цена де- ления основной шкалы, мм	шаг резьбы микровин- та, мм	Цена деления шкалы барабана, мм	Возможные предельные погрешно- сти, мкм	
						от	до

1. Проверить и настроить все приборы.
2. Выполнить измерения по размерам детали с учетом возможностей приборов.
3. Записать в таблицу 13 результаты измерений с учетом предельной погрешности:

$$D_{\text{воз}} = D_{\text{пр}} \pm \Delta_{\Sigma(\text{изм})}, \quad (51)$$

где: $D_{\text{воз}}$ – возможный размер с учетом погрешности измерения;

$D_{\text{пр}}$ – размер, установленный по показаниям прибора;

$\Delta_{\Sigma(\text{изм})}$ – предельная погрешность прибора для полученного размера.

Таблица 13

Результаты измерения

Измеряемые размеры, мм	Результаты измерения, мм	Погрешность измерения, мкм $\pm \Delta_{\Sigma(\text{изм})}$	Возможные предельные разме- ры с учетом погрешности, мм	
			max	min

Теоретическая часть

Микрометрические приборы (рис. 30) в своей конструкции имеют микрометрический винт и гайку, преобразующие вращательное движение в поступательное перемещение измерительной пятки. К микрометрическим приборам относятся микрометры, микрометрические нутромеры и микрометрические глубиномеры.

Отечественной промышленностью освоен массовый выпуск следующих типов **микрометров**: МК – для измерения наружных размеров; МЛ (с циферблатом) – для измерения толщины листов и лент; МТ – для измерения толщины стенок труб; МЗ – для измерения длины общей нормали зубчатых колес; МВМ, МВТ, МВП (со вставками) – для измерения различных резьб и деталей из мягких материалов; МР, МРИ – рычажные; МВ, МГ, МН1, МН2 – настольные. Кроме того, выпускают еще микрометрические нутромеры и глубиномеры.

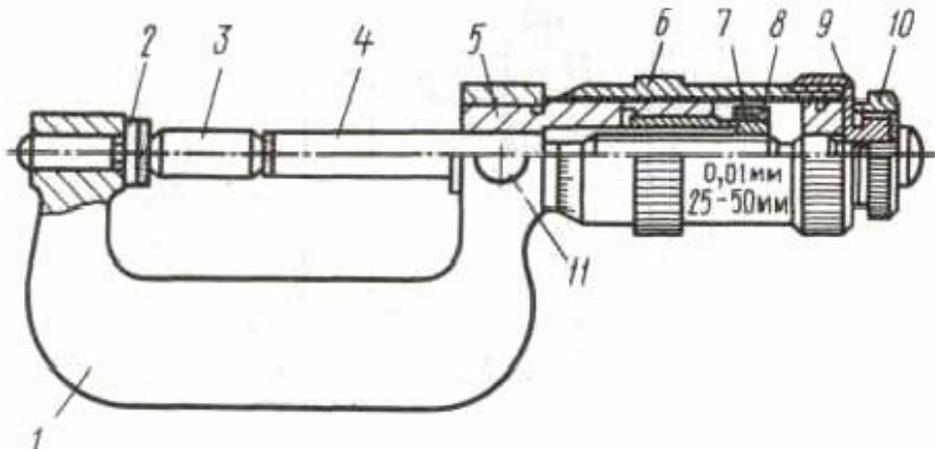


Рис. 30. Микрометр МК

На рисунке 15 показаны конструкция и схема микрометра МК. Скоба 1 имеет два соосных отверстия, в которые запрессованы с одной стороны неподвижная измерительная пятка 2, а с другой – стержень 5. В отверстии стержня, как в направляющих, перемещается микрометрический винт 4, гайка 7 которого имеет наружную резьбу и продольные разрезы. Навинчивая на наружную резьбу специальную регулировочную гайку 8, сжимают гайку 7 и выбирают зазор в соединении микровинт – гайка. Эта операция устраняет влияние зазора в резьбовом соединении на точность осевого перемещения микровинта в зависимости от угла его поворота. За один оборот винта его торец перемещается в осевом направлении на величину, равную шагу резьбы (0,5 мм). На микрометрическом винте находится барабан 6, закрепленный установочным колпачком-гайкой 9. В колпачке-гайке смонтирован механизм 12, обеспечивающий постоянное измерительное усилие. Он соединяет колпачок-гайку с трещоткой 10 и состоит из храпового колеса, фиксатора и пружины. В случае отклонения измерительного усилия от значений (7 ± 2 Н) трещотка 10, за которую вращают барабан, отсоединяется от установочного колпачка 9 и начинает проворачиваться с характерным прищелкиванием. При этом микрометрический винт 4 остается неподвижным. Измерительные поверхности микровинта и пятки выполнены из твердого сплава. Для фиксации микровинта в нужном положении микрометр снабжен стопорным винтом (стопором) 11 [2].

Отсчетное устройство микрометра, как и других микрометрических приборов, имеет основную и вспомогательную шкалы. На стержне 5 нанесены продольная риска и по обеим ее сторонам две шкалы. Цена деления обеих шкал – 1 мм, верхняя смещена на 0,5 мм относительно нижней. Указателем служит торец барабана 6, перемещающегося вместе с микровинтом. По нижней шкале отсчитывают целые миллиметры, по верхней – их половины. Дополнительная шкала с 50 делениями нанесена на коническом скосе торца барабана 6, указателем ее служит продольная риска на стержне. За один оборот микровинт с барабаном перемещается на шаг

винтовой пары, равный 0,5 мм, а дополнительная шкала поворачивается на 50 делений. Цена деления равна $0,5/50=0,01$ мм.

При измерении детали производят отсчет по всем шкалам и суммируют их (рис. 31).

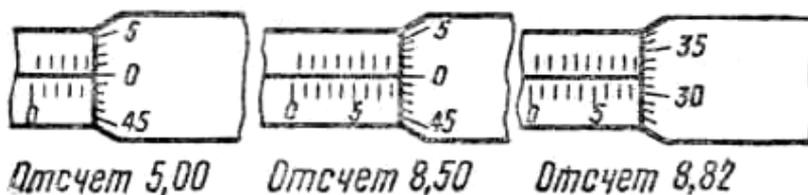


Рис. 31. Примеры отсчета размеров по шкалам микрометра

При использовании микрометра его держат в руках или устанавливают в стойке. Второй способ предпочтительнее, так как позволяет уменьшить нагрев и колебания прибора, что повышает точность измерения.

Перед началом работы необходимо проверить установку микрометра на ноль. Для микрометров с пределами измерений 0–25 мм проверка нулевого отсчета производится при соприкосновении измерительных поверхностей пятки 2 и микровинта 4, а с пределами измерений 25–50 мм, 50–75 мм и т.д. проверку осуществляют с помощью специальных цилиндрических мер или концевой меры длины.

Длина резьбы микровинта равна 25 мм, в связи с чем пределы измерений гладких микрометров типа МК составляют 0–25, 25–50 и т.д. до 600 мм. Цена деления микрометра не зависит от пределов измерений и равна 0,01 мм. Предельная погрешность определяется условиями измерения, главным образом величиной размера. Так, при определении размеров от 0 до 25 мм (микрометр держат в руках) $\Delta_{lim} = \pm 0,005$ мм, при размерах 400–500 мм $\Delta_{lim} = \pm 0,050$ мм. Микрометры применяют для контроля размеров, выполняемых по 7–9-му квалитетам [8].

Микрометрический нутромер (рис. 32) служит для измерения диаметра отверстий и других внутренних размеров. Он состоит из микрометрической головки и набора сменных удлинителей.

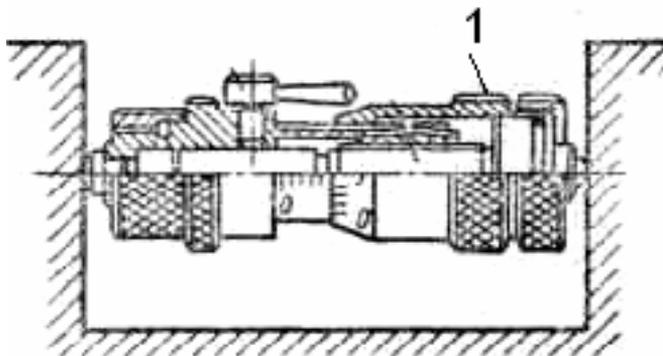


Рис. 32. Микрометрический нутромер

Отсчетное устройство и цена деления такие же, как у микрометра. Измерительными поверхностями являются торец микровинта и торец стержня защитного удлинителя, который ввертывается в корпус нутромера. При измерениях, вращая кольцо барабана 1, эти поверхности приводят в соприкосновение со стенками контролируемого отверстия. Микрометрические нутромеры не имеют трещотки, поэтому плотность соприкосновения их с поверхностью детали при измерении определяют на ощупь. В комплект входит установочная мера, имеющая вид скобы, по которой производится установка прибора на ноль.

Микрометрические нутромеры выпускаются с пределами измерений, мм: 50–75, 75–175, 75–600, 150–1250, 800–2500, 1250–4000, 2500–6000, 4000–10000. На каждом удлинителе нанесен его рабочий размер. Обычно к прибору прилагается составленная заводом-изготовителем таблица, облегчающая подбор удлинителей. Цена деления шкалы для всех пределов измерений равна 0,01 мм. Точность измерений в основном зависит от величины контролируемого размера, степени соблюдения температурного режима и квалификации метролога.

Каждый размер измеряют несколько раз. Сначала нутромер вводят и слегка покачивают в плоскости, проходящей через ось отверстия, чтобы найти его наименьший размер и определить сечение, перпендикулярное оси отверстия. Затем нутромер покачивают в найденном сечении, определяя наибольший размер, т.е. диаметр отверстия.

Предельные погрешности изменяются от $\pm 0,015$ мм для размеров в интервале 50–120 мм до $\pm 0,070$ мм для размеров 1600–2000 мм. Микрометрические нутромеры применяют для измерения диаметров отверстий, изготовленных по 8–9-му квалитетам и грубее.

Микрометрический глубиномер (рис. 33) предназначен для тех же целей, что и штангенглубиномер.

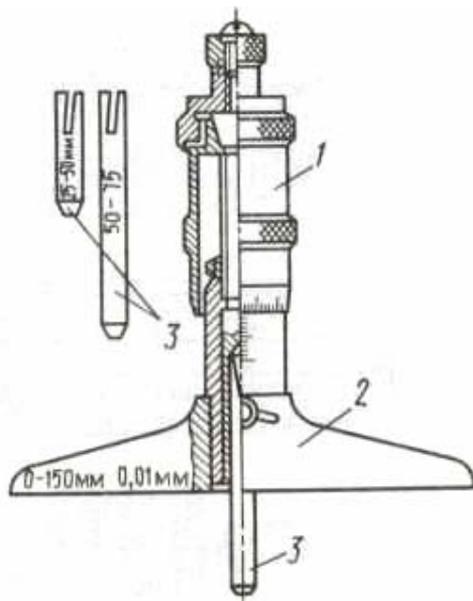


Рис. 33. Микрометрический глубиномер

Он имеет измерительный стержень, жестко соединенный с основанием 2, и измерительный стержень 3, который вставляется в отверстие на торце микрометрического барабана 1 и закрепляется. Пределы измерений глубиномером 0–100 и 0–150 мм. Предельная погрешность измерений для размеров до 50 мм $\pm 0,005$ мм, а выше 50 до 100 мм $\pm 0,010$ мм [8].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

Измерение индикаторной скобой

Цель работы: Ознакомиться с устройством индикаторной скобы и получить практические навыки использования.

- Задание:*
1. Изучить конструкцию прибора.
 2. Настроить индикаторную скобу (установить на ноль).
 3. Выполнить измерения выданной детали.

Средства измерения и принадлежности:

1. Индикаторная скоба.
2. Набор ПКМД.
3. Штангенциркуль.

Порядок выполнения задания

Исходные данные: Учебная деталь.

1. Изучить конструкцию, правила регулирования и настройки прибора по прилагаемой теоретической части учебного пособия.
2. Нарисовать эскиз детали с указанием на нем размеров, подлежащих измерениям.
3. Определить и занести в таблицу 14 метрологические показатели индикаторной скобы:

Таблица 14

Метрологические показатели

Наименование		Метрологические показатели					
при- бора	измери- тельной головки	Пределы измерений прибора, мм	Диапазон показаний индикатор- ной голов- ки, мм	Цена деле- ния шкалы малой стрелки индикато- ра, мм	Цена деле- ния шкалы большой стрелки индикато- ра, мм	Воз- можные пре- дельные погреш- ности, мкм	
						от	до

4. Настроить индикаторную скобу.
5. Произвести измерения детали в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и в трех сечениях.
6. Записать результаты измерения в таблицу 15:

Таблица 15

Результаты измерения

№ п/п	Установочный натяг, мм	Базовый размер прибора, мм	Действительное отклонение, мм	Действительный размер, мм

7. Определить по результатам измерения конусность в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и овальность в трех сечениях детали по следующим формулам:

$$\Delta_K = \frac{d_1 - d_3}{\ell}, \quad (52)$$

где: Δ_K – конусность;

d_1 – диаметр в 1-ом сечении, мм;

d_3 – диаметр в 3-ем сечении, мм;

ℓ – расстояние между 1-ым и 3-им сечением, мм.

$$\Delta_{OV} = d_i^n - d_i^m, \quad (53)$$

где: Δ_{OV} – овальность;

d_i^n – диаметр в i -м сечении n -й плоскости;

d_i^m – диаметр в i -м сечении m -й плоскости.

Теоретическая часть

Рычажно-механические приборы, широко применяемые в машиностроении, предназначены главным образом для точных измерений методом сравнения с мерой. Иногда используется и метод непосредственной оценки, если определяемый размер меньше предела измерения прибора. Сложная кинематика позволяет преобразовывать малые перемещения измерительного стержня (чувствительного элемента) в значительно большее перемещение стрелки отсчетного устройства с помощью зубчатых, рычажно-зубчатых, рычажно-винтовых, рычажно-пружинных передач.

Примером прибора с зубчатой передачей служит **индикатор часового типа** (рис. 34). В его корпусе 4 закреплена гильза 3 для присоединения индикатора к измерительному приспособлению. В точных направляющих втулках гильзы перемещается измерительный стержень 2 с наконечником 1. На средней части стержня нарезана зубчатая рейка 12, находящаяся в зацеплении с зубчатым колесом 13, за-

крепленным на одной оси с колесом 14. Последнее зацеплено с колесом 16, на оси которого установлена стрелка 6 (указатель) для отсчета по шкале 7. Погрешности вследствие бокового зазора в зубчатых передачах устраняет с помощью спирального волоска колесо 17. На его оси установлена стрелка 5 для отсчета числа оборотов стрелки 6 по шкале 5 с ценой деления 1 мм.

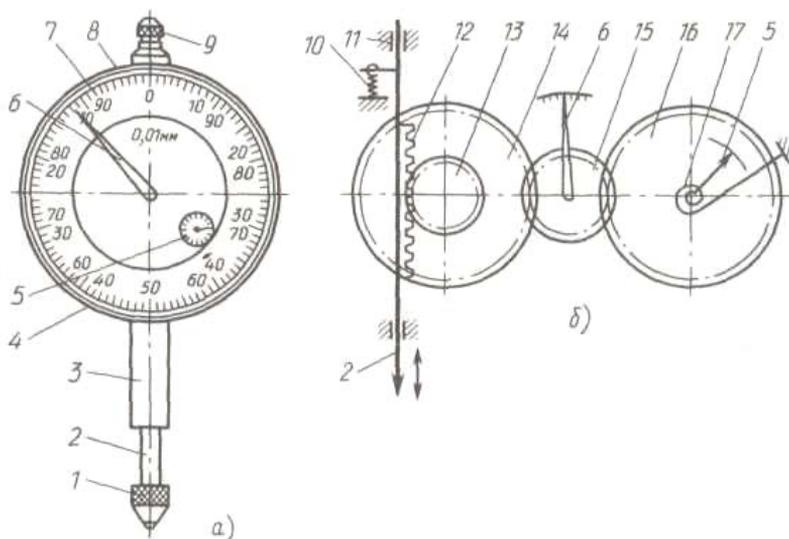


Рис. 34. Индикатор часового типа: а) общий вид; б) схема прибора

Измерительное усилие обеспечивается пружинкой 10, прижимающей стержень 2 к поверхности измеряемого объекта. Ободком 8 шкала 7 устанавливается на ноль при исходном положении стрелки 6.

Передаточное отношение зубчатых передач обеспечивает за 1 мм перемещения измерительного стержня полный оборот стрелки 6 по шкале 7, имеющей 100 делений. Цена деления, таким образом, равна 0,01 мм. Измерительное усилие индикатора изменяется от 0,8 Н при начальном положении стержня до 2 Н при конечном. Предел измерений зависит от типа индикатора. У нормальных индикаторов ИЧ он составляет 0–5 и 0–10 мм, а у малогабаритных 0–2 и 0–3 мм.

Индикаторы устанавливаются в различных приспособлениях как универсального (штативах, стойках), так и специального (индикаторных нутромерах, скобах, глубиномерах) назначения. В качестве отдельного прибора они не используются [8].

Индикаторные скобы изготавливают с пределами измерения 0–50; 50–100; 100–200; 200–300 мм и дальше до 1000 мм с интервалом 100 мм. Наибольшее распространение получили скобы до 200 мм. Они обеспечивают достаточную точность при контроле изделий. При проверке больших размеров индикаторные скобы предпочтительнее жестких.

Индикаторная скоба (рис. 35) имеет жесткий корпус с теплоизоляционной накладкой 10. Подвижная пятка 4 находится в постоянном контакте с измерительным

стержнем индикатора. Измерительное усилие скобы создается совместным действием силы упругости пружины 5 и пружины индикатора. Переставную пятку 2 можно передвигать в пределах от 60 до 100 мм. Положение пятки фиксируют стопорным винтом 11, который закрыт колпачком 1.

Во всех индикаторных скобах измерительный стержень индикаторной головки непосредственно не соприкасается с измеряемой деталью. На стержень действуют только осевые усилия, что значительно улучшает стабильность показаний прибора.

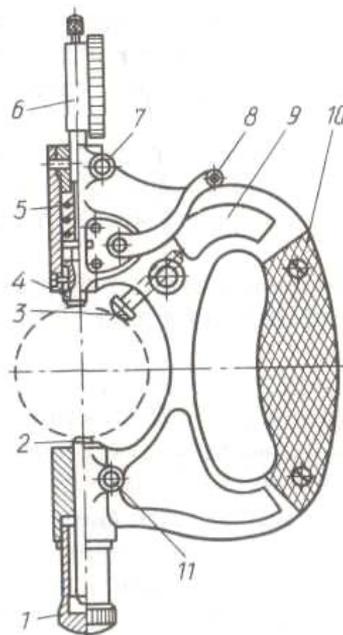


Рис. 35. Индикаторная скоба

Индикаторные скобы малых размеров имеют плоские поверхности пяток, что обеспечивает получение правильных результатов при измерениях даже в том случае, если линия измерения не проходит через центр измеряемого объекта. Это важно при индивидуальных измерениях, когда нет смысла настраивать упорную пятку 3 под диаметр измеряемой детали. При массовых же измерениях одной и той же детали процесс работы значительно облегчается, а производительность резко возрастает, если упорная пятка 3 будет заранее настроена с учетом измеряемой величины. Упорную пятку устанавливают так, чтобы линия измерения проходила через центр измеряемого объекта, и фиксируют стопорным винтом.

Чтобы предохранить измерительные поверхности пяток от быстрого износа, а стрелку индикаторной головки от поломки, скоба имеет отводной рычаг 8, с помощью которого подвижную пятку 4 поднимают вверх. Это облегчает ввод измеряемых деталей между измерительными поверхностями пяток. Для ускорения измерений можно применить специальную стойку [4].

Подготовку индикаторной скобы к измерениям ведут в следующем порядке:

1. Устанавливают в прибор необходимую индикаторную головку 6 (рис. 20) и закрепляют ее с помощью стопорного винта 7.

2. Ставят малую стрелку индикаторной головки на ноль путем передвижения индикаторной головки в корпусе (предварительно ослабив и закрепив стопорный винт 7).

3. Отвернув предохранительный колпачок 1 и ослабив стопорный винт 11, устанавливают переставную пятку 2 так, чтобы между ее торцом и торцом подвижной пятки 4 легко помещался блок концевых мер.

4. Устанавливают в системе необходимый «установочный натяг». Для этого перемещают переставную пятку 2 в сторону индикатора настолько, чтобы стрелка сделала 1–1,5 оборота. Закрепляют стопорный винт 11 и наворачивают предохранительный колпачок 1.

5. Не убирая блок концевых мер между подвижной и переставной пятками, настраивают большую стрелку на ноль, поворачивая рифленый ободок индикатора.

6. Нажав на отводной рычаг, убирают блок концевых мер между пятками. Прибор готов к использованию.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

Измерения индикаторным нутромером

Цель работы: Изучить конструкцию и правила пользования индикаторного нутромера.

- Задание:*
1. Изучить конструкцию прибора.
 2. Настроить индикаторный нутромер (установить на ноль).
 3. Выполнить измерения выданной детали.

Средства измерения и принадлежности:

4. Индикаторный нутромер.
5. Набор ПКМД.
6. Штангенциркуль.

Порядок выполнения задания

Исходные данные: Учебная деталь.

1. Изучить конструкцию, правила регулирования и настройки прибора по прилагаемой теоретической части учебного пособия.
2. Нарисовать эскиз детали с указанием на нем размеров, подлежащих измерениям.
3. Определить и занести в таблицу 16 метрологические показатели индикаторного нутромера:

Метрологические показатели

Наименование		Метрологические показатели					
при- бора	измеритель- ной головки	Пределы измерений прибора, мм	Диапазон показа- ний по шкале, мм	Цена деле- ния шкалы малой стрелки индикатора, мм	Цена деле- ния шкалы большой стрелки индикато- ра, мм	Возможные предельные погрешно- сти, мкм	
						от	до

4. Настроить индикаторный нутромер.
5. Произвести измерения детали в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и в трех сечениях.
6. Записать результаты измерения в таблицу 17:

Таблица 17

Результаты измерения

№ п/п	Установочный натяг, мм	Базовый размер прибора, мм	Действительное отклонение, мм	Действительный размер, мм

7. Определить по результатам измерения конусность в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и овальность в трех сечениях детали по формулам (52) и (53).

Теоретическая часть

Индикаторный нутромер (рис. 36) предназначен для измерения диаметров отверстий и внутренних размеров в диапазоне от 6 до 1000 мм. Глубина измерения – от 100 до 500 мм, измерительное усилие – от 2–2,5 до 5–9 Н.

Контакт прибора с поверхностью детали осуществляется сферическими торцевыми поверхностями стержней: измерительного 14 и сменного 11, который обеспечивает настройку на необходимый размер. Перемещение стержня 14 через рычаг 8 с впрессованными шариками 13 через стержень 7 передается измерительному стержню индикатора 1, закрепленного в корпусе прибора. При смене стержня 11 добиваются того, чтобы кольцевая риска на стержне 14 была заподлицо с торцом центрирующего мостика 4. Это обеспечивает перпендикулярность плеч рычага 8 осям стержней 11 и 7 и уменьшает погрешность измерения. Гайка 10 фиксирует положение стержня 14 после настройки прибора. Направляющие стержни 5 прижимаются пружинами к измеряемой поверхности, облегчая центрирование прибо-

ра. Измерительное усилие создается пружиной индикатора. Перед началом работы нутромеры устанавливаются на ноль по установочному кольцу, блоку концевых мер с боковичками или при неточных измерениях по микрометру, закрепленному в стойке.

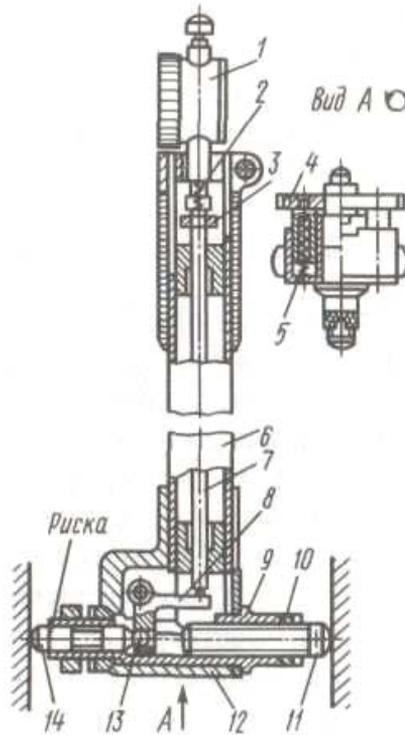


Рис. 36. Индикаторный нутромер

Погрешность измерений индикаторными нутромерами зависит от температурных деформаций детали и прибора, ошибок установки его на ноль – перекосов в отверстия. Нагрев прибора уменьшают применением теплоизоляционной ручки. Процесс измерения повторяют неоднократно в той же последовательности, что и при использовании микрометрического нутромера.

Предельная погрешность для размеров до 18 мм составляет $\pm(0,005-0,015)$ мм в зависимости от вариантов применения прибора, а до 2500 мм $\pm(0,010-0,025)$ мм. Она может быть значительно уменьшена при замене индикатора с ценой деления 0,010 мм измерительной головкой с ценой деления 0,001 или 0,002 мм.

Индикаторные нутромеры служат для определения диаметра отверстий, изготовленных по 7–8-му качеству и грубее [8].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

Контроль диаметра цилиндрического валика при измерении на микрокаторе

Цель работы: Изучить конструкцию и правила пользования оптиметра вертикального, микрокатора.

- Задание:*
1. Изучить конструкцию приборов.
 2. Настроить приборы (установить на ноль).
 3. Выполнить измерения выданной детали.

Средства измерения и принадлежности:

1. Микрокатор.
2. Стойка для прибора
3. Набор ПКМД.

Порядок выполнения задания

Исходные данные: Учебная деталь.

1. Изучить конструкцию, правила регулирования и настройки приборов по прилагаемой теоретической части учебного пособия.
2. Рассчитать и составить блок концевых мер, равный номинальному размеру детали.
3. По блоку концевых мер установить прибор на ноль.
4. Измерить диаметры детали в соответствии со схемой и результаты занести в таблицу 18:

Таблица 18

Результаты измерения

Размер блока концевых мер, мм	Плоскости измерения	Показания прибора, мкм			Действительные размеры диаметра, мм		
		сечения			сечения		
		1	2	3	1	2	3
	1						
	2						

5. Убрать деталь со столика прибора и вновь поставить блок концевых мер, проверить, сохранилась ли нулевая установка прибора. Если ошибки в положении стрелки превысят половину деления, измерения следует повторить, предварительно исправив настройку на ноль.
6. Зная размер блока концевых мер, подсчитать действительные размеры диаметров детали во всех сечениях, результаты записать в соответствующие графы таблицы 18.
7. Сделать заключение о годности детали. Для этого размеры детали, полученные в результате измерения, необходимо сравнить с предельными размерами, найденными по справочнику (согласно номинальному размеру и

полю допуска, указанных в задании). Деталь считается годной, если размеры, полученные при измерении, не выходят за границы предельных размеров.

Теоретическая часть

Микрокатор применяется для измерения наружных размеров методом сравнения. По шкале прибора отсчитывается только отклонение размера измеряемой детали от размера блока концевых мер длины, по которому прибор был предварительно настроен на ноль. Методом непосредственной оценки могут измеряться детали, размеры которых не превышают предела измерений по шкале.

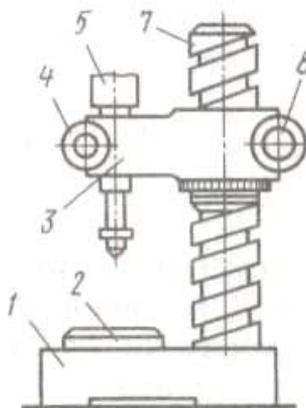


Рис. 37. Микрокатор, закрепленный на колонке штатива

На рисунке 37 показан микрокатор, закрепленный на колонке штатива, имеющего предметный столик 2. Прибор закрепляется в кронштейне при помощи винта 4 и вместе с кронштейном может перемещаться по колонке 7 и крепится на ней в требуемом положении винтом 8. Предметный столик имеет микрометрическую подачу [3].

В **приборах с пружинной передачей** в качестве чувствительного элемента используется скрученная пружинка из бронзовой ленты. Малое продольное перемещение пружинки вызывает значительный угол поворота ее среднего сечения со стрелкой или зеркальцем, на которое падает луч света. Эти приборы отличаются простотой и высокой стабильностью показаний, так как здесь отсутствуют погрешности из-за зазоров, трения, износа. Их высокая чувствительность позволяет доводить цену деления шкалы до сотых долей микрометра. На рисунке 38, а приведена схема одного из таких приборов – **микрокатора**, а на рисунке 38, б – его общий вид.

Измерительный стержень 15 закреплен на мембранах 17 и находится под действием пружины 13, создающей измерительное усилие. При перемещении стержень воздействует на угольник, который, поворачиваясь вокруг точки, растягивает пружинную ленту 4. В середине ленты закреплена стрелка 6, представляющая собой

полый стеклянный волосок с наружным диаметром около 0,06...0,08 мм, на конце которого приклеен миниатюрный указатель из фольги. При растяжении пружинная лента поворачивается вокруг продольной оси и вместе с ней – стрелка, угол ее поворота оценивают по шкале 7. Передаточное отношение прибора, а следовательно, и цена деления шкалы регулируются изменением вылета консольной пружины, к которой прикреплен второй конец ленты 4. Для облегчения снятия показаний и устранения дрожания стрелки прибор снабжен демпфирующим устройством.

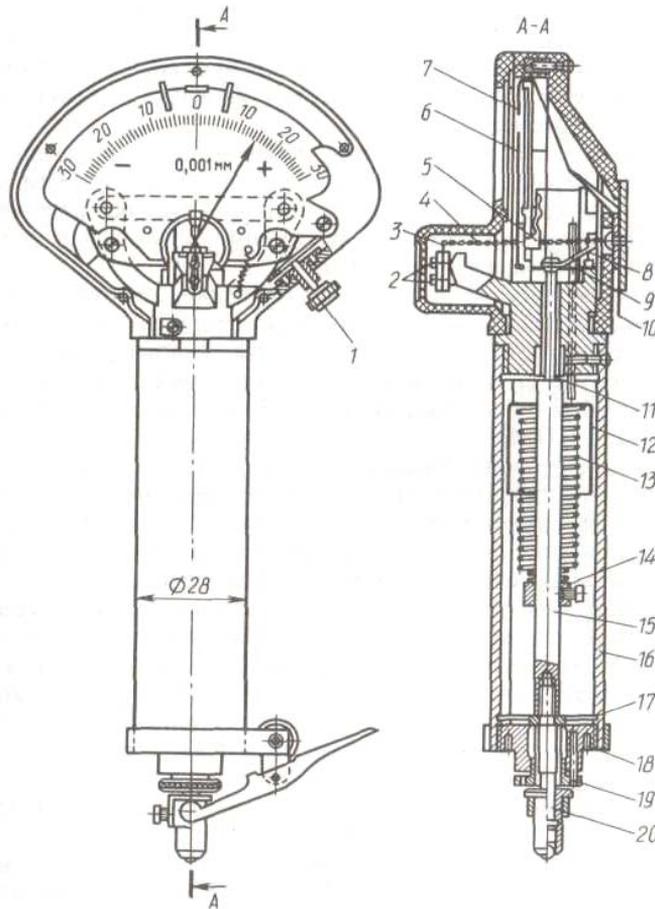


Рис. 38. Микрокатор. Общий вид и принципиальная схема

Выпускается несколько разновидностей приборов с пружинной передачей: измерительные головки (микрокаторы) по ГОСТ 6933 – 81 типов ИГП, ИГПУ, ИГПР с ценой деления 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5 и 10 мкм и головки ИГП и ИГПУ с ценой деления 0,02 0,05 мкм, не предусмотренные стандартом. Предельная погрешность измерения – от $\pm 0,2$ до ± 5 мкм.

Малогабаритные пружинные головки (*микаторы*) типов ИПМ и ИПМУ по ГОСТ 14712 – 79 выпускаются с ценой деления 0,2; 0,5; 1 и 2 мкм. Головки исполь-

зуются в качестве отсчетного устройства в различных измерительных приборах и приспособлениях. Погрешность измерения – от $\pm 0,3$ до ± 2 мкм.

Рычажно-пружинные измерительные головки (*миникаторы*) ИРП (ГОСТ 14711 – 69) являются приборами бокового действия. Они предназначены для измерения в труднодоступных местах размеров и отклонений от заданной геометрической формы (биения, овальности и т.п.). Цена деления – 0,001 и 0,002 мм, пределы измерений соответственно $\pm 0,04$ и $\pm 0,08$ мм и погрешность ± 1 и ± 2 мкм.

К недостаткам перечисленных приборов относится неудобство снятия показаний из-за слишком тонкой стрелки и ее вибрации. Этих недостатков лишены *оптикаторы* (рис. 39), созданные на базе микрокатеров.

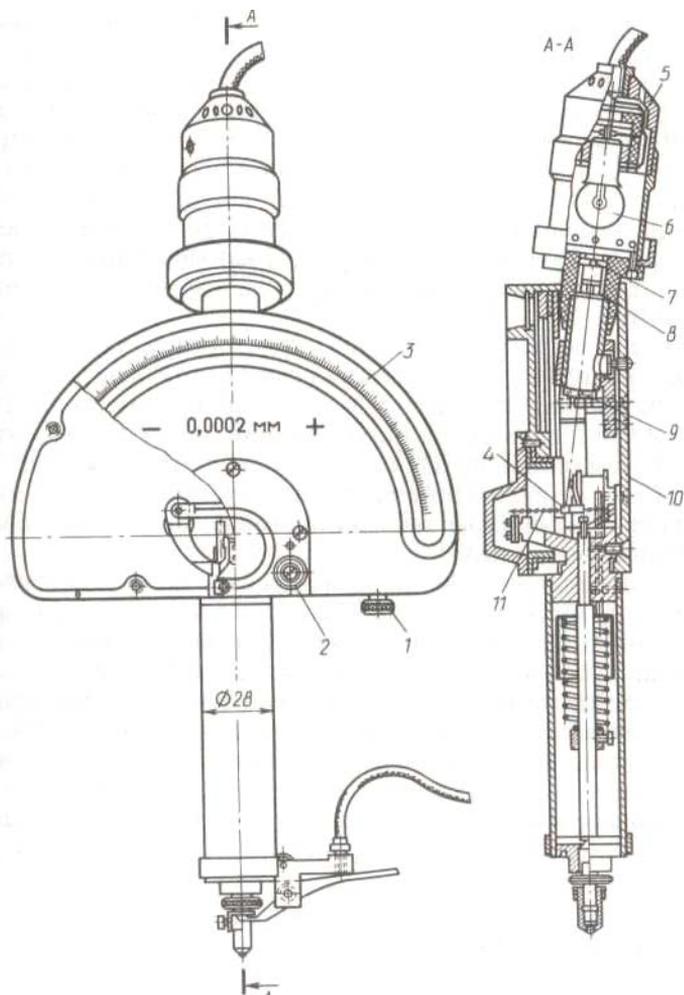


Рис. 39. Оптикатор

У них на пружинной ленте вместо стеклянной стрелки укреплено миниатюрное зеркальце, на которое через линзу-конденсор падает пучок света от источника. Отражаясь от зеркальца, он падает на шкалу и является указателем. Благодаря дополнительной оптической системе чувствительность оптикомера в 2 раза выше, чем микрометра. Выпускаются оптикомеры с ценой деления от 0,1 до 10 мкм, диапазоном измерений от ± 4 до ± 300 мкм и погрешностью 0,1 – 5 мкм. Предназначены они для проверки концевых мер длины и других особо точных измерений.

Приборы с пружинной передачей обычно используются для измерения весьма точных размеров, выполненных по 2–3-му квалитетам [9].

Для выполнения измерений микрометры закрепляются в колонках штативов, аналогичных штативам для миниметров

Устройство штативов для закрепления микрометра следующее (рис. 37). На стальной колонке иногда крепится и держатель для упорных штативов, используемых при установке и фиксации на предметном столике 2 измеряемого объекта (на рисунке не показан).

Перед началом измерения выполняется регулировка положения предметного столика, после чего прибор настраивается на ноль при помощи концевых мер длины. За размер блока концевых мер принимается номинальный размер детали, указанной в задании и подлежащей измерению.

Установка на ноль производится в следующем порядке. Блок концевых мер устанавливают на предметный столик 2 (рис. 37), предварительно тщательно протертый мягкой тканью. Столик должен быть при этом переведен почти в самое нижнее положение. Отжав винт 8 и вращая поддерживающую гайку, опускают кронштейн вместе с измерительной головкой до тех пор, пока между измерительным наконечником и блоком концевых мер не установится небольшой просвет. После этого стопорный винт 8 зажимают. Затем предметный столик 2 поднимают вращением гайки (при отжатом винте) до соприкосновения измерительного наконечника с блоком концевых мер.

В момент касания стрелка прибора (миниметр, микрометр) начнет перемещаться. Постепенным вращением гайки столика стрелку измерительной головки микрометра доводят до нулевого штриха. После этого положения столика фиксируют зажимным винтом. Если при зажиме винтом стрелка отойдет от нулевого деления, установку нужно повторить. Арретиром поднимают измерительный наконечник и убирают блок концевых мер. Прибор настроен на заданный размер и готов для измерения детали.

Так как измеряемая деталь имеет цилиндрическую форму, то во избежание перекоса ее следует при измерении плотно прижать к столику. Для того, чтобы измерить диаметр детали, а не хорду, необходимо слегка прокатывать деталь под измерительным наконечником, следя при этом за движением стрелки. Наибольшее показание прибора (с учетом знака) будет соответствовать отклонению размера детали от размера блока концевых мер [3].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

Измерение на горизонтальном оптиметре

Цель работы: Ознакомиться с устройством и правилами пользования горизонтальным оптиметром.

- Задание:*
1. Изучить конструкцию, регулировку и настройку прибора.
 2. Настроить прибор (установить на ноль).
 3. Выполнить измерения калибра-пробки.
 4. Определить годность калибра

Средства измерения и принадлежности:

1. Горизонтальный оптиметр.
2. Подставка для установки деталей на столе прибора.
3. Набор ПКМД.

Порядок выполнения задания

Исходные данные: калибр-пробка.

1. Изучить конструкцию, правила регулирования и настройки прибора по прилагаемой теоретической части учебного пособия.
2. По маркировке калибра определить, для проверки какого отверстия он предназначен: по размеру этого отверстия и полю допуска найти по справочнику предельные отклонения отверстия и определить исполнительные размеры калибра ПР и НЕ.
3. Построить схему полей допусков отверстия и калибра-пробки.
4. Выполнить эскизы калибров с указанием исполнительных размеров.
5. Рассчитать и составить блок концевых мер, равный номинальному размеру отверстия, контролируемого калибром.
6. По блоку концевых мер установить прибор на ноль.
7. Измерить диаметры калибров ПР и НЕ в соответствии со схемой (рис.40). Показания прибора занести в таблицу 19.
8. Зная размер блока концевых мер, подсчитать действительные размеры диаметров калибра во всех сечениях и записать в таблицу 19.
9. Дать заключение о годности проходной и непроходной сторон калибра-пробки.

Таблица 19

Результаты измерения

Калибр	Размер блока концевых мер при установке прибора на ноль, мм	Плоскости измерения	Показания прибора, мкм			Действительные размеры диаметра калибра, мм			
			сечения			сечения			
			1	2	3	1	2	3	

ПР		I						
		II						
НЕ		I						
		II						

Теоретическая часть

При изготовлении детали трудно или совсем невозможно достигнуть полного соответствия действительного размера номинальному. Излишне точное приближение действительного размера к номинальному неэкономично и в большинстве случаев необязательно. Поэтому для каждого размера стандартами или чертежом устанавливаются наибольший и наименьший предельные размеры, за которые не должен выходить действительный размер годной детали. Расположение действительного размера в зоне между предельными размерами можно определить: 1) посредством измерения действительного размера универсальными измерительными средствами; 2) путем сравнения действительного размера с двумя предельными калибрами (проходным ПР и непроходным НЕ), олицетворяющими предельные размеры. По назначению калибры делятся на рабочие и контрольные.

Деталь считается годной, если проходной калибр проходит, а непроходной – не проходит. В противном случае деталь не годна.

Калибры-пробки применяются для контроля точности диаметра отверстий. За номинальные размеры калибров принимаются наименьший и наибольший предельные размеры отверстия соответственно для проходного и непроходного калибров.

Размеры калибров, как и размеры любых деталей, не могут быть выполнены совершенно точно. Допуски на неточность изготовления калибров и допуски на износ предусмотрены специальными стандартами. Допуски на износ установлены только для рабочих проходных калибров.

На рисунке 40 показан пример расположения полей допусков для проходного и непроходного рабочих калибров, предназначенных для контроля отверстия Ø 40 Н8. Отклонения указаны в миллиметрах и отсчитываются от предельных размеров детали.

Правильность изготовления калибров-пробок определяется измерением действительного размера калибра с помощью универсальных средств измерений соответствующей точности. Проходной калибр считается годным, если одно из измеренных значений диаметра не выходит за пределы допусков на неточность изготовления калибра и на износ. Непроходной калибр считается годным, если ни одно из измеренных значений диаметра не выходит за пределы полей допуска на неточность изготовления калибра.

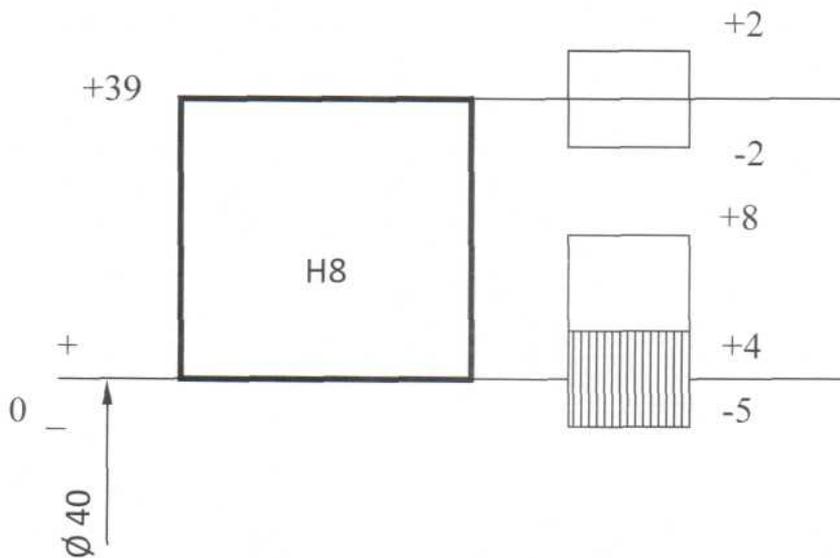


Рис. 40. Схема полей допусков калибра-пробки для контроля отверстия $\varnothing 40$ H8

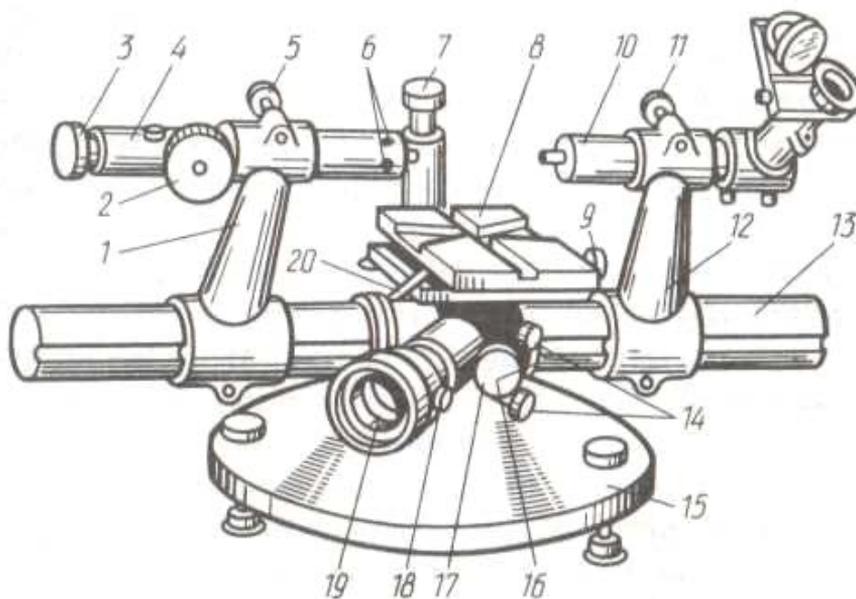


Рис. 41. Горизонтальный оптиметр ОГО-1 (ИКГ)

Горизонтальный оптиметр (рис. 41) предназначен для измерения наружных и внутренних размеров точных деталей методом сравнения. Он состоит из следующих основных частей: основания 15, вала 13, кронштейнов 1 и 12, трубки оптиметра 10, пинольной трубки 4, предметного столика 8.

Основные метрологические показатели горизонтальных оптиметров приведены в таблице 20.

Таблица 20

Метрологические показатели

Цена деления, мм	0,001
Диапазон показаний, мм	$\pm 0,1$
Пределы измерений наружных размеров, мм	0 – 350
Пределы измерений внутренних размеров, мм	13,5 – 150
Погрешность показания измерительного устройства в пределах всей шкалы, мм	$\pm 0,0003$

Перед началом измерения прибор настраивается на ноль при помощи концевых мер длины. За размер блока концевых мер длины принимают номинальный размер проверяемого отверстия. За нулевое деление обычно принимается штрих шкалы, отмеченный цифрой 0.

Установку оптиметра на ноль производят в следующем порядке. Отжав стопорные винты, расположенные с задней стороны кронштейнов 1 и 12, раздвигают последние на валу 13. Блок концевых мер устанавливают на середину предметного столика 8 и закрепляют струбцинкой за нерабочие поверхности: для удобства под блок можно подложить подставку. (Следует следить за тем, чтобы все вспомогательные операции по закреплению блока концевых мер и в дальнейшем калибра выполнялись при нижнем положении столика. В противном случае, поскольку столик подвижен, возможны случайные удары закрепляемого предмета о наконечники прибора, что приводит к его неисправности).

Столик 8 при отжатом винте 18 поднимают маховиком 19 до уровня, при котором середина измерительных плоскостей блока установится против измерительных наконечников. Кронштейны 1 и 12 осторожно сдвигают до соприкосновения наконечников с блоком концевых мер при среднем положении предметного столика (нужно следить, чтобы столик не был смещен в одно из крайних положений). Момент касания блока с измерительными наконечниками будет замечен по движению изображения шкалы в поле зрения. Затем, застопорив винты кронштейнов и отжав винт 2, вращением головки 3 микровинта пинольной трубки устанавливают нулевой штрих шкалы приблизительно против указателя.

Чтобы линия измерения совпала с размером блока, т.е. чтобы не допустить его перекоса при установке на столике, необходимо выверить положение блока поворотом столика вокруг горизонтальной и вертикальной осей. Для этого:

а) при помощи рукоятки 20 слегка поворачивают столик вокруг вертикальной оси и, наблюдая за показаниями шкалы, прекращают поворот при наименьшем показании;

б) при помощи эксцентрика 17 при отстопоренном винте 16 слегка покачивают столик вокруг горизонтальной оси и фиксируют положение столика этим же винтом 16 при наименьшем показании шкалы.

Затем вращением головки 3 при отстопоренном винте 2 устанавливают шкалу на ноль (нулевой штрих шкалы напротив указателя) и винт 2 стопорят. Для проверки правильности нулевой установки столик снова поворачивают вокруг горизонтальной и вертикальной осей, как было указано выше. Наименьшее показание шкалы при обоих поворотах должно совпадать с нулевым штрихом.

Арретиром отводят измерительный наконечник трубки оптиметра и, отстопорив винт 18 маховичком 19, осторожно опускают столик. Удалив блок концевых мер, устанавливают на столик (или на подставку) торцевой плоскостью калибр-пробку и закрепляют ее струбцинкой. Далее столик поднимают и осторожно вводят калибр между наконечниками. Проверяемый диаметр будет равен сумме показаний оптиметра (с учетом знака) и размера блока концевых мер длины [3].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7

Погрешности измерений и определение доверительного интервала

Цель работы: Приобрести практические навыки по определению погрешности измерений и доверительных границ случайной погрешности.

- Задание:*
1. Изучить виды погрешности, методы оценки результатов измерений.
 2. Определить доверительные границы случайной погрешности измерений для конкретных результатов измерений размера.

Средства измерения и принадлежности:

1. Универсальные средства измерений линейных размеров.
2. Набор ПКМД.

Порядок выполнения задания

Исходные данные: Учебная деталь.

1. Изучить теоретическую часть лабораторной работы учебного пособия.
2. Нарисовать эскиз детали с указанием на нем размеров, подлежащих измерениям.
3. Определить для всех приборов и занести в таблицу метрологические показатели.
4. Проверить и настроить все приборы.
5. Выполнить измерения по размерам детали с учетом возможностей приборов.
6. Определить погрешности результатов измерений.
7. Записать в таблицу результаты измерений с учетом доверительных границ случайной погрешности.

1. Погрешности измерений

Общие положения. Процесс измерения неизбежно сопровождается ошибками, которые вызываются несовершенством измерительных средств, нестабильностью условий проведения измерений, несовершенством самого метода и методики измерений, недостаточным опытом и несовершенством органов чувств человека, выполняющего измерение, а также другими факторами [19].

Погрешностью измерения называется отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины:

$$\Delta X_{\text{изм}} = X_i - X_{\text{и}}$$

где X_i – i -е значение результата измерения; $X_{\text{и}}$ – истинное значение результата измерения [19].

Поскольку истинное значение измеряемой величины всегда остается неизвестным, за него при многократных измерениях принимается среднее арифметическое значение X :

$$X_{\text{и}} = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (54)$$

где n – количество проведенных измерений.

Погрешность измерения ($\Delta X_{\text{изм}}$), выраженная в единицах измеряемой величины, называется абсолютной. Она не всегда является информативной. Например, абсолютная погрешность 0,01 мм может быть достаточно большой при измерениях величин в десятые доли миллиметра и малой при измерениях величин, размеры которых превышают несколько метров [19].

Более информативной величиной является относительная погрешность, под которой понимают отношение абсолютной погрешности измерения к ее истинному значению (или математическому ожиданию) [19], %:

$$\delta = \pm \frac{\Delta X_{\text{изм}}}{\bar{X}} \cdot 100 \text{ .}$$

Именно относительная погрешность используется для характеристики точности измерения [19].

По своему характеру (закономерностям проявления) погрешности измерения подразделяются на систематические, случайные и грубые промахи.

Систематические погрешности. К систематическим погрешностям относят погрешности, которые при повторных измерениях остаются постоянными или изменяются по какому-либо закону [19].

Систематические погрешности при измерении одним и тем же методом и одними и теми же измерительными средствами всегда имеют постоянные значения. К причинам, вызывающим их появление, относят:

- погрешности метода или теоретические погрешности;
- инструментальные погрешности;
- погрешности, вызванные воздействием окружающей среды и условий измерения.

Погрешности метода происходят вследствие ошибок или недостаточной работанности метода измерений. Сюда же можно отнести непропорциональную экстраполяцию свойства, полученного в результате единичного измерения, на весь измеряемый объект. Например, принимая решение о годности вала по единичному измерению, можно допустить ошибку, поскольку не учитываются такие погрешности формы, как отклонения от цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения и др. Поэтому для исключения такого рода систематических погрешностей в методике измерений рекомендуется проведение измерений в нескольких местах деталей и взаимно-перпендикулярных направлениях [19].

К погрешностям метода относят также влияние инструмента на свойства объекта (например, значительное измерительное усилие, изменяющее форму тонкостенной детали) или погрешности, связанные с чрезмерно грубым округлением результата измерения.

Инструментальные погрешности связаны с погрешностями средств измерения, вызванными погрешностями изготовления или износом составных частей измерительного средства [19].

К погрешностям, вызванным воздействием окружающей среды и условий измерений, относят температуру (например, измерения еще не остывшей детали), вибрации, жесткость поверхности, на которую установлено измерительное средство, и т. п.

Одним из методов обнаружения систематической погрешности может быть замена средства измерений на аналогичное в случае, если оно предположительно является источником систематической погрешности. Подобным образом можно обнаружить систематическую погрешность, вызванную внешними условиями: например, замена поверхности, на которую установлено измерительное средство, на более жесткую.

Появление систематической погрешности можно обнаружить статистически, нанося с заданной периодичностью результаты измерений на бумагу с заданными границами (например, предельными размерами). Устойчивое движение результата измерений в сторону одной из границ будет означать появление систематической погрешности и необходимости вмешательства в технологический процесс [19].

Для исключения систематической погрешности в производственных условиях проводят:

- проверку средств измерений;
- устраняют те причины, которые вызваны воздействиями окружающей среды;
- а сами измерения проводят в строгом соответствии с рекомендуемой методикой, принимая в необходимых случаях меры по ее совершенствованию.

Постоянные систематические погрешности не влияют на значения случайных отклонений измерений от средних арифметических, поэтому их сложно обнаружить статистическими методами. Анализ таких погрешностей возможен только на основании априорных знаний о погрешностях, получаемых, в частности, при проверке средств измерений. Например, при проверке средств измерений линейных величин измеряемая величина обычно воспроизводится образцовой мерой (концевой мерой длины), действительное значение которой известно. Систематические по-

грешности приводят к искажению результатов измерений и потому должны выявляться и учитываться при оценке результатов измерений [19].

Полностью систематическую погрешность исключить практически **невозможно**; всегда в процессе измерения остается некая малая величина, называемая **неисключенной систематической погрешностью**. Эта величина учитывается путем внесения поправок.

Поправка – разность между средним арифметическим значением результатов измерения и значением меры с точностью, определяемой погрешностью при ее аттестации. Она вносится в паспорт аттестуемого средства измерения и принимается за искомую систематическую погрешность [19].

Случайные погрешности. *Случайные погрешности* – это погрешности, принимающие при повторных измерениях различные, **независимые** по знаку и величине значения, не подчиняющиеся какой-либо закономерности. **Причин**, вызывающих случайные погрешности, может быть много; например колебание припуска на обработку, механические свойства материалов, посторонние включения, точность установки деталей на станок, точность средства измерения в заготовке, изменение измерительного усилия крепления детали на станке, силы резания и др.

Как правило, индивидуальное влияние каждой из этих причин на результаты измерения невелико и не поддается оценке, тем более, что, как всякое случайное событие, оно в каждом конкретном случае может произойти или нет [19].

Для случайных погрешностей характерен ряд условий:

- малые по величине случайные погрешности встречаются чаще, чем большие;
- отрицательные и положительные относительно средней величины измерений, равные по величине погрешности, встречаются одинаково часто;
- для каждого метода измерений есть свой предел, за которым погрешности практически не встречаются (в противном случае эта погрешность будет грубым промахом) [19].

Выявление случайных погрешностей особенно необходимо при **точных**, например, **лабораторных измерениях**. Для этого используют многократные измерения одной и той же величины, а их результаты обрабатываются методами теории вероятностей и математической статистики. Это позволяет уточнить результаты выполненных измерений [19].

Влияние случайных погрешностей выражается в разбросе полученных результатов относительно математического ожидания, поэтому количественно наличие случайных погрешностей хорошо оценивается среднеквадратическим отклонением (СКО) [19].

Для оценки рассеяния результатов измерений физической величины относительно среднего \bar{X} , определяемого по (29), СКО определяется по формуле [19]:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad \text{при } n \geq 20 \quad (55)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad \text{при } n < 20, \quad (56)$$

или

где n – число измерений.

Поскольку среднее значение серии измерений X является случайным приближением к истинному значению измеряемой величины, то для оценки возможных отклонений среднего значения используется **опытное СКО** – $\sigma_{\bar{X}}$ [19]

$$\sigma_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}}. \quad (57)$$

Величина $\sigma_{\bar{X}}$ применяется при оценке погрешностей окончательного результата.

Случайные погрешности измерения, не изменяя точности результата измерений, тем не менее, оказывают влияние на его достоверность [19].

При этом дисперсия среднего арифметического ряда измерений всегда имеет меньшую погрешность, чем погрешность каждого определенного измерения. Из формул (55) и (56) следует, что если необходимо повысить точность результата (при исключенной систематической погрешности) в 2 раза, то количество измерений надо увеличить в 4 раза [19].

Грубые погрешности (промахи). *Грубые погрешности* – это погрешности, не характерные для технологического процесса или результата, приводящие к явным искажениям результатов измерения [19].

Наиболее часто они допускаются неквалифицированным персоналом при неправильном обращении со средством измерения, неверным отсчетом показаний, ошибками при записи или вследствие внезапно возникшей посторонней причины при реализации технологических процессов обработки деталей. Они сразу видны среди полученных результатов, так как полученные значения отличаются от остальных значений совокупности измерений [19].

Если в процессе измерений удастся найти причины, вызывающие существенные отличия, и после устранения этих причин повторные измерения не подтверждают подобных отличий, то такие измерения могут быть исключены из рассмотрения. Но необдуманное отбрасывание резко отличающихся от других результатов измерений может привести к существенному искажению характеристик измерений. Иногда при обработке результатов измерений учет всех обстоятельств, при которых они были получены, не представляется возможным. В таком случае при оценке грубых промахов приходится прибегать к обычным методам проверки статистических гипотез [19].

Проверяемая гипотеза состоит в утверждении, что результат измерений X_i , не содержит грубой погрешности, а является одним из значений случайной величины.

Обычно проверяют наибольшее X_{max} и наименьшее X_{min} значения результатов измерений. Для проверки гипотез используются следующие критерии.

1. Если число измерений $n \leq 10$, то может быть использован **критерий Шовине**. В этом случае грубой ошибкой (промахом) считается результат X_i , если разность $|\bar{X} - X_i|$ превышает значения σ_x , определяемые в зависимости от числа измерений [19]:

$$|\bar{X} - X_i| > \begin{cases} 1,6\sigma_x & \text{при } n = 3; \\ 1,7\sigma_x & \text{при } n = 6; \\ 1,9\sigma_x & \text{при } n = 8; \\ 2,0\sigma_x & \text{при } n = 10, \end{cases}$$

где σ_x – СКО, полученное по формуле (3).

2. **Критерий Романовского**, используемый при числе измерений $10 < n < 20$. При этом вычисляют отношение

$$\left| \frac{\bar{X} - X_i}{\sigma_x} \right| = \beta$$

и полученное значение β сравнивают с теоретическим β_t , при выбираемом **уровне значимости** q (см. таблицу 21). Напомним, что **уровень значимости** – это вероятность отвергнуть верную гипотезу при статистической проверке гипотезы. Обычно при обработке результатов измерений ее значение принимают в пределах 0,05... 0,1 [19].

Таблица 21

Значения β_t

Уровень значимости q	Число измерений, n						
	4	6	8	10	12	15	20
0,01	1,73	2,16	2,43	2,62	2,75	2,90	3,08
0,02	1,72	2,13	2,37	2,54	2,66	2,80	2,96
0,05	1,71	2,10	2,27	2,41	2,52	2,64	2,78
0,10	1,69	2,00	2,17	2,29	2,39	2,49	2,62

3. **Критерий 3σ** – наиболее распространенный. Он используется, когда количество измерений $n \geq 20...50$. В этом случае считается, что результат, полученный с вероятностью $P = 0,003$, маловероятен и его можно квалифицировать как промах, т.е. сомнительный результат X_i должен быть исключен из измерений [19], если

$$|\bar{X} - X_i| > 3\sigma_x.$$

2. Методы оценки результатов измерений

Точечная оценка результатов измерений. В практике измерения наибольшее распространение получили точечные и интервальные оценки результатов измерений [19].

Оценку \bar{X} – числовой характеристики закона распределения случайной величины X_i , изображаемую точкой на числовой оси называют **точечной оценкой**. В отличие от числовых характеристик, оценки являются случайными величинами, значения которых зависят от числа измерений.

Для производственных условий наиболее характерными являются однократные измерения либо многократные измерения, при чем количество многократных измерений одной и той же величины невелико ($n = 5 - 6$ измерений).

Можно говорить лишь о точечной оценке результата измерения. Число измерений невелико, поэтому отделить случайную погрешность от систематической не представляется возможным. Поскольку измерения осуществляют, как правило, в нормальных условиях, то вероятность промахов можно считать достаточно малой [19].

Результат измерения или его среднее значение (при $n = 5 - 6$ измерений) принимается в качестве **истинного**, а решение о годности размера выбирают исходя из условия, что результат измерения не выходит за предел некоторой заранее заданной величины, например допуска на изготовление. При этом предельная погрешность средства измерения $\pm \Delta_{\text{lim}}$ не должна превышать допускаемой погрешности измерения δ , задаваемой ГОСТ 8.051—81 в зависимости от допуска на измеряемую величину $\pm \Delta_{\text{lim}} \leq \delta$ [19].

К точечным оценкам предъявляются требования **состоятельности, несмещенности и эффективности**.

Оценка называется **состоятельной**, если при увеличении числа измерений она приближается (сходится по вероятности) к значению оцениваемого параметра, $X \rightarrow \bar{X}$ при $n \rightarrow \infty$ [19].

Оценка называется **несмещенной**, если ее математическое ожидание равно оцениваемой величине, т.е. $X = \bar{X}$.

Оценка называется **эффективной**, когда ее дисперсия является наименьшей $\sigma_x^2 = \min$ [19].

Из теории вероятностей известно, что среднее арифметическое значение измерений является несмещенной оценкой истинного значения, а СКО среднего арифметического значения – $\sigma_{\bar{X}}$ – состоятельной и эффективной и определяется по формуле (54).

В этом случае точечная оценка Q результата измерения должна быть представлена в виде [19]:

$$Q = \bar{X}; \sigma_{\bar{X}} = \dots; n = \dots,$$

что позволяет сделать определенные, хотя и достаточно приближенные выводы о точности проведенных измерений.

Пример 3. При измерении размера вала получены

$$\varnothing 55u8 \begin{pmatrix} +0,133 \\ +0,087 \end{pmatrix}$$

следующие результаты, мм:

$$X_1 = 55,01; X_2 = 55,13; X_3 = 55,12; X_4 = 55,12; X_5 = 55,12.$$

Провести точную оценку результатов измерений:

$$\bar{X} = \frac{55,01 + 55,13 + 55,12 + 55,12 + 55,12}{5} = 55,118 \text{ мм};$$

$$\sigma_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{(55,118 - 55,010)^2 + (55,118 - 55,13)^2 + (55,118 - 55,12)^2 \cdot 3}{5(5-1)}} =$$

$$= 0,02 \text{ мм}.$$

Таким образом, результат измерений [19]

$$\bar{X} = 55,12 \text{ мм}; \sigma_{\bar{X}} = 0,02 \text{ мм}; n = 5.$$

Интервальные оценки результатов наблюдений. *Действительный размер* – это размер, полученный в результате измерения с допустимой погрешностью измерения. Точечные оценки результатов измерения не позволяют в должной мере оценить достоверность измерения. Формулы (54) – (57) определяют статистические оценки размеров, т.е. приближенные значения их истинных величин, имеющих место в действительности. Степень приближения истинных величин, или точность каждой из оценок, определяется половиной ширины построенного для нее доверительного интервала [19].

Доверительным интервалом параметра X основной совокупности, т.е. совокупности всех возможных значений значений погрешности, называется интервал вида

$$\left(\bar{X} - t_{\beta} \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}, \bar{X} + t_{\beta} \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \right),$$

где \bar{X} – математическое ожидание параметра X , определяемое по формуле (54); σ_x – СКО, определяемое по формуле (55); n – число измерений; t_{β} – коэффициент, определяемый из таблиц распределения Стьюдента при $n < 30$ при заданной доверительной вероятности p (приложение 15) и $k = n - 1$, называемым числом степеней свободы [19].

Результат измерений в этом случае записывают в виде:

$$\bar{x} - t_{\beta} \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \leq \bar{X} \leq \bar{x} + t_{\beta} \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}$$

при доверительной вероятности p .

Значения доверительных интервалов увеличиваются с увеличением доверительной вероятности β и уменьшаются с увеличением количества наблюдений [19].

Пример 4. В результате измерений вала, выполненного по

$\varnothing 50b10 \begin{pmatrix} -0,18 \\ -0,28 \end{pmatrix}$

получены следующие результаты: 49,72; 49,74; 49,79; 49,80; 49,82. Определить доверительный интервал результатов измерений с доверительной вероятностью $\beta = 0,95$.

$$\bar{X} = \frac{49,72 + 49,74 + 49,79 + 49,80 + 49,82}{5} = 49,78;$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{(-0,06)^2 + (-0,04)^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0,04^2}{5 - 1}} = 0,04;$$

$$t_\beta = 2,77 \quad \text{— из приложения 1 (при } k = 4, \beta = 0,95);$$

$$\varepsilon_\beta = t_\beta \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} = 2,77 \frac{0,04}{\sqrt{5}} = 0,05.$$

Вывод: действительное значение размера $\varnothing 50b10$ находится и
пределах $49,73 < X < 49,83$ с доверительной вероятностью $\beta = 0,95$.

Результат измерений Q записывают в виде:

$$Q = \bar{X} \pm \varepsilon_\beta; \quad Q = (49,78 \pm 0,05) \text{ мм (при } n = 5; \beta = 95 \%).$$

Это означает, что истинное значение измеряемого размера с вероятностью 0,95 находится в пределах от 49,73 до 49,83 мм при заданном числе измерений [19].

Пример выполнения лабораторной работы:

Дано: Микрометр МК – 75. Необходимо измерить размер «d» детали, представленной на эскизе (рис/ 42).

Размер детали измеряем микрометром МК-75 в 3-х поперечных сечениях (перпендикулярных продольной оси) и в 2-х взаимно перпендикулярных продольных плоскостях (6 измерений). Результаты измерений заносим в таблицу 22. Предельная погрешность измерения (приложение 11) равна 7,5 мкм.

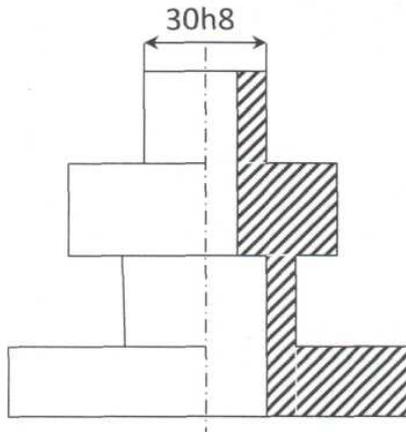


Рис. 42. Эскиз измеряемой детали

Таблица 22

Результаты измерения

Измеряемый размер	Предельная погрешность измерения, мкм $\pm \Delta_{lim}$	Плоскости измерения	Действительные размеры диаметра, мм		
			сечения		
			1	2	3
Диаметр d	7,5	1	29,97	30,01	30,02
		2	29,99	29,99	30,01

Расчеты:

Вычислим среднее арифметическое размера диаметра детали согласно формуле

$$(54): \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\bar{X} = \frac{29,97 + 30,01 + 30,02 + 29,99 + 29,99 + 30,01}{6} = \frac{179,99}{6} \approx 30,00 \text{ мм.}$$

Далее определяем СКО, зная, что $n < 20$ по формуле (31):

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

$$= \sqrt{\frac{(29,97 - 30,00)^2 + (30,01 - 30,00)^2 + 0,02^2 + (-0,01)^2 + (-0,01)^2 + 0,01^2}{6-1}} \approx 0,0297 \text{ мм.}$$

Определяем доверительный интервал, учитывая, что число степеней свободы ($k = n - 1 = 6 - 1 = 5$) при доверительной вероятности ($\beta = 95\%$):

Коэффициент Стьюдента (из приложения 15): $t_{\beta} = 2,571$

$$\varepsilon_{\beta} = t_{\beta} \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} = 2,571 \frac{0,0297}{\sqrt{6}} = 2,571 \frac{0,0297}{2,4495} \approx 0,03 \text{ мм}$$

Тогда доверительный интервал для диаметра d :

$$d = \bar{X} \pm \varepsilon_{\beta}$$

$$d = 30,00 \pm 0,03 \text{ мм.}$$

Зная, что размер детали по чертежу равен $30h8$, т.е. $30-0,039$ мм (приложение 16 и 18), определим, что деталь негодная.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8

Выбор универсальных средств измерений линейных размеров

Цель работы: Приобрести практические навыки по выбору конкретных универсальных средств измерений линейных размеров.

- Задание:*
1. Изучить конструкцию, регулировку и настройку универсальных средств измерений линейных размеров.
 2. Выбрать средства измерений для конкретного размера.

Средства измерения и принадлежности:

1. Универсальные средства измерений линейных размеров.
2. Набор ПКМД.

Порядок выполнения задания

Исходные данные: Учебная деталь (рабочий чертеж). Для детали, представленной на чертеже, может быть выдано несколько заданий. Целесообразнее выдавать лишь один размер, записанный с символическим обозначением допуска, например, $50 h8$.

По заданным техническим требованиям на изготовление или восстановление размера и точности технологического процесса необходимо:

1. Расшифровать символическое обозначение допуска и определить его величину.
2. По заданным номинальному размеру и качеству точности (или установленной величине допуска) из таблицы ГОСТ 8.051 – 81 (приложение 6) определить допускаемую погрешность измерения $\delta_{\text{изм}}$.
3. По допускаемой погрешности измерения с учетом условий измерения и величины номинального размера из таблицы (приложение 8) или по РД 50-98-86 вы-

брать конкретное измерительное средство, чтобы предельная погрешность измерения не превышала допустимого значения ($\pm \Delta_{\text{lim}} \leq \delta_{\text{изм}}$).

4. Выбранным средством измерения произвести измерение детали и оценить ее годность.

Для упрощения процесса выбора конкретных средств измерений и практического анализа всей возможной номенклатуры универсальных средств в РД 50-98-86 составлены таблицы.

В левой части таблицы указаны диапазоны номинальных размеров, сверху качества, а на пересечении указаны в виде дроби допускаемые погрешности измерений (числитель) и допуски на изготовление (знаменатель). Под ними номерами и буквами из таблиц указаны измерительные средства и варианты их использования, при которых погрешность измерения не превышает допустимых значений.

Из указанных приборов выбираем тот, который имеется в наличии, проще в обращении [3].

Теоретическая часть

Выбор измерительных средств для обеспечения необходимой точности является комплексной задачей и должен проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 8.051-81 и РД 50-98-86.

Средства измерений выбирают с учетом метрологических и экономических факторов. На выбор средств измерений влияет программа производства. При массовом производстве целесообразнее применять специальные средства измерений с высокой производительностью и автоматизацией, а при мелкосерийном и индивидуальном производстве – универсальные средства измерений.

При оценке годности изделий на практике принят вариант, когда приемочные границы совпадают с нормируемыми предельными размерами. В этом случае допуск на размер следует рассматривать, как допуск на сумму погрешностей технологического процесса и погрешность измерения.

Погрешность измерения оказывает качественное влияние на результат измерения только тех деталей, у которых размеры находятся близко к границам поля допуска. Взаимосвязь между допуском на изготовление, технологическим рассеиванием размеров и предельной погрешностью измерения представлена на рисунке 43.

Рассматриваемая взаимосвязь и между допуском, погрешностями на изготовление и измерение и параметрами разбраковки устанавливает ГОСТ 8.051-81.

В стандарте значения допускаемых погрешностей измерения установлены в зависимости от номинальных размеров и допусков на изготовление, а также приведены в таблице. Величины погрешностей приняты разными от 20% (для качеств 10 и грубее) до 35% (для качеств 2–5) от допуска с округлениями, учитывающими реальные значения погрешностей измерения средствами измерений. Для качеств с 6 по 9 σ приближенно равно 25% от допуска.

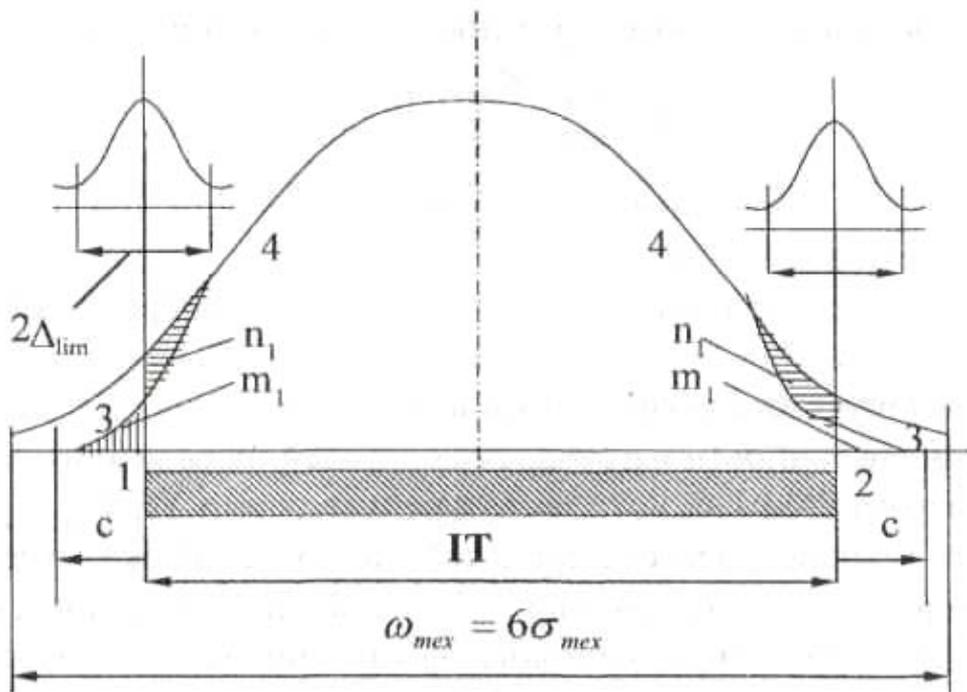


Рис. 43. Взаимосвязь между допуском на изготовление (IT) технологическим рассеиванием размеров ($6\sigma_{\text{тех}}$) и предельной погрешностью измерения (Δ_{lim}): 1-2 – приемочные границы; 3-4 – кривая разбраковки деталей в зоне влияния погрешности измерения; n_1 , m_1 , c – параметры разбраковки деталей.

Предельные погрешности измерения, установленные РД 50-98-86, охватывают не только погрешности средств измерений, но и составляющие от других источников погрешностей, оказывающих влияние на погрешность измерения. К ним относятся погрешности от установочных мер, базирования, измерительного усилия, температурные деформации, погрешности оператора и др.

Конкретное средство измерений выбирается из таблиц так, чтобы предельная погрешность измерения не превышала установленную допускаемую погрешность, т.е.: $\Delta_{\text{lim}} \leq \delta$.

Влияние погрешности измерения на результаты разбраковки оцениваются параметрами:

n_1 – количество неправильно принятых деталей в процентах от количества принятых;

m_1 – количество неправильно забракованных деталей в процентах от количества годных;

c – вероятностная предельная величина выхода размера за каждую границу допуска у неправильно принятых деталей.

Для общих расчетов влияние погрешности измерения на результаты разбраковки выражается относительной величиной:

$$A_{мет}(\sigma) = \frac{\sigma_{мет}}{IT} \cdot 100 \quad (58)$$

где: $A_{мет}(\sigma)$ – относительная погрешность измерения (коэффициент точности измерений);

$\sigma_{мет}$ – среднее квадратическое отклонение погрешности измерения ($\sigma_{мет} = \Delta_{lim}/2$);

IT – допуск контролируемого параметра.

Влияние точности изготовления деталей на результаты разбраковки выражается через относительную величину $IT/\sigma_{мет}$. При этом точность технологического процесса изготовления оказывает влияние на параметры разбраковки в большей мере, чем погрешность измерения. Чем точнее технологический процесс, тем меньше неправильно принятых деталей по сравнению с неправильно выбракованными. При рассеивании размеров в пределах допуска параметры разбраковки будут равны нулю и приемочный контроль деталей в этом случае можно не проводить. Однако такая высокая точность технологического процесса приведет к повышению стоимости изделий и на практике изготовления и восстановления деталей не применяется.

Для уменьшения брака можно смещать настройку, т.е. центр группирования технологического распределения относительно середины допуска, регулируя тем самым соотношение брака плюс и брака минус; изменять технологический процесс, уменьшая зону технологического рассеивания; повышать требования к точности измерения, сокращая процент ложного брака. При отсутствии требуемых средств измерений точность измерения можно повысить кратностью измерения, при этом суммарная погрешность измерения [3]:

$$\Delta_{\Sigma MET} = \frac{\Delta_{lim}}{\sqrt{n}} \quad (59)$$

СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДОПУСКАМ И ПОСАДКАМ

ЗАДАНИЕ 1

Расчет элементов присоединительных размеров сопряжения

Таблица 23

Варианты задания

№ вариан-та	Номиналь-ный размер	Предельные отклонения, мкм					
		Система отверстия		Система вала		Комбинированная посадка	
		отверстие	вал	отверстие	вал	отверстие	вал
1	7	+15	-5	+11	0	+11	-13
		0	-14	+5	-22	+5	-22
2	10	+22	+16	+19	0	-3	+25
		0	+10	+13	-36	-25	+19
3	12	+18	+15	+34	0	+14	-16
		0	+7	+16	-18	+6	-34
4	15	+27	-16	+13	0	+75	+26
		0	-27	-13	-43	+32	+18
5	18	+43	+18	-3	0	-33	-16
		0	+7	-30	-110	-60	-34
6	19	+13	-40	-28	0	+41	+21
		0	-73	-61	-52	+20	+15
7	21	+84	+24	+41	0	+4	+50
		0	+15	+20	-84	-29	+41
8	25	+21	-20	+28	0	-22	-20
		0	-33	+7	-21	-74	-41
9	31	+39	+42	+19	0	+50	-50
		0	+17	-19	-100	+25	-75
10	37	+62	+34	-3	0	-26	+42
		0	+9	-42	-39	-65	+26
11	41	+39	-25	-26	0	-3	+33
		0	-50	-88	-25	-42	+17
12	50	+100	+81	+5	0	+50	-50
		0	+70	-34	-39	+25	-75
13	65	+190	+121	+130	0	-87	+121
		0	+102	+100	-190	-133	+102
14	70	+19	-10	+60	0	-43	+62
		0	-40	+30	-46	-89	+43

15	80	+30 0	+28 +20	+40 +10	0 -13	-4 -50	+40 +32
16	85	+54 0	+52 +37	+6 -48	0 -35	-51 -105	+59 +37
17	90	+87 0	-72 -126	+16 -38	0 -54	+155 +120	-120 -207
18	92	+350 0	-120 -155	+107 +72	0 -140	-124 -178	+139 +124
19	95	+140 0	+139 +124	+107 +72	0 -220	-51 -105	+106 +91
20	100	+22 0	+33 +23	-38 -73	0 -87	-58 -93	+33 +23
21	120	+35 0	-36 -71	+107 +72	0 -140	+87 +72	-120 -340
22	150	+400 0	+208 +190	-85 -125	0 -63	-119 -159	+208 +190
23	180	+63 0	-43 -83	+61 +43	0 -100	+20 -43	+55 +43
24	200	+46 0	-50 -79	+47 -25	0 -115	-33 -79	-50 -96
25	240	+290 0	+216 +196	-131 -160	0 -290	-179 -225	+216 +196

Цель задания

1. Изучить основную терминологию курса и научиться определять основное и предельные отклонения поля допуска, предельные размеры, допуски размеров и качества, а также предельные зазоры или натяги и допуск посадки.
2. Научиться обозначать посадки и допуски размеров деталей на сборочных и рабочих чертежах.
3. Научиться работать с таблицами стандартов.

Общие сведения

Детали машин представляют собой определенные комбинации геометрических тел, ограниченные поверхностями простейших форм: плоскими, цилиндрическими, коническими и т.д. Это объясняется широким использованием в механизмах низших кинематических пар и технологическими соображениями, так как существующие станки в основном приспособлены для обработки простейших поверхностей и их комбинаций. Простейшие геометрические тела, составляющие детали, называются их **элементами**.

Две детали, элементы которых входят друг в друга, образуют **соединение**. Такие детали называются **сопрягаемыми** деталями, а поверхности соединяемых элементов – **сопрягаемыми** поверхностями.

В соединении элементов двух деталей один из них является внутренним (охватываемым), другой – наружным (охватывающим). В системе допусков и посадок

гладких соединений всякий наружный элемент условно называется *валом*, всякий внутренний – *отверстием*.

Действительным размером (D_o, d_o) называется размер, установленный измерением детали с допусковой погрешностью. Два предельно допускаемых размера, между которыми должен находиться действительный размер годной детали, называются **предельными размерами**. Деталь считается годной и в том случае, когда действительный размер равен предельному. Большой из двух предельных размеров называется **наибольшим предельным размером** (D_{max}, d_{max}), меньший – **наименьшим предельным размером** (D_{min}, d_{min}) (рис. 44).

Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называется **допуском размера**:

- для отверстия: $TD = D_{max} - D_{min};$ (60)

- для вала: $Td = d_{max} - d_{min}.$ (61)

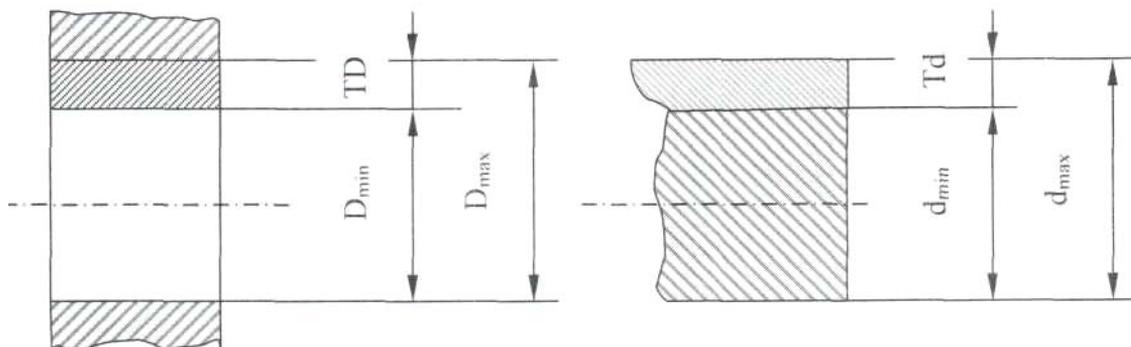


Рис. 44. Предельные размеры

Допуск является мерой точности размера. Чем меньше допуск, тем выше требуемая точность детали, тем меньше допускается колебание действительных размеров деталей и, следовательно, колебание зазоров и натягов в соединении. И, наоборот, низкая точность характеризуется большим допуском. Допуск непосредственно влияет на трудоемкость изготовления и себестоимость деталей. Чем больше допуск, тем проще и дешевле изготовление. От допуска в значительной степени зависит выбор оборудования и средств контроля, разрядность рабочей силы, производительность обработки.

Номинальным размером (D_n, d_n) называется размер, который указывается на чертеже на основании инженерных расчетов, опыта проектирования, обеспечения конструктивного совершенства или удобства изготовления детали (изделия).

Размер, полученный в результате расчета, не всегда может быть принят за номинальный. С целью сокращения номенклатуры режущего инструмента, калибров, типоразмеров заготовок и т.д. (а это дает очень большой экономический эффект) стандарт «Нормальные линейные размеры» (ГОСТ 6636-69) содержит его разре-

шенные значения. В стандарте установлены 4 ряда нормальных линейных размеров: R_{a5} , R_{a10} , R_{a20} и R_{a40} [3].

При назначении номинальных размеров значения, полученные расчетом, следует округлить до ближайшего большего значения, имеющегося в стандарте. Следует предпочитать ряды с более грубой градацией, то есть ряд R_{a5} предпочтительнее ряда R_{a10} , ряд R_{a10} – ряда R_{a20} и т.д. Это приводит к дальнейшему уменьшению типоразмеров, что выгодно для производства. Применение в качестве номинальных размеров значений, не входящих в ГОСТ, допускается лишь в исключительных, технически обоснованных случаях.

Понятие об **отклонениях** от номинального размера вводится для упрощения конструкторской документации.

На чертежах **предельные отклонения** обозначают следующим образом: $25_{-0,040}^{-0,020}$; $30_{+0,002}^{+0,018}$; $20_{-0,021}$; $40_{+0,025}^{+0,025}$; $30 \pm 0,008$.

Верхнее предельное отклонение – это алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами. Верхнее предельное отклонение обозначают: ES – для отверстия и es – для вала.

Нижнее предельное отклонение – это алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами. Нижнее предельное отклонение обозначают: EI – для отверстия и ei – для вала.

$$\begin{aligned} ES &= D_{\max} - D_n; & EI &= D_{\min} - D_n; \\ es &= d_{\max} - d_n; & ei &= d_{\min} - d_n. \end{aligned} \quad (62)$$

Допуск размера также можно определить как разность верхнего и нижнего предельных отклонений:

$$TD = ES - EI; \quad Td = es - ei \quad (63)$$

Характер соединения деталей называют **посадкой**, которая определяется величиной, получающихся при соединении деталей зазоров или натягов.

Существуют три разновидности посадок.

Посадки с гарантированным зазором. Зазором называют положительную разность диаметров отверстия и вала. Для этой группы посадок размер отверстия всегда больше размера вала (рис. 45, а).

Посадки с зазором назначают для легкой сборки и разборки соединения, возможности относительного перемещения вала и втулки при регулировке узла, обеспечения относительного вращательного движения сопряженных деталей.

Очевидно, что **наибольший зазор** получится при соединении втулки максимального диаметра с валом, имеющим наименьший предельный размер. **Минимальный**, или **гарантированный, зазор** будет при соединении вала наибольшего размера с втулкой, имеющей наименьший предельный диаметр.

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}; \quad S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} \quad (64)$$

Разность между наибольшим и наименьшим зазорами называют **допуском зазора (допуск посадки)**: $TS = S_{\max} - S_{\min} = TD + Td$ (65)

Посадки с гарантированным натягом. Натягом называют положительную разность диаметров вала и отверстия перед сборкой (рис. 45, б). Сборка таких деталей обычно производится с помощью прессы. Силы трения на поверхности контакта вала и втулки не только препятствуют относительному перемещению собранных деталей, но и обеспечивают передачу иногда весьма значительных по величине крутящих моментов или осевых сил без какого-либо усложнения конструкции применением шпонок, штифтов и т.п.

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}; \quad N_{\min} = d_{\min} - D_{\max}. \quad (66)$$

Допуск натяга (допуск посадки): $TN = N_{\max} - N_{\min} = TD + Td$. (67)

Натяг в посадке будет обеспечен всегда, когда поле допуска вала будет расположено выше поля допуска отверстия. **Гарантированный** – наименьший (минимальный) натяг.

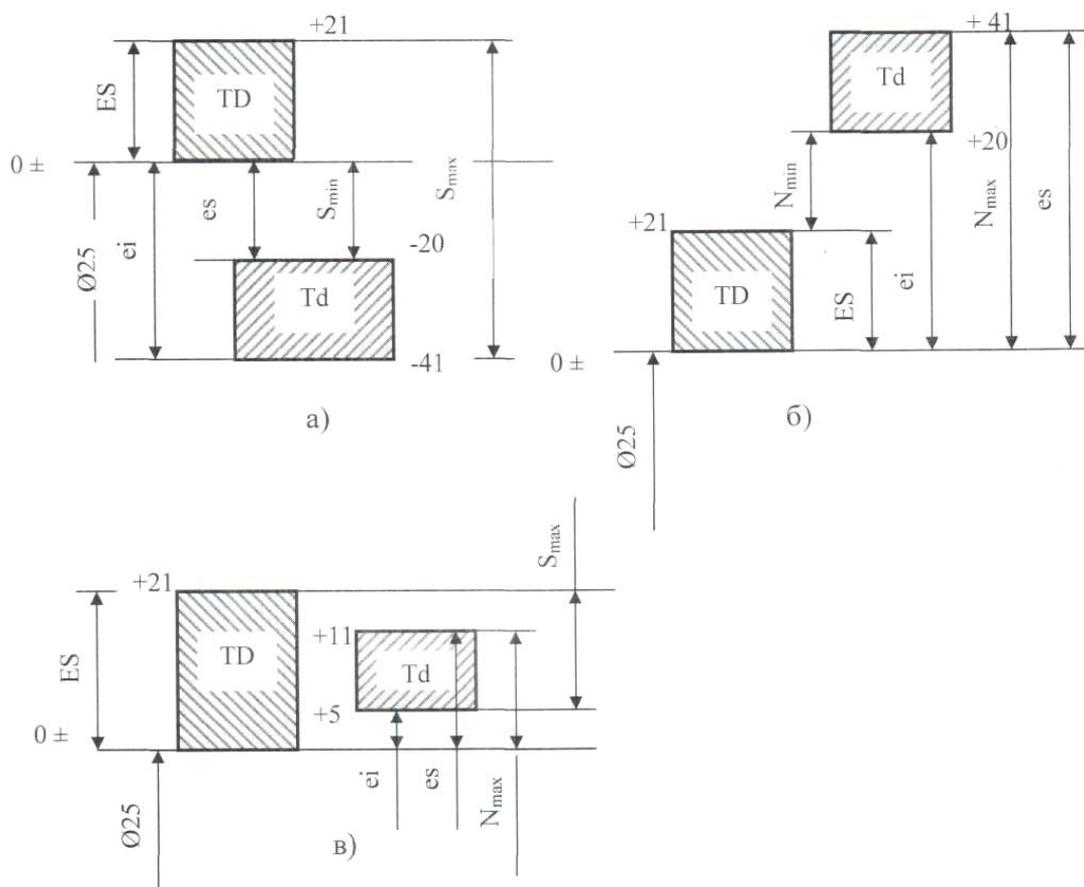


Рис. 45. Виды посадок в системе отверстия

Переходные посадки. В этой группе посадок возможно получение как зазора, так и натяга. Отличительной особенностью схемы переходных посадок является частичное перекрытие полей допусков вала и отверстия (рис. 45, в).

Для переходных посадок **допуск посадки** равен:

$$TN(S) = N_{\max} + S_{\max} = TD + Td . \quad (68)$$

Посадка с гарантированным зазором используется в тех случаях, когда допускается относительное смещение деталей; посадки с гарантированным натягом – когда необходимо передавать усилие или крутящий момент без дополнительного крепления только за счет упругих деформаций, возникающих при сборке сопрягаемых деталей. Переходные посадки имеют небольшие предельные зазоры и натяги, поэтому их применяют в тех случаях, когда необходимо обеспечить центрирование деталей, то есть совпадение осей отверстия и вала; при этом требуется дополнительное закрепление соединяемых деталей.

Способ образования посадок изменением только полей допусков валов при постоянном поле допуска отверстия, нижнее отклонение которого равняется нулю, называется **системой отверстия**.

Деталь, у которой положение поля допуска является базовым и не зависит от требуемого характера соединения, называют **основной** деталью системы (в рассмотренном случае – отверстие).

Способ образования различных посадок изменением поля допуска отверстий при постоянном поле допуска вала, верхнее отклонение которого равняется нулю, называется **системой вала**.

Во всех стандартных посадках системы отверстия нижнее отклонение отверстия равно нулю, т.е. отверстие называется основным. В системе вала во всех стандартных посадках верхнее отклонение вала равно нулю (вал – основной).

Стандарт рассматривает обе системы как равноправные. Однако в каждом конкретном случае систему выбирают исходя из конструкторских, технологических и экономических соображений. В большинстве случаев, с экономической точки зрения, целесообразнее назначать систему отверстия. Это объясняется тем, что валы могут обрабатываться на токарных станках одним инструментом (резцом) при изменении только наладки станка. Отверстия же обычно обрабатываются комплектом режущих инструментов (сверло, зенкер, развертка) для каждого размера отдельно. Иногда применение системы вала целесообразнее и даже является единственно возможным. Например, при использовании пруткового калиброванного материала назначение системы вала исключает его обработку, если точность диаметра вала соответствует допуску.

Классы точности в ЕСДП называются квалитетами (немецк. qualität – качество), за исключением резьбовых и зубчатых соединений, где действует термин «степень точности». Всего в ЕСДП для размеров до 500 мм предусмотрены 20 квалитетов, обозначаемых порядковыми номерами: 01, 0, 1, 2, 3, ..., 18.

Известно, что с увеличением линейных размеров погрешность механической обработки увеличивается. Однако установление количественной зависимости

представляло серьезные трудности. Для определения такой зависимости было проведено детальное исследование процессов обработки.

На основании исследований в ЕСДП величина допуска выражается зависимостью:

$$IT=a \cdot I, \quad (69)$$

где: IT – международный допуск, мкм;

a – количество единиц допуска;

I – единица допуска, мкм, для размеров до 500 мм:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001D, \quad (70)$$

где D – размер, мм.

Второй член в выражении единицы допуска учитывает погрешности измерения из-за неизбежной разности температур детали и прибора, а также вследствие упругих деформаций его измерительным усилием. Для малых размеров он несущественен, но с увеличением размеров он быстро возрастает.

? Контрольные вопросы

1. Что такое номинальный, предельный и действительный размеры?
2. Что такое нижнее отклонение?
3. Назовите виды отклонений?
4. Дайте определение допуска размера?
5. Что такое посадка? Какие виды посадок Вы знаете?
6. Что такое допуск посадки?
7. Что принято за единицу допуска в ЕСДП?
8. Что такое система отверстия?
9. Что такое система вала?
10. Что называется гарантированным зазором?

Методические указания к выполнению

1. Так как (в нашем случае) система и точность (допуск) размера нам заданы с помощью предельных отклонений: ES – верхнего и EI – нижнего для системы отверстия, или es – верхнего и ei – нижнего – для системы вала, то условное (буквенное) обозначение поля допуска определяют по таблицам ГОСТ 25346-82 [1]. Сначала определяют по строке, соответствующей нужному интервалу номинальных размеров, место расположения данного поля допуска (для данных предельных отклонений). Обозначение столбца, соответствующего этим отклонениям, и будет условным (буквенным) обозначением поля допуска. Каждое поле допуска обозначается одной или двумя буквами латинского алфавита (основное отклонение): малыми – для валов и большими – для отверстий, а также цифрой (кавалитет). При определении значений полей допусков для граничных номинальных размеров, указанных в строках упомянутых таблиц, надо иметь в виду, что указанные размеры (кроме первого) заданы не от... до ..., а свыше ... до Поэтому, например, для

номинального размера 10 мм значения поля допуска надо брать из строки свыше 6 до 10 мм, а не из строки свыше 10 до 18 мм.

2. Предельные размеры определяют при помощи предельных отклонений (верхнего и нижнего), прибавляя их со своим знаком к номинальному размеру. Верхнее отклонение служит для определения наибольшего предельного размера, а нижнее – для наименьшего.

3. Систему допусков определяют следующим способом.

Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю. Допуск такого вала образуется при помощи основного отклонения «h».

Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю. Допуск такого отверстия образуется с помощью основного отклонения «H».

Если различные зазоры и натяги получают соединением основного вала с различными отверстиями, то имеют место посадки в системе вала.

При соединении различных валов с основным отверстием получают посадки в системе отверстия.

4. По характеру соединения различают группы посадок с зазором, с натягом и переходные. Прежде чем в посадке определять зазоры и натяги надо сравнить соответствующие предельные размеры вала и отверстия. Только после этого следует приступать к вычислению предельных зазоров и натягов, зная уже конкретно, что определять. Формулы для определения предельных зазоров и натягов приведены ниже, в примере. При помощи известных значений предельных зазоров или натягов определяют допуск посадки.

5. Базой для построения схемы полей допусков соединения служит нулевая линия: соответствующая номинальному размеру соединения. При построении схем полей допусков от этой линии перпендикулярно к ней в произвольном, но строго одинаковом масштабе откладывают предельные отклонения размеров с учетом их знака. В направлении линии величина поля допуска принимается произвольно. Для правильного анализа схем полей допусков надо отчетливо представлять, что нулевая линия является началом отсчета только для отклонений, а размер, соответствующий этой линии, равен номинальному размеру. Пример изображения схемы полей допусков соединения показан на рисунке 46.

6. Пример выполнения эскизов сборочного и деталировочного чертежей с обозначением полей допусков, отклонений, заданной посадки и ее деталей на рисунке 47. При обозначении размеров на эскизах и чертежах надо помнить, что числовое значение отклонений записывают до последней значащей цифры, выравнивая количество знаков в верхнем и нижнем отклонениях добавлением нулей. Предельные отклонения, равные нулю, следует указывать по числу знаков, эти отклонения допускаются также не указывать, но место для их записи оставлять свободным.

Пример

Исходные данные к заданию: номинальный размер 25 мм,
штулка (отверстие) – $25^{+0,033}$,
вал – $25_{-0,041}^{-0,020}$.
Система отверстия (СН).

Решение.

1. Отверстие.

Верхнее отклонение $ES = +0,021$ мм.

Нижнее отклонение $EI = 0$ мм.

Наибольший размер отверстия $D_{\max} = 25,033$ мм.

Наименьший размер отверстия $D_{\min} = 25,000$ мм.

Допуск размера отверстия $TD = 25,033 - 25,000 = 0,033$ мм.

Данному условию соответствует условное буквенное обозначение поля допуска отверстия: H8 (согласно приложению 17, ближайшее отклонение – H, а согласно приложению 16, допуск соответствует 8 качеству).

2. Вал.

Верхнее отклонение $es = -0,020$ мм.

Нижнее отклонение $ei = -0,041$ мм.

Наибольший размер вала $d_{\max} = 25 + (-0,020) = 24,980$ мм.

Наименьший размер вала $d_{\min} = 25 + (-0,041) = 24,959$ мм.

Допуск размера вала $Td = 24,980 - 24,959 = 0,021$ мм.

Данному условию соответствует условное буквенное обозначение поля допуска отверстия: f7 (согласно приложению 18, ближайшее отклонение – f, а согласно приложению 16, допуск соответствует 7 качеству).

H8

3. Сопряжение: посадка $25 \frac{H8}{f7}$ является посадкой с гарантированным зазором.

Зазор наибольший: $S_{\max} = 25,033 - 24,959 = 0,074$ мм.

Зазор наименьший: $S_{\min} = 25,000 - 24,980 = 0,020$ мм.

Допуск посадки (зазора):

$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,074 - 0,020 = 0,054$ мм.

4. Схема полей допусков размеров заданного сопряжения представлена на рисунке 46.

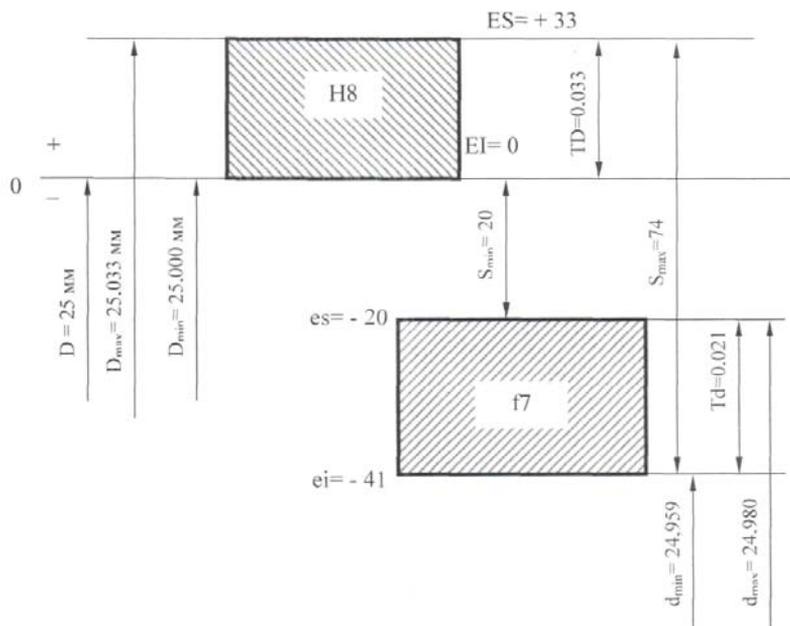


Рис. 46. Схема расположения полей допусков сопряжения $25 \frac{H8}{f7}$.

Уточняем шероховатость поверхности отверстия и вала:
зная следующие зависимости: для 5-10 квалитетов:

$$R_{zD} \leq 0,125 TD, R_{zd} \leq 0,125 Td,$$

а для квалитетов грубее 10 –го:

$$R_{zD} \leq 0,25 TD, R_{zd} \leq 0,25 Td.$$

Находим: $R_{zD} = 0,125 \cdot 33 = 4,125 \approx 4,0$ мкм;

$$R_{zd} = 0,125 \cdot 21 = 2,625 \approx 2,5 \text{ мкм.}$$

5. Сопряжение в сборе и подетально:

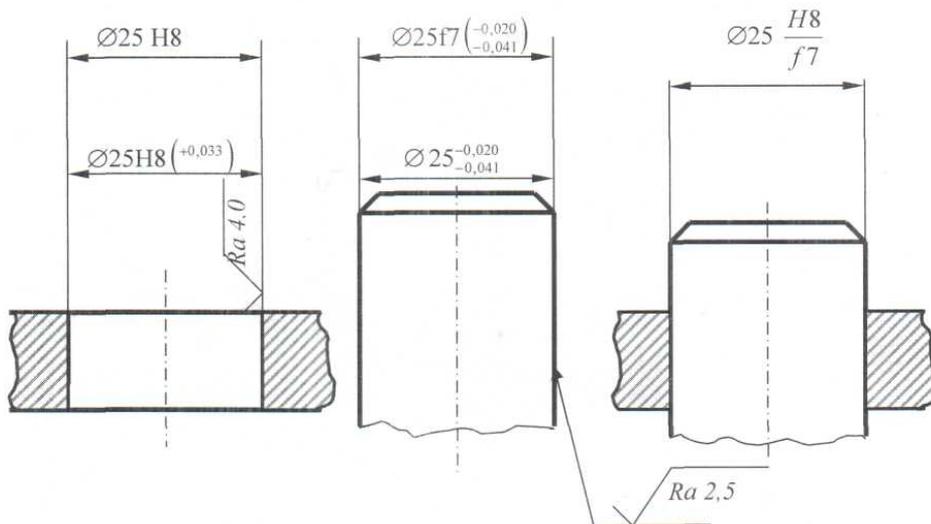


Рис. 47. Обозначение допусков и посадок на чертежах

ЗАДАНИЕ 2

Выбор посадок и квалитетов

Таблица 24

Варианты задания

№ варианта	Номинальный размер, мм	Зазор максимальный, S_{\max} , мкм	Зазор минимальный, S_{\min} , мкм	Система посадок
1	7	36	9	Ch*
2	210	218	98	CH*
3	9	62	23	CH
4	220	-80*	-4*	Ch
5	11	36	6	CH
6	205	359	170	CH
7	15	126	40	Ch
8	200	-79*	-3*	Ch
9	18	42	6	CH
10	196	78	31	CH
11	20	-56*	-12*	CH
12	192	400	168	CH
13	24	64	20	CH
14	180	188	80	CH

15	28	-42*	-7*	Ch
16	184	152	50	Ch
17	34	182	80	CH
18	182	180	70	CH
19	170	188	82	CH
20	38	156	50	Ch
21	43	-52*	-9*	CH
22	164	214	85	CH
23	48	114	49	CH
24	161	-93*	-26*	CH
25	53	97	30	Ch

* *Примечание:* «+» – зазор; «-» – натяг; CH – система отверстия; Ch – система вала.

Цель задания

1. Научиться определять посадку и качество по заданным натягам или зазорам.
2. Научиться определять зависимость между точностью обработки и шероховатостью поверхности.
3. Научиться выбирать способ финишной обработки и назначать измерительные средства.

Методические указания к выполнению

1. Исходя из данных, определяем вид посадки и в какой системе дана посадка.
2. Строим схему полей допусков данной посадки.
3. Определяем допуск посадки по формулам: $TS = S_{\max} - S_{\min}$;

$$TN = N_{\max} - N_{\min}; \quad (71)$$

4. Зная, что допуск посадки всегда равен сумме допусков размеров деталей, образующих соединение (сумме допусков отверстия и вала), определим эти допуски по таблице допусков:

$$\left. \begin{array}{l} TS = \\ TN = \\ TS(N) = \end{array} \right\} \geq TD + Td \quad (72)$$

5. Определим по таблице допусков качества для вала и отверстия (приложение 16).

6. Зная, какая система посадок, определим условное обозначение поля допуска для основной детали (в системе отверстия – основное отверстие обозначается буквой H, а для системы вала – основной вал обозначается буквой h).

7. Определяем условное обозначение поля допуска второй детали (по ближайшему отклонению, исходя из схемы полей допуска). Например, для системы отверстия: если дана посадка с гарантированным зазором, то ближайшее отклонение вала совпадает с минимальным зазором S_{\min} . Если посадка с гарантированным натя-

гом, то ближайшее отклонение вала совпадает с суммой величины допуска отверстия и минимальным натягом N_{\min} . Для переходной посадки – ближайшее отклонение вала совпадает с разностью максимального натяга N_{\max} и величины допуска вала Td или разностью величины допуска отверстия TD и максимального зазора S_{\max} . Для системы вала: если дана посадка с гарантированным зазором, то ближайшее отклонение вала совпадает с минимальным зазором S_{\min} . Если посадка с гарантированным натягом, то ближайшее отклонение вала совпадает с суммой величины допуска вала и минимальным натягом N_{\min} . Для переходной посадки – ближайшее отклонение вала совпадает с разностью максимального натяга N_{\max} и величины допуска отверстия TD или разностью величины допуска вала Td и максимального зазора S_{\max} .

8. Сравниваем величину ближайшего отклонения со стандартным значением. В случае несовпадения выбираем ближайшее большее (по модулю) значение.

9. Определяем второе отклонение по величине допуска.

10. Сравниваем полученные значения предельных зазоров или натягов с заданными. В случае необходимости корректируем значения наибольших натягов и зазоров. Они должны быть меньше или равны заданным значениям. Если это условие не соблюдается, то придется уменьшать величину допуска вала или отверстия.

11. Определяем вероятностные натяги (зазоры):

$$N_{\max B} = N_c + 3\sigma_N; \quad N_{\min B} = N_c - 3\sigma_N;$$

$$\sigma_N = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_d^2}; \quad \sigma_D = \frac{TD}{6}; \quad \sigma_d = \frac{Td}{6}.$$
(73)

12. Определить шероховатость поверхности и назначить финишный способ обработки деталей (приложение 39).

13. Вычертить сопряжение в сборе подетально с обозначением посадок, отклонений и шероховатости.

14. Выбрать универсальные средства измерения для отверстия и вала (Приложения 7–14) из условия:

$$\Delta_{\text{lim}} \leq \delta_{\text{изм.}}$$
(74)

Пример

- Исходные данные к заданию: – номинальный размер 50 мм;
 – наибольший натяг $N_{\max} = 33$ мкм;
 – наименьший натяг $N_{\min} = 7$ мкм;
 – система отверстия (СН).

Решение.

1. Задана посадка с гарантированным натягом в системе отверстия.
2. Построим схему полей допусков данной посадки.

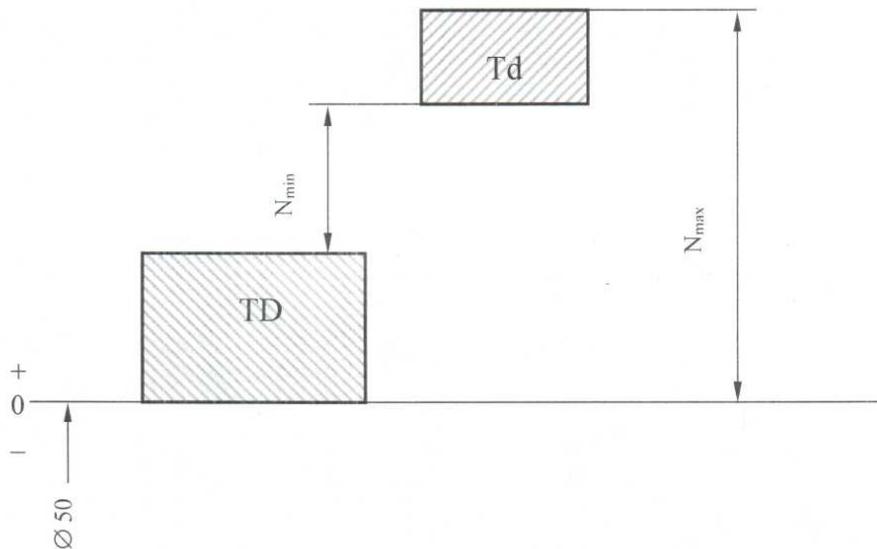


Рис. 48. Схема полей допусков

3. Определяем допуск посадки: $TN = N_{\max} - N_{\min} = 33 - 7 = 26$ мкм.
4. Определим допуски отверстия и вала: $26 \geq TD + Td$, откуда по таблице допусков находим для номинального диаметра 50 мм: $TD = 16$ мкм, $Td = 7$ мкм.
5. Определим по таблице допусков (приложение 16) качества для вала и отверстия: для отверстия – это 6 качества, а для вала – 4.
6. Так как посадка нам задана в системе отверстия, то поле допуска основного отверстия: H6.
7. Находим ближайшее отклонение вала. Поскольку посадка с гарантированным натягом, то ближайшее отклонение вала совпадает с суммой величины допуска отверстия и минимальным натягом N_{\min} : $16 + 7 = +23$ мкм.
8. Так как основное отклонение $e_i = +23$ не совпадает со стандартным значением, а есть стандартные отклонения только $+17$ и $+26$ (приложение 18), мы можем выбрать только $+26$, что соответствует буквенному обозначению **p** для данного номинального размера (в противном случае уменьшится заданный минимальный натяг).
9. Получаем условное обозначение поля допуска вала **p4**. Тогда верхнее отклонение вала будет: $e_s = +26 + 7 = +33$ мкм.
10. Строим окончательно схему полей допусков.

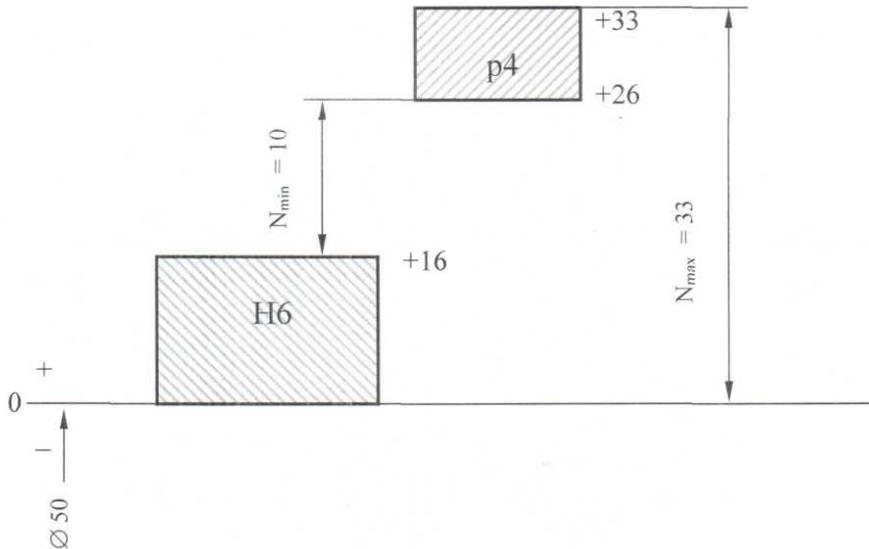


Рис. 49. Схема полей допусков посадки

Сравниваем полученные значения предельных зазоров или натягов с заданными: они соответствуют нашим данным.

11. Определяем вероятностные натяги (зазоры):

$$N_c = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} = \frac{0,033 + 0,010}{2} \approx 0,022 ;$$

$$\sigma_D = \frac{TD}{6} = \frac{16}{6} \approx 2,7 \text{ мкм};$$

$$\sigma_d = \frac{Td}{6} = \frac{7}{6} \approx 1,2 \text{ мкм};$$

$$\sigma_N = \sqrt{2,7^2 + 1,2^2} \approx 3 \text{ мкм};$$

$$N_{\max B} = 22 + 3 \cdot 3 = 31 \text{ мкм};$$

$$N_{\min B} = 22 - 3 \cdot 3 = 13 \text{ мкм}.$$

12. Определим шероховатость поверхности и назначим финишный способ обработки деталей:

а) отверстие $\varnothing 50\text{H}6$ – шероховатость $R_a = 2,5$ мкм финишная обработка – растачивание чистовое (Приложение 39);

б) вал $\varnothing 50\text{p}4$ – шероховатость $R_a = 1,25$ мкм финишная обработка – шлифование предварительное (Приложение 39).

13. Вычертим сопряжение в сборе и подетально с обозначением посадок, отклонений и шероховатости (Рисунок 50).

14. Выбираем универсальные средства измерения для отверстия и вала:

а) для отверстия $\delta_{\text{изм}} = \pm 5$ мкм (Приложение 6), $\Delta \text{lim} = \pm 4,0$ мкм, следовательно, нутромер индикаторный с ценой деления 0,001 мм или 0,002 мм (Приложение 14);

б) для вала $\delta_{\text{изм}} = \pm 4,0$ мкм (Приложение 6), $\Delta_{\text{lim}} = \pm 2,0$ мкм, следовательно, рычажная скоба при установке по концевым мерам (приложение 7).

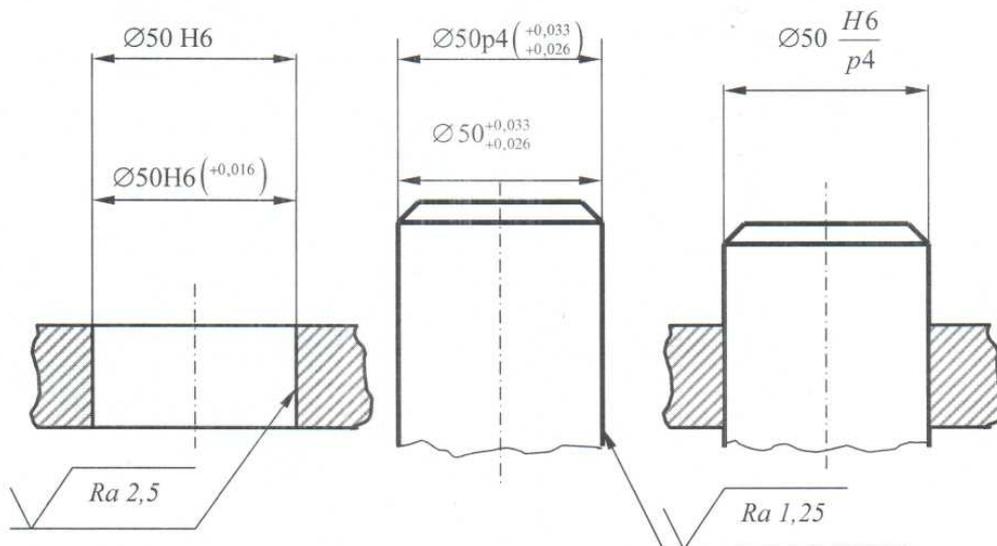


Рис. 50. Обозначение допусков и посадок на чертежах

ЗАДАНИЕ 3

Расчет полей допусков рабочих калибров

Таблица 25

Варианты задания

№ вариантов	Номинальный размер, мм	Поле допуска отверстия	Поле допуска вала
1	7	H9	e8
2	10	H8	f7
3	12	H7	g6
4	15	E6	h5
5	18	E7	h6
6	19	E8	h7
7	21	K7	h6
8	25	K6	h5
9	31	M7	h6
10	37	N7	h6
11	41	G7	h6
12	50	G8	f7
13	65	G6	e5
14	70	F8	g7

15	80	F7	g6
16	85	F6	g5
17	90	D9	e8
18	92	P9	f8
19	95	P7	r6
20	100	S7	t6
21	120	S8	h7
22	150	S6	g6
23	180	D8	e7
24	200	J _s 7	r6
25	240	J _s 8	k6

Цель задания

1. Изучить виды, назначение и конструкцию калибров.
2. Научиться правильно рассчитывать размеры и допуски рабочих калибров для контроля размеров деталей, образующих посадку.
3. Получить навыки по изображению схемы полей допусков рабочих калибров.
4. Научиться правильно выбирать шероховатость поверхности калибров и наносить исполнительные размеры калибров на чертеже.

Общие сведения

Калибры – это бесшкальные средства измерений (меры), применяемые для контроля размеров, формы и расположения поверхностей деталей.

Калибры подразделяются на две группы: *нормальные* калибры и *предельные* калибры.

Нормальные калибры имеют размеры, соответствующие номинальным размерам контролируемых деталей. К ним относятся, в первую очередь, шаблоны, щупы и конусные калибры.

Шаблоны служат для проверки правильности формы и расположения поверхностей сложных деталей при их изготовлении. Шаблон прижимают к проверяемой поверхности и по просвету определяют погрешность профиля детали. Иногда поверхность шаблона покрывают краской и по отпечатку на детали судят о погрешности ее поверхности.

Иногда в процессе сборки или подгонки деталей слесарь-сборщик пользуется *щупами*, представляющими собой набор пластин длиной L и различной толщины S . **Щупы** служат для контроля зазоров между поверхностями. Щупы выпускают 1-го и 2-го классов точности, номинальными размерами 0,02...1 мм с интервалами 0,01 и 0,05 мм, двух исполнений по длине: 100 и 200 мм. Щупы длиной 100 мм изготовляют в виде отдельных пластин и наборов, а длиной 200 мм – только в виде отдельных пластин.

При измерении рабочий вводит в зазор один или несколько щупов, наложенных друг на друга. Точность измерения при этом во многом определяется квалификацией и навыком рабочего. Размер зазора считается равным толщине щупа (щупов), когда последний перемещается в щели под действием небольшого усилия.

Предельные калибры служат для контроля предельных размеров детали. Чаще предельные калибры бывают двусторонние: для контроля наибольшего размера детали – проходная сторона калибра или проходной калибр (обозначается буквами: ПР) и для контроля наименьшего размера детали – непроходной калибр или непроходная сторона (обозначается: НЕ). Предельные калибры позволяют установить, находится ли проверяемый размер в границах допуска [2].

Предельные калибры по назначению делятся на три группы [7]:

1. *Рабочие* – для контроля размеров деталей при их изготовлении (обозначаются: Р-ПР, Р-НЕ);

2. *Приемные* – для контроля деталей после их окончательной обработки и оценки годности (обозначаются: П-ПР, П-НЕ);

3. *Контрольные* – для контроля размеров рабочих калибров в процессе их эксплуатации (обозначаются: К-ПР, К-НЕ, К-И).

На ряде предприятий помимо рабочих и контрольных калибров применяют калибры контролеров и приемные калибры: первыми пользуются работники ОТК предприятия, а вторыми – заказчик при приемке готовой продукции. В качестве тех и других калибров используют частично изношенные рабочие проходные и новые рабочие непроходные калибры. Контроль с помощью этих калибров осуществляют для того, чтобы повысить гарантию качества деталей и не забраковать годные детали.

Непроходные контркалибры К-И служат для контроля степени износа калибров, находящихся в эксплуатации [7].

Контроль отверстий осуществляется калибрами-пробками, валов – калибрами-скобами.

С помощью калибров можно быстро рассортировать партию деталей. Если оба калибра – проходной и непроходной – не проходят, значит, деталь негодная, но брак может быть исправлен продолжением обработки. Если проходной проходит, а непроходной не проходит – деталь годная. Когда проходят оба калибра, значит, имеет место неисправимый брак [8]. В соответствии с инструкциями по контролю калибрами изделие считается годным, если под действием собственного веса проходной калибр проходит в отверстие или надевается на вал, а непроходной – нет.

? Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены калибры?
2. Что такое нормальные калибры?
3. Дайте определение предельных калибров?
4. Какие группы предельных калибров Вы знаете?
5. Для чего предназначен рабочий калибр?
6. Для чего предназначен приемный калибр?
7. Для чего предназначен контрольный калибр?
8. Что такое калибр-пробка?
9. Что такое калибр-скоба?
10. Когда имеет место неисправимый брак?

Методические указания к выполнению

1. Сначала определим необходимые параметры для расчета калибров в зависимости от качества и номинального размера по приложению (приложение 5).

Калибр-пробка для контроля отверстия:

- допуск на изготовление калибра-пробки H ;
- отклонение середины поля допуска на изготовление проходной стороны калибра-пробки z ;
- допустимый выход размера изношенного проходного калибра-пробки за границу поля допуска отверстия y .

Калибр-скоба для контроля вала:

- допуск на изготовление калибра-скобы H_I ;
- отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра-скобы z_I ;
- допустимый выход размера изношенного проходного калибра-скобы за границу поля допуска вала: y_I .

2. Определим размеры калибра-пробки:

Наибольший размер проходной новой калибр-пробки:

$$ПР_{\max} = D_{\min} + z + \frac{H}{2} . \quad (75)$$

Наименьший размер проходной новой калибр-пробки:

$$ПР_{\min} = D_{\min} + z - \frac{H}{2} . \quad (76)$$

Наименьший размер изношенной проходной калибр-пробки:

$$ПР_{\text{изн}} = D_{\min} - y . \quad (77)$$

Наибольший размер непроходной новой калибр-пробки:

$$НЕ_{\max} = D_{\max} + \frac{H}{2} . \quad (78)$$

$$НЕ_{\min} = D_{\max} - \frac{H}{2} . \quad (79)$$

Размеры калибра-скобы:

$$ПР_{\max} = d_{\max} - z_I + \frac{H_I}{2} . \quad (80)$$

$$ПР_{\min} = d_{\max} - z_I - \frac{H_I}{2} . \quad (81)$$

$$ПР_{\text{изн}} = d_{\max} + y_I . \quad (82)$$

$$НЕ_{\max} = d_{\min} + \frac{H_I}{2} . \quad (83)$$

$$HE_{\min} = d_{\min} - \frac{H_1}{2} . \quad (84)$$

3. Определим исполнительные размеры калибра-пробки и калибра-скобы. В качестве исполнительных размеров принимают следующие: для калибра-пробки – это наибольшие предельные размеры с предельными отклонениями как для основного вала, т.е. верхнее равно нулю, а нижнее равно величине допуска на изготовление калибра, но со знаком «минус»; для калибра-скобы же наоборот, наименьшие предельные размеры с предельными отклонениями как для основного отверстия, т.е. нижнее равно нулю, а верхнее равно величине допуска на изготовление калибра со знаком «плюс».

4. Изобразим на схеме полей допусков данной посадки (сопряжения) полученные расчетом допуски калибров.

5. Нарисуем эскизы калибров и обозначим на них исполнительные размеры и шероховатости поверхностей, которые выберем в зависимости от качества, номинального размера и вида обработки по приложению.

Пример

Исходные данные к заданию: сопряжение $65 \frac{H8}{g7}$.

1. Параметры рабочих калибров для контроля размеров отверстия и вала определим в зависимости от качества и номинального размера по приложению (приложение 5):

Калибр-пробка для контроля отверстия:

- допуск на изготовление калибра-пробки $H = 5$ мкм;
- отклонение середины поля допуска на изготовление проходной стороны калибра-пробки $z = 7$ мкм;
- допустимый выход размера изношенного проходного калибра-пробки за границу поля допуска отверстия $y = 5$ мкм.

Калибр-скоба для контроля вала:

- допуск на изготовление калибра-скобы $H_1 = 5$ мкм;
- отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра-скобы $z_1 = 4$ мкм;
- допустимый выход размера изношенного проходного калибра-скобы за границу поля допуска вала: $y_1 = 3$ мкм.

2. Размеры калибра-пробки.

Наибольший размер проходной новой калибр-пробки:

$$PP_{\max} = D_{\min} + z + \frac{H}{2} = 65,0 + 0,007 + 0,0025 = 65,0095 \text{ мм.}$$

Наименьший размер проходной новой калибр-пробки:

$$PP_{\min} = D_{\min} + z - \frac{H}{2} = 65,0 + 0,007 - 0,0025 = 65,0045 \text{ мм.}$$

Наименьший размер изношенной проходной калибр-пробки:

$$PP_{\text{изн}} = D_{\min} - y = 65,0 - 0,005 = 64,995 \text{ мм.}$$

Наибольший размер непроходной новой калибр-пробки:

$$HE_{\max} = D_{\max} + \frac{H}{2} = 65,046 + 0,0025 = 65,0485 \text{ мм.}$$

$$HE_{\min} = D_{\max} - \frac{H}{2} = 65,046 - 0,0025 = 65,0435 \text{ мм.}$$

Размеры калибра-скобы.

$$PP_{\max} = d_{\max} - z_1 + \frac{H_1}{2} = 64,990 - 0,004 + 0,0025 = 64,9885 \text{ мм.}$$

$$PP_{\min} = d_{\max} - z_1 - \frac{H_1}{2} = 64,990 - 0,004 - 0,0025 = 64,9835 \text{ мм.}$$

$$PP_{\text{изн}} = d_{\max} + y_1 = 64,990 + 0,003 = 64,993 \text{ мм.}$$

$$HE_{\max} = d_{\min} + \frac{H_1}{2} = 64,960 + 0,0025 = 64,9625 \text{ мм.}$$

$$HE_{\min} = d_{\min} - \frac{H_1}{2} = 64,960 - 0,0025 = 64,9575 \text{ мм.}$$

3. Проходной размер калибра-пробки ПР, проставляемый на чертеже 65,0095_{0,005}. Исполнительные размеры: наибольший 65,0095 мм, наименьший 65,0045 мм. Непроходной размер калибра-пробки НЕ, проставляемый на чертеже: 65,0485_{-0,005} мм. Исполнительные размеры: наибольший 65,0485 мм, наименьший 65,0435 мм.

Проходной размер калибра-скобы ПР, проставляемый на чертеже 64,9835^{+0,005} мм. Исполнительные размеры: наибольший 64,9885 мм, наименьший 64,9835 мм. Непроходной размер калибра-скобы НЕ, проставляемый на чертеже: 64,9575^{+0,005} мм. Исполнительные размеры: наибольший 64,9625 мм, наименьший 64,9575 мм (Рисунок 52).

4. Схема полей допусков деталей и рабочих калибров данного сопряжения представлена на рисунке 51.

5. Эскизы рабочих калибров представлены на рисунке 52.

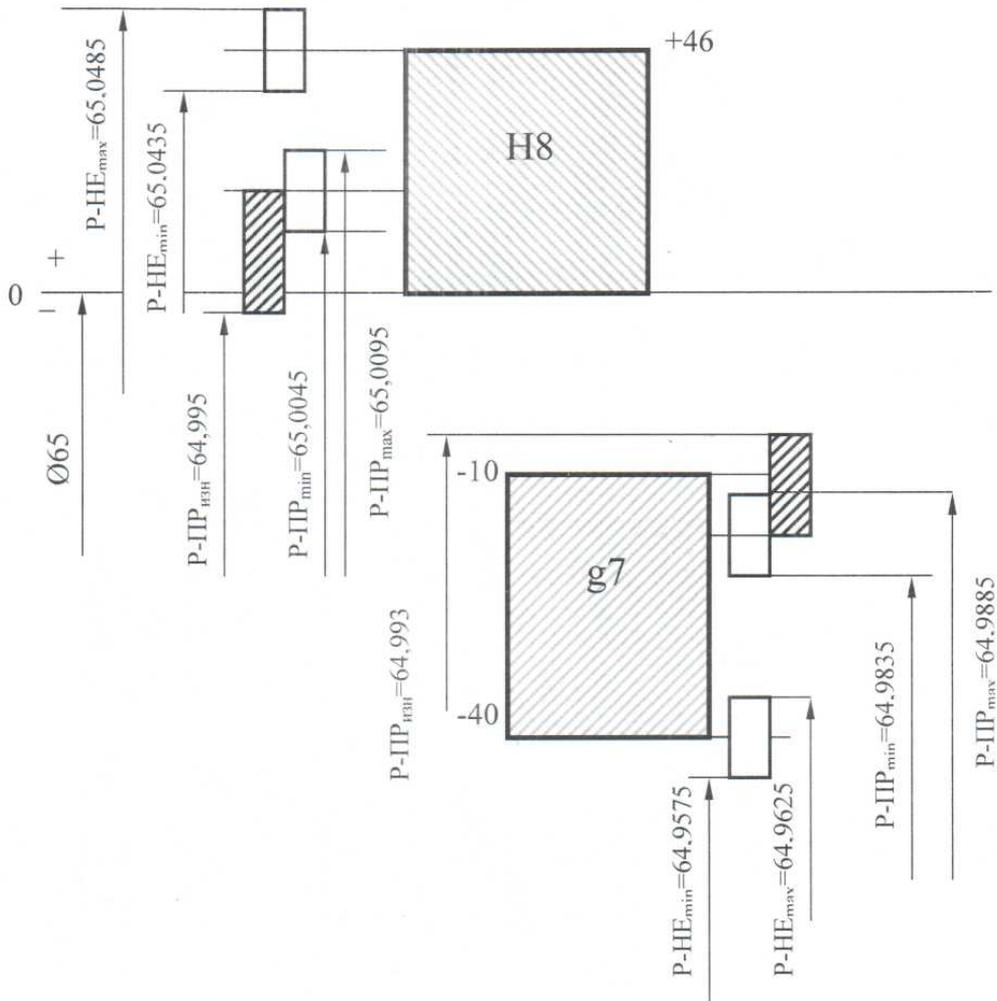


Рис. 51. Схема расположения полей допусков рабочих калибров для сопряжения $65 \frac{H8}{g7}$.

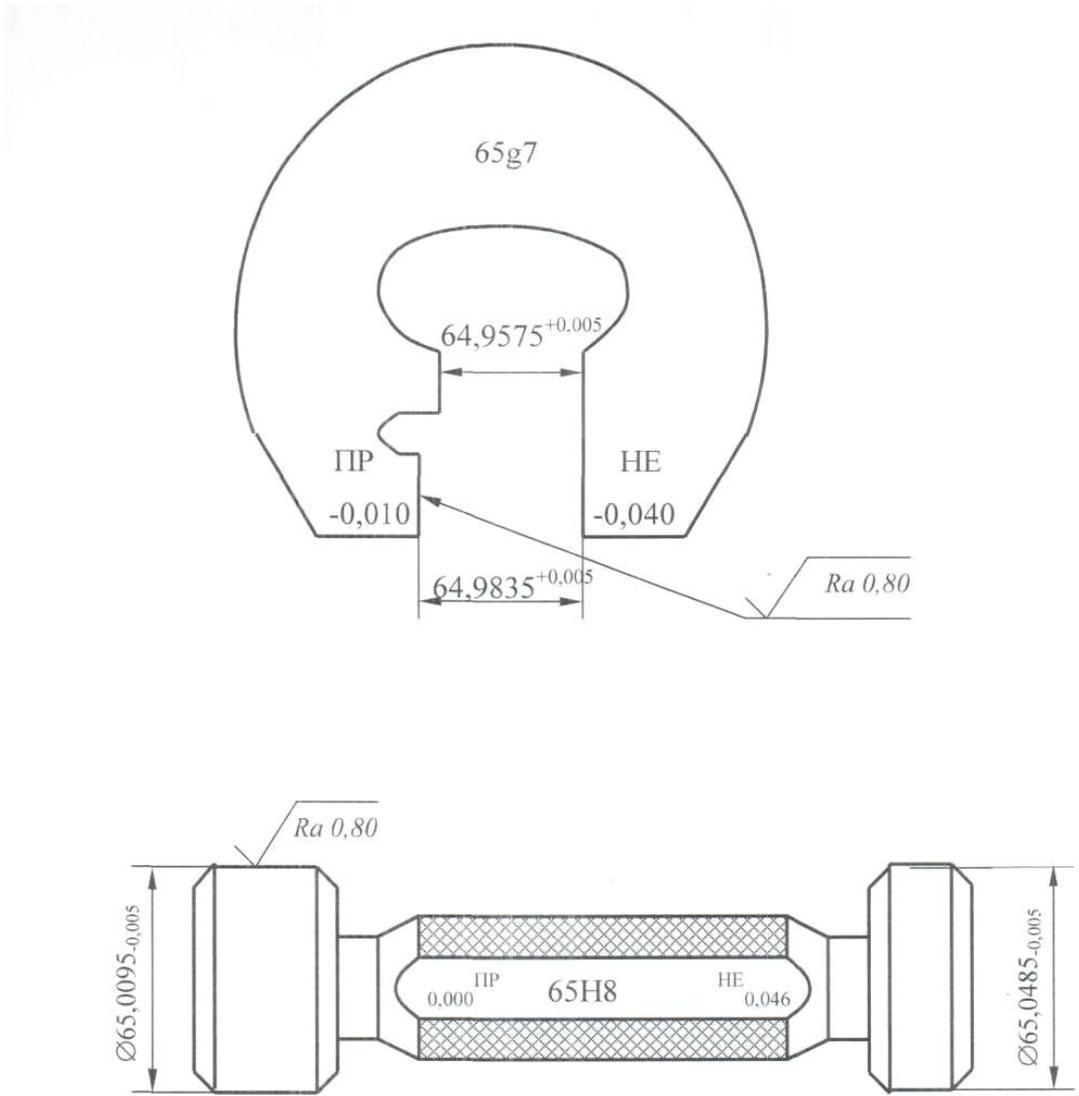


Рис. 52. Эскизы рабочих калибров для сопряжения 65 $\frac{H8}{g7}$

ЗАДАНИЕ 4

Расчет и выбор посадок с гарантированным зазором

Таблица 26

Варианты задания

№ варианта	Номинальный размер, d , мм	Длина сопряжения, l , мм	Угловая скорость, ω , c^{-1}	Абсолютная вязкость масла, η , Па·с	Удельное давление на опору, $q \cdot 10^6$, Па	Шероховатость, мкм	
						Rz _D	Rz _d
1	40	60	100	0,02	0,08	2,5	1,25
2	20	30	50	0,04	1,95	1,6	2,0
3	25	30	100	0,03	0,312	1,0	1,0
4	30	40	100	0,02	0,128	2,5	1,25
5	35	50	80	0,02	0,051	3,2	1,25
6	40	50	100	0,02	0,28	1,6	2,0
7	45	50	60	0,02	1,04	2,0	2,0
8	50	65	70	0,03	1,0	2,5	1,25
9	55	70	70	0,03	2,0	1,6	2,0
10	60	80	85	0,03	2,02	2,5	2,5
11	65	80	100	0,04	0,09	1,6	1,6
12	70	100	100	0,04	0,051	1,6	1,6
13	75	110	120	0,04	0,2	1,6	2,0
14	80	105	130	0,04	3,01	1,25	1,25
15	85	110	110	0,04	3,02	1,6	2,0
16	90	120	100	0,04	3,0	3,2	3,2
17	40	50	100	0,04	3,2	1,6	2,0
18	50	50	120	0,02	0,4	1,25	1,25
19	60	60	100	0,02	0,3	2,5	1,25
20	65	60	80	0,04	1,04	3,2	1,25
21	45	60	80	0,04	0,31	2,5	1,25
22	55	60	80	0,04	1,2	2,0	2,0
23	85	100	95	0,04	2,4	3,2	1,25
24	75	100	90	0,04	5,28	1,0	1,0
25	70	100	120	0,03	0,03	1,25	1,25

Цель задания

Научиться рассчитывать и выбирать стандартные посадки для сопряжений с гарантированным зазором.

Общие сведения

Зазор – положительная разность размеров отверстия и вала.

Посадки с гарантированным зазором относятся к одному из самых распространенных видов подвижных гладких цилиндрических соединений.

Посадки с зазором правильнее характеризовать по средневероятному зазору, за который в подвижных соединениях принимают зазор, получающийся при средних значениях исполнительных размеров вала и отверстия. Зазор должен быть достаточным для размещения смазочного материала, компенсации ошибок монтажа, температурных и упругих деформаций.

Рассмотрим примеры самых распространенных стандартных посадок. Посадки

вида $\frac{H}{h}$ применяются в квалитетах с 4-го по 12-й. Их часто используют для соединений с точным центрированием деталей, когда относительное перемещение этих деталей служит для установки, переключений, регулирования, наладки изделия и его составных частей (пиноль в корпусе задней бабки станка, быстростъемные кондукторные втулки, муфты переключения на направляющей шпонке и др.). В отдельных случаях эти посадки назначают для соединений, в которых движение совершается хотя и непрерывно, но с низкой скоростью или небольшой амплитудой (подшипники скольжения ходовых винтов станков, соединение шатуна с поршневым пальцем и т.п.).

Посадки вида $\frac{H}{g}, \frac{G}{h}$ применяются только для относительно точных деталей (валы 4–6 квалитетов, отверстия 5–7 квалитетов). Они имеют минимальные гарантированные зазоры и применяются в основном для обеспечения точного и плавного возвратно-поступательного движения (толкатели клапанов и стержни самих клапанов в соответствующих втулках, ползуны направляющих долбежных станков, шпиндели делительных головок и др.).

Посадки вида $\frac{H}{f}, \frac{F}{h}$ установлены в наиболее часто применяемых квалитетах с 6-го по 9-й, обеспечивают умеренные гарантированные зазоры, достаточные для свободного вращения в подшипниках скольжения при легких и средних режимах работы (подшипники валов в коробках передач различных станков, электромашин, центробежных насосов, свободно вращающихся на валах зубчатых колес и шкивов и др.). Эти посадки в квалитетах 8–9 применяют в аналогичных случаях, но в изделиях тяжелого машиностроения, при валах с несколькими опорами, а также для поршней некоторых насосов, различных штоков в сальниках и т.д.

Посадки видов $\frac{H}{e}, \frac{E}{h}, \frac{H}{d}, \frac{D}{h}$ предусмотрены в квалитетах нормальной и пониженной точности. Они характеризуются увеличенными гарантированными зазорами и применяются при напряженных режимах работы, длинных соединениях при

$\ell \geq 1,5D$, а также землеройных строительных, транспортных, сельскохозяйственных и других машинах, где подвижность соединений должна надежно сохраняться при загрязнении.

Посадки с зазором рассчитываются главным образом при вращательном движении в наиболее ответственных подшипниках скольжения двигателей, станков, транспортных машин, турбин, компрессоров и т.п., но могут быть рассчитаны и при возвратно-поступательном движении («поршень – цилиндр», плунжерные пары). Существующие варианты расчета подшипников скольжения основаны на использовании гидродинамической теории смазки и хорошо изложены в литературе.

Задачей же данного расчета являются определение оптимального зазора, выбор стандартной посадки для подвижного соединения и универсальных средств измерений данного соединения.

? Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены посадки с гарантированным зазором?
2. Что такое зазор?
3. Какие посадки используются для соединений с точным центрированием деталей?

4. Посадки вида $\frac{H}{h}$ применяются в каких квалитетах?

5. Назовите примеры применения посадок вида $\frac{H}{h}$.
6. Какие посадки используются для обеспечения точного и плавного возвратно-поступательного движения?

7. В каких квалитетах применяются посадки вида $\frac{H}{f}, \frac{F}{h}$?

8. Какие посадки обеспечивают умеренные гарантированные зазоры, достаточные для свободного вращения в подшипниках скольжения при легких и средних режимах работы?
9. Какие посадки характеризуются увеличенными гарантированными зазорами и применяются при напряженных режимах работы?
10. При каком движении рассчитываются посадки с зазором?

Методические указания к выполнению

1. Величина произведения hS может быть вычислена по формуле:

$$hS = \frac{0,52 \cdot d^2 \cdot \omega \cdot \eta}{q} \cdot \frac{\ell}{d + \ell}, \text{ (мкм}^2\text{)}, \quad (85)$$

где q – среднее удельное давление в подшипнике (определяемое через нагрузку на цапфу P из выражения:

$$q = \frac{P}{d \cdot \ell}, \text{ Па);}$$

2. Величина оптимального зазора определяется из выражения:

$$S_{onm} = 2\sqrt{hS}, \text{ (мкм)}, \quad (86)$$

где: h – толщина масляного слоя в месте наибольшего сближения поверхности вала и подшипника в рабочем состоянии, м;

S – зазор между валом и подшипником в состоянии покоя, м;

3. Определяем величину среднего зазора для выбора посадки:

$$S_{cp} = S_{onm} - S_t, \text{ (мкм)}, \quad (87)$$

где:
$$S_t = (\alpha_D - \alpha_d) \cdot (t_n - 20)d, \text{ (мкм)}, \quad (88)$$

где: α_D – коэффициент линейного расширения материала втулки (для бронзы БрАЖ9 – 4: $\alpha_D = 17,8 \cdot 10^{-6}$);

α_d – коэффициент линейного расширения материала вала (для стали 40: $\alpha_d = 12,4 \cdot 10^{-6}$);

t_n – рабочая температура подшипника: 50 °С.

4. По таблице стандартов (приложение 19) выбираем посадку, исходя из условия:

$$S_{cp.cm} \approx S_{cp}, \quad (89)$$

$$K = \frac{S_{cp}}{TS} > 1, \quad (90)$$

где: $S_{cp.cm}$ – средний зазор стандартной посадки;

TS – допуск посадки;

K – коэффициент относительной точности, (не следует выбирать посадку с $K < 1$, т.к. это приводит к значительному уменьшению толщины масляного слоя, снижению относительного эксцентриситета и потере устойчивости в работе).

5. Затем определяем наименьший слой смазки при наибольшем зазоре выбранной посадки:

$$h_{\min} = \frac{hS}{S_{\max cm} + 2(Rz_D + Rz_d)}, \text{ (мкм)}. \quad (91)$$

6. Проверяем достаточность слоя смазки:

$$h_{\min} \geq Rz_D + Rz_d. \quad (92)$$

7. Чертим схему полей допусков выбранной посадки.

8. Затем чертим сопряжение в сборе и подетально.

9. Назначаем окончательную обработку вала и отверстия (приложение 39).

10. Выбираем универсальные средства измерений для отверстия и вала (приложения 7–14) исходя из условия:

$$\Delta \ell_{im} \leq \sigma_{изм}. \quad (93)$$

Пример

Исходные данные к заданию: $d = 50$ мм; $\omega = 340$ рад/с; $\eta = 0,014$ Па·с;
 $q = 1,6 \cdot 10^6$; $l = 40$ мм; $Rz_D = 2,5$ мкм;
 $Rz_d = 2,5$ мкм; Система отверстия (СН).

Решение.

1. Находим величину произведения hS :

$$hS = \frac{0,52(50 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 340 \cdot 0,014}{1,6 \cdot 10^6} \cdot \frac{40 \cdot 10^{-3}}{(50 + 40) \cdot 10^{-3}} = 1718,89 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$$

2. Величина оптимального зазора:

$$S_{opt} = 2\sqrt{1718,89} \cdot 10^{-6} = 82,9 \cdot 10^{-6} \text{ м} \approx 83 \text{ мкм}$$

3. Определяем величину температурного зазора:

$$S_t = (17,8 \cdot 10^{-6} - 12,4 \cdot 10^{-6}) \cdot (50 - 20) \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 8100 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 8,1 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 8,1 \text{ мкм};$$

Тогда величина расчетного среднего зазора равна:

$$S_{cp} = 83 - 8,1 = 74,9 \text{ мкм}.$$

4. По таблице стандартов (приложение 19) выбираем посадку, исходя из условия (89):

$$S_{cp.ст.} \approx S_{cp}$$

$$\begin{matrix} (+0,025) \\ H7 \\ (-0,050) \\ (-0,075) \end{matrix}$$

Этому условию удовлетворяет посадка $\varnothing 50$ $e7$.
 $S_{min} = 50$ мкм, $S_{max} = 100$ мкм, $TS = 50$ мкм, $S_{cp} = 150$ мкм,
 $K = 150/50 = 3 > 1$.

5. Затем определяем наименьший слой смазки при наибольшем зазоре выбранной посадки:

$$h_{min} = \frac{1718,89 \cdot 10^{-12}}{(100 + 2(2,5 + 2,5)) \cdot 10^{-6}} = \frac{1718,89 \cdot 10^{-12}}{110 \cdot 10^{-6}} = 15,6 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 15,6 \text{ мкм}.$$

6. Проверяем достаточность слоя смазки:

$$15,6 \text{ мкм} > 2,5 + 2,5 = 5 \text{ мкм}.$$

7. Чертим схему полей допусков выбранной посадки.

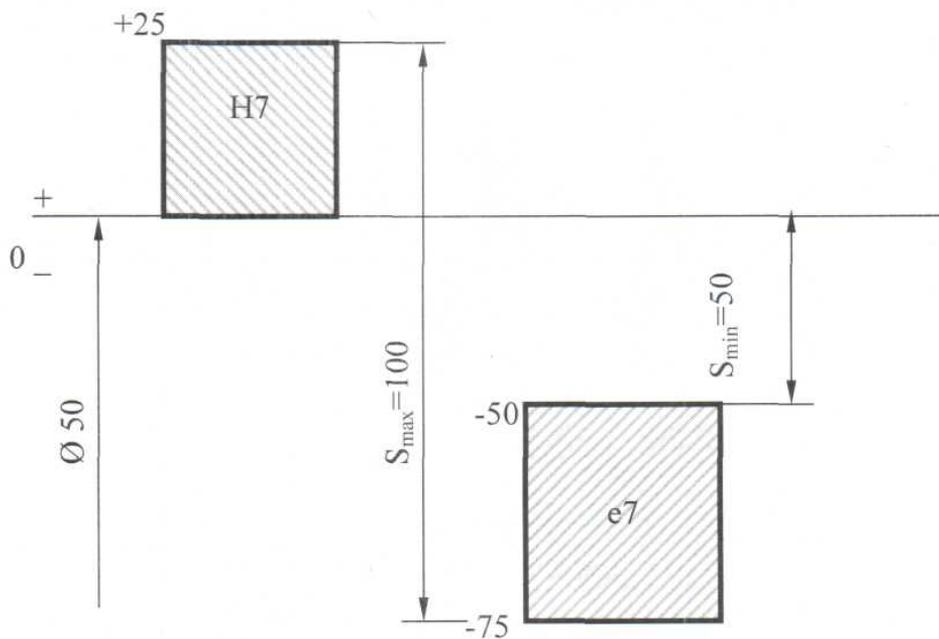


Рис. 53. Схема полей допусков для сопряжения $\varnothing 50 \frac{H7}{e7}$.

8. Затем чертим сопряжение в сборе и подетально.

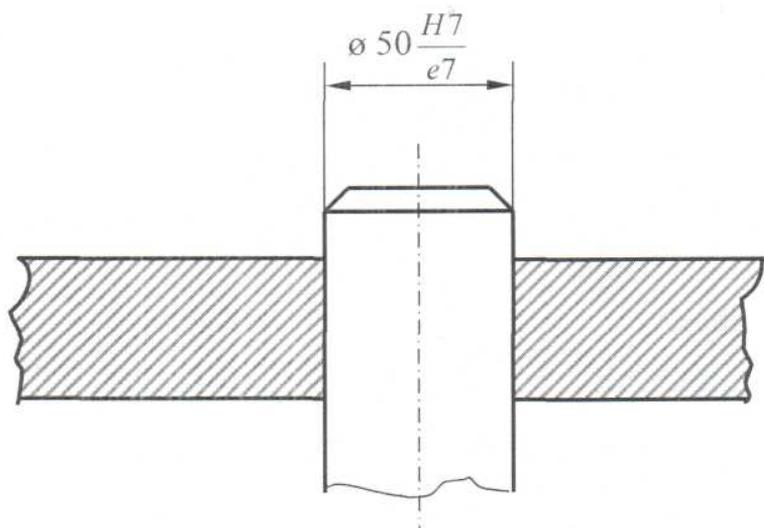


Рис. 54. Обозначение посадки с гарантированным зазором на сборочном чертеже

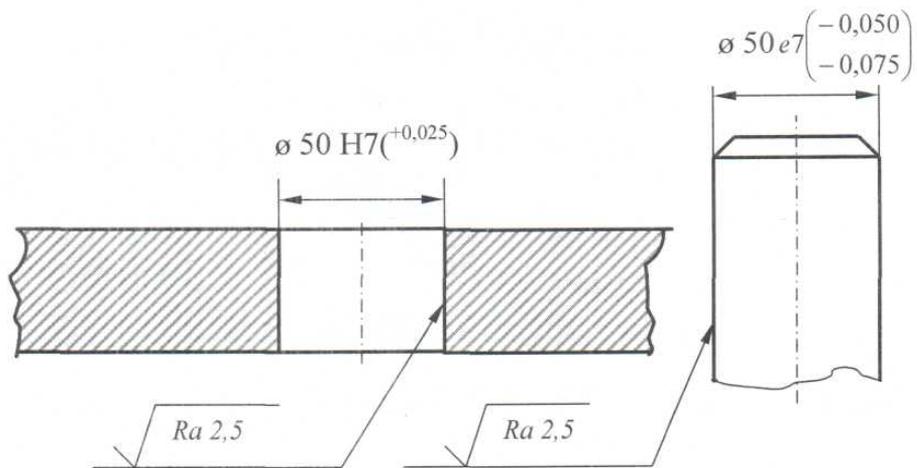


Рис. 55. Обозначение допусков размеров на деталировочных чертежах

9. Назначаем окончательную обработку вала и отверстия (приложение 39): для вала – обтачивание чистовое (e7 – шероховатость 2,5 мкм), для отверстия – растачивание чистовое (H7 – шероховатость 2,5 мкм).

10. Выбираем универсальные средства измерения для отверстия и вала:

а) для отверстия выбираем (приложения 14) индикаторный нутромер с ценой деления 0,001 мм (5 мкм < 7 мкм);

б) для вала выбираем микрометр с ценой деления 0,01 мм (приложения 11) при работе в стойке (5 мкм < 7 мкм).

ЗАДАНИЕ 5

Расчет и выбор посадок с гарантированным натягом

Цель задания

Научиться рассчитывать и выбирать стандартные посадки для сопряжений с гарантированным натягом.

Общие сведения

Натяг – положительная разность размеров вала и отверстия.

Посадки с натягом предназначены для получения неразъемных соединений с высокой степенью центрирования, в которых относительная неподвижность деталей при работе механизма обеспечивается только за счет сил трения, возникающих на контактных поверхностях под действием упругих деформаций, создаваемых натягом. Посадки с натягом удобнее характеризовать группами в зависимости от

среднего относительного натяга. Средний относительный натяг подсчитывают как частное от деления значения средневероятного натяга той или иной посадки в данном интервале размеров на среднее значение размера того же интервала ($N_{\text{м отн}}$).

Посадки при $N_{\text{м отн}} > 1,5$ применяются при напряженных режимах работы, когда на соединение действуют большие, в том числе динамические нагрузки (вагонные колеса на осях, бронзовые венцы со стальными ступицами червячных колес, составные коленчатые валы и т.п.). Из рассматриваемых посадок получили наиболь-

шее применение $\frac{H7}{u7}$ и в особенности $\frac{H8}{u8}$.

Посадки при $1,5 \geq N_{\text{м отн}} > 0,8$ применяют при умеренных относительно спокойных нагрузках (втулки подшипников скольжения в отверстиях зубчатых колес, шкивов, различных рычагов, головках шатунов, поршневых насосах и др.). В некоторых случаях их используют с дополнительным креплением для соединений, воспринимающих тяжелые нагрузки, когда другие посадки не допустимы по условиям прочности деталей. Эти посадки предусмотрены для деталей высокой точности (валы квалитетов 5–7, отверстия – 6–7), предпочтительными из них являются

$\frac{H7}{r6}$, $\frac{H7}{s6}$.

Посадки при $N_{\text{м отн}} \leq 0,8$ характеризуются минимальными гарантированными натягами и установлены в наиболее точных квалитетах. Их применяют, когда крутящие моменты или осевые усилия невелики, преимущественно при статических нагрузках (опорные штыри, установочные пальцы в приспособлениях, втулки, кольца, клапанные седла в корпусах и т.п.). Предпочтительными являются посадки

$\frac{H7}{p6}$, $\frac{P7}{h6}$.

Они обеспечивают высокую степень центрирования деталей. В ответственных случаях используют дополнительное крепление (штифты, шпонки и др.). При необходимости такие соединения можно разобрать и вновь запрессовать те же детали.

В связи с многочисленностью факторов, обуславливающих прочность прессовых соединений (материал, размеры и конфигурация деталей и др.), параметры посадок с гарантированным натягом обязательно рассчитывают.

Таблица 27

Варианты задания

№ варианта	Номинальный размер соединения, D, мм	Внутренний диаметр, d ₁ , мм	Наружный диаметр втулки, d ₂ , мм	Длина сопряжения, l, мм	Материал		Передаваемый крутящий момент, M _{кр} , Н·м	Осевое сдвигающее усилие, P, кН	Шероховатость поверхности, мкм	
					втулки	вала			отверстия, Rz _d	вала, Rz _d
1	80	-	150	120	сталь 30	сталь 30	1200	-	3,2	3,2

2	220	55	240	110	сталь 40	сталь 35	-	20	1,0	2,0
3	40	20	120	60	сталь 35	сталь 30	-	16	3,2	3,2
4	60	30	96	75	сталь 15Г	сталь 15Г	120	40	2,5	1,25
5	45	20	75	60	сталь 25	сталь 30	140	-	3,2	3,2
6	75	35	125	80	сталь 15Г	сталь 15Г	120	20	1,25	3,2
7	50	20	80	75	сталь 40	сталь 40	350	-	3,2	2,0
8	80	-	150	140	сталь 35	сталь 35	1800	10	3,2	1,25
9	35	15	60	50	сталь 15	сталь 15	380	-	3,2	3,2
10	100	50	170	110	сталь 50	сталь 50	6200	-	1,25	2,5
11	100	50	170	110	сталь 40	сталь 40	1520	40	1,0	2,0
12	40	-	80	60	сталь 35	сталь 35	185	40	2,5	1,25
13	50	-	80	75	сталь 20	сталь 20	250	-	3,2	1,25
14	90	45	150	100	сталь 40	сталь 40	2500	10	2,5	1,25
15	75	35	125	80	сталь 30Г	сталь 30Г	290	60	1,25	1,25
16	80	40	160	160	сталь 40	сталь 40	275	-	2,5	2,5
17	40	-	60	60	сталь 45	сталь 45	250	-	3,2	6,3
18	60	30	95	70	сталь 25	сталь 30	120	30	2,5	1,25
19	75	35	125	80	сталь 15Г	сталь 15Г	1050	10	1,25	1,25
20	100	60	240	50	сталь 45	сталь 40	80	60	2,5	1,25
21	200	50	240	100	сталь 35	сталь 35	-	22	1,25	1,25
22	80	40	130	90	сталь 25	сталь 30	1270	-	2,5	1,25
23	45	20	75	60	сталь 35	сталь 35	575	10	1,25	1,25
24	35	25	80	35	сталь 30	сталь 45	8	5	1,25	1,25
25	40	25	85	35	сталь 40	сталь 30	18	4	2,5	1,25

Основная задача расчета – определить минимально необходимый натяг N_{\min} , обеспечивающий прочность соединения в условиях максимально возможного нагружения, и максимально допустимый натяг N_{\max} , определяемый прочностью деталей (втулка и ступица может лопнуть, тонкостенный вал смяться). Возможны и другие задачи: определение наибольшей нагрузки, допустимой для той или иной стандартной посадки; вычисление напряжений и деформаций в деталях заданного прессового соединения; нахождение усилия при силовом способе сборки или температурного перепада при тепловом способе сборки; определение усилия распрессовки.

? Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены посадки с гарантированным натягом?
2. Что такое натяг?
3. Какие посадки применяются при напряженных режимах работы, когда на соединение действуют большие, в том числе динамические нагрузки?

4. Посадки вида $\frac{H7}{p6}$, $\frac{P7}{h6}$ применяются в каких случаях?

5. Назовите примеры применения посадок вида $\frac{H7}{r6}$, $\frac{H7}{s6}$.
6. Какие посадки используются для деталей высокой точности?

7. В каких случаях применяются посадки вида $\frac{H8}{u8}$?
8. Какие посадки обеспечивают высокую степень центрирования деталей?
9. Какая основная задача расчета посадок с натягом?
10. Укажите способы сборки посадок с натягом.

Методические указания к выполнению

1. Сначала необходимо определить величину удельного контактного эксплуатационного давления при совместном воздействии крутящего момента и осевого усилия:

$$P_3 = \frac{n \cdot \sqrt{\frac{(2M_{кр})^2}{D^2} + P^2}}{\pi \cdot D \cdot \ell \cdot f}, \quad (94)$$

где $n = 1,5 - 2$ – коэффициент запаса прочности соединения на случай возможных перегрузок и воздействия вибрации.

При действии только крутящего момента:

$$P_3 = \frac{2M_{кр} \cdot n}{\pi \cdot D^2 \cdot \ell \cdot f}. \quad (95)$$

2. Определяем величину наименьшего натяга (мкм):

$$N_{\min} = P_{\text{э}} \cdot \left(\frac{CD}{E_D} + \frac{Cd}{E_d} \right) \cdot D, \quad (96)$$

где: E_D и E_d – модули упругости материалов, соединяемых деталей (для стали $2,06 \cdot 10^{11}$ Па),

C_D и C_d – коэффициенты Ляме, определяемые по формулам:

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{D}{d_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{D}{d_2} \right)^2} + \mu_D, \quad (97)$$

$$C_d = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{D} \right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{D} \right)^2} - \mu_d, \quad (98)$$

где μ_D, μ_d – коэффициенты Пуассона для металлов вала и втулки.

3. Вычисляем величину расчетного натяга с учетом наличия шероховатости вала и втулки:

$$N_{\text{расч}} = N_{\min} + 1,2 \cdot (Rz_D + Rz_d). \quad (99)$$

4. Натяги, определенные до сборки сопряжения, после запрессовки изменяются из-за смятия неровностей на контактных поверхностях соединяемых деталей, различия рабочей температуры и температуры сборки, а также различия коэффициентов линейного расширения материала деталей и других причин. Эти изменения учитывают соответствующие поправки:

u – поправка, учитывающая смятие неровностей поверхностей;

u_t – температурная поправка.

Для материалов с одинаковыми механическими свойствами поправка определяется по формуле:

$$u = 2k \cdot (Rz_D + Rz_d). \quad (100)$$

При одинаковой температуре втулки и вала, одинаковом материале изготовления температурная поправка приближается к нулю.

Таким образом, поправки уменьшают первоначально вычисленный натяг, поэтому расчетные натяги увеличивают на величину поправок и получают функциональный натяг:

$$N_F = N_{\text{расч}} + u + u_t + \dots \quad (101)$$

5. По таблицам стандартов (приложение 20–21) выбираем посадку, удовлетворяющую условию:

$$N_{\min cm} \geq N_F, \quad (102)$$

6. Определяем наибольшее удельное давление на сопрягаемых поверхностях при наибольшем натяге выбранной посадки:

$$P_{\max} = \frac{N_{\max cm} - 1,2 \cdot (Rz_D + Rz_d)}{D \cdot \left(\frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right)}. \quad (103)$$

7. Вычислим наибольшее напряжение во втулке:

$$\sigma_D = \frac{1 + \left(\frac{D}{d_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{D}{d_2} \right)^2} \cdot P_{\max}. \quad (104)$$

8. Проверим прочность втулки при наибольшем напряжении:

$$[\sigma_T]_D \geq \sigma_D. \quad (105)$$

9. Построим схему полей допусков выбранной посадки в произвольном масштабе.

10. Вычертим эскизы сопряжения в сборе и подетально с обозначением посадок и допусков.

11. Назначаем вид окончательной обработки вала и отверстия (приложение 39).

12. Выберем универсальные средства измерения для вала и отверстия (приложения 7–14).

Пример

Исходные данные: $D = 80$ мм; $d_2 = 100$ мм; $d_1 = 60$ мм; $l = 60$ мм; $M_{кр} = 600$ Нм; $Rz_D = Rz_d = 3,2$ мкм; $k = 0,25$; Марка стали 25.

Решение.

1. Величина удельного контактного эксплуатационного давления, учитывая, что действует только крутящий момент, определяется по формуле:

$$P_{\mathcal{E}} = \frac{2M_{кр} \cdot n}{\pi \cdot D^2 \cdot \ell \cdot f},$$

$$P_{\mathcal{E}} = \frac{2 \cdot 600 \cdot 1,5}{3,14 \cdot (80 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 0,08} = 18,66 \cdot 10^6 \text{ Н}.$$

2. Определяем величину наименьшего натяга, для чего определяем сначала коэффициенты Ляме для втулки и вала:

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{80}{100} \cdot 10^{-3}\right)^2}{1 - \left(\frac{80}{100} \cdot 10^{-3}\right)^2} + 0,3 \approx 4,86.$$

$$C_d = \frac{1 + \left(\frac{60}{80}\right)^2}{1 - \left(\frac{60}{80}\right)^2} - 0,3 \approx 3,27.$$

$$N_{\min} = P_3 \cdot \left(\frac{CD}{E_D} + \frac{Cd}{E_d} \right) \cdot D$$

$$N_{\min} = 18,66 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{4,86 + 3,27}{2,06 \cdot 10^{11}} \right) \cdot 80 \cdot 10^{-3} \approx 5891,5 \cdot 10^{-8} \approx 58,9 \cdot 10^{-6} \text{ м} \approx 59 \text{ мкм.}$$

3. Вычисляем величину расчетного натяга с учетом наличия шероховатости вала и втулки:

$$N_{\text{расч}} = 59 + 1,2 (3,2 + 3,2) = 66,68 \text{ мкм} \approx 67 \text{ мкм.}$$

4. Определяем поправку на смятие неровностей:

$$и = 2 \cdot 0,25 \cdot (3,2 + 3,2) = 3,2 \text{ мкм.}$$

Тогда функциональный натяг равен:

$$N_F = 67 + 3,2 = 70,2 \text{ мкм.}$$

5. По таблицам стандартов (Приложение 20) выбираем посадку:

$$\begin{array}{c} \left(\begin{array}{c} +0,030 \\ \hline \end{array} \right) \\ \frac{H7}{\left(\begin{array}{c} +0,132 \\ \hline +0,102 \end{array} \right)} \\ \varnothing 80 \text{ и } 7 \end{array},$$

где: $N_{\min} = 72 \text{ мкм} > 70,2 \text{ мкм}$;

$$N_{\max} = 132 \text{ мкм.}$$

6. Определяем наибольшее удельное давление:

$$P_{\max} = \frac{(132 - 1,2(3,2 + 3,2)) \cdot 10^{-6}}{80 \cdot 10^{-3} \left(\frac{4,86 + 3,27}{2,06 \cdot 10^{11}} \right)} = 0,39 \cdot 10^8 \approx 39 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

7. Вычислим наибольшее напряжение во втулке:

$$\sigma_D = \frac{1 + \left(\frac{80}{100} \right)^2}{1 - \left(\frac{80}{100} \right)^2} \cdot 0,39 \cdot 10^6 = 177,7 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

8. Проверим прочность втулки из стали 25 (приложение 25):

$$[\sigma_T]_D = 280 \cdot 10^6 \text{ Па} > \sigma_D = 177,7 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

9. Построим схему полей допусков выбранной посадки в произвольном масштабе (рис. 56).

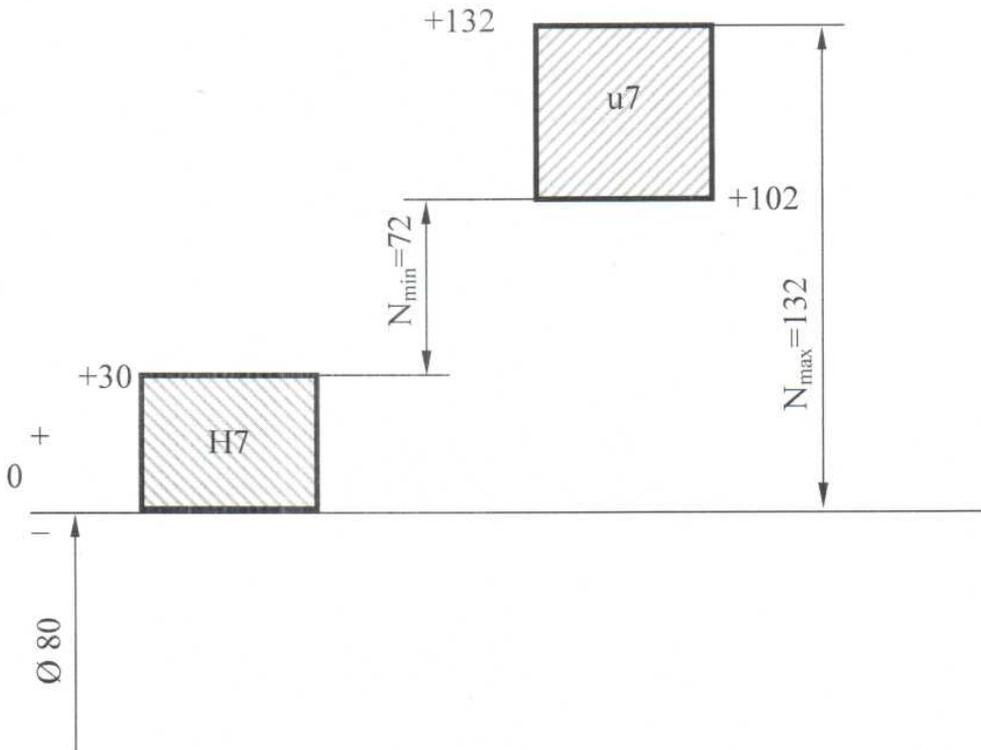


Рис. 56. Схема полей допусков сопряжения $\varnothing 80 \frac{H7}{u7}$.

10. Вычертим эскизы сопряжения в сборе и подетально с обозначением посадок и допусков (рис. 57 и 58).

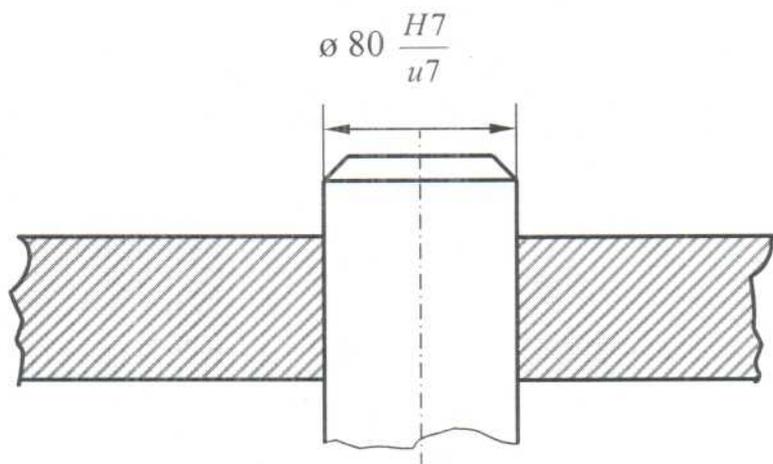


Рис. 57. Обозначение посадки с гарантированным натягом на сборочном чертеже

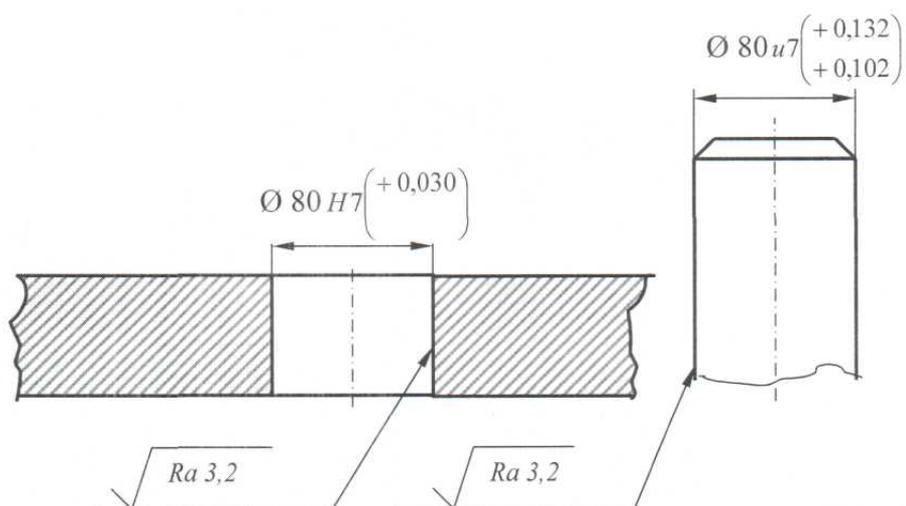


Рис. 58. Обозначение допусков размеров на деталировочных чертежах

11. Вид обработки: для вала обтачивание чистовое, а для отверстия растачивание чистовое: шероховатость 3,2 мкм (приложение 30).

12. Выберем универсальные средства измерения для вала и отверстия (приложения 12–14):

- для измерения отверстия – индикаторный нутромер (9 мкм = 9 мкм);
- для вала – микрометр гладкий при работе в стойке (5 мкм < 9 мкм).

ЗАДАНИЕ 6

Расчет и выбор посадок подшипников качения

Таблица 28

Варианты задания

№ вариантов	№ подшипников	Радиальная реакция, R, Н	Характер нагрузки	Вид нагружения кольца	
				наружного	внутреннего
1	406	13000	умеренный	циркуляц.	-
2	406	1500	сильный	циркуляц.	-
3	407	1600	сильный	циркуляц.	-
4	408	3000	умеренный	-	циркуляц.
5	409	1800	умеренный	-	циркуляц.
6	410	3500	умеренный	-	циркуляц.
7	411	10000	сильный	-	циркуляц.
8	413	11000	сильный	-	циркуляц.
9	414	9000	умеренный	циркуляц.	-
10	415	10500	сильный	циркуляц.	-
11	316	3000	умеренный	циркуляц.	-
12	305	3200	сильный	-	циркуляц.
13	306	1800	сильный	-	циркуляц.
14	307	1700	умеренный	-	циркуляц.
15	308	2000	умеренный	-	циркуляц.
16	309	670	умеренный	-	циркуляц.
17	310	900	умеренный	-	циркуляц.
18	311	1000	умеренный	-	циркуляц.
19	312	4000	сильный	циркуляц.	-
20	313	4500	сильный	циркуляц.	-
21	314	1500	умеренный	циркуляц.	-
22	211	1800	умеренный	циркуляц.	-
23	212	900	умеренный	циркуляц.	-
24	213	2400	сильный	циркуляц.	-
25	214	2000	сильный	-	циркуляц.

Общие сведения

Подшипники качения – самые распространенные стандартные узлы с полной внешней взаимозаменяемостью. Это означает, что гарантируется полная взаимозаменяемость по посадочным поверхностям подшипника: наружной поверхности наружного кольца и отверстию внутреннего кольца. Взаимозаменяемость облегчает сборку машин, стабилизирует качество изделий, упрощает замену подшипников при ремонте.

По точности вращения, размеров и взаимного расположения поверхностей подшипники качения подразделяют по классам точности. Стандартами ГОСТ 520-2004 установлены пять таких классов, обозначаемых в порядке повышения точности: 0, 6, 5, 4, 2.

Класс точности подшипника назначают с учетом требований его точности, скорости вращения и других условий работы узла или машины в целом. В машиностроении обычно применяют подшипники нулевого класса. При повышенных требованиях к точности вращения вала (шпиндели точных станков и приборов) назначают 6-й и 5-й классы, а при необходимости высокой скорости и точности его вращения (шпиндели шлифовальных и прецизионных станков, высокооборотных двигателей и т.п.) – 5-й и 4-й. Подшипники 2-го класса точности применяют для прецизионных приборных устройств, например, гироскопов.

Назначенный класс точности проставляют слева через тире перед условным обозначением подшипника: 6-205, 5-413, 210.

Государственные подшипниковые заводы выпускают подшипники универсального назначения, а требуемый характер соединения в каждом конкретном случае достигается за счет размеров шейки вала (посадка внутреннего кольца) или расточки корпуса (посадка наружного кольца). Вот почему соединение наружного кольца подшипника с расточкой корпуса выполняется в системе вала, а посадка подшипника на вал – в системе отверстия.

В то же время ажурная конструкция внутреннего кольца делает подшипник очень чувствительным к величине зазоров и особенно натягов. Стандартные рекомендуемые посадки оказываются малопригодными для соединения подшипника с валом из-за большой величины гарантированного натяга и его значительного колебания. Возникла необходимость в специальных подшипниковых посадках. Эти посадки получены самым экономичным способом: путем использования стандартных полей допусков валов, например, g6, k6, m6 и др., и поля допуска внутреннего кольца подшипника, расположенного не в плюс («в тело»), как у основного отверстия, а в минус.

Поля допусков средних диаметров наружного и внутреннего колец подшипника и по величине, и по расположению не совпадают с полями допусков основных деталей: основного вала и основного отверстия. В зависимости от класса точности подшипника установлено следующее обозначение этих полей допусков: среднего диаметра d_m внутреннего кольца подшипника: L0, L6, L5, L4, L2; среднего диаметра D_m наружного кольца подшипника: l0, l6, l5, l4, l2.

Выбор посадок колец подшипников определяется характером их нагружения. В зависимости от того, вращается или не вращается кольцо относительно действующей на него радиальной нагрузки, различают три вида нагружения: *местное, циркуляционное и колебательное*.

Местным называют такой вид нагружения кольца, при котором действующая на подшипник результирующая радиальная нагрузка постоянно воспринимается одним и тем же ограниченным участком дорожки качения этого кольца и передается соответствующему участку посадочной поверхности вала или корпуса. Такое нагружение имеет место, когда кольцо не вращается относительно действующей нагрузки.

Циркуляционным называют такой вид нагружения кольца, при котором действующая на подшипник результирующая радиальная нагрузка последовательно воспринимается всей окружностью дорожки качения и последовательно передается всей посадочной поверхности вала или корпуса. Такое нагружение возникает, когда кольцо вращается относительно радиальной нагрузки.

При одновременном действии постоянной по направлению силы F_r и вращающейся F_c , причем $F_r > F_c$, оно испытывает **колебательное** нагружение. В этом случае кольцо воспринимает равнодействующую силу F_{r+c} , ограниченным участком окружности дорожки и передает ее ограниченному участку посадочной поверхности вала или корпуса.

При назначении посадок надо иметь в виду, что циркуляционное нагружение обеспечивает равномерный износ дорожки качения, т.е. подшипнику гарантируется расчетная долговечность. Местное нагружение приводит к интенсивному износу лишь небольшого участка дорожки качения кольца, при этом возникают колебания радиального зазора, повышенные динамические нагрузки и подшипник быстро выходит из строя.

Для создания оптимальных условий работы подшипника кольцо, испытывающее циркуляционное нагружение, соединяют с натягом или по переходной посадке, при работе узла оно не должно проворачиваться относительно присоединяемого элемента. Кольцо, испытывающее местное нагружение, монтируют с зазором или по переходной посадке, добиваясь самопроизвольного периодического поворота его на небольшой угол. Тогда усилие будет восприниматься последовательно различными участками дорожки качения, что приводит к более равномерному износу и увеличению долговечности подшипника [9]. Для колец с колебательным нагружением рекомендуется применять переходные посадки.

Для создания необходимых условий эксплуатации подшипников качения к присоединяемым поверхностям: шейке вала и расточке корпуса – предъявляются дополнительные требования по шероховатости поверхности и погрешности формы.

Установлено, что для 0-го класса точности шероховатость посадочных поверхностей под подшипники качения должна быть $Ra \leq 1,25$ мкм для диаметров посадочных поверхностей до 80 мм, $Ra \leq 2,50$ мкм – свыше 80 до 500 мм.

Отклонения формы для подшипников 0-го и 6-го классов точности не превышают половины допуска на диаметр посадочной поверхности, для 5-го и 4-го – трети допуска, а для 2-го – его четверти.

Цель задания

Научиться назначать посадки для деталей, сопрягаемых с подшипниками качения и обозначать их на чертежах.

Методические указания к выполнению

1. По приложению определить конструктивные размеры заданного подшипника (D , d , B , r) в соответствии с ГОСТ 8338 (приложение 26).

2. Посадку подшипников качения выбирают в зависимости от вида нагружения колец.

При циркуляционном нагружении колец подшипников посадки на вал и в корпус выбирают по величине интенсивности нагрузки на посадочной поверхности.

Интенсивность радиальной нагрузки определяют по формуле:

$$P_R = \frac{R}{B - 2r} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (106)$$

где: R – радиальная нагрузка на опору или реакция опоры на подшипник, кН;

B – ширина кольца, м;

R – радиус закругления фаски, м;

k_1 – динамический коэффициент, зависящий от характера нагрузки (при перегрузке до 150 % с умеренными толчками и вибрацией $k_1=1$; при перегрузке до 300%, сильных ударах и вибрации $k_1=1,8$);

k_2 – коэффициент ослабления посадочного места, учитывающий жесткость вала или корпуса (при сплошном вале $k_2=1$);

k_3 – коэффициент неравномерности распределения нагрузки (для радиальных и радиально-упорных однорядных подшипников $k_3=1$).

По величине интенсивности радиальной нагрузки, используя таблицы приложения 27, выбирается соответствующая посадка для циркуляционно нагруженного кольца. При местном виде нагружения кольца посадка выбирается по приложению 28.

3. Предельные отклонения полей допусков деталей сопрягаемых с кольцами подшипников устанавливают по таблицам стандартов (приложения 17 и 18). Предельные отклонения внутреннего и наружного колец подшипников находят по таблицам ГОСТ 520-2004 или по приложению 29.

4. Вычертить схему полей допусков.

5. Выполнить эскиз подшипникового узла и деталей, сопрягаемых с подшипниками. Отклонения формы и шероховатость посадочных поверхностей деталей, биение заплечиков валов и отверстий корпусов под подшипники качения определяют по стандартам или по приложению 30. Значение овальности и конусообразности округляют в меньшую сторону до ближайшего числа по стандарту (приложение 30).

Пример

Исходные данные к заданию: конструктивные размеры подшипника № 318:

- $d = 90$ мм, $D = 190$ мм, $B = 43$ мм;
- $r = 4,0$ мм, $R = 20$ кН;
- $k_1 = 1,8$; $k_2 = 1$; $k_3 = 1$;
- Нагрузка внутреннего кольца циркуляционная.

Решение.

1. Интенсивность радиальной нагрузки:

$$P_R = \frac{R}{B - 2r} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = \frac{20 \cdot 10^3}{(43 - 2 \cdot 4) \cdot 10^{-3}} \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 = 1028,6 \text{ кН/м.}$$

2. Так как нагрузка циркуляционная, то по приложению 27 поле допуска вала под внутреннее кольцо – $k6$. Поле допуска отверстия в корпусе под наружное кольцо (местно нагруженное – приложение 20) – $M7$.

3. Предельные отклонения размера внутреннего кольца: $90^{Td(-0,020)}$; предельные отклонения размера наружного кольца: $190^{TD(-0,030)}$; предельные отклонения размера вала: $90^{k6(+0,025)}$; предельные отклонения размера отверстия в корпусе: $190^{M7(-0,046)}$.

4. Схема полей допусков сопряжений: наружное кольцо – корпус на рисунке 59 и внутреннее кольцо – вал на рисунке 60.



Рис. 59. Схема полей допусков сопряжения «наружное кольцо – отверстие в корпусе»

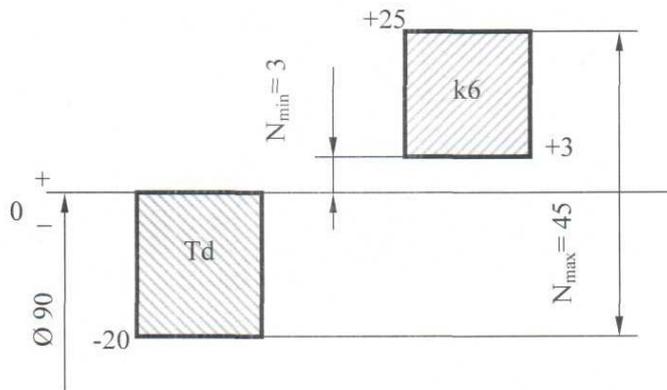


Рис. 60. Схема полей допусков сопряжения «внутреннее кольцо – вал»

5. Эскиз подшипникового узла на рисунках 61, 62 и 63.

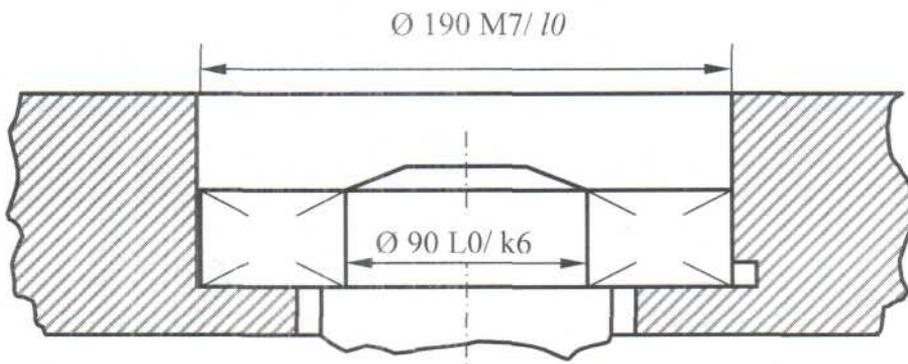


Рис. 61. Обозначение посадок на сборочном чертеже

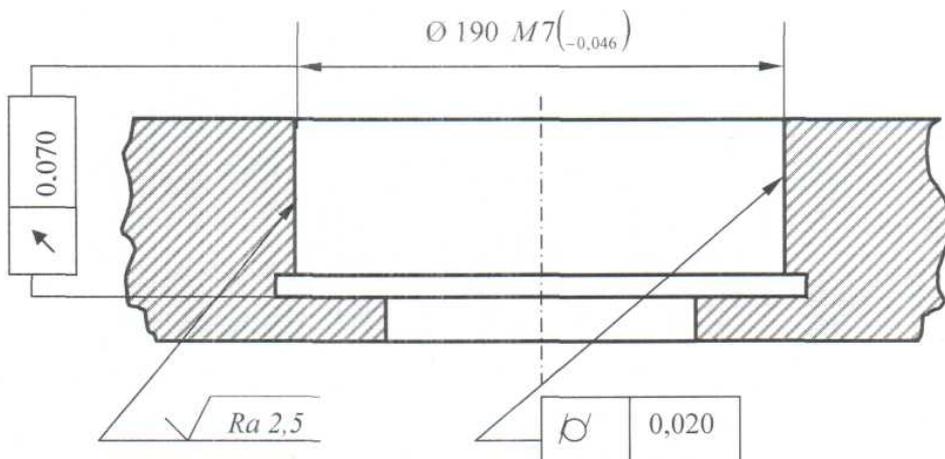


Рис. 62. Обозначение допусков размера отверстия в корпусе

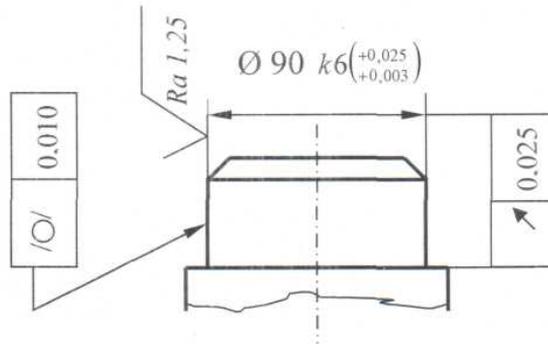


Рис. 63. Обозначение допусков размера вала

ЗАДАНИЕ 7

Допуски, посадки и предельные размеры шпоночного соединения

Таблица 29

Варианты задания

№ вариантов	Диаметр вала, мм	Назначение соединения	Конструкция шпонки
1	32	Тракторостроение	Призматическая
2	60	Тракторостроение	Призматическая
3	120	Направляющая	Призматическая
4	25	Направляющая	Сегментная
5	40	Общее машиностроение	Сегментная
6	33	Общее машиностроение	Призматическая
7	54	Тракторостроение	Призматическая
8	51	Направляющая	Призматическая
9	88	Общее машиностроение	Сегментная
10	62	Общее машиностроение	Сегментная
11	30	Направляющая	Призматическая
12	35	Тракторостроение	Призматическая
13	39	Тракторостроение	Призматическая
14	27	Тракторостроение	Сегментная
15	30	Направляющая	Сегментная
16	40	Направляющая	Сегментная
17	50	Общее машиностроение	Сегментная
18	60	Общее машиностроение	Призматическая
19	70	Общее машиностроение	Призматическая
20	80	Тракторостроение	Призматическая
21	90	Направляющая	Сегментная

22	100	Направляющая	Сегментная
23	110	Тракторостроение	Призматическая
24	35	Общее машиностроение	Призматическая
25	45	Направляющая	Сегментная

Общие сведения

Шпоночные соединения предназначены для получения разъемных неподвижных соединений, передающих крутящие моменты. Кроме того, они допускают осевое перемещение сопряженных деталей.

Шпоночные соединения применяют в тех случаях, когда к точности центрирования не предъявляются высокие требования: для соединения с валами зубчатых колес, шкивов ременных передач, маховиков, рукояток и т.п. [9].

Стандартные шпонки по конструкции подразделяют на призматические, клиновые, сегментные и тангенциальные. Наиболее распространенные призматические шпонки (ГОСТ 23360-78). Основные размеры шпоночного соединения приведены на рисунке 64.

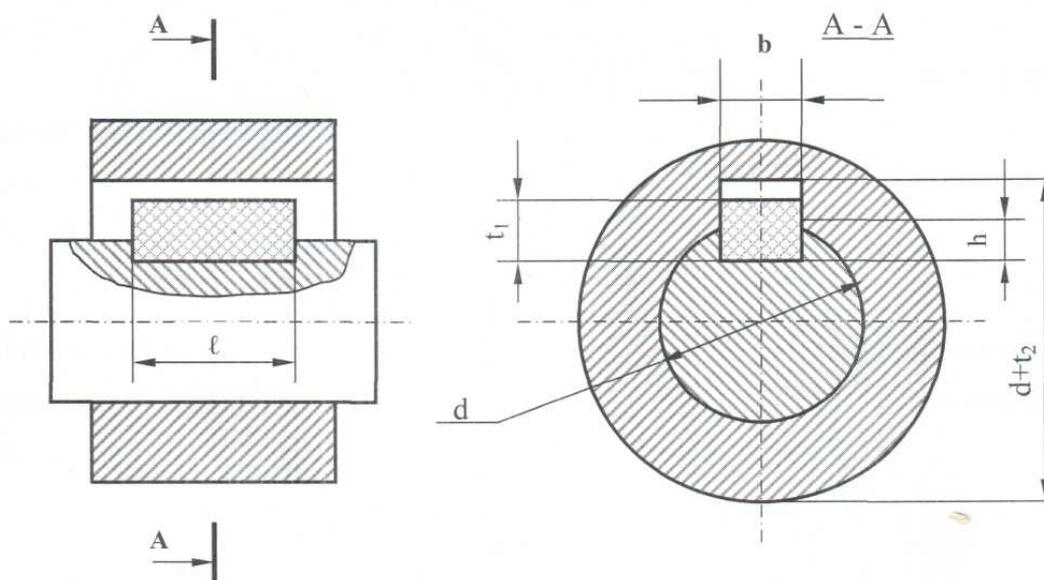


Рис. 64. Размеры шпоночного соединения с призматической шпонкой

Сечение шпонки $b \times h$ назначают в зависимости от диаметра цилиндрического соединения. Оно представляет собой соединение трех деталей, характер которого определяется сопряжениями шпонки по ширине b с пазами вала и втулки. Вид соединения выбирается в зависимости от его функционального назначения с учетом технологии сборки.

Соединение шпонки с пазом вала назначают с таким расчетом, чтобы при сборке узла шпонка не выпадала из паза. Сопряжение с пазом втулки обычно свободное. Следует отметить, что на характер соединения влияют не только предельные

отклонения размеров сопрягаемых поверхностей, но и погрешности формы и расположения пазов.

Стандартом установлены три вида шпоночного соединения: **нормальное, свободное и плотное** (рис. 65). Все они образованы в системе вала. Это обеспечивает постоянство размеров шпонок, возможность их стандартизации и централизованного производства [9].

Наиболее часто применяется **нормальное** шпоночное соединение (рис. 65, б). С пазом вала шпонка соединяется переходной посадкой $N9/h9$ обычно с помощью медного молотка средней массы, а пазом втулки – по переходной посадке $J_s9/h9$, обеспечивающей теоретически около 99% зазора. Однако на характер этой посадки влияют неизбежные отклонения расположения пазов вала и втулки, в результате зазор оказывается недостаточным для компенсации этих погрешностей и втулка надевается на вал со шпонкой с определенным усилием.

Для облегчения сборки, что особенно важно в условиях массового производства, а также для возможности перемещения втулки вдоль вала со шпонкой (посадка с пазом втулки – $D10/h9$) при эксплуатации узла применяют **свободное** соединение со «скользящей шпонкой»: посадка с пазом вала $H9/h9$ (рис. 65, а).

При передаче максимальных крутящих моментов и реверсивном вращении иногда используют **плотное** соединение (рис. 65, в), сборка которого осуществляется с помощью тяжелого (свинцового) молотка, струбцины или прессы [9].

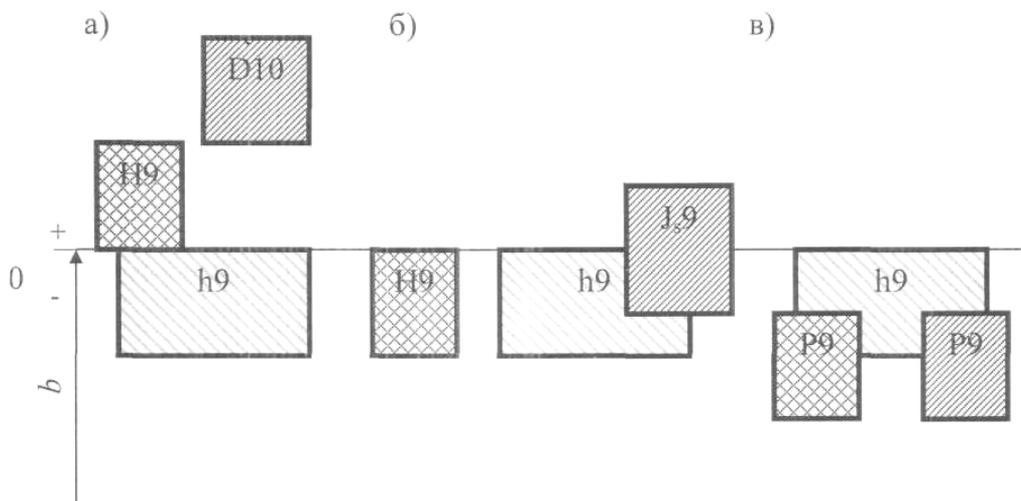


Рис. 65. Виды шпоночных соединений: а – свободное; б – нормальное; в – плотное

Контроль шпоночного соединения. В единичном производстве размеры шпонки и пазов определяют универсальными измерительными средствами. В серийном производстве шпоночные соединения обычно контролируются комплектом калибров: ширина пазов вала и втулки – пластинками; глубина паза на валу – калибром-глубиномером; глубина паза во втулке – глубиномером. Отклонения от симметричности паза втулки и паза вала проверяют комплексными калибрами, выполненными в виде пробки со шпонкой – для втулки, а призмы со стержнем – для

вала. Комплексными калибрами контролируют расположение пазов после того, как определяют, что их ширина находится в пределах допуска. Оба комплексных калибра проходящие.

Достоинством шпоночного соединения являются простота конструкции и возможность изготовления пазов на валу и во втулке на универсальных станках общедоступным режущим инструментом. Однако оно имеет и ряд недостатков. Сравнительно глубокие пазы ослабляют сечение вала и втулки, наблюдаются смятие шпонки, концентрация напряжений, соединение характеризуется невысокой точностью центрирования деталей. Шпоночные соединения обычно применяют в тихоходных, слабо нагруженных передачах, а также в опытных машинах и агрегатах [9].

Ц е л ь з а д а н и я

1. Научиться выбирать посадки деталей шпоночных соединений, определять отклонения и обозначать все это на чертежах.
2. Научиться определять в соединениях зазоры или натяги.

М е т о д и ч е с к и е у к а з а н и я к в ы п о л н е н и ю

1. Определим основные размеры шпоночного соединения по приложениям 31 и 32 (в зависимости от конструкции шпонки), учитывая номинальный диаметр вала
2. Выбираем поля допусков деталей шпоночного соединения (шпонки, паза на валу и во втулке) по ширине шпонки по приложениям 33 и 34.
3. Выбираем поля допусков и определяем по таблицам стандартов отклонения остальных параметров деталей шпоночного соединения.
4. Сводим все размеры шпоночного соединения в таблицу.
5. Чертим схему полей допусков всех деталей по параметру: ширина.
6. Рисуем эскизы шпоночного соединения и его деталей с указанием всех основных размеров и полей допусков с обозначениями.

П р и м е р

Исходные данные: шпонка призматическая, плотное соединение, диаметр вала 30 мм.

Решение.

1. Определяем основные размеры шпонки по приложению 31.

Для диапазона диаметров свыше 22 до 30 мм находим размеры: ширина шпонки $b = 8$ мм; высота шпонки $h = 7$ мм; длина шпонки (принимая примерно $1,5 d$) $l = 45$ мм; глубина паза на валу $t_1 = 4,0$ мм; глубина паза во втулке $t_2 = 3,3$ мм.

2. Выбираем поля допусков (Приложение 33):

- по ширине шпонки $8 \begin{matrix} h9 \\ (-0,036) \end{matrix}$;
- по ширине паза на валу $8 \begin{matrix} P9 \\ (-0,051) \end{matrix}$;

- по ширине паза во втулке $8 \begin{matrix} P9 \\ (-0,051) \end{matrix}$.
3. Поля допусков посадочных размеров шпоночного соединения (Приложение 34):

- по высоте шпонки $7 \begin{matrix} h11 \\ (-0,090) \end{matrix}$;
 - по длине паза на валу $45 \begin{matrix} H15 \\ (+1,0) \end{matrix}$;
 - по длине шпонки $45 \begin{matrix} h14 \\ (-0,062) \end{matrix}$;
 - по глубине паза на валу $4,0 \begin{matrix} +0,2 \\ \end{matrix}$;
 - по глубине паза во втулке $3,3 \begin{matrix} +0,2 \\ \end{matrix}$.
4. Сведем все размерные характеристики в таблицу 30.

Таблица 30

Размерные характеристики шпоночного соединения

Наименование размера	Номинальный размер, мм	Поле допусков	Предельные отклонения, мм		Предельные размеры, мм		Допуск размера, мм
			ΔS	ΔI	max	min	
Ширина шпонки	8	$h9$	0,000	-0,036	8,0	7,964	0,036
Высота шпонки	7	$h11$	0,000	-0,090	7,0	6,910	0,090
Ширина паза вала	8	$P9$	-0,015	-0,051	7,985	7,949	0,036
Ширина паза втулки	8	$P9$	-0,015	-0,051	7,985	7,949	0,036
Длина шпонки	45	$h14$	0,000	-0,620	45,0	44,38	0,62
Длина паза вала	45	$H15$	+1,0	0,000	46,0	45,0	1,0

Таблица 31

Посадочные характеристики шпоночного соединения

Сопряжение	b	посадка	S_{max}	S_{min}	N_{max}	N_{min}	Допуск посадки
Шпонка – паз вала	8	$P9/h9$	0,021	-	0,051	-	0,072
Шпонка – паз втулки	8	$P9/h9$	0,021	-	0,051	-	0,072

5. Чертим схему полей допусков шпоночного соединения по ширине:

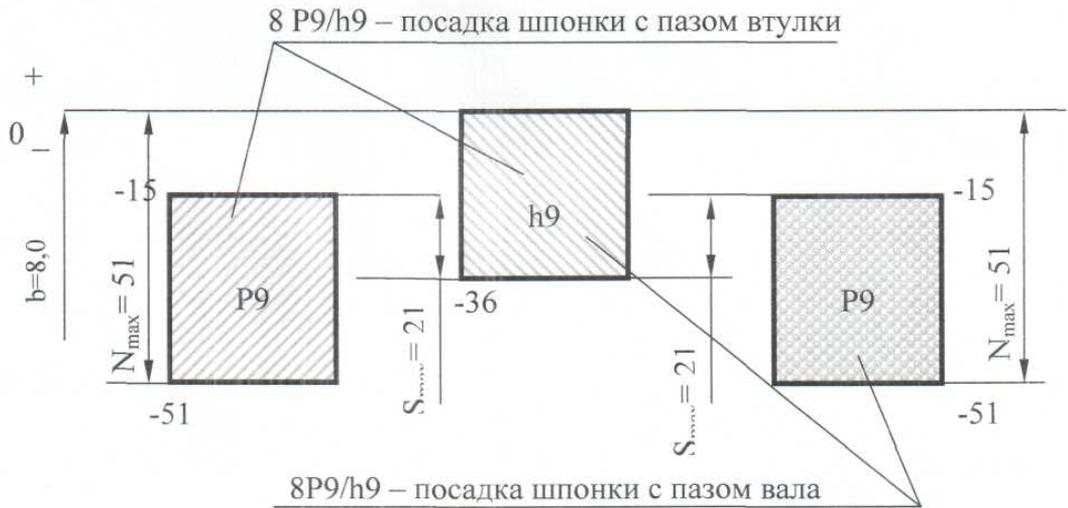


Рис. 66. Схема полей допусков шпоночного соединения

6. Выполним эскиз шпоночного соединения:

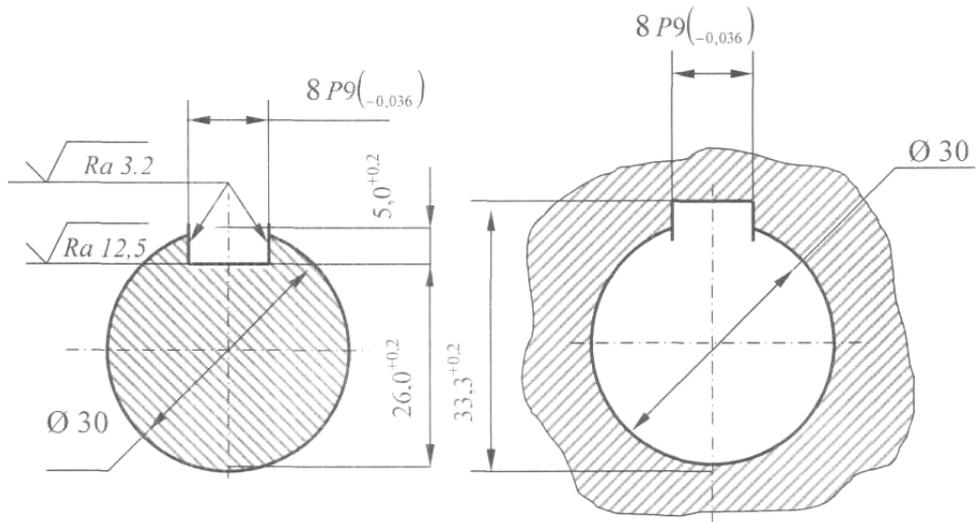


Рис. 67. Обозначение допусков шпоночного соединения по ширине на детализованных чертежах

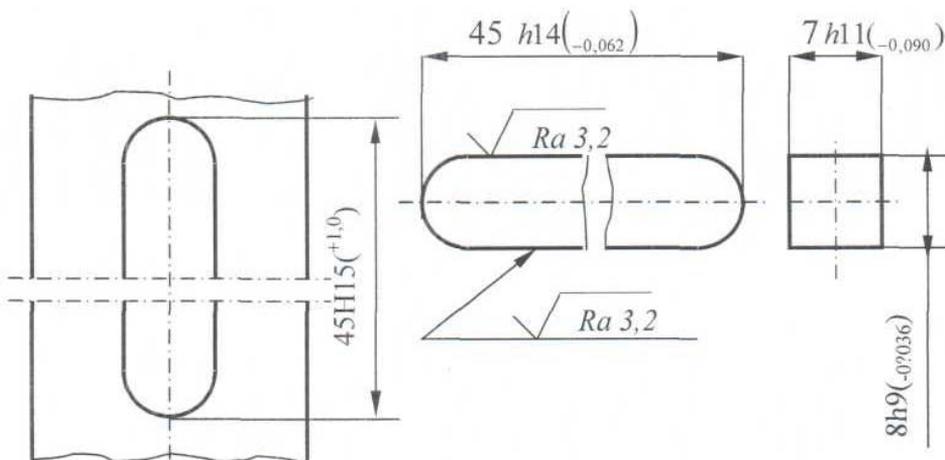


Рис. 68. Обозначение допусков размеров деталей шпоночного соединения

ЗАДАНИЕ 8

Определение допусков, посадок и предельных размеров прямобочного шлицевого соединения

Таблица 32

Варианты задания

№ варианта	Условное обозначение
1	D-10×92× 98 H7/g6 × 14 F8/e8
2	d-8×36 H7/g6 × 40 × 7 D9/js7
3	b-8×36× 40 × 7 F8/e8
4	d-8× 32 H7/ js7 × 38 × 6 F10/e8
5	D-8×46× 50 H8/h7 × 9 F10/f9
6	b-10×112×125 × 18 F10/h9
7	D-6×28×34 H8/e8 × 7 D9/d9
8	b-8×62×72 × 12D9/h8
9	d-6×28H7/e8 × 32 × 7 F8/f7
10	b-10×72×78 × 12 D9/ js7
11	D-8×36×40 H7/h6 × 7 F8/f7
12	d-8×36 H7/h6 × 42 × 7 F8/h7
13	d-8×56 H7/h7 × 62 × 10 F8/h8
14	D-10×82×88 H8/h7 × 12 D9/js7
15	d-8×52 H7/f7 × 58 × 10 D9/e8
16	D-10×92×98 H7/h6 × 14 F8/e8
17	b-10×72×78 × 12 D9/js6
18	d-8×42 H7/h6 × 46 × 8 F8/js7

19	$b-8 \times 46 \times 50 \times 9 \text{ D9/k7}$
20	$D-10 \times 18 \times 23 \text{ H7/g6} \times 8 \text{ F8/h8}$
21	$d-10 \times 92 \text{ H7/h6} \times 98 \times 14 \text{ D9/k7}$
22	$d-10 \times 82 \text{ H7/g6} \times 92 \times 12 \text{ F10/h9}$
23	$b-10 \times 102 \times 112 \times 8 \text{ H7/f7}$
24	$D-8 \times 56 \times 65 \text{ H6/g5} \times 12 \text{ D9/h9}$
25	$D-16 \times 72 \times 82 \text{ H7/e8} \times 7 \text{ F8/f7}$

Общие сведения

Шлицевое соединение обладает рядом преимуществ по сравнению со шпоночным. При одном и том же диаметре вала оно передает значительно больший крутящий момент, обеспечивает улучшение центрирования соединяемых деталей, в нем нет съемных деталей (шпонок), следовательно, облегчаются сборка и эксплуатация.

Широко используются шлицевые соединения прямобочного и эвольвентного профилей и изредка треугольного профиля, размеры которого не стандартизованы.

Прямобочное шлицевое соединение (ГОСТ 1139-80) может быть как неподвижным, так и подвижным, когда в процессе эксплуатации узла детали могут перемещаться относительно друг друга в осевом направлении. В зависимости от величины передаваемого крутящего момента и условий работы установлены три типа соединений: легкой, средней и тяжелой серии [9].

В шлицевых прямобочных соединениях применяют три способа центрирования: по наружному диаметру D , внутреннему d и по ширине шлицев b . При назначении способа центрирования следует иметь в виду, что точность выполнения центрирующих элементов должна быть достаточно высокой, а на остальные два параметра соединения задается значительно более широкий допуск. Посадка по нецентрирующим элементам должна быть с гарантированным зазором.

Наиболее технологичным является центрирование по наружному диаметру D . Требуемая точность получения наружного диаметра обеспечивается шлифованием шлицевого вала на обычном круглошлифовальном станке и обработкой шлицевой втулки протягиванием.

Иногда, прежде всего, при подвижном шлицевом соединении для повышения его износостойкости и долговечности приходится применять термообработку предварительно протянутых и отфрезерованных сопрягаемых деталей. При этом происходит их деформация, и точность выполнения размеров соединения резко уменьшается. Точно обработать по наружному диаметру шлицы в закаленной до высокой твердости втулке невозможно. Приходится осуществлять центрирование по внутреннему диаметру d . Точная обработка по d шлицев в закаленной втулке обеспечивается внутренним шлифованием, а шлицевого вала – обработкой на специальном шлицешлифовальном станке. Обе чистовые операции весьма трудоемки, поэтому способ центрирования по d менее технологичен.

Центрирование по ширине шлица b не обеспечивает точного совмещения осей вала и втулки при сборке, однако позволяет наиболее равномерно распределить

нагрузку между шлицами. Этот способ применяют при передаче больших крутящих моментов, особенно при знакопеременных нагрузках.

В условном обозначении прямобочного шлицевого соединения указываются центрирующий размер, число шлицев, номинальные размеры D , d и b , а после каждого из них – посадки. В обозначении допускается не указывать посадки нецентрирующих диаметров. На чертежах шлицевого вала или втулки вместо посадок обозначаются поля допусков.

Шлицевое эвольвентное соединение (ГОСТ 6033-80) отличается от прямобочного профилем зуба и представляет собой в перпендикулярном относительно оси сечении форму зуба зубчатого колеса. При этом зацепление происходит одновременно по всем зубьям. Оно превосходит прямобочное как с конструктивной, так и с технологической точек зрения: может передать больший крутящий момент из-за высокой прочности зуба, толщина которого увеличивается к основанию; благодаря плавным переходам профиля, характеризуется меньшей концентрацией напряжений у основания зуба; обеспечивает более точное центрирование деталей вследствие самоустановки под нагрузкой; все шлицевые валы одного модуля могут обрабатываться на зубофрезерных станках одним инструментом; могут использоваться отделочные операции, применяемые для зубчатых колес (зубошлифование, шевингование и др.) [9].

В шлицевом эвольвентном соединении три способа центрирования: по наружному и внутреннему диаметрам и по боковым сторонам зубьев. Стандарт рекомендует посадки по боковым поверхностям зубьев и наружному диаметру, а также поля допусков при центрировании по внутреннему диаметру (применяется реже). Обозначения полей допусков ширины впадины и толщины зуба отличаются от таковых на диаметральные размеры тем, что сначала указываются номер степени точности, а затем основное отклонение, например, $9g$, $9H$.

Контроль шлицевого соединения. Точность выполнения элементов соединения, как и его собираемость, контролируется калибрами. Основная проверка на собираемость выполняется с помощью комплексных калибров. Это так называемые проходящие калибры (должны проходить через годную деталь), имеющие конфигурацию сопряженной шлицевой детали. Так, вал контролируется комплексным калибром, выполненным в виде шлицевой втулки, а втулка – калибром-пробкой, сходной со шлицевым валом. Прохождение калибра гарантирует как собираемость как по размерам элементов, так и по их расположению. Перед проверкой комплексными калибрами размеры отдельных элементов соединения контролируют обычными предельными калибрами – в этом случае только непроходными [9].

Ц е л ь з а д а н и я

1. Научиться ориентироваться в условных обозначениях шлицевых соединений и их элементов на чертежах и схемах.

2. Научиться устанавливать предельные размеры деталей и изображать схемы полей допусков, а также эскизы шлицевых соединений и отдельных деталей.

Методические указания к выполнению

1. Определим, к какой серии относится данное шлицевое соединение по приложению 27 и расшифруем его условное обозначение.

В случае прямобочного шлицевого соединения применяются три способа центрирования:

- по наружному диаметру;
- по внутреннему диаметру;
- по ширине зуба.

При центрировании по наружному диаметру D посадки рекомендуются по параметрам D и b . Для нецентрирующего параметра d (внутреннего диаметра) посадка не предусмотрена и для размера вала указывается наименьший размер d_1 (приложение 36), а втулка изготавливается в пределах поля допуска $H11$.

При центрировании по внутреннему диаметру d рекомендуются посадки по параметрам d и b . Для наружного диаметра D , являющегося нецентрирующим параметром, рекомендована посадка $H12/a11$, которая обеспечивает большие зазоры.

При центрировании по параметру b , посадки рекомендуются только по данному параметру, по остальным нецентрирующим параметрам (D и d) посадки назначаются аналогично рассмотренным выше случаям.

Условное обозначение прямобочного шлицевого соединения содержит:

- способ центрирования (указывается соответствующее обозначение параметра);
- число (количество) зубьев (шлицев);
- внутренний диаметр и посадку (посадка указывается в случаях, предусмотренных стандартами);
- наружный диаметр и посадку (посадка указывается в случаях, предусмотренных стандартами);
- ширину шлица и посадку (посадка указывается в случаях, предусмотренных стандартами).

Например, $d - 6 \times 24 H7/f7 \times 28 \times 4 D9/h9$. Если расшифруем данное обозначение, то получим: способ центрирования – по внутреннему диаметру d ($d = 24$ мм), посадка по $d - 24 H7/f7$, наружный диаметр $D = 28$ мм, посадка по $D - 28 H12/a11$, ширина шлица $b = 4$ мм, посадка по $b - 4 D9/h9$.

2. Определим по таблицам стандартов (приложения 17 и 18) предельные отклонения размеров элементов шлицевого соединения.

3. Изобразим схему полей допусков соединения.

4. Выполним сборочный и рабочие чертежи деталей шлицевого соединения. Параметры шероховатостей выберем по приложению 28.

Пример

Исходные данные: способ центрирования по наружному диаметру D . Условное обозначение:

- $D - 8 \times 52 \times 58 \text{ H8/e8} \times 10 \text{ F8/h8}$;
- посадка по $D - \text{H8/e8}$;
- посадка по $b - \text{F8/h8}$.

Решение.

1. По приложению 36 определяем, что заданное шлицевое соединение относится к соединению легкой серии с шириной шлица $b = 10 \text{ мм}$ и $d_1 = 49,7 \text{ мм}$.

Условные обозначения:

- шлицевого соединения; $D - 8 \times 52 \times 58 \text{ H8/e8} \times 10 \text{ F8/h8}$
- шлицевого отверстия $D - 8 \times 52 \times 58 \text{ H8} \times 10 \text{ F8}$;
- шлицевого вала $D - 8 \times 52 \times 58 \text{ e8} \times 10 \text{ h8}$.

2. Определяем предельные отклонения размеров по таблицам стандартов и сводим в таблицу 33.

Таблица 33

Элементы шлицевого соединения	Номинальный размер и поле допуска	Предельные отклонения, мм		Предельные размеры, мм	
		ES (es)	EI (ei)	max	min
Центрирующие элементы					
Отверстие	58 H8	+0,046	0,000	58,046	58,000
Вал	58 e8	- 0,060	- 0,106	57,940	57,894
Ширина впадин втулки	10 F8	+0,035	+0,013	10,035	10,013
Толщина шлицев вала	10 h8	0,000	-0,022	10,000	9,978
Нецентрирующие элементы					
Отверстие	52 H11	+0,190	0,000	52,190	52,000
Вал	49,7	-	-	-	49,7

3. Изобразим схему полей допусков соединения.

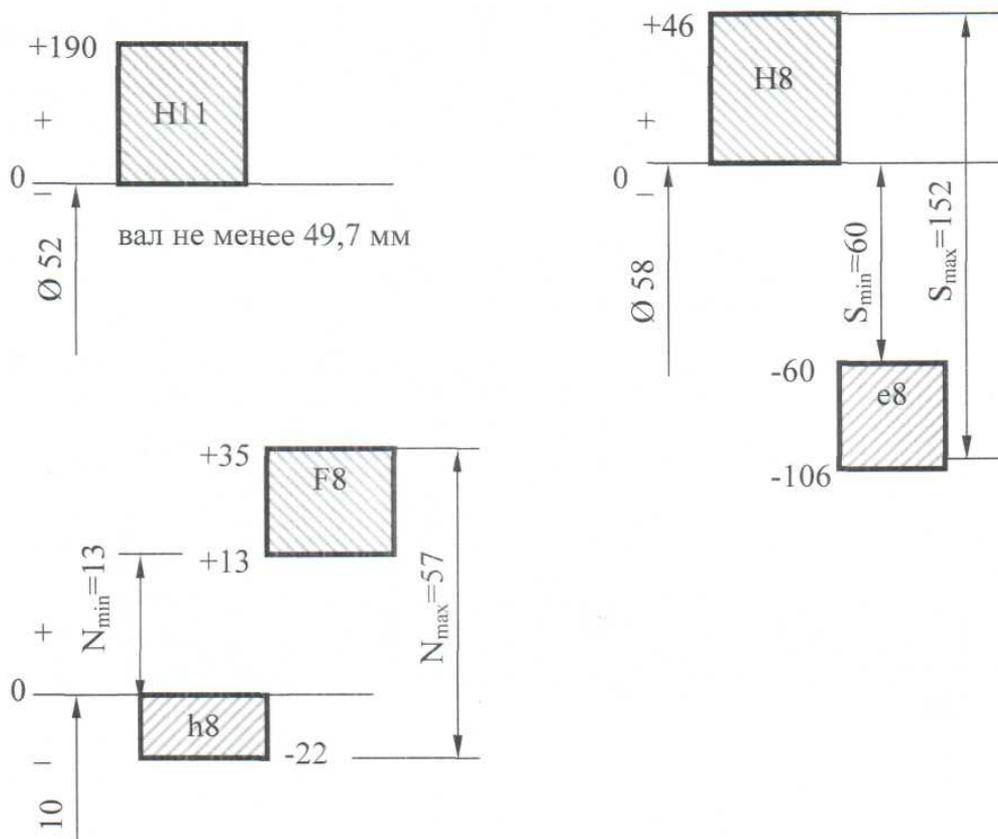


Рис. 69. Схема полей допусков деталей шлицевого соединения

4. Выполним сборочный и рабочие чертежи деталей шлицевого соединения (рис. 70 и 71).

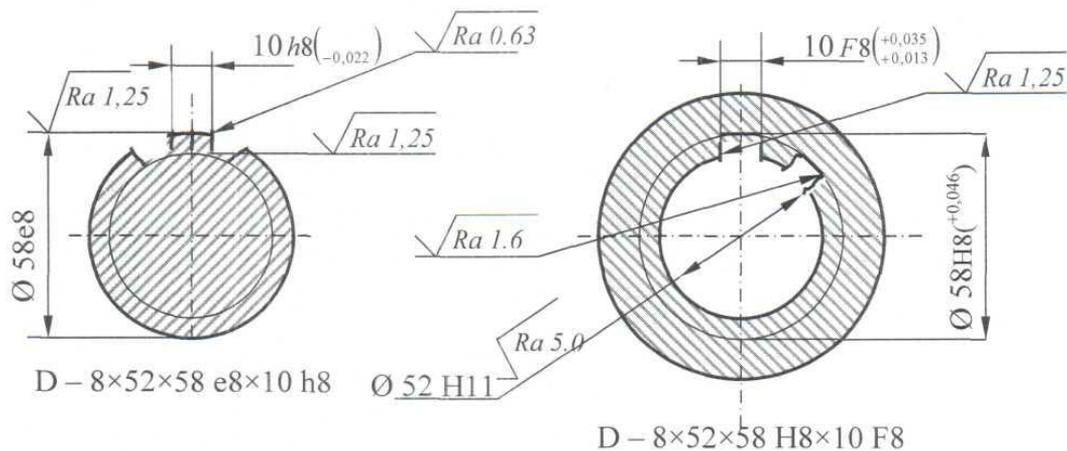


Рис. 70. Обозначение допусков и предельных отклонений на рабочих чертежах деталей шлицевого соединения

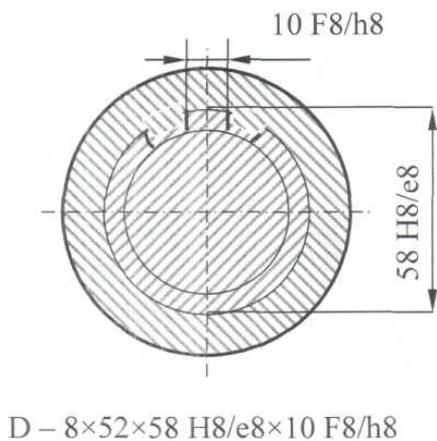


Рис. 71. Обозначение посадок на сборочном чертеже шлицевого соединения

ЗАДАНИЕ 9

Расчет допусков размеров, входящих в размерные цепи

Таблица 34

Варианты задания

№ вариантов	№ чертежа	Замыкающее звено и его размер, мм
1	1	$E=1\pm 0,5$
2	1	$D=3\pm 0,5$
3	1	$B=1\pm 0,7$
4	1	$\Gamma=4\pm 0,8$
5	5	$A=8\pm 0,3$
6	5	$A=8\pm 0,7$
7	5	$A=8\pm 0,6$
8	5	$B=3\pm 0,3$
9	5	$B=3\pm 0,4$
10	5	$B=3\pm 0,7$
11	5	$V=4^{+0,5}$
12	4	$A=1\pm 0,5$
13	4	$A=1\pm 0,35$
14	4	$A=1_{-0,5}$
15	4	$B=4_{-0,32}$
16	4	$B=4_{-0,5}$
17	4	$V=4_{-0,7}$
18	4	$V=4^{+0,4}$
19	3	$E=48^{+3,0}$
20	3	$E=48_{-1,5}$
21	3	$E=48_{-2,5}$
22	3	$D=20_{-1,6}$
23	2	$D=5^{+2,5}$
24	2	$V=1_{-0,8}$
25	2	$\Gamma=5^{+1,0}$

Общие сведения

Размерная цепь – это совокупность размеров, образующих замкнутый контур. Она определяет взаимное расположение поверхностей одной или нескольких деталей, входящих в сборку. В первом случае цепь называют **детальной**, а во втором – **сборочной**.

Замыкающее или **исходное звено** (ГОСТ 16319-80) – это звено размерной цепи, получаемое последним в результате изготовления (для детальной цепи) или сборки (для сборочной цепи). При проектировании узла требования к точности замыкающего звена являются основанием для назначения допусков составляющих звеньев, поэтому его иногда называют **исходным**.

Анализ размерной цепи начинают от одного из концов замыкающего звена. Если примыкающее звено вызывает изменение величины замыкающего звена, то данный размер входит в число составляющих звеньев размерной цепи. Далее, следующий размер берут от противоположного конца установленного составляющего звена. Размерный анализ завершается при замыкании размерной цепи, то есть когда одним из концов последовательно исследуемых размеров окажется второй конец замыкающего звена.

Схема размерной цепи представляет собой ряд составляющих звеньев, расположенных в последовательности, с которой они были выявлены во время анализа.

Если увеличение составляющего звена вызывает увеличение замыкающего размера, то данное звено относится к **увеличивающим звеньям**. А если увеличение звена вызывает уменьшение замыкающего (при неизменных других составляющих), то это звено называется **уменьшающим**.

При расчете размерных цепей решают два вида задач: **прямую** и **обратную**. В первом случае задаются номинальные размеры составляющих звеньев, номинальный размер и предельные отклонения исходного (замыкающего) звена и определяются предельные отклонения составляющих звеньев. При решении **обратной** задачи считаются заданными номинальные размеры и предельные отклонения составляющих звеньев, а определяются номинальный размер и предельные отклонения замыкающего звена.

При проектировании решается прямая задача, а обратная – только тогда, когда есть сомнение в правильности назначения предельных отклонений составляющих звеньев.

Задачи решаются методами **полной взаимозаменяемости** (максимума – минимума), **вероятностным** и **неполной взаимозаменяемости** [9].

Ц е л ь з а д а н и я

1. Научиться составлять размерные цепи и рассчитывать допуски на составляющие их звенья методом полной взаимозаменяемости

Методические указания к выполнению

1. Выявляем составляющие звенья размерной цепи.
2. Проверяем правильность составления размерной цепи по формуле:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n A_{i_{ув}} - \sum_{i=1}^m A_{i_{ум}}, \quad (107)$$

где: A_{Σ} – замыкающее звено, номинальный размер которого определяем по приложению (приложение 45);

$A_{i_{ув}}$ – увеличивающие звенья;

$A_{i_{ум}}$ – уменьшающие звенья.

3. Определяем коэффициент точности размерной цепи:

$$a_{cp} = \frac{T_{\Sigma} - \sum_{i=1}^p T_{i \text{ изв}}}{\sum_{i=p+1}^{m+n} i_i}, \quad (108)$$

где: $\sum_{i=1}^p T_{i \text{ изв}}$ – сумма допусков составляющих звеньев с известными допусками (стандартные детали);

$\sum_{i=p+1}^{m+n} i_i$ – сумма единиц допуска (приложение 35) всех остальных составляющих звеньев, допуски которых необходимо определить;

T_{Σ} – допуск замыкающего звена.

4. По значению a_{cp} определяем степень точности (приложение 38) размерной цепи, то есть квалитет, по которому следует назначать допуски на составляющие звенья.

Допуски назначаем так, чтобы выполнялось условие:

$$\sum_{i=1}^{m+n} T_i \leq T_{\Sigma}. \quad (109)$$

Отклонения на составляющие звенья назначают, руководствуясь следующим принципом: для охватываемых размеров – как на основное отверстие, для охватываемых – как на основной вал. В том случае, когда это трудно определить, на звено назначаем симметричные отклонения.

Таким образом, назначают отклонения на все звенья. Далее проверяем правильность назначения отклонений на составляющие звенья по условию:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \Delta S_{i \text{ yg}} - \sum_{i=1}^m \Delta I_{i \text{ ym}} &\leq \Delta S_{\Sigma}; \\ \sum_{i=1}^n \Delta I_{i \text{ yg}} - \sum_{i=1}^m \Delta S_{i \text{ ym}} &\geq \Delta I_{\Sigma}. \end{aligned} \quad (110)$$

Если эти условия не соблюдаются, то необходимо скорректировать отклонения, выбрав в качестве корректирующего одно звено.

При выборе корректирующего звена надо руководствоваться следующим. Если коэффициент точности принятого квалитета a меньше a_{cp} (приложение 38), то есть $a < a_{cp}$, то корректирующим выбирают технологически более сложное звено, в противном случае – технологически более простое звено.

5. Определяем координаты середин полей допусков всех составляющих звеньев:

$$\Delta_{0\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta_{0i_{y\delta}} - \sum_{i=1}^m \Delta_{0i_{y\mu}} \quad (111)$$

6. Если корректирующее звено выбрано из числа увеличивающих звеньев, то его координаты середины поля допуска определяем по выражению:

$$\Delta_{0X_{y\delta}} = \sum_{i=1}^m \Delta_{0i_{y\mu}} - \sum_{i=1}^{n-1} \Delta_{0i_{y\delta}} + \Delta_{0\Sigma} \quad (112)$$

Если корректирующее звено выбрано из уменьшающих звеньев, то:

$$\Delta_{0X_{y\mu}} = \sum_{i=1}^n \Delta_{0i_{y\delta}} - \sum_{i=1}^{m-1} \Delta_{0i_{y\mu}} - \Delta_{0\Sigma} \quad (113)$$

7. Предельные отклонения корректирующего звена определяем по формулам:

$$\begin{aligned} \Delta S_X &= \Delta_{0X} + 0,5T_X; \\ \Delta I_X &= \Delta_{0X} - 0,5T_X. \end{aligned} \quad (114)$$

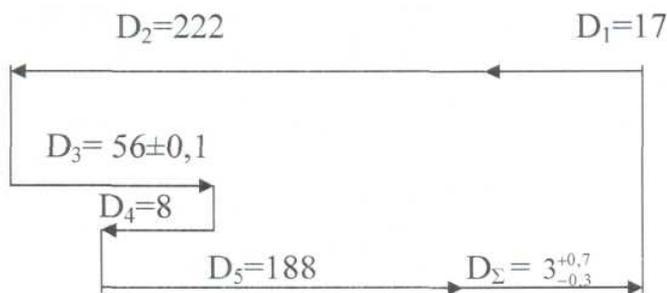
8. Затем проверяем еще раз правильность назначения отклонений по формуле (110).

Пример

Исходные данные: чертеж №1 (приложение 40), замыкающее звено $D_\Sigma = 3_{-0,3}^{+0,7}$ мм (приложение 45).

Решение.

1. Геометрическая схема данной размерной цепи представляет собой следующее:



2. Проверяем правильность составления размерной цепи по формуле (107):

$$D_\Sigma = (17+222+8)-(188+56) = 3 \text{ мм.}$$

3. Определяем коэффициент точности размерной цепи по формуле (108):

$$a_{cp} = \frac{1000 - 200}{1,1 + 2,9 + 0,9 + 2,9 + 1,9} = \frac{800}{9,7} \approx 82,5.$$

4. По значению $a_{cp}=82,5 > 64$ определяем степень точности размерной цепи, то есть квалитет, по которому следует назначать допуски на составляющие звенья. Так как, $a=64$ (приложение 38) соответствует 10 квалитету, то мы выбираем данный квалитет для нашей размерной цепи.

Назначаем допуски по 10 квалитету для каждого звена, кроме известных стандартных звеньев, и все сводим в таблицу 9.2.

Проверяем условие (8.3): $70+185+58+185+200 = 698 < 1000$ мкм.

Далее, проверяем условие (8.4):

$$(0+0+0) - (-185 - 100) = +285 \text{ мкм} < +700 \text{ мкм};$$

$(-70 - 185 - 58) - (0 + 100) = -413 \text{ мкм} < -300 \text{ мкм}$ (не соблюдается), поэтому необходимо выбрать корректирующее звено.

Таблица 35

Допуски и отклонения составляющих звеньев

Составляющие звенья	Допуск звена, мкм	Тип звена по способу измерения	Предельные отклонения звена	Координата середины поля допуска	Вид звена
D_{Σ}	1000	Допуск известен	$3_{-0,3}^{+0,7}$	+0,200	Зам.
D_1	70	охватываемое	$17_{-0,070}$	-0,035	Ув.
D_2	185	охватываемое	$222_{-0,185}$	-0,0925	Ув.
D_3	58	охватываемое	$8_{-0,058}$	-0,029	Ув.
D_4	185	охватываемое	$188_{-0,185}$	-0,0925	Ум.
D_5	200	Допуск известен	$56 \pm 0,1$	0,000	Ум.

5. Так как $a < a_{cp}$, то корректирующим выбирают технологически более сложное звено, например, $D_2 = 222_{-0,185}$.

6. Поскольку корректирующее звено выбрано из увеличивающих звеньев, то его координаты середины поля допуска равны:

$$\Delta_{02,ув} = (0 - 92,5) - (-35 - 29) + 200 = +171,5 \text{ мкм.}$$

7. Определяем предельные отклонения корректирующего звена, мм:

$$\Delta S_2 = 171,5 + 92,5 = +264 \text{ мкм};$$

$$\Delta I_2 = 171,5 - 92,5 = +79 \text{ мкм.}$$

8. Затем проверяем еще раз правильность назначения отклонений по формуле (110), мкм:

$$(0+264+0) - (-185 - 100) = +549 \text{ мкм} < +700 \text{ мкм};$$

$$(-70 + 79 - 58) - (0 + 100) = -149 \text{ мкм} > -300 \text{ мкм.}$$

Следовательно, отклонения назначены верно, и наша задача решена.

**ТЕСТЫ
ДЛЯ ФРОНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ
ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

Устройство и эксплуатация штангенприборов

1. Назовите типы штангенциркулей?
 - а) ШЦ-I, ШР, ШГ;
 - б) ШЦ-I, ШЦ-II, ШЦ-III;
 - в) ШР, ШГ;
 - г) ШЦ-I, ШР, ШГ, ШВ.

2. Для чего необходима нониусная шкала?
 - а) для определения целой части размера;
 - б) для определения погрешности размера;
 - в) для определения дробной части размера;
 - г) для определения предела измерений.

3. Как определяется интервал деления шкалы нониуса?
 - а) $b = \frac{\ell}{n}$;
 - б) $b = \frac{c}{n}$;
 - в) $e = \frac{c}{n}$;
 - г) $c = \frac{b}{n}$.

4. Что такое цена деления шкалы?
 - а) расстояние между серединами двух соседних отметок шкалы;
 - б) предельная погрешность средства измерения;
 - в) стоимость изготовления одного деления шкалы;
 - г) разность физических величин, соответствующих двум соседним делениям шкалы.

5. Как определить точность отсчета прибора?

а) $e = \frac{c}{n}$;

б) $b = \frac{c}{n}$;

в) $e = \frac{\ell}{n}$;

г) $c = \frac{b}{n}$.

6. Как изменяется погрешность измерения с увеличением размера?

- а) уменьшается;
- б) остается постоянной;
- в) увеличивается;
- г) исчезает.

7. Что нужно учитывать при измерении внутренних размеров штангенциркулями ШЦ-II, ШЦ-III, штангенрейсмусом ШР?

- а) прибавить толщину губок (лапки);
- б) отнять толщину губок (лапки);
- в) умножить на толщину губок (лапки);
- г) разделить на толщину губок (лапки).

8. Какая точность измерения у ШЦ-II?

- а) 0,1 мм;
- б) 0,02 мм;
- в) 0,5 мм;
- г) 0,05 мм.

9. Укажите пределы измерения ШЦ-I?

- а) 0 – 250 мм;
- б) 0 – 125 мм;
- в) 0 – 165 мм;
- г) 0 – 140 мм.

10. Для чего предназначен ШГ?

- а) для измерения высоты;
- б) для измерения ширины;
- в) для измерения длины;
- г) для измерения глубины.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

Устройство и эксплуатация микрометрических приборов

1. Для чего предназначен микрометр гладкий?
 - а) для измерений наружных и внутренних линейных размеров;
 - б) для измерений внутренних линейных размеров;
 - в) для измерений наружных глубин;
 - г) для измерений наружных линейных размеров.

2. Укажите точность измерения микрометром?
 - а) 0,1 мм;
 - б) 0,05 мм;
 - в) 0,02 мм;
 - г) 0,01 мм.

3. Для чего предназначена трещотка?
 - а) для ограничения измерительного усилия;
 - б) для установки микрометра на ноль;
 - в) для фиксации барабана;
 - г) для ограничения пределов измерения.

4. Для чего предназначена дополнительная шкала на стебле?
 - а) для отсчета целой части размера;
 - б) для отсчета сотой части размера;
 - в) для отсчета 0,5-й части размера;
 - г) для отсчета 0,001-й части размера;

5. Для чего предназначен установочный колпачок барабана?
 - а) для фиксации барабана;
 - б) для ограничения измерительного усилия;
 - в) для ограничения пределов измерения;
 - г) для защиты от грязи.

6. Укажите величину измерительного усилия при измерении микрометром?
 - а) $9 \pm 2\text{Н}$;
 - б) $2 \pm 2\text{Н}$;
 - в) $7 \pm 2\text{Н}$;
 - г) $5 \pm 2\text{Н}$.

7. В какой последовательности собирают удлинители при измерении микрометрическим нутромером?
 - а) начиная с самого наименьшего;
 - б) начиная с самого наибольшего;
 - в) в любой;
 - г) в зависимости от ситуации.

8. Что выполняет роль ограничителя измерительного усилия у нутромера?
- а) трещотка;
 - б) подпружиненная пятка;
 - в) установочный колпачок;
 - г) удлинитель.
9. На какой поверхности производится установка на ноль микрометрического глубиномера?
- а) на любой поверхности;
 - б) на любой ровной поверхности;
 - в) на поверхности стола;
 - г) на поверхности контрольно-поверочной плиты.
10. Чем отличается основная шкала микрометрического глубиномера от такой же шкалы микрометра?
- а) ничем;
 - б) противоположным направлением;
 - в) перпендикулярным направлением;
 - г) ценой деления.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

Измерение индикаторной скобой

1. Как установить на ноль большую стрелку?
- а) с помощью рычага;
 - б) перестановкой индикаторной головки;
 - в) поворотом циферблата;
 - г) с помощью блока концевых мер.
2. Как установить на ноль малую стрелку?
- а) с помощью рычага;
 - б) перестановкой индикаторной головки;
 - в) поворотом циферблата;
 - г) с помощью блока концевых мер.
3. Для чего предназначен рычаг у индикаторной скобы?
- а) для отвода подвижной пятки;
 - б) для отвода переставной пятки;
 - в) для поворота циферблата;
 - г) для перестановки индикаторной головки.

4. Для чего предназначен защитный колпачок у индикаторной скобы?
- а) для защиты от грязи;
 - б) для защиты от влаги;
 - в) для защиты от намагничивания;
 - г) для защиты от случайных ударов.
5. Для чего предназначена индикаторная скоба?
- а) для измерения наружных линейных размеров;
 - б) для измерения внутренних линейных размеров;
 - в) для контроля наружных линейных размеров;
 - г) для контроля внутренних линейных размеров.
6. Укажите точность измерения индикаторной скобой?
- а) 0,05 мм;
 - б) 0,1 мм;
 - в) 0,001 мм;
 - г) 0,01 мм.
7. Укажите погрешность измерения индикаторной скобой?
- а) $\pm 0,001$ мм;
 - б) $\pm 0,01$ мм;
 - в) $\pm 0,05$ мм;
 - г) $\pm 0,005$ мм.
8. Укажите метод измерения индикаторной скобой?
- а) непосредственной оценки;
 - б) косвенный;
 - в) дифференциальный;
 - г) относительный.
9. Укажите цену деления шкалы индикаторной головки?
- а) 0,05 мм;
 - б) 0,1 мм;
 - в) 0,002 мм;
 - г) 0,01 мм.
10. Укажите диапазон показаний шкалы индикаторной головки?
- а) 0 – 1 мм;
 - б) 0 – 10 мм;
 - в) 0 – 20 мм;
 - г) 0 – 50 мм.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

Измерение индикаторным нутромером

1. Для чего предназначен индикаторный нутромер?
 - а) для измерения глубины;
 - б) для измерения высоты;
 - в) для измерения внутренней глубины;
 - г) для измерения внутренних линейных размеров.

2. Укажите предельную погрешность измерения индикаторным нутромером?
 - а) 0,05 мм;
 - б) 0,02 мм;
 - в) 0,01 мм;
 - г) 0,005 мм.

3. Укажите точность измерения индикаторным нутромером?
 - а) 0,05 мм;
 - б) 0,01 мм;
 - в) 0,02 мм;
 - г) 0,005 мм.

4. Укажите цену деления шкалы индикаторного нутромера?
 - а) 0,05 мм;
 - б) 0,005 мм;
 - в) 0,02 мм;
 - г) 0,01 мм.

5. Каким образом достигается установочный натяг?
 - а) нажатием на рычаг;
 - б) вращением сменного стержня;
 - в) покачиванием корпуса нутромера;
 - г) вращением циферблата.

6. Укажите величину установочного натяга?
 - а) 3-4 мм;
 - б) 4-5 мм;
 - в) 2-3 мм;
 - г) 1-2 мм.

7. Укажите метод измерения индикаторным нутромером?
 - а) косвенный;
 - б) непосредственной оценки;
 - в) относительный;
 - г) совместный.

8. С какой целью производят покачивание корпуса нутромера в вертикальной плоскости при измерении?

- а) для определения положения, соответствующему поперечному сечению;
- б) для достижения установочного натяга;
- в) для настройки шкалы на ноль;
- г) для определения диапазона измерений.

9. С какой целью производят покачивание корпуса нутромера в вертикальной плоскости при настройке?

- а) для достижения установочного натяга;
- б) для настройки шкалы на ноль;
- в) для определения диапазона измерений;
- г) для проверки измерительного усилия.

10. Что показывает стрелка индикатора при измерении?

- а) диаметр отверстия;
- б) измерительное усилие;
- в) отклонение размера;
- г) установочный натяг.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

Контроль диаметра цилиндрического валика при измерении на микрокаторе

1. Для чего предназначен микрокатор?

- а) для увеличения и измерения;
- б) для измерений наружных и внутренних линейных размеров;
- в) для измерений наружных линейных размеров;
- г) для измерений внутренних линейных размеров.

2. Укажите точность измерения на микрокаторе?

- а) 0,1 мм;
- б) 0,05 мм;
- в) 0,001 мм;
- г) 0,02 мм.

3. Укажите диапазон показаний по шкале микрокатора?

- а) 0 – 0,1 мм;
- б) 0 – 1 мм;
- в) 0 – 100 мм;
- г) $\pm 0,15$ мм.

4. Укажите правильные пределы измерения микрокатора?
- а) 0 – 3 мм;
 - б) $\pm 0,08$ мм;
 - в) 0 – 10 мм;
 - г) $\pm 0,15$ мм.
5. Укажите цену деления микрокатора?
- а) 0,1 мкм;
 - б) 0,1 мм;
 - в) 0,05 мм;
 - г) 0,02 мм.
6. Укажите метод измерения микрокатором?
- а) непосредственный;
 - б) относительный;
 - в) косвенный;
 - г) бесконтактный.
7. Для чего предназначена скрученная пружинка из бронзовой ленты у микрокатора?
- а) в качестве чувствительного элемента;
 - б) для регулировки горизонтального положения;
 - в) для регулировки вертикального положения;
 - г) для создания измерительного усилия.
8. Укажите величину измерительного усилия при измерении миниметром?
- а) $4 \pm 0,5$ Н;
 - б) 7 ± 2 Н;
 - в) $0,4 \pm 0,05$ Н;
 - г) $0,7 \pm 0,02$ Н.
9. Приборы с пружинной передачей используются для измерения размеров, выполненных по каким квалитетам?
- а) по 7 – 8-му;
 - б) по 9 – 10-му;
 - в) по 5 – 6-му;
 - г) по 2 – 3-му.
10. Что относится к недостаткам приборов с пружинной передачей?
- а) большая предельная погрешность;
 - б) вибрация очень тонкой стрелки;
 - в) большое измерительное усилие;
 - г) сложность конструкции.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

Измерение на горизонтальном оптиметре

1. Для чего предназначен горизонтальный оптиметр?
 - а) для увеличения и измерения;
 - б) для измерений наружных и внутренних линейных размеров;
 - в) для измерений наружных линейных размеров;
 - г) для измерений внутренних линейных размеров.

2. Укажите точность измерения на горизонтальном оптиметре?
 - а) 0,01 мм;
 - б) 0,005 мм;
 - в) 0,001 мм;
 - г) 0,002 мм.

3. Укажите диапазон показаний по шкале прибора?
 - а) 0 – 0,1 мм;
 - б) 0 – 1 мм;
 - в) 0 – 100 мм;
 - г) $\pm 0,1$ мм.

4. Укажите правильные пределы измерения прибора?
 - а) 0 – 350 мм;
 - б) 0 – 14,5 мм;
 - в) 0 – 10 мм;
 - г) 0 – 700 мм.

5. Укажите цену деления прибора?
 - а) 0,01 мм;
 - б) 0,001 мм;
 - в) 0,005 мм;
 - г) 0,002 мм.

6. Укажите метод измерения данным прибором?
 - а) непосредственный;
 - б) относительный;
 - в) косвенный;
 - г) бесконтактный.

7. Для чего предназначен микрометрический винт оптиметра?
 - а) для настройки на ноль;
 - б) для регулировки горизонтального положения;
 - в) для регулировки вертикального положения;
 - г) для создания измерительного усилия.

8. Для чего используются винтовые опоры оптиметра?
- а) для создания измерительного усилия;
 - б) для регулировки вертикального положения;
 - в) для настройки на ноль;
 - г) для регулировки горизонтального положения.
9. Для чего используется упор оптиметра?
- а) для фиксирования детали;
 - б) для фиксирования прибора;
 - в) для ограничения движения измерительной пятки;
 - г) для измерения подобных деталей.
10. Можно ли измерять внутренние размеры на данном оптиметре?
- а) нет;
 - б) можно в пределах: 0 – 180 мм;
 - в) можно в пределах: 14,5 – 180 мм;
 - г) можно в пределах: 0 – 350 мм.

**ТЕСТЫ
ДЛЯ ФРОНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
ДЛЯ РАЗДЕЛА «ДОПУСКИ И ПОСАДКИ»**

ЗАДАНИЕ 1

Расчет элементов присоединительных размеров сопряжения

1. Как называется размер, полученный в результате необходимых расчетов и проставляемый на чертеже:
 - а) предельный;
 - б) действительный;
 - в) номинальный;
 - г) годный.

2. Какой размер относится к понятию предельный размер:
 - а) минимальный;
 - б) действительный;
 - в) номинальный;
 - г) годный.

3. К какому размеру относится следующее определение «Размер реальной детали, полученный при ее измерении с допускаемой погрешностью»:
 - а) предельный;
 - б) действительный;
 - в) номинальный;
 - г) годный.

4. Что означает следующее определение «Алгебраическая разность наибольшего и номинального размеров»:
 - а) предельный размер;
 - б) действительный размер;
 - в) действительное отклонение;
 - г) предельное отклонение.

5. Что означает следующее определение «Разность наибольшего и наименьшего размеров»:
 - а) предельный размер;
 - б) предельное отклонение;
 - в) допуск размера;
 - г) допуск посадки.

6. Что означает следующее определение «Разность наибольшего и наименьшего зазоров»:

- а) предельный размер;
- б) предельное отклонение;
- в) допуск размера;
- г) допуск посадки.

7. Что означает следующее определение «Сумма допусков размера отверстия и размера вала»:

- а) предельный размер;
- б) предельное отклонение;
- в) допуск размера;
- г) допуск посадки.

8. Какие виды посадок Вы знаете:

- а) с зазором, с натягом, комбинированная;
- б) скользящая, глухая, тугая;
- в) с натягом, комбинированная, переходная;
- г) с зазором, с натягом, переходная.

9. Что такое «Способ образования посадок, при котором посадки образуются изменением расположения поля допуска вала, при неизменном положении допуска отверстия, нижнее отклонение которого равно нулю»:

- а) допуск размера;
- б) допуск посадки;
- в) система вала;
- г) система отверстия.

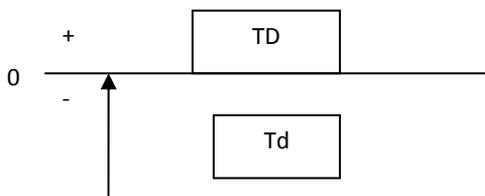
10. В каких единицах проставляются предельные отклонения на чертеже:

- а) мм;
- б) мкм;
- в) м;
- г) см.

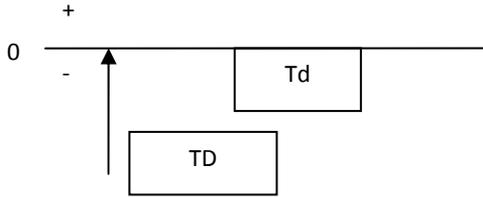
ЗАДАНИЕ 2

Выбор посадок и квалитетов

1. Что такое «положительная разность размеров отверстия и вала»:
 - а) допуск размера;
 - б) действительное отклонение;
 - в) зазор;
 - г) натяг.
2. Что такое «положительная разность размеров вала и отверстия»:
 - а) зазор;
 - б) натяг;
 - в) отверстие;
 - г) вал.
3. Что означает следующее определение «Алгебраическая разность наименьшего и номинального размеров»:
 - а) предельный размер;
 - б) действительный размер;
 - в) действительное отклонение;
 - г) предельное отклонение.
4. Что означает следующее определение «Алгебраическая разность действительного и номинального размеров»:
 - а) предельный размер;
 - б) действительный размер;
 - в) действительное отклонение;
 - г) предельное отклонение.
5. Какая посадка изображена на рисунке:



- а) с зазором в системе вала;
 - б) с зазором в системе отверстия;
 - в) с натягом в системе отверстия;
 - г) с натягом в системе вала.
6. Какая посадка изображена на рисунке:



- а) с зазором в системе вала;
- б) с зазором в системе отверстия;
- в) с натягом в системе отверстия;
- г) с натягом в системе вала.

7. Что означает следующее определение «Сумма наибольшего зазора и наибольшего натяга»:

- а) предельный размер;
- б) предельное отклонение;
- в) допуск размера;
- г) допуск посадки.

8. Что такое квалитет:

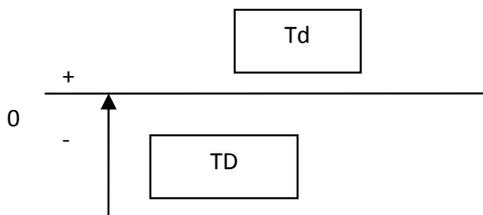
- а) квалификация;
- б) допуск;
- в) класс шероховатости;
- г) класс точности.

9. Что такое «Способ образования посадок, при котором посадки образуются изменением расположения поля допуска отверстия, при неизменном положении допуска вала, верхнее отклонение которого равно нулю»:

- а) допуск размера;
- б) допуск посадки;
- в) система вала;
- г) система отверстия.

10. Какая посадка изображена на рисунке:

- а) с зазором в системе вала;
- б) с зазором в системе отверстия;
- в) с натягом в системе отверстия;
- г) с натягом комбинированная.



ЗАДАНИЕ 3

Расчет полей допусков рабочих калибров

1. Что такое калибры:
 - а) внутренний размер канала ствола оружия;
 - б) внутренний диаметр канала ствола огнестрельного оружия;
 - в) бесшкальные средства измерений для контроля размеров;
 - г) режущий инструмент для обработки отверстия.
2. Для чего предназначены контрольные калибры:
 - а) для контроля размеров деталей;
 - б) для контроля размеров рабочих калибров;
 - в) для контроля формы деталей;
 - г) для контроля шероховатости поверхности.
3. Что называется рабочими калибрами:
 - а) калибры для контроля размеров контрольных калибров;
 - б) калибры для контроля размеров деталей;
 - в) калибры для контроля размеров приемных калибров;
 - г) режущий инструмент для обработки отверстия.
4. Что такое приемные калибры:
 - а) калибры для контроля шероховатости поверхности;
 - б) калибры для контроля формы деталей;
 - в) внутренний диаметр канала ствола огнестрельного оружия;
 - г) частично изношенные рабочие калибры.
5. Приведите расчетную формулу для определения наибольшего размера проходной калибр-скобы:

а)
$$P - PP_{\max} = d_{\max} + z_1 - \frac{H_1}{2} ;$$

б)
$$P - PP_{\max} = d_{\max} + z_1 + \frac{H_1}{2} ;$$

в)
$$P - PP_{\max} = d_{\max} - z_1 + \frac{H_1}{2} ;$$

г)
$$P - PP_{\max} = d_{\max} - z_1 - \frac{H_1}{2} .$$

6. Приведите расчетную формулу для определения наименьшего размера проходной калибр-пробки:

а)
$$P - PP_{\min} = d_{\max} - z_1 + \frac{H_1}{2};$$

б)
$$P - PP_{\min} = d_{\max} + z_1 + \frac{H_1}{2};$$

в)
$$P - PP_{\min} = D_{\max} - z - \frac{H}{2};$$

г)
$$P - PP_{\min} = D_{\min} + z - \frac{H}{2}.$$

7. Как определить наибольший размер изношенной проходной калибр-скобы:

а)
$$P - PP_{\text{изн}} = d_{\max} - y_1;$$

б)
$$P - PP_{\text{изн}} = d_{\max} + y_1;$$

в)
$$P - PP_{\text{изн}} = d_{\min} - y_1;$$

г)
$$P - PP_{\text{изн}} = d_{\min} + y_1;$$

8. Как определить наименьший размер непроходной калибр-пробки:

а)
$$P - HE_{\min} = D_{\max} - \frac{H}{2};$$

б)
$$P - HE_{\min} = d_{\min} + z_1 - \frac{H_1}{2};$$

в)
$$P - HE_{\min} = d_{\min} - \frac{H}{2};$$

г)
$$P - HE_{\min} = d_{\min} + \frac{H_1}{2}.$$

9. Как определить наибольший размер непроходной калибр-скобы:

а)
$$P - HE_{\max} = d_{\max} - \frac{H_1}{2};$$

б)
$$P - HE_{\max} = d_{\max} + \frac{H_1}{2};$$

в)
$$P - HE_{\max} = d_{\min} - \frac{H_1}{2};$$

$$\text{г) } P - HE_{\max} = d_{\min} + \frac{H_1}{2} .$$

10. Как определить наименьший размер изношенной проходной калибр-пробки:

$$\text{а) } P - PP_{\text{изн}} = d_{\max} - y_1 ;$$

$$\text{б) } P - PP_{\text{изн}} = d_{\max} + y_1 ;$$

$$\text{в) } P - PP_{\text{изн}} = D_{\min} - y ;$$

$$\text{г) } P - PP_{\text{изн}} = D_{\min} + y ;$$

ЗАДАНИЕ 4

Расчет и выбор посадок с гарантированным зазором

1. По какой формуле определяется средний зазор при расчете и выборе посадки:

$$\text{а) } S_{cp} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} ;$$

$$\text{б) } S_{cp} = S_{onm} - S_t ;$$

$$\text{в) } S_{cp} = \sum_{i=1}^n S_i ;$$

$$\text{г) } S_{cp} = 2\sqrt{hS} .$$

2. Как производится учет шероховатости в соединении с зазором:

а) при определении наименьшей толщины масляного слоя;

б) при определении оптимального зазора;

в) при определении температурного изменения зазора;

г) при определении произведения hS .

3. Как определяется оптимальный зазор:

$$\text{а) } S_{onm} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} ;$$

$$\text{б) } S_{onm} = S_{cp} - S_t ;$$

$$\text{в) } S_{onm} = \sum_{i=1}^n S_i ;$$

$$\Gamma) S_{omn} = 2\sqrt{hS}$$

4. Как определяется наименьшая толщина масляного слоя:

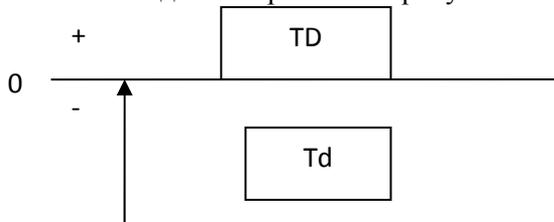
$$a) h_{\min} = \frac{hS}{S_{\max cm} + 2(Rz_D + Rz_d)};$$

$$б) h_{\min} = \frac{0,52 \cdot d^2 \cdot \omega \cdot \eta}{q} \cdot \frac{\ell}{d + \ell};$$

$$в) h_{\min} = (\alpha_D - \alpha_d) \cdot (t_n - 20)d;$$

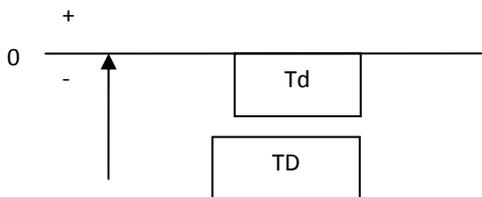
$$\Gamma) h_{\min} = Rz_D + Rz_d.$$

5. Какая посадка изображена на рисунке:



- а) с зазором в системе вала;
- б) с зазором в системе отверстия;
- в) с натягом в системе отверстия;
- г) с натягом в системе вала.

6. Какая посадка изображена на рисунке:



- а) с зазором в системе вала;
- б) с зазором в системе отверстия;
- в) с натягом в системе отверстия;
- г) с натягом в системе вала.

7. Как проверяется достаточность слоя смазки:

- а)
$$h_{\min} \geq \frac{hS}{S_{\max cm} + 2(Rz_D + Rz_d)} ;$$
- б)
$$h_{\min} \leq Rz_D + Rz_d ;$$
- в)
$$h_{\min} \leq (\alpha_D - \alpha_d) \cdot (t_n - 20)d ;$$
- г)
$$h_{\min} \geq Rz_D + Rz_d .$$

8. Что такое удельное давление на опору:

- а)
$$q = \frac{P}{d \cdot \ell} ;$$
- б)
$$q = \frac{0,52 \cdot d^2 \cdot \omega \cdot \eta}{q} \cdot \frac{\ell}{d + \ell} ;$$
- в)
$$q = \frac{hS}{S_{\max cm} + 2(Rz_D + Rz_d)} ;$$
- г)
$$q = (\alpha_D - \alpha_d) \cdot (t_n - 20)d .$$

9. По какому условию выбирается стандартная посадка при расчете:

- а)
$$S_{cp} \leq S_{cp.cm} ;$$
- б)
$$S_{cp} \geq S_{cp.cm} ;$$
- в)
$$S_{cp} \approx S_{cp.cm} ;$$
- г)
$$S_{cp} \neq S_{cp.cm} .$$

10. Как определяется средний зазор стандартной посадки:

- а)
$$S_{cp} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} ;$$
- б)
$$S_{cp} = S_{onm} - S_t ;$$
- в)
$$S_{cp} = \sum_{i=1}^n S_i ;$$
- г)
$$S_{cp} = 2\sqrt{hS} .$$

ЗАДАНИЕ 5

Расчет и выбор посадок с гарантированным натягом

1. Почему расчет ведут по величине наименьшего натяга:
 - а) потому, что наибольший натяг не выдержит втулка;
 - б) потому, что это условие передачи крутящего момента или осевого усилия данной величины;
 - в) потому, что так экономичнее;
 - г) потому, что по наибольшему натягу получается на качество ниже.
2. Для чего предназначена посадка с натягом:
 - а) для неподвижности соединения;
 - б) для передачи крутящего момента или осевого усилия данной величины;
 - в) для компенсации температурного изменения зазора;
 - г) для условия неподвижности втулки.
3. Как определяется величина удельного контактного давления при воздействии крутящего момента:

$$P_{\text{э}} = \frac{n \cdot \sqrt{\frac{(2M_{\text{кр}})^2}{D^2} + P^2}}{\pi \cdot D \cdot \ell \cdot f} ;$$

$$P_{\text{э}} = \frac{2M_{\text{кр}} \cdot n}{\pi \cdot D^2 \cdot \ell \cdot f} ;$$

$$N_{\text{min}} = P_{\text{э}} \cdot \left(\frac{CD}{E_D} + \frac{Cd}{E_d} \right) \cdot D ;$$

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{D}{d_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{D}{d_2} \right)^2} + \mu_D$$

4. Как определяется величина удельного контактного давления при совместном действии крутящего момента и осевого усилия:

$$P_{\text{э}} = \frac{n \cdot \sqrt{\frac{(2M_{\text{кр}})^2}{D^2} + P^2}}{\pi \cdot D \cdot \ell \cdot f} ;$$

$$\begin{aligned} \text{б) } P_{\text{э}} &= \frac{2M_{\text{кр}} \cdot n}{\pi \cdot D^2 \cdot \ell \cdot f}; \\ \text{в) } N_{\text{min}} &= P_{\text{э}} \cdot \left(\frac{CD}{E_D} + \frac{Cd}{E_d} \right) \cdot D; \\ C_D &= \frac{1 + \left(\frac{D}{d_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{D}{d_2} \right)^2} + \mu_D \end{aligned}$$

г) .

5. Как определяется величина наименьшего натяга при условии, что сопрягаемые поверхности идеально гладкие:

$$\text{а) } N_{\text{расч}} = N_{\text{min}} + 1,2 \cdot (Rz_D + Rz_d);$$

$$\text{б) } N_{\text{min}} = P_{\text{э}} \cdot \left(\frac{CD}{E_D} + \frac{Cd}{E_d} \right) \cdot D;$$

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{D}{d_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{D}{d_2} \right)^2} + \mu_D$$

в) ;

$$\text{г) } N_F = N_{\text{расч}} + u + u_t + \dots$$

6. Как определяется величина расчетного натяга:

$$\text{а) } N_{\text{расч}} = P_{\text{э}} \cdot \left(\frac{CD}{E_D} + \frac{Cd}{E_d} \right) \cdot D;$$

$$\text{б) } N_F = N_{\text{расч}} + u + u_t + \dots;$$

$$\text{в) } N_{\text{расч}} = N_{\text{min}} + 1,2 \cdot (Rz_D + Rz_d);$$

$$\text{г) } N_{\text{расч}} = \frac{2M_{\text{кр}} \cdot n}{\pi \cdot D^2 \cdot \ell \cdot f}.$$

7. Как определяется наибольшее удельное давление:

$$P_{\max} = \frac{N_{\max cm} - 1,2 \cdot (Rz_D + Rz_d)}{D \cdot \left(\frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right)}$$

а) ;

$$P_{\mathcal{E}} = \frac{n \cdot \sqrt{\frac{(2M_{kp})^2}{D^2} + P^2}}{\pi \cdot D \cdot \ell \cdot f}$$

б) ;

$$\sigma_D = \frac{1 + \left(\frac{D}{d_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{D}{d_2} \right)^2} \cdot P_{\max}$$

в) ;

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{D}{d_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{D}{d_2} \right)^2} + \mu_D$$

г) .

8. Как определяется наибольшее напряжение во втулке:

$$P_{\max} = \frac{N_{\max cm} - 1,2 \cdot (Rz_D + Rz_d)}{D \cdot \left(\frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right)}$$

а) ;

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{D}{d_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{D}{d_2} \right)^2} + \mu_D$$

б) ;

$$\sigma_D = \frac{1 + \left(\frac{D}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{D}{d_2}\right)^2} \cdot P_{\max}$$

в) ;

$$\sigma_{\max} = \frac{2M_{кр} \cdot n}{\pi \cdot D^2 \cdot \ell \cdot f}$$

г)

9. Как проверяется прочность втулки:

а) $[\sigma_T]_D \leq \sigma_D$;

б) $[\sigma_T]_D \geq \sigma_D$;

в) $[\sigma_T]_D \approx \sigma_D$;

г) $[\sigma_T]_D \neq \sigma_D$.

10. Как выбирается стандартная посадка по данным расчета:

а) $N_{\min cm} \leq N_F$;

б) $N_{\min cm} \geq N_F$;

в) $N_F = N_{расч} + u + u_t + \dots$;

г) $N_{\max cm} \geq N_F$.

ЗАДАНИЕ 6

Расчет и выбор посадок подшипников качения

1. Перечислите классы точности подшипников:

а) 1, 2, 3, 4, 5;

б) 0, 5, 4, 3, 2, 1;

в) 1, 2, 3, 4, 6, 0;

г) 0, 6, 5, 4, 2.

2. Назовите виды нагружения колец подшипников качения:

а) циркуляционное, колебательное и свободное;

б) циркуляционное, колебательное и местное;

в) циркуляционное, плотное и местное;

г) циркуляционное, нормальное и местное.

3. Какие посадки применяются для колец подшипников качения:

- а) с зазором;
- б) с натягом;
- в) с зазором, с натягом;
- г) с зазором, с натягом и переходные.

4. Как определяется интенсивность радиальной нагрузки:

а)
$$P_R = \frac{R}{B - 2r} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 ;$$

б)
$$P_Э = \frac{2M_{кр} \cdot n}{\pi \cdot D^2 \cdot \ell \cdot f} ;$$

в)
$$N_{\min} = P_Э \cdot \left(\frac{CD}{E_D} + \frac{Cd}{E_d} \right) \cdot D ;$$

г)
$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{D}{d_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{D}{d_2} \right)^2} + \mu_D .$$

5. От чего зависит динамический коэффициент посадки:

- а) от вида нагружения кольца;
- б) от характера нагрузки;
- в) от интенсивности радиальной нагрузки;
- г) от диаметра кольца.

6. Какого класса точности подшипники используются в общем машиностроении:

- а) 0;
- б) 5;
- в) 2;
- г) 4.

7. Какого класса точности подшипники используются в шпинделях точных станков:

- а) 0;
- б) 6;
- в) 4;
- г) 2.

8. Какого класса точности подшипники используются в шпинделях шлифовальных станков:

- а) 0;
- б) 6;
- в) 4;
- г) 2.

9. Какая шероховатость посадочных поверхностей под подшипники качения для 0-го класса точности должна быть для диаметров посадочных поверхностей до 80 мм:

- а) $Ra \geq 1,25$ мкм;
- б) $Ra \leq 2,5$ мкм;
- в) $Ra \leq 1,25$ мкм;
- г) $Ra \geq 2,5$ мкм.

10. Какая посадка должна быть выбрана, если вид нагружения кольца местный:

- а) с натягом;
- б) переходная;
- в) с зазором;
- г) комбинированная.

ЗАДАНИЕ 7

Допуски, посадки и предельные размеры шпоночного соединения

1. Какие виды шпонок Вы знаете:

- а) клиновые, призматические, эвольвентные;
- б) клиновые, призматические, сегментные;
- в) клиновые, прямоугольные, сегментные;
- г) тангенциальные, призматические, эвольвентные.

2. Назовите виды шпоночных соединений:

- а) плотное, колебательное и свободное;
- б) нормальное, колебательное и местное;
- в) нормальное, плотное и местное;
- г) циркуляционное, нормальное и местное.

3. Как монтируется нормальное шпоночное соединение:

- а) прессом;
- б) свинцовым молотком;
- в) медным молотком;
- г) струбциной.

4. Как монтируется плотное шпоночное соединение:
- а) прессом;
 - б) свинцовым молотком;
 - в) медным молотком;
 - г) струбциной.
5. От чего зависит вид посадки шпоночного соединения:
- а) от вида соединения;
 - б) от характера нагрузки;
 - в) от интенсивности нагрузки;
 - г) от диаметра вала.
6. Какую посадку рекомендуют для сопряжения шпонка – вал при свободном соединении:
- а) с зазором;
 - б) с натягом;
 - в) переходную;
 - г) комбинированную.
7. Какую посадку рекомендуют для сопряжения шпонка – вал при плотном соединении:
- а) с натягом;
 - б) с зазором;
 - в) переходную с большой вероятностью зазоров;
 - г) переходную с большой вероятностью натягов.
8. Чем контролируется шпоночное соединение при серийном производстве:
- а) универсальными средствами измерений;
 - б) нормальными калибрами;
 - в) комплектом калибров, в том числе комплексными;
 - г) специальными средствами измерений.
9. Какие преимущества у шпоночных соединений:
- а) возможность передачи больших по величине крутящих моментов;
 - б) простота конструкции, возможность изготовления на универсальных станках;
 - в) лучшее центрирование деталей;
 - г) меньшая концентрация напряжений.
10. Какие недостатки у шпоночных соединений:
- а) большая концентрация напряжений;
 - б) сложность изготовления;
 - в) передача больших по величине крутящих моментов;
 - г) простота конструкции.

ЗАДАНИЕ 8

Определение допусков, посадок и предельных размеров прямобочного шлицевого соединения

1. Какие виды шлицевых соединений Вы знаете:
 - а) клиновые, призматические, эвольвентные;
 - б) клиновые, призматические, сегментные;
 - в) клиновые, прямобочные, сегментные;
 - г) треугольные, прямобочные, эвольвентные.

2. Назовите способы центрирования прямобочных шлицевых соединений:
 - а) по наружному и внутреннему диаметрам, по боковым сторонам шлицев;
 - б) по наружному диаметру, по боковым сторонам шлицев;
 - в) по наружному диаметру, по ширине шлицев;
 - г) по наружному и внутреннему диаметрам, по ширине шлицев.

3. Назовите самый технологичный способ центрирования прямобочных шлицевых соединений:
 - а) по наружному диаметру, по ширине шлицев;
 - б) по внутреннему диаметру, по ширине шлицев;
 - в) по ширине шлицев;
 - г) по наружному диаметру.

4. Посадки каких параметров допускаются не обозначать:
 - а) любых;
 - б) центрирующих;
 - в) нецентрирующих;
 - г) только ширины зубьев.

5. В зависимости от величины крутящего момента и условий работы какие типы шлицевых соединений бывают:
 - а) плотное, свободное и нормальное;
 - б) треугольные, прямобочные, эвольвентные;
 - в) клиновые, прямобочные, сегментные;
 - г) легкой, средней и тяжелой серии.

6. Какие преимущества шлицевых соединений:
 - а) возможность передачи больших по величине крутящих моментов;
 - б) простота конструкции, возможность изготовления на универсальных станках;
 - в) большая концентрация напряжений;
 - г) передача меньших по величине крутящих моментов.

7. Какие посадки рекомендуют для шлицевых соединений:
- а) с натягом;
 - б) с зазором;
 - в) переходную с большой вероятностью зазоров;
 - г) переходную с большой вероятностью натягов.
8. Чем контролируются шлицевые соединения при серийном производстве:
- а) универсальными средствами измерений;
 - б) нормальными калибрами;
 - в) комплектом калибров, в том числе комплексными;
 - г) специальными средствами измерений.
9. Какие преимущества у эвольвентных шлицевых соединений:
- а) возможность передачи меньших по величине крутящих моментов;
 - б) простота конструкции, возможность изготовления на универсальных станках;
 - в) лучшее центрирование деталей;
 - г) большая концентрация напряжений.
10. Какие недостатки у шлицевых соединений по сравнению со шпоночными:
- а) большая концентрация напряжений;
 - б) сложность изготовления;
 - в) передача больших по величине крутящих моментов;
 - г) использование только на опытных машинах и агрегатах.

ЗАДАНИЕ 9

Расчет допусков размеров, входящих в размерные цепи

1. Какие виды размерных цепей Вы знаете:
- а) клиновые, призматические, эвольвентные;
 - б) роликовые, клиновые, сегментные;
 - в) клиновые, прямобочные, сегментные;
 - г) сборочные, детальные, измерительные.
2. Назовите виды звеньев размерных цепей:
- а) составляющие, разборные и сменные;
 - б) составляющие, замыкающие и открывающие;
 - в) составляющие, исходные и разборные;
 - г) увеличивающие, уменьшающие и замыкающие.

3. Что такое уменьшающее звено:
- если увеличение звена вызывает увеличение замыкающего;
 - если уменьшение звена вызывает уменьшение замыкающего;
 - если увеличение звена вызывает уменьшение замыкающего;
 - если увеличение звена вызывает уменьшение составляющего.
4. Что такое увеличивающее звено:
- если увеличение звена вызывает уменьшение замыкающего;
 - если уменьшение звена вызывает уменьшение замыкающего;
 - если увеличение звена вызывает уменьшение составляющего;
 - если увеличение звена вызывает увеличение замыкающего.
5. Какие задачи решаются размерным анализом:
- прямые, отдельные и вероятностные;
 - прямые, частные и неполной взаимозаменяемости;
 - прямые, обратные и полной взаимозаменяемости;
 - прямые, обратные.
6. Какие методы решения размерных цепей знаете:
- полной и неполной взаимозаменяемости;
 - прямые, частные и неполной взаимозаменяемости;
 - прямые, отдельные и вероятностные;
 - вероятностный, полной и неполной взаимозаменяемости.
7. Основное уравнение размерного анализа:

а)
$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n A_{i \text{ yв}} - \sum_{i=1}^m A_{i \text{ yм}} ;$$

б)
$$a_{cp} = \frac{T_{\Sigma} - \sum_{i=1}^p T_{i \text{ узв}}}{\sum_{i=p+1}^{m+n} i_i} ;$$

в)
$$\sum_{i=1}^{m+n} T_i \leq T_{\Sigma} ;$$

г)
$$\Delta_{0\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta_{0i \text{ yв}} - \sum_{i=1}^m \Delta_{0i \text{ yм}} .$$

8. Назовите формулу определения коэффициента точности:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n A_{i \text{ yв}} - \sum_{i=1}^m A_{i \text{ yм}} ;$$

$$a_{cp} = \frac{T_{\Sigma} - \sum_{i=1}^p T_{i \text{ узв}}}{\sum_{i=p+1}^{m+n} i_i} ;$$

$$\sum_{i=1}^{m+n} T_i \leq T_{\Sigma} ;$$

$$\Delta_{0\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta_{0i \text{ yв}} - \sum_{i=1}^m \Delta_{0i \text{ yм}} .$$

9. Как определяется правильность назначения предельных отклонений:

$$a_{cp} = \frac{T_{\Sigma} - \sum_{i=1}^p T_{i \text{ узв}}}{\sum_{i=p+1}^{m+n} i_i} ;$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta S_{i \text{ yв}} - \sum_{i=1}^m \Delta I_{i \text{ yм}} \leq \Delta S_{\Sigma}$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta I_{i \text{ yв}} - \sum_{i=1}^m \Delta S_{i \text{ yм}} \geq \Delta I_{\Sigma} ;$$

$$\Delta_{0\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta_{0i \text{ yв}} - \sum_{i=1}^m \Delta_{0i \text{ yм}} ;$$

$$\sum_{i=1}^{m+n} T_i \leq T_{\Sigma} .$$

10. Предельные отклонения корректирующего звена определяются по какой формуле:

$$\sum_{i=1}^n \Delta S_{i \text{ yв}} - \sum_{i=1}^m \Delta I_{i \text{ yм}} \leq \Delta S_{\Sigma}$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta I_{i \text{ yв}} - \sum_{i=1}^m \Delta S_{i \text{ yм}} \geq \Delta I_{\Sigma} ;$$

$$\text{б) } \Delta_{0X y\epsilon} = \sum_{i=1}^m \Delta_{0i y\epsilon} - \sum_{i=1}^{n-1} \Delta_{0i y\epsilon} + \Delta_{0\Sigma} ;$$

$$\Delta S_X = \Delta_{0X} + 0,5T_X ,$$

$$\text{в) } \Delta I_X = \Delta_{0X} - 0,5T_X ;$$

$$\text{г) } \Delta_{0\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta_{0i y\epsilon} - \sum_{i=1}^m \Delta_{0i y\epsilon} .$$

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Рекомендуемые классы концевых мер

Номинальные размеры скоб, мм	Для валов, изготавливаемых по посадкам		
	<i>n7; s6; r6;p6; n6; m6; k6; j_s6; h6; g6; m7; k7; j_s7; h7</i>	<i>d7; e8; d8; d9; e9; f9; d10; h8; u8; s7; x8; z8; h9; h10</i>	<i>H11; d11; d10; cd10; cd11; c11; h12; h14; h15; h16</i>
Свыше 1 до 3	Не ниже 2 кл. Не ниже 3 кл.	Не ниже 3 кл.	Не ниже 3 кл.
Св. 3 до 10			
Св. 10 до 18	Не ниже 2 кл. Не ниже 3 кл.	Не ниже 2 кл.	Не ниже 2 кл.
Св. 18 до 50			
Св. 50 до 120	Не ниже 2 кл. Не ниже 2 кл.	Не ниже 2 кл.	Не ниже 2 кл.
Св. 120 до 150			
Св. 150 до 180	Не ниже 0 кл.	Не ниже 1 кл.	Не ниже 2 кл.

Приложение 2

Предельные погрешности концевых мер

Номинальные размеры мер, мм	Допустимые отклонения срединной длины (характеристика по классам), ± мкм					
	При аттестации в процессе изготовления				При аттестации в процессе эксплуатации	
	0-й класс	1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс	5-й класс
До 10	0,10	0,20	0,40	0,8	2,0	4
Св. 10 до 18	0,12	0,25	0,50	1,0	2,5	5
Св. 18 до 30	0,15	0,30	0,50	1,0	3,0	6
Св. 30 до 50	0,20	0,30	0,50	1,2	3,5	8
Св. 50 до 80	0,25	0,40	0,60	1,5	4,0	9
Св. 80 до 120	0,30	0,50	0,80	2,0	5,0	11
Св. 120 до 180	0,40	0,75	1,00	2,5	6,0	12
Св. 180 до 250	0,50	1,00	1,50	3,0	7,0	14
Св. 250 до 300	0,60	1,25	2,00	3,5	8,0	16
Св. 300 до 400	0,80	1,50	2,50	4,0	9,0	18
Св. 400 до 500	1,00	1,80	3,00	5,0	10,0	20

Количество измерений на 1 мкм износа проходных калибр-скоб

Интервал диаметров, мм	Квалитеты						
	6-7	8-10	10-11	12	13-14	15	16
6 – 30	960	1440	2400	2880	3120	3360	3600
30 – 80	640	960	1600	1920	2080	2240	2400
80 – 180	450	670	1120	1350	1460	1570	1680
180 – 260	360	550	910	1190	1180	1270	1360

Примечание: Приведенные данные относятся к контролю чугунных и алюминиевых изделий. При контроле стальных изделий количество измерений необходимо увеличить в 3 раза, а при контроле изделий из бронзы и латуни – в 5 раз.

Упругие деформации калибр-скоб

Номинальные размеры	Упругая деформация, мкм	Номинальные размеры	Упругая деформация, мкм
Свыше 1 до 3	-	Св. 50 до 65	0,70
Св. 3 до 6	0,05	Св. 65 до 80	1,00
Св. 6 до 10	0,10	Св. 80 до 100	1,50
Св. 10 до 18	0,15	Св. 100 до 120	2,10
Св. 18 до 30	0,25	Св. 120 до 150	3,00
Св. 30 до 40	0,35	Св. 150 до 180	4,50
Св. 40 до 50	0,50		

Допуски и отклонения калибров. Размеры в мкм

Квали- теты допус- ков изделий	Обо- значе- ния	Интервалы размеров, мм								
		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
1.	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4
	y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3
	H	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
	Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6
	y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4
	H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
2.	Z, Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6
	y, y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4
	H, H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
3.	Z, Z ₁	2	3	3	4	5	6	7	8	9
	y, y ₁	3	3	3	4	4	5	5	6	6
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12
4.	Z ₁ Z ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18
	y ₁ y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12
5.	Z ₁ Z ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18
	y ₁ y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12
6.	Z ₁ Z ₁	10	12	14	16	19	22	25	28	32
	y ₁ y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H ₁ H ₁	4	5	6	8	9	11	13	15	18

**Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм,
σ изм. (ГОСТ 8.051 – 81)**

Номинальные размеры, мм	Квалитеты															
	5		6		7		8		9		10		11		12	
	IT	σ ИЗМ	IT	σ ИЗМ	IT	σ ИЗМ	IT	σ ИЗМ	IT	σ ИЗМ	IT	σ ИЗМ	IT	σ ИЗМ	IT	σ ИЗМ
До 3	4	1,4	6	1,8	10	3	14	3	25	6	40	8	60	12	100	20
Св. 3 до 6	5	1,6	8	2	12	3	18	4	30	8	48	10	75	16	120	30
Св. 6 до 10	6	2	9	2	15	4	22	5	36	9	58	12	90	18	150	30
Св. 10 до 18	8	2,8	11	3	18	5	27	7	43	10	70	14	110	30	180	40
Св. 18 до 30	9	3	13	4	21	6	33	8	52	12	84	18	130	30	210	50
Св. 30 до 50	11	4	16	5	25	7	39	10	62	16	100	20	160	40	250	50
Св. 50 до 80	13	4	19	5	30	9	46	12	74	18	120	30	190	40	300	60
Св. 80 до 120	15	5	22	6	35	10	54	12	87	20	140	30	220	50	350	70
Св. 120 до 180	18	6	25	7	40	12	63	16	100	30	160	40	250	50	400	80
Св. 180 до 250	20	7	29	8	46	12	72	18	115	30	185	40	290	60	450	100
Св. 250 до 315	23	8	32	10	52	14	81	20	130	30	210	50	320	70	520	120
Св. 315 до 400	25	9	36	10	57	16	89	24	140	40	230	50	360	80	570	120
Св. 400 до 500	27	9	40	12	63	18	97	26	155	40	250	50	400	80	630	140

Предельные погрешности средств измерения наружных размеров Δ лим. мкм

Наименование измерительного средства	Условие измерения			Интервалы размеров, мм																
	Разряд (класс) прим. ем. концов мер	Используемое перемещен. измерительного стержня	Температурный режим °С	1	3	6	18	30	50	80	120	180	300	500	800	1200	1800	3000	5000	
Штангенциркули с отсчетом по нониусу 0,1 мм	-	-	-	150	150	150	150	150	160	170	190	200	210	230						
Штангенциркули с отсчетом по нониусу 0,05 мм	-	-	-	80	80	80	80	80	90	100	100	100	110	110						
Микрометры гладкие при настройке на нуль по установочной мере	-	-	при работе находятся на руках	5,5	5,5	5,5	6,5	7,5	9,5	12	17	22	36	10						
	-	-	при работе находятся в стойке	4,5	4,5	4,5	5	5	5	6	7	8,5	11	12						
Индикаторы часового типа (ИЧ) при относительных измерениях	5(3)	1	2	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	10	11	12	14						
	5(2)	(в начале второго оборота) весь предел измерения по шкале	2	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5	5,5	6	7	9	11						
Рычажные скобы при установке по конечным мерам	5(2)		2	2	2	2	2	2	2,5	2,5	4,5	6	6	-						

Пределные погрешности средств измерения внутренних диаметров деталей Δ лим, мкм

Наименование измерительного средства	Условия измерения			Температурный режим °С	Интервалы размеров, мм			
	Перемещ. измерит. стержня мм	Разряд (класс) примен. концевых мер	Шероховатость от-верстия		Св 3 До 18	Св 50 До 120	Св 120 До 260	Св 260 До 500
Штангенцирк. с отсчетом. по нониусу 0,1 мм	-	-	5	7	200	300	300	
Штангенцирк. с вел. отсчетом 0,05 мм	-	-	5	7	150	200	250	
Микрометры с вел. отсчета 0,01 мм	13	-	5	5 для размеров до 200 мм	-	20	27	
Нутромеры индикаторные с ценой деления 0,01 мм	13	-	5	3 для размеров св. 200 мм 3 для размеров до 100 мм	-	16	20	
Нутромеры индикаторные с ценой деления 0,01 мм	0,1	(3)	9	2 для размеров св. 100 мм	7	12	14	
	0,03	5(2)	7	3 для размеров до 100 мм	7,5	14	16	
Нутромеры индикаторные с ценой деления 0,001 мм и 0,002 мм	0,1 – 0,3	5(2)	9	2 для размеров св. 100 мм	4	8	10	
			7	3 для размеров до 100 мм	5	11	13	
			7	3 для размеров до 100 мм	4,5	7,5	11	
			9	2 для размеров св. 100 мм	2,8	6,5	9	

Предельные погрешности средств измерения линейных величин ($\pm\Delta_{lim}$)

Наименование средства измерений	Настройка по концевым мерам класса точности	Интервалы размеров, мм													
		3	6	10	18	30	50	80	120	180	260	360			
		До 3	6	10	18	30	50	80	120	180	260	360	500		
Значение $\pm\Delta_{lim}$, мкм															
Индикатор часового типа (0-10 мм):															
при работе на первом оброте стрелки	3	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	9
при работе на нормированном участке	3	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	9
при работе на втором оброте стрелки	4	10	10	10	10	11	11	11	12	13	14	17	20	23	35
Микатор с ценой деления 0,001 мм	2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,5	2	2	2	2,4	3,6	4,5	
Микрокатор 0,001 мм, $\pm 0,03$ мм	-	0,9	0,9	0,9	1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	-	-	-
Микрокатор 0,002 мм, $\pm 0,06$ мм	2	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	-	-	-
Микрокатор 0,005 мм, $\pm 0,15$ мм	4	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	9	-	-	-
	3	3	4	3	3	3	3	3,5	4	4	4	4	-	-	-
Микрокатор 0,01 мм, $\pm 0,2$ мм	4	6	6	6	7	8	7	8	10	10	10	9,5	-	-	-
	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	-	-	-
Оптиметры вертикальные: при линейчатом и плоском контакте	3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	-	-	-
при точечном контакте	3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,1	-	-	-
Оптиметры горизонтальные: при линейчатом и плоском контакте	3	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9	1,1	-
при точечном контакте	3	0,7	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1	1,2	1,6	-
Микроскоп инструментальный	-	4	4	4	4	4	4	5	6	9	11	-	-	-	-

Предельные погрешности средств измерения линейных величин ($\pm\Delta_{lim}$)

Наименование средства измерений	Интервалы размеров, мм							
	Св.1	Св.10	Св.50	Св.80	Св.120	Св.180	Св.260	Св.350
	До 10	До 50	До 80	До 120	До 180	До 260	До 350	До 500
	Значение $\pm\Delta_{lim}$, мкм							
Штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,05 мм при измерении вала	80	80	90	100	100	100	110	110
	150	150	170	170	200	200	250	250
Штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,1 мм при измерении вала	150	150	160	170	190	200	210	230
	200	200	230	230	300	300	300	300
Штангенглубиномер с отсчетом по нониусу 0,05 мм	100	100	150	150	150	150	150	-
Штангенглубиномер с отсчетом по нониусу 0,1 мм	200	250	300	300	300	300	300	300
Штангенрейсмус с отсчетом по нониусу 0,05 мм	50	50	50	50	50	50	50	50

Предельные погрешности средств измерения линейных величин ($\pm\Delta_{lim}$)

Наименование средства измерений	Вид контакта	Интервалы размеров, мм											
		0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
		25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
		Значение $\pm\Delta_{lim}$, мкм											
Микрометры гладкие: находятся в руках	Все виды	5,5	7,5	9,5	12	14	16	18	22	25	25	30	30
		5	6	5,5	6	7	7	7	8	9	9	8	8
находятся в стойке	Плоскостной и линейчатый точечный	5,5	6	7	8	8	8	8,5	9	11	11	11,5	12

Приложение 12

Предельные погрешности средств измерения линейных величин ($\pm\Delta_{lim}$)

Наименование средства измерений	Вид контакта	Интервалы размеров, мм					
		0	50	100	200	300	400
		50	100	200	300	400	500
		Значение $\pm\Delta_{lim}$, мкм					
Скобы индикаторные. Настройка по концевым мерам: 4-го класса точности 5-го класса точности	Независимо от вида	12	13	15	-	-	-
	То же	15	18	22	38	48	55

Приложение 13

Предельные погрешности средств измерения линейных величин ($\pm\Delta_{lim}$)

Наименование средства измерений	Интервалы размеров, мм			
	0-25	25-50	50-75	75-100
	Значение $\pm\Delta_{lim}$, мкм			
Глубиномеры микрометрические: при абсолютном методе измерения при относительном методе измерения с настройкой по установочной мере	6	21	21	22
	6	6	6,5	8

Приложение 14

Предельные погрешности средств измерения линейных величин ($\pm\Delta_{lim}$)

Наименование средства измерений	Класс шероховатости поверхности детали	Интервалы размеров, мм				
		6-18	18-50	50-120	120-260	260-500
		Значение $\pm\Delta_{lim}$, мкм				
Нутромер микрометрический с ценой деления 0,01 мм	5	-	-	15	20	27
Нутромер индикаторный с ценой деления 0,01 мм	9	10	12	16	18	23
	7	11	14	18	20	24
	5	13	17	22	25	27

$$\text{Распределение Стьюдента } P\{t | \prec t_p\} = 2 \int_0^{t_p} S(t; k) dt$$

k	P													
	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99		
1	0,158	0,325	0,510	0,727	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657		
2	0,142	0,289	0,445	0,617	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925		
3	0,137	0,277	0,424	0,584	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841		
4	0,134	0,271	0,414	0,569	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604		
5	0,132	0,267	0,408	0,559	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032		
6	0,131	0,265	0,404	0,553	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707		
7	0,130	0,263	0,402	0,549	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499		
8	0,130	0,262	0,399	0,546	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355		
9	0,129	0,261	0,398	0,543	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250		
10	0,129	0,260	0,397	0,542	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169		
11	0,129	0,260	0,396	0,540	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106		
12	0,128	0,259	0,395	0,539	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055		
13	0,128	0,259	0,394	0,538	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012		
14	0,128	0,258	0,393	0,537	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977		

Допуски для размеров до 500 мм

Интервал размеров, мм	Значения допусков, мкм при квалификации																		
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
Св. 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
Св. 6 до 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
Св. 10 до 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
Св. 18 до 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
Св. 30 до 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
Св. 50 до 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
Св. 80 до 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
Св. 120 до 180	1,2	2	3,5	5	6	12	18	25	40	63	100	160	250	400	660	1000	1600	2500	4000
Св. 180 до 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
Св. 250 до 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
Св. 315 до 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
Св. 400 до 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300

Значения основных отклонений отверстий, мкм

Словесное обозначение	Буквенное обозначение	Нижнее отклонение EI											H	H _s ²									
		A'	B'	C	CD	D	E	EF	F	FG	G												
Все квалификации																							
Квалитет																							
До 3																							
Св. 3 до 6													+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0
Св. 6 до 10													+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0
Св. 10 до 14													+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0
Св. 14 до 18													+290	+150	+95	-	+50	+32	-	+16	-	+6	0
Св. 18 до 24													+300	+160	+110	-	+65	+40	-	+20	-	+7	0
Св. 24 до 30													+310	+170	+120	-	+80	+50	-	+25	-	+9	0
Св. 30 до 40													+320	+180	+130	-	+100	+60	-	+30	-	+10	0
Св. 40 до 50													+340	+190	+140	-	+120	+72	-	+36	-	+12	0
Св. 50 до 65													+360	+200	+150	-	+145	+85	-	+43	-	+14	0
Св. 65 до 80													+380	+220	+170	-	+170	+100	-	+50	-	+15	0
Св. 80 до 100													+410	+240	+180	-	+200	+110	-	+60	-	+16	0
Св. 100 до 120													+460	+260	+200	-	+240	+130	-	+75	-	+17	0
Св. 120 до 140													+520	+280	+210	-	+280	+150	-	+90	-	+18	0
Св. 140 до 160													+580	+310	+230	-	+320	+170	-	+105	-	+19	0
Св. 160 до 180													+660	+340	+240	-	+360	+190	-	+120	-	+20	0
Св. 180 до 200													+740	+380	+260	-	+400	+210	-	+135	-	+21	0
Св. 200 до 225													+820	+420	+280	-	+450	+230	-	+150	-	+22	0
Св. 225 до 250																							

Для интервалов размеров, мм

$$\text{Пределы отклонения} = \pm \frac{ITn}{2}, \text{ где } n - \text{порядок вынорм качества}$$

Условное обозначение	Верхнее отклонение ES												
	J			K ³		M ^{3,4}		N ^{3,5}		Pдо ZC ⁵	R	S	
Квалитет	6	7	8	До 8	Св. 8	До 8	Св.8	До 8	Св. 8				До 7
Для интервалов размеров, мм	До 3	+2	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4	-6	-10	-14
	Св. 3 до 6	+5	+6	+10	-1+Δ	-	-4+Δ	-4	-8+Δ	0	-12	-15	-19
	Св. 6 до 10	+5	+8	+12	-1+Δ	-	-6+Δ	-6	-	0	-15	-19	-23
	Св.10 до 14	+6	+10	+15	-1+Δ	-	-7+Δ	-7	-	0	-18	-23	-28
	Св.14 до 18												
	Св.18 до 24	+8	+12	+20	-2+Δ	-	-8+Δ	-8	-	0	-22	-28	-35
	Св. 24 до 30												
	Св. 30 до 40	+10	+14	+24	-2+Δ	-	-9+Δ	-9	-	0	-26	-34	-43
	Св. 40 до 50												
	Св. 50 до 65	+13	+18	+28	-2+Δ	-	-11+Δ	-11	-	0	-32	-41	-53
	Св. 65 до 80												
	Св. 80 до 100	+16	+22	+34	-3+Δ	-	-13+Δ	-13	-	0	-37	-51	-71
	Св. 100 до 120												
	Св. 120 до 140	+18	+26	+41	-3+Δ	-	-15+Δ	-15	-	0	-43	-63	-92
	Св. 140 до 160												
	Св. 160 до 180												
Св. 180 до 200	+22	+30	+47	-4+Δ	-	-17+Δ	-15	-	0	-50	-77	-122	
Св. 200 до 225													
Св. 225 до 250													

Отклонение, как для квалитетов
свыше 7, увеличенное на Δ

Условное обозначение	Буквенное обозначение	Верхнее отклонение ES														
		T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	Δ, мкм					
		Свыше 7														
Для интервалов размеров, мм	До 3	-	-18	-	-20	-	-26	-32	-40	-60	3	4	5	6	7	8
	Св. 3 до 6	-	-23	-	-28	-	-35	-42	-50	-80	1,0	1,5	1	3	4	6
	Св. 6 до 10	-	-28	-	-34	-	-42	-52	-67	-97	1,0	1,5	2	3	6	7
	Св. 10 до 14	-	-33	-	-40	-	-50	-64	-90	-130	1,0	2,0	3	3	7	9
	Св. 14 до 18	-	-39	-45	-	-60	-77	-108	-150							
	Св. 18 до 24	-	-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1,5	2,0	3	4	8	12
	Св. 24 до 30	-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218						
	Св. 30 до 40	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1,5	3,0	4	5	9	14
	Св. 40 до 50	-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325						
	Св. 50 до 65	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2,0	3,0	5	6	11	16
	Св. 65 до 80	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480						
	Св. 80 до 100	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2,0	4,0	5	7	13	19
	Св. 100 до 120	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690						
	Св. 120 до 140	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23
	Св. 140 до 160	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900						
	Св. 160 до 180	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000						
Св. 180 до 200	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150	3	4	6	9	17	26	
Св. 200 до 225	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250							
Св. 225 до 250	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350							

1. Основные отклонения А и В не предусмотрены для размеров менее 1 мм.

2. Для полей допусков от J_{S7} до J_{S11} нечетные числовые значения IT могут быть округлены до ближайшего меньшего четного числа, чтобы

\pm
IT

предельные отклонения 2 были выражены целым числом микрометров.

3. Для определения значений отклонений К, М и N до 8-го качества (вкл.) и отклонений от Р до ZC до 7-го качества (вкл.) следует использовать величины в графах справа.

4. Специальные случаи: поле допуска М6 в интервале размеров от 250 до 315 мм ES=-9 мкм (вместо -11 мкм); поле допуска М8 предусмотренно только для размеров свыше 3 мм.

5. Основные отклонения N для качества до 8-го не предусмотрены для размеров менее 1 мм.

Значения основных отклонений валов, мкм

Условное обозначение	Буквенное обозначение	Верхнее отклонение es													js ²
		a'	b'	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h			
Для интервалов размеров, мм	Квалитет	Все квалитеты													$\pm \frac{ITn}{2}$, где n – порядковый номер квалитета
	До 3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	0	0	
	Св. 3 до 6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	0	0	
	Св. 6 до 10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	0	0	
	Св. 10 до 14	-290	-150	-95	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0	0	0	
	Св. 14 до 18	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0	0	0	
	Св. 18 до 24	-310	-170	-120	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0	0	0	
	Св. 24 до 30	-320	-180	-130	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0	0	0	
	Св. 30 до 40	-340	-190	-140	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0	0	0	
	Св. 40 до 50	-360	-200	-150	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0	0	0	
	Св. 50 до 65	-380	-220	-170	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0	0	0	
	Св. 65 до 80	-410	-240	-180	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	
	Св. 80 до 100	-460	-260	-200	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	
	Св. 100 до 120	-520	-280	-210	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	
	Св. 120 до 140	-580	-310	-230	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	
	Св. 140 до 160	-660	-340	-240	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	
	Св. 160 до 180	-740	-380	-260	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	
Св. 180 до 200	-820	-420	-280	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0		
Св. 200 до 225															
Св. 225 до 250															

Словное обозначение	Буквенное обозначение	Нижнее отклонение еі										
		j		8	k		m ³	n	p	r	s	
		5 и 6	7		От 4 до 7	До 3 и свыше 7						
Для интервалов размеров, мм	Квалитет	Все квалитеты										
	До 3	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	
	Св. 3 до 6	-2	-4	-	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	
	Св. 6 до 10	-2	-5	-	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	
	Св. 10 до 14	-3	-6	-	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	
	Св. 14 до 18											
	Св. 18 до 24	-4	-8	-	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	
	Св. 24 до 30											
	Св. 30 до 40	-5	-10	-	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	
	Св. 40 до 50											
	Св. 50 до 65	-7	-12	-	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	
	Св. 65 до 80											
	Св. 80 до 100	-9	-15	-	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	
	Св. 100 до 120											
	Св. 120 до 140	-11	-18	-	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	
	Св. 140 до 160											
Св. 160 до 180												
Св. 180 до 200	-13	-21	-	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122		
Св. 200 до 225												
Св. 225 до 250												

Продолжение приложения 18

Условное обозначение	Буквенное обозначение	Нижнее отклонение ei										
		t	u	v	x	y	z	za	zb	zc		
Все квалификации												
До 3		-	+18	-	+20	-	+26	+32	+40	+60		
Св. 3 до 6		-	+23	-	+28	-	+35	+42	+50	+80		
Св. 6 до 10		-	+28	-	+34	-	+42	+52	+67	+97		
Св. 10 до 14		-	+33	-	+40	-	+50	+64	+90	+130		
Св. 14 до 18				+39	+45	-	+60	+77	+108	+150		
Св. 18 до 24		-	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188		
Св. 24 до 30		+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218		
Св. 30 до 40		+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274		
Св. 40 до 50		+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325		
Св. 50 до 65		+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405		
Св. 65 до 80		+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480		
Св. 80 до 100		+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585		
Св. 100 до 120		+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690		
Св. 120 до 140		+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800		
Св. 140 до 160		+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900		
Св. 160 до 180		+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000		
Св. 180 до 200		+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150		
Св. 200 до 225		+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250		
Св. 225 до 250		+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350		

Для интервалов размеров, мм

1. Основные отклонения a и b не предусмотрены для размеров менее 1 мм.
2. Для полей допусков от js7 до js11 нечетные числовые значения IT могут быть округлены до ближайшего меньшего четного числа, чтобы $\pm \frac{IT}{2}$
3. Специальный случай: поле допуска m7 предусмотрено лишь для размеров свыше 3 мм.

предельные отклонения 2 были выражены целым числом микрометров.

**Предельные зазоры в посадках с гарантированным зазором
в системе отверстия**

Посадки	Зазоры	Зазоры, мкм, при номинальных размерах												
		От 1 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
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\frac{H5}{g4}$	min	2	4	5	6	7	9	10	12	14	15	17	18	20
	max	9	13	15	19	22	27	31	37	44	49	56	61	67
$\frac{H6}{g5}$	min	2	4	5	6	7	9	10	12	14	15	17	18	20
	max	12	17	20	25	29	36	42	49	57	64	72	79	87
$\frac{H7}{g6}$	min	2	4	5	6	7	9	10	12	14	15	17	18	20
	max	18	24	29	35	41	50	59	69	79	90	101	111	123
$\frac{H6}{f6}$	min	6	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68
	max	18	26	31	38	46	57	68	80	93	108	120	134	148
$\frac{H7}{f7}$	min	6	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68
	max	26	34	43	52	62	75	90	106	123	142	160	176	194
$\frac{H8}{f7}$	min	6	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68
	max	30	40	50	61	74	89	106	125	146	168	189	208	228
$\frac{H8}{f8}$	min	6	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68
	max	34	46	57	70	86	103	122	144	169	194	218	240	262

$\frac{H8}{f9}$	min max	6 45	10 58	13 71	16 86	20 105	25 126	30 150	36 177	43 206	50 237	56 267	62 291	68 320
$\frac{H9}{f8}$	min max	6 45	10 58	13 71	16 86	20 105	25 126	30 150	36 177	43 206	50 237	56 267	62 291	68 320
$\frac{H7}{e7}$	min max	14 34	20 44	25 55	32 68	40 82	50 100	60 120	72 142	85 165	100 192	110 214	125 239	135 261
$\frac{H7}{e8}$	min max	14 38	20 50	25 62	32 77	40 94	50 114	60 136	72 161	85 188	100 218	110 243	125 271	135 295
$\frac{H8}{e8}$	min max	14 42	20 56	25 69	32 86	40 106	50 128	60 152	72 180	85 211	100 244	110 272	125 303	135 329
$\frac{H8}{e9}$	min max	14 52	20 68	25 83	32 102	40 125	50 151	60 180	72 213	85 248	100 287	110 321	125 353	135 387
$\frac{H9}{e8}$	min max	14 52	20 68	25 83	32 102	40 125	50 151	60 180	72 213	85 248	100 287	110 321	125 353	135 387
$\frac{H9}{f9}$	min max	6 56	10 70	13 85	16 102	20 124	25 149	30 178	36 210	43 243	50 280	56 316	62 342	68 378
$\frac{H7}{d8}$	min max	20 44	30 60	40 77	50 95	65 119	80 144	100 176	120 209	145 248	170 288	190 323	210 356	230 390
$\frac{H8}{d8}$	min max	20 48	30 66	40 84	50 104	65 131	80 158	100 192	120 228	145 271	170 314	190 352	210 388	230 424
$\frac{H9}{e9}$	min max	14 64	20 80	25 97	32 118	40 144	50 174	60 208	72 246	85 285	100 330	110 370	125 405	135 445

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\frac{H8}{d9}$	min	20	30	40	50	65	80	100	120	145	170	190	210	230
	max	59	78	98	120	150	181	220	261	308	367	401	490	482
$\frac{H9}{d9}$	min	20	30	40	50	65	80	110	120	145	170	190	210	230
	max	70	90	112	136	169	204	248	294	345	400	450	490	540
$\frac{H10}{d10}$	min	20	30	40	50	65	80	100	120	145	170	190	210	230
	max	100	126	156	190	233	280	340	400	465	540	610	670	730
$\frac{H11}{d11}$	min	20	30	40	50	65	80	100	120	145	170	190	210	230
	max	140	180	220	270	325	400	480	560	645	750	830	930	1030

Примечание: □ – предпочтительные посадки

**Предельные натяги в посадках с гарантированным натягом
в системе отверстия**

Посадки	Натяги	Натяги, мкм, при номинальных размерах до 120 мм													
		От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 14	Св. 14 до 18	Св. 18 до 24	Св. 24 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
$\frac{H6}{p5}$	min	0	4	6	7	7	9	9	10	10	13	13	15	15	
	max	10	17	21	26	26	31	31	37	37	45	45	52	52	
$\frac{H6}{r5}$	min	4	7	10	12	12	15	15	18	18	22	24	29	32	
	max	14	20	25	31	31	37	37	45	45	54	56	66	69	
$\frac{H6}{s5}$	min	8	11	14	17	17	22	22	27	27	34	40	49	57	
	max	18	24	29	36	36	44	44	54	54	66	72	86	94	
$\frac{H7}{p6}$	min	4	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	
	max	12	20	24	29	29	35	35	42	42	51	51	59	59	
$\frac{H7}{r6}$	min	0	3	4	5	5	7	7	9	9	11	13	16	19	
	max	16	23	28	34	34	41	41	50	50	60	62	73	76	
$\frac{H7}{s6}$	min	4	7	8	10	10	14	14	18	18	23	29	36	44	
	max	20	27	32	39	39	48	48	59	59	72	78	93	101	
$\frac{H7}{s7}$	min	4	7	8	10	10	14	14	18	18	23	29	36	44	
	max	24	31	38	46	46	56	56	68	68	83	89	106	114	

$\frac{H7}{t6}$	min max	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	20 54	23 64	29 70	36 85	45 94	56 113	69 126
$\frac{H7}{u7}$	min max	8 28	11 35	13 43	15 51	15 51	20 62	27 69	35 85	45 95	57 117	72 132	89 159	109 179		
$\frac{H8}{s7}$	min max	0 24	1 31	1 38	1 46	1 46	2 56	2 56	4 68	4 68	7 83	13 89	17 106	25 114		
$\frac{H8}{u8}$	min max	4 32	5 41	6 50	6 60	6 60	8 74	15 81	21 99	31 109	41 133	56 148	70 178	90 198		
$\frac{H8}{x8}$	min max	6 34	10 46	12 56	13 67	18 72	21 87	31 97	41 119	58 136	76 168	100 192	124 232	156 264		
$\frac{H8}{z8}$	min max	12 40	17 53	20 64	23 77	33 87	40 106	55 121	73 151	97 175	126 218	164 256	204 312	256 364		

Примечание: □ – предпочтительные посадки

**Предельные натяги в посадках с гарантированным натягом
в системе отверстия**

Посадки	Натяги	Натяги, мкм, при номинальных размерах св. 120 мм до 500 мм														
		Св. 120 до 140	Св. 140 до 160	Св. 160 до 180	Св. 180 до 200	Св. 200 до 225	Св. 225 до 250	Св. 250 до 280	Св. 280 до 315	Св. 315 до 355	Св. 355 до 400	Св. 400 до 450	Св. 450 до 500			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
$\frac{H6}{p5}$	min	18	18	18	21	21	21	24	24	26	26	28	28			
	max	61	61	61	70	70	70	79	79	87	87	95	95			
$\frac{H6}{r5}$	min	38	40	43	48	51	55	62	66	72	78	86	92			
	max	81	83	86	97	100	104	117	121	133	139	153	159			
$\frac{H6}{s5}$	min	67	75	83	93	101	111	126	138	154	172	192	212			
	max	110	118	126	142	150	160	181	193	215	233	259	279			
$\frac{H7}{p6}$	min	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5			
	max	68	68	68	79	79	79	88	88	98	98	108	108			
$\frac{H7}{r6}$	min	23	25	28	31	34	38	42	46	51	57	63	69			
	max	88	90	93	106	109	113	126	130	144	150	166	172			
$\frac{H7}{s6}$	min	52	60	68	76	84	94	106	118	133	151	169	189			
	max	117	125	133	151	159	169	190	202	226	244	272	292			
$\frac{H7}{s7}$	min	52	60	68	76	84	94	106	118	133	151	169	189			
	max	132	140	148	168	176	186	210	222	226	265	295	315			
$\frac{H7}{t6}$	min	82	94	106	120	134	150	166	188	211	237	267	297			
	max	147	159	171	195	209	225	250	272	304	330	370	400			

$\frac{H7}{u7}$	min	130	150	170	190	212	238	263	298	333	378	427	477
	max	210	230	250	282	304	303	367	402	447	492	553	603
$\frac{H8}{s7}$	min	29	37	45	50	58	68	77	89	101	119	135	155
	max	132	140	148	168	176	186	210	222	247	265	295	315
$\frac{H8}{u8}$	min	107	127	147	164	186	212	234	269	301	346	393	443
	max	233	253	273	308	330	356	396	431	479	524	587	637
$\frac{H8}{x8}$	min	185	217	247	278	313	353	394	444	501	571	643	723
	max	311	343	373	422	457	497	556	606	679	749	837	917
$\frac{H8}{z8}$	min	302	352	402	448	503	568	629	709	811	911	1003	1153
	max	428	478	528	592	647	712	791	871	989	1089	1197	1347

Примечание: □ – предпочтительные посадки

**Минимальные требования к величине шероховатости поверхности
в зависимости от допусков размера и формы**

Допуск размера по квалитетам	Допуск формы от допуска размера, %	Номинальные размеры, мм			
		до 18	св. 18 до 50	св. 50 до 120	св. 120 до 500
		Значения Ra мкм, не более			
IT4	100	0,4	0,8	0,8	1,6
	60	0,2	0,4	0,4	0,8
	40	0,1	0,2	0,2	0,4
IT5	100	0,4	0,8	1,6	1,6
	60	0,2	0,4	0,8	0,8
	40	0,1	0,2	0,4	0,4
IT6	100	0,8	1,6	1,6	3,2
	60	0,4	0,8	0,8	1,6
	40	0,2	0,4	0,4	0,8
IT7	100	1,6	3,2	3,2	3,2
	60	0,8	1,6	1,6	3,2
	40	0,4	0,8	0,8	1,6
IT8	100	1,6	3,2	3,2	3,2
	60	0,8	1,6	3,2	3,2
	40	0,4	0,8	1,6	1,6
IT9	100 и 60	3,2	3,2	6,3	6,3
	40	1,6	3,2	3,2	6,3
	25	0,8	1,6	1,6	3,2
IT10	100 и 60	3,2	6,3	6,3	6,3
	40	1,6	3,2	3,2	6,3
	25	0,8	1,6	1,6	3,2
IT11	100 и 60	6,3	6,3	12,5	12,5
	40	3,2	3,2	6,3	6,3
	25	1,6	1,6	3,2	3,2
IT12 и IT13	100 и 60	12,5	12,5	25	25
	40	6,3	6,3	12,5	12,5

Приложение 23
(справочное)

Рекомендуемые значения параметра отклонения формы, мкм

					0,3		0,5	0,6	0,8
1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8
10	12	16	20	25	30	40	50	60	80
100	120	160	200	250	300	400	500	600	800

Приложение 24
(справочное)

Параметры шероховатости измерительных калибров Ra

Квалитеты калибров			D _N мм от 0,1 до 100	D _N , мм св. 100 до 360
пробок	скоб	контркалибров	параметр шероховатости по ГОСТ 2789-73 мкм	
6		6 – 9	0,040	0,080
7 – 9	6 – 9	10 и грубее	0,080	0,160
10 – 12	10 – 12	-	0,160	0,160
13 и грубее	-	-	0,32	0,32

Приложение 25
(справочное)

Значение предела текучести σ_T для конструкционных сталей

Марка стали	σ_T не менее МПа	Марка стали	σ_T не менее МПа
15	240	45	360
20	260	50	380
25	280	15Г	250
30	300	30Г	320
35	320	40Г	360
40	340	50Г	400

Нормальные габаритные размеры подшипников

Условное обозначение подшипников	Габаритные размеры, мм			Радиус закругления фаски, мм
	внутренний диаметр	наружный диаметр	ширина (кроме конических роликоподшипников)	
		Легкая серия		
204	20	47	14	1,5
205	25	52	15	1,5
206	30	62	16	1,5
207	35	72	17	2,0
208	40	80	18	2,0
209	45	85	19	2,0
210	50	90	20	2,0
211	55	100	21	2,5
212	60	110	22	2,5
213	65	120	23	2,5
214	70	125	24	2,5
215	75	130	25	2,5
216	80	140	26	3,0
217	85	150	28	3,0
218	90	160	30	3,0
220	100	180	34	3,5
		Средняя серия		
305	25	62	17	2,0
306	30	72	19	2,0
307	35	80	21	2,5
308	40	90	23	2,5
309	45	100	25	2,5
310	50	110	27	3,0
311	55	120	29	3,0
312	60	130	31	3,5
313	65	140	33	3,5
314	70	150	35	3,5
315	75	160	37	3,5
316	80	170	39	3,5
317	85	180	41	4,0
318	90	190	43	4,0
		Тяжелая серия		
406	30	90	23	2,5
407	35	100	25	2,5
408	40	110	27	3,0
409	45	120	29	3,0
410	50	130	31	3,5
411	55	140	33	3,5
412	60	150	35	3,5
413	65	160	37	3,5
414	70	180	42	4,0
415	75	190	45	4,0

**Допускаемые интенсивности нагрузок
на посадочной поверхности вала и корпуса**

Диаметр отверстия внутреннего кольца подш., мм		Допускаемые значения P_R , кН/М			
		поля допусков для валов			
свыше	до	Js6	k6	m6	n6
18	80	До 300	300-1350	1350-1600	1600-3000
80	180	До 550	550-2000	2000-2500	2500-4000
180	360	До 700	700-3000	3000-3500	3500-6000
360	630	До 900	900-3400	3400-4500	4500-8000
Диаметр наружного кольца, мм		поля допусков для отверстий корпусов			
свыше	до	K7	M7	N7	P7
50	180	До 800	800-1000	1000-1300	1300-2500
180	360	До 1000	1000-1500	1500-2000	2000-3300
360	630	До 1200	1200-2000	2000-2600	2600-4000
630	1600	До 1600	1600-2500	2500-3500	3500-5500

Посадки для местно – нагруженных колец подшипников

Диаметр, мм		Посадки		Типы подшипников	
свыше	до	на вал (ось)	в корпус стальной или чугунный		
			неразъемный		разъемный
Нагрузка спокойная или с умеренн. толчками и вибрацией $K_p=1$					
-	80	h6	H7	все типы, кроме штамповых игольчатых	
80	260	g6, f7	G7		
260	500	f7			
Нагрузка с ударами и вибрацией $K_p > 1$					
-	80	h6	Js7	все типы, кроме штампованных игольчатых роликовых двухрядных	
80	260				
260	500	g6	H7		

Отклонения присоединительных диаметров подшипников качения *

Внутреннее кольцо подшипника				Наружное кольцо подшипника			
Номинальные диаметры, мм		Отклонения диаметра отверстия подшипников, мм		Номинальные диаметры, мм		Отклонение наружного диаметра подшипника, мм	
свыше	до	верхнее	нижнее	свыше	до	верхнее	нижнее
10	18	0	-8	-	18	0	-8
18	30	0	-10	18	30	0	-9
30	50	0	-12	30	50	0	-11
50	80	0	-15	50	80	0	-13
80	120	0	-20	80	120	0	-15
120	180	0	-25	120	150	0	-18
180	250	0	-30	150	180	0	-25
250	315	0	-35	180	250	0	-30
				250	315	0	-35
				315	400	0	-40
				400	500	0	-45

*класс точности «0».

Отклонение формы и шероховатости посадочных поверхностей под подшипники качения

Овальность и конусообразность посадочного места валов (осей) и отверстий корпусов не должна превышать под подшипники классов точности 0 и 6^{1/4} допуска на диаметр в любом сечении посадочной поверхности:

$$\Delta_{ов} = \frac{d_{max} - d_{min}}{2}, \quad \Delta_{кон} = \frac{d_{max} - d_{min}}{2}.$$

Шероховатость посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов под подшипники качения 0 класса точности

Номинальные диаметры, мм	Шероховатость поверхности R _a , мкм
до 80	0,63-1,25
св. 80 до 500	1,25-2,5

Биение заплечиков

Валов		Отверстия корпусов	
Номинальные диаметры валов, мм	Под подшипники «0» класса, мкм	Номинальные диаметры отверстия, мм	Под подшипники «0» класса, мкм
св. – до 50	20	св. – до 80	40
св. 50 до 120	25	св. 80 до 120	45
св. 120 до 250	30	св. 120 до 150	50
св. 250 до 315	35	св. 150 до 180	60
		св. 180 до 250	70

Приложение 31
(справочное)

Основные размеры соединений с призматическими шпонками (выборка), мм

Диаметр вала		Номинальный размер шпонки			Номинальный размер паза	
свыше	до	bхh	l		глубина по валу t_1	глубина по втулке t_2
			от	до		
12	17	5x5	10	56	3,0	2,3
17	22	6x6	14	70	3,5	2,8
22	30	8x7	18	90	4,0	3,3
30	38	10x8	22	110	5,0	3,3
38	44	12x8	28	140	5,0	3,3
44	50	14x9	36	160	5,5	3,8
50	58	16x10	45	180	6,0	4,3
58	65	18x11	50	200	7,0	4,4
65	75	20x12	56	220	7,5	4,9
75	85	22x14	63	250	9,0	5,4
85	95	25x14	70	280	9,0	5,4
95	110	28x16	80	320	10,0	6,4
110	130	32x18	90	360	11,0	7,4

Примечание: 1. Длина шпонок должна выбираться из ряда: 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360;
2. На рабочем чертеже проставляется один размер для вала t_1 (предпочтительный вариант), или $d - t_1$, и для втулки $D + t_2$.

Приложение 32
(справочное)

Основные размеры соединений с сегментными шпонками (выборка), мм

Диаметр вала		Размеры шпонок в х h x d	Номинальный размер паза	
свыше	до		глубина на валу, t_1	глубина во втулке, t_2
5	6	2x2,5x7	1,8	1,0
6	7	2x3,7x10	2,9	1,0
7	8	2,5x3,7x10	2,7	1,2
8	10	3x5,0x13	3,8	1,4
10	12	3x6,5x16	5,3	1,5
12	14	4x6,5x16	5,0	1,8
14	16	4x7,5x19	6,0	1,8
16	18	5x6,5x16	4,5	2,3
18	20	5x7,5x19	5,5	2,3
20	22	5x9,0x22	7,0	2,3
22	25	6x9,0x22	6,5	2,8
25	28	6x10x25	7,0	3,3
28	32	8x11x28	8,0	3,3
32	38	10x13x22	10,0	3,3

Примечание: на рабочем чертеже проставляется один размер для вала t_1 (предпочтительный вариант) или $d - t_1$ и для втулки $D + t_2$.

Приложение 33
(справочное)

**Ориентировочное назначение посадок в соединениях
с сегментными и призматическими шпонками**

Ширина шпонки	h9	h9	h9
Ширина паза на валу	P9	N9	H9
Ширина паза во втулке	P9	Js9	D10
Назначение посадок	При плотном соединении	При нормальном соединении	При свободном соединении

Приложение 34
(справочное)

**Предельные отклонения несопрягаемых размеров
соединений с призматическими и сегментными шпонками**

Высота шпонки						h11	
Длина призматической шпонки						h14	
Длина паза на валу под призматическую шпонку						h15	
Диаметр сегментной шпонки						h12	
Глубина паза							
под призматическую шпонку				под сегментную шпонку			
на валу t_1 (или $d - t_1$)* и во втулке t_2 (или $D + t_2$)			на валу t_1 (или $d - t_1$)*			во втулке t_2 (или $D + t_2$)	
при h, мм							
От 2 до 6	Св. 6 до 18	Св. 18 До 50	От 1,4 до 3,7	От 3,7 до 7,5	Свыше 7,5	От 1,4 до 10	Св. 10
+0,1 0	+0,2 0	+0,3 0	+0,1 0	+0,2 0	+0,3 0	+0,1 0	+0,2 0

*Для указанного размера те же предельные отклонения назначаются со знаком минус.

Приложение 35
(справочное)

Значение единицы допуска для интервалов размеров в ЕСДП ($i = 0,45 \sqrt[3]{D_u} + 0,001D_u$)

Интервалы номинальных размеров, мм	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
Единица допуска i , мкм	0,6	0,75	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	4,0

**Размеры прямоугольных шлицевых
соединений (выборка), мм**

zxdxD	b	d ₁	zxdxD	B	d ₁			
Соединения	легкой	серии	10x72x82	12	67,4			
6x23x26	6	22,1	10x82x92	12	77,1			
6x26x30	6	24,6	10x92x102	14	87,3			
6x28x32	7	26,7	10x102x112	16	97,7			
8x32x36	6	30,4	Соединения	тяжелой	серии			
8x36x40	7	34,5						
8x42x46	8	40,4						
8x46x50	9	44,6						
8x52x58	10	49,7						
8x56x62	10	53,6						
8x62x68	12	59,8						
10x72x78	12	69,6						
10x82x88	12	79,3						
10x92x98	14	89,4						
10x102x108	16	99,9						
10x112x120	18	108,8						
Соединения	средней	серии				10x16x20	2,5	14,1
8x32x38	6	29,4				10x18x23	3	15,6
8x36x42	7	33,5				10x21x26	3	18,5
8x42x48	8	39,5				10x23x29	4	20,3
8x46x54	9	42,7				10x26x32	4	23,0
8x52x60	10	48,7	10x28x35	4	24,4			
8x56x65	10	52,2	10x32x40	5	28,0			
8x62x72	12	57,8	10x36x45	6	31,3			
			10x42x52	6	36,9			
			10x46x56	7	40,9			
			16x52x60	5	47,0			
			16x56x65	5	50,6			
			16x62x72	6	56,1			
			16x72x82	7	65,9			
			20x82x92	6	75,6			
			20x92x102	7	85,6			
			20x102x115	8	94,0			
			20x112x125	9	104,0			

**Величина шероховатости поверхностей
элементов шлицевого соединения R_a , мкм**

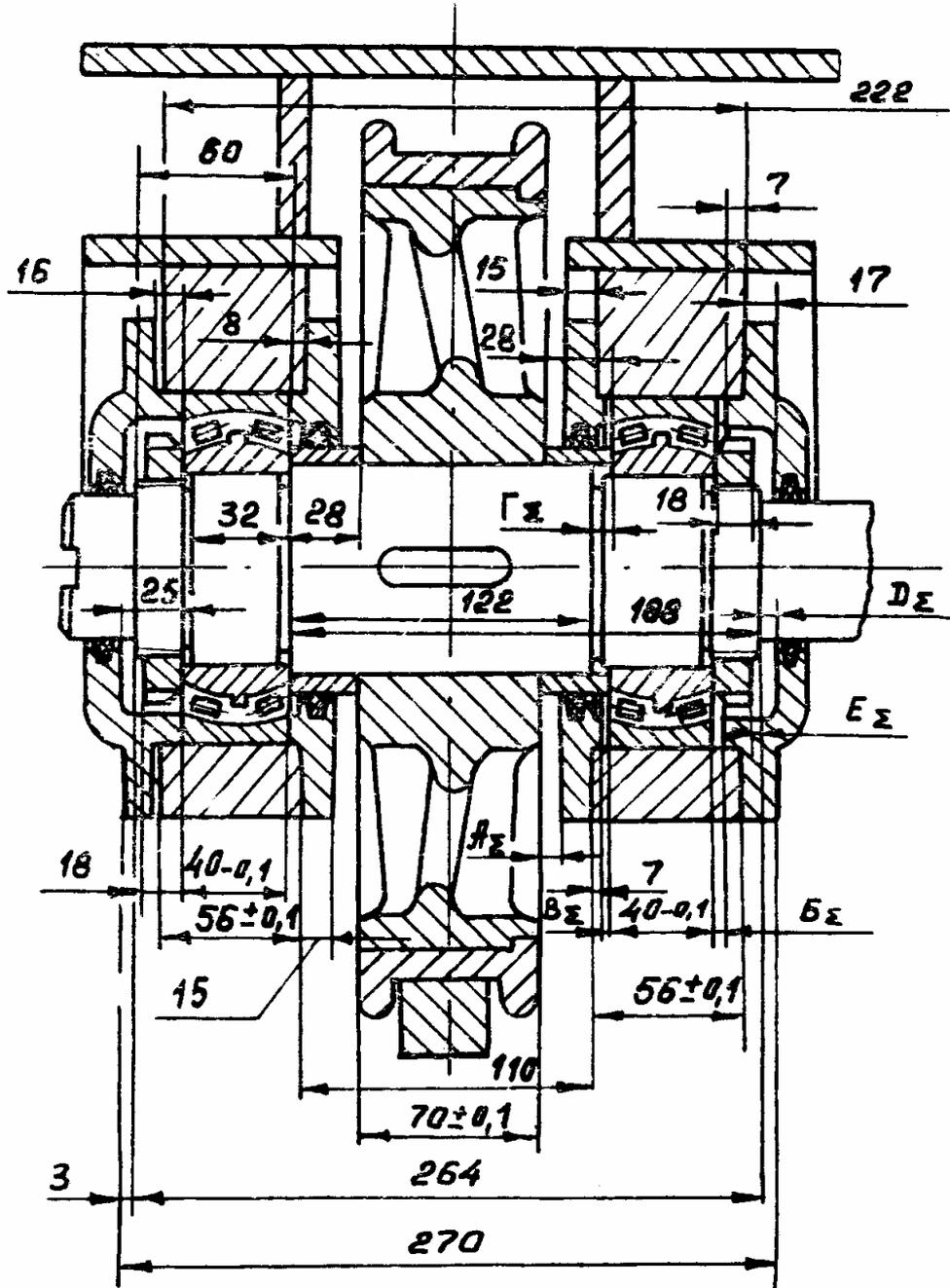
Точность изготовления (квалитет)	Центрирующие элементы			
	наружные и внутренние диаметры		толщина шлицевого вала	ширина впадин втулки
	вала	втулки		
5	0,25...0,32			
6	0,32...0,63	0,8...1,6		
7	0,8...1,25	1,6...2,0	0,4...1,0	0,8...1,0
8	1,0...1,25	1,6...2,5	0,4...0,63	0,8...1,25
9			0,8...1,0	1,6...2,0
10			0,8...1,25	1,6...2,5
	Нецентрирующие элементы			
	вала	втулки		
11	2,5...5,0	2,5...5,0		
12	4,0...8,0	4,0...8,0		

Коэффициент точности a (количество единиц допуска в допуске данного квалитета) для различных квалитетов

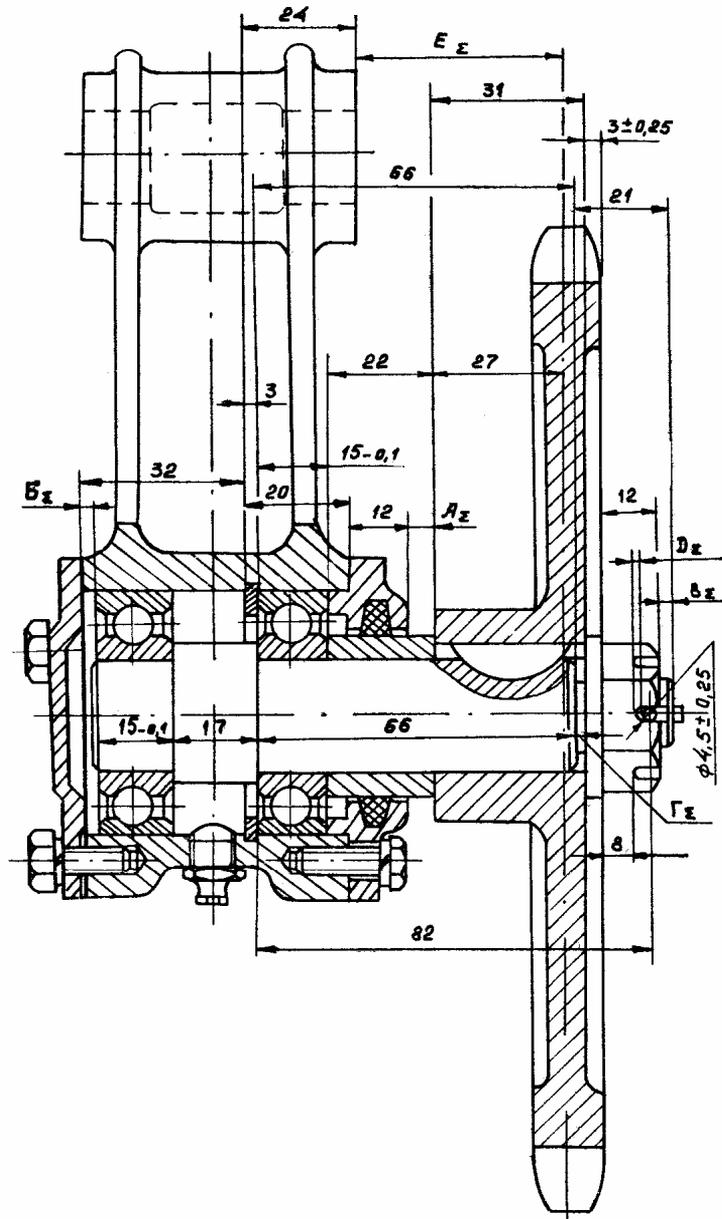
Квалитеты	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
a	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600

Шероховатость поверхности в зависимости от методов обработки

Обрабатываемые поверхности	Методы обработки	Параметры шероховатости													
		R _a			R _z			R _z							
		320	160	80	40	20	2,5	1,25	0,63	0,32	0,160	0,080	0,040	0,010	
Обрабатываемые поверхности	Обтачивание	Предварительное	•	•	•	•									
		Чистовое				•	•								
		Тонкое						•	•						
	Шлифование	Предварительное						•	•						
		Чистовое								•	•				
		Тонкое									•	•			
	Припирка	Грубая								•	•	•			
		Средняя									•	•	•		
		Тонкая										•	•	•	•
Наружные цилиндрические	Отделка абразивным полотном														
	Обкатывание роликом														
	Шлифование-отделка (суперфиниширование)														
Внутренние цилиндрические	Растачивание	Предварительное	•												
		Чистовое				•	•								
		Тонкое													
Внутренние цилиндрические	Сверление														
					•	•									
Внутренние цилиндрические	Зенкерование														
		Черновое (по корке)				•	•								
		Чистовое													
Внутренние цилиндрические	Развертывание														
		Нормальное													



Чертеж 1



Чертеж 5

Номинальные размеры замыкающих звеньев, мм

Номер чертежа	Замыкающее звено					
	A _Σ	B _Σ	B _Σ	Г _Σ	Д _Σ	Е _Σ
1	5	1	1	4	3	4
2	2	1	1	5	5	1
3	4	3	4	17	20	48
4	1	4	4	2	2	2
5	8	3	4	2	0,75	43

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 4 т. / В.И. Анурьев; под ред. И.Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1999. – Т.1. – 912 с.
2. Анухин В.И. Допуски и посадки: учеб. пособие / В.И. Анухин. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2005. – 207 с.
3. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: методические указания по изучению дисциплины / Всесоюз. с.-х. ин-т заоч. образования / сост. Н.Н. Черниговцев, Н.И. Веселовский. – М., 1991. – 90 с.
4. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: метод. указания. Лабораторные работы. Ч. 1 / В.В. Коноводов, О.А. Тихомиров, З.И. Ермолаева; под ред. М.А. Анфиногенова. – Новосибирск: Ротапринтный цех НСХИ, 1985. – 64 с.: ил.
5. Гетманов В.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие / В.Г. Гетманов, В.Е. Жужалов. – М.: Дели-принт, 2003. – 104 с.
6. Гончаров А.А. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие для студ. высш. учеб. завед. / А.А. Гончаров, В.Д. Копылов. – М.: Академия, 2004. – 240 с.
7. Дайлидко А.А. Стандартизация, метрология и сертификация на железнодорожном транспорте / А.А. Дайлидко, Ю.А. Юрченко. – М.: Желдориздат, 2002. – 262 с.
8. Дмитриевич А.М. Книга для начинающего слесаря / А.М. Дмитриевич. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Беларусь, 1991. – 271 с.: чертежи.
9. Дудин Б.М. Методические указания к выполнению курсовой работы по взаимозаменяемости, стандартизации и техническим измерениям (задание 1, 2, 3, 4, 5 и 6) / Б.М. Дудин. Челябинск. ин-т механиз. и электр. – Челябинск, 1980. – 96 с.
10. Жамбалов Ш.Ж. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: методическое указание по выполнению курсовой работы / Бурят. с.-х. ин-т; Ш.Ж. Жамбалов и др. – Улан-Удэ, 1988. – 52 с.
11. Захаров В.И. Взаимозаменяемость, качество продукции и контроль в машиностроении / В.И. Захаров. – Л.: Лениздат, 1990. – 302 с.; ил.
12. Иванов А.И. Практикум по взаимозаменяемости, стандартизации и техническим измерениям / А.И. Иванов, П.В. Полещенко. – М.: Колос, 1977. – 224 с.: ил.
13. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация: учебник / И.М. Лифиц. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт-Издат, 2005. – 345 с.
14. Маханько А.М. Контроль станочных и слесарных работ: учебник для проф. учеб. завед. / А.М. Маханько. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Академия, 1998. – 286 с.: ил.
15. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения» / Л.Ю. Андрющенко и др.; под ред. А.А. Вечтомова. – М.: МИИСП, 1990. – 97 с.: ил.
16. Метрология, стандартизация и сертификация: метод. руководство к выполнению курсовой работы / Новосиб. аграр. ун-т; сост. В.В. Коноводов, З.А. Лузянина, Р.В. Конорев. – Новосибирск, 2001. – 23 с.
17. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / Ю.Б. Борисов, А.С. Сигов, В.И. Нефедов и др.; под ред. А.С. Сигова. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 336 с. – (Профессиональное образование).

18. Никифоров А.Д. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие / А.Д. Никифоров, Т.А. Бакиев. – М.: Высш. школа, 2002. – 422 с.: ил.
19. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студ. высш. учеб. завед. / А.И. Аристов, Л.И. Карпов, В.М. Приходько, Т.М. Раковщик. – М.: Академия, 2006. – 384 с.
20. Никифоров А.Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / А.Д. Никифоров. – 3-е изд., испр. – М.: Высш шк., 2003. – 510 с.: ил.
21. Серый И.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / И.С. Серый. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 367 с.: ил.
22. Чижикова Т.В. Стандартизация, сертификация и метрология. Основы взаимозаменяемости / Т.В. Чижикова. – М.: КолосС, 2003. – 240 с.: ил.
23. Яблонский О.П. Основы стандартизации, метрологии, сертификации: учебник / О.П. Яблонский, В.А. Иванова. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 448 с. (Серия «Высшее образование»).

Учебное издание

*Александр Викторович Кузьмин
Станислав Николаевич Шуханов*

**КУРС МЕТРОЛОГИИ,
СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ**

Учебное пособие

В авторской редакции

Компьютерная верстка
Т.А. Олоевой

Свидетельство о государственной аккредитации
№ 1289 от 23 декабря 2011 г.

Подписано в печать 4.03.13. Формат 70x108 1/16.
Уч.-изд. л. 18,42. Усл. печ. л. 24,54. Тираж 100. Заказ 387.

Издательство Бурятского госуниверситета
670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а
riobsu@gmail.com