



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра Технологии машиностроения

**Ольга Николаевна Дегтярева**  
**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ**  
**Электронное учебное пособие**

Кемерово 2015

© КузГТУ, 2015,  
© О. Н. Дегтярева,  
составление, 2015

[Вперед→](#)

УДК [681.2+006.1+658.62](075.8)(086.76)

Рецензент(ы) Клепцов А. А. – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технологии машиностроения» ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»  
Мирошин И. В. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии машиностроения» ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Дегтярева О. Н. .Метрология, стандартизация и сертификация учебное пособие [Электронный ресурс] для студентов направлений подготовки бакалавров «Машиностроение», «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / О. Н. Дегтярева; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева». – Кемерово, 2015.

Рассматривается материал по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация», предназначенный для самостоятельного изучения и подготовки к практическим занятиям и индивидуальным заданиям, приобретения навыков в работе с нормативно-техническими документами, проведения расчетов.

#### **Текстовое (символьное) электронное издание**

Минимальные системные требования: Частота процессора не менее 1,0 ГГц; ОЗУ 512 Мб; 20 Гб HDD; операционная система Windows XP; CD-ROM 4-скоростной; ПО для чтения файлов PDF-формата; SVGA-совместимая видеокарта; мышь.

© КузГТУ, 2015,  
© О.Н. Дегтярева,  
составление, 2015

[Вперед→](#)

Сведения о программном обеспечении, которое использовано для создания электронного издания	MS Word
Сведения о технической подготовке материалов для электронного издания	Редактор      З. М. Савина
Дата подписания к использованию/дата размещения на сайте	01.06.2015
Объем издания в единицах измерения объема носителя, занятого цифровой информацией (байт, Кб, Мб)	3,11 Мб
Продолжительность звуковых и видеофрагментов (в минутах)	–
Комплектация издания (количество носителей, наличие сопроводительной документации)	1 CD-диск, без сопроводительной документации
Наименование и контактные данные юридического лица, осуществившего запись на материальный носитель	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева» 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28 Тел./факс: 8(3842) 58-35-84 Email: <a href="mailto:prorector@kuzstu.ru">prorector@kuzstu.ru</a>

[Вперед →](#)

## Оглавление

<u>Предисловие</u> . . . . .	7
<b><u>РАЗДЕЛ 1. МЕТРОЛОГИЯ</u></b> . . . . .	8
<u>1.1. Понятие метрологии и правовые основы метрологической деятельности</u> . . . . .	8
<u>1.2. Понятие о физической величине. Системы физических единиц</u> . . . . .	10
<u>1.3. Измерение физических величин</u> . . . . .	14
<u>1.4. Классификация средств измерения</u> . . . . .	16
<u>1.5. Метрологические свойства и метрологические характеристики средств измерений</u> . . . . .	18
<u>1.6. Виды и методы измерений</u> . . . . .	21
<u>1.7. Система воспроизведения единиц величин</u> . . . . .	23
<u>1.8. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ)</u> . . . . .	27
<u>1.9. Государственное регулирование в области обеспечения единства измерения</u> . . . . .	33
<b><u>РАЗДЕЛ 2. СТАНДАРТИЗАЦИЯ</u></b> . . . . .	36
<u>2.1. Понятия и правовые основы стандартизации</u> . . . . .	36
<u>2.2. Цели, принципы, функции стандартизации</u> . . . . .	37
<u>2.3. Методы стандартизации</u> . . . . .	40
<u>2.4. Документы в области стандартизации</u> . . . . .	43
<u>2.5. Технический регламент. Порядок разработки и принятия технического регламента</u> . . . . .	44
<u>2.6. Государственные органы и службы стандартизации</u> . . . . .	48
<b><u>РАЗДЕЛ 3. СЕРТИФИКАЦИЯ</u></b> . . . . .	51
<u>3.1. Понятия и правовые основы сертификации</u> . . . . .	51
<u>3.2. Формы подтверждения соответствия</u> . . . . .	53
<u>3.3. Порядок проведения сертификации</u> . . . . .	55
<u>3.4. Правила проведения сертификации</u> . . . . .	57
<b><u>РАЗДЕЛ 4. ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ТИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ</u></b> . . . . .	63
<u>4.1. Виды взаимозаменяемости</u> . . . . .	63
<u>4.2. Основные понятия в области взаимозаменяемости</u> . . . . .	65
<u>4.3. Понятия о соединениях (сопряжениях) и посадках</u> . . . . .	68
<u>4.4. Система допусков и посадок для гладких элементов деталей (система ЕСДП)</u> . . . . .	71

<u>4.5. Взаимозаменяемость подшипников качения</u> .....	76
<u>4.5.1. Точность геометрических параметров подшипников качения</u> .....	76
<u>4.5.2. Поля допусков колец подшипников качения</u> .....	78
<u>4.5.3. Выбор посадок для колец подшипников</u> .....	80
<u>4.6. Взаимозаменяемость резьбовых соединений</u> .....	83
<u>4.6.1. Классификация резьбовых соединений</u> .....	83
<u>4.6.2. Основные параметры метрической резьбы</u> .....	84
<u>4.6.3. Приведенный средний диаметр</u> .....	86
<u>4.6.4. Поля допусков для метрической резьбы. Обозначение резьбы</u> .....	90
<u>4.7. Взаимозаменяемость шпоночных соединений</u> .....	92
<u>4.7.1. Назначение и классификация шпоночных сопряжений</u>	92
<u>4.7.2. Соединения с призматическими шпонками</u> .....	93
<u>4.8. Взаимозаменяемость шлицевых соединений</u> .....	95
<u>4.8.1. Назначение и классификация шлицевых сопряжений</u> .	95
<u>4.8.2. Шлицевые соединения с прямобочным профилем</u> ....	96
<u>4.9. Взаимозаменяемость зубчатых колес и передач</u> .....	98
<u>4.9.1. Принципы взаимозаменяемости зубчатых колес и передач</u> .....	98
<u>4.9.2. Требования к точности зубчатых колес и передач. Условные обозначения</u> .....	100
<u>4.10. Допуски на угловые размеры. Взаимозаменяемость гладких конических соединений</u> .....	103
<u>4.10.1. Система единиц на угловые размеры</u> .....	103
<u>4.10.2. Требования к точности угловых размеров</u> .....	105
<u>4.10.3. Конические соединения</u> .....	109
<u>4.11. Калибры для контроля гладких цилиндрических соединений</u> .....	112
<u>4.12. Шероховатость поверхности</u> .....	114
<u>4.12.1. Основные понятия и определения</u> .....	114
<u>4.12.2. Основные параметры шероховатости</u> .....	116
<u>4.12.3. Обозначение требований к поверхностным неровностям</u> .....	119
<u>4.13. Допуски формы и расположения поверхностей</u> .....	121
<u>4.13.1. Общие понятия о точности формы. Основные термины</u> .....	121
<u>4.13.2. Допуски и отклонения формы поверхностей</u> .....	122

<u>4.13.3. Общие понятия о точности расположения элементов деталей</u> . . . . .	125
<u>4.13.4. Допуски и отклонения расположения поверхностей</u> .	126
<u>4.13.5. Общие понятия о суммарных отклонениях формы и расположения поверхностей</u> . . . . .	128
<u>4.13.6. Виды суммарных отклонений формы и расположения элементов деталей и условные знаки их допусков</u> . . . . .	129
<u>4.14. Размерные цепи</u> . . . . .	132
<u>4.14.1. Основные понятия о размерных цепях</u> . . . . .	132
<u>4.14.2. Виды размерных цепей</u> . . . . .	134
<u>4.14.3. Расчет точности размерных цепей при обеспечении полной взаимозаменяемости</u> . . . . .	135
<u>4.14.4. Обеспечение точности размерных цепей при неполной взаимозаменяемости</u> . . . . .	138
<u>Список использованной литературы</u> . . . . .	142

## Предисловие

Данное учебное пособие разработано на кафедре «Технологии машиностроения» Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева, с учетом современных требований, нормативно-технических документов в области метрологии, стандартизации и сертификации.

Материал курса включает в себя четыре раздела: метрология, стандартизация, сертификация, взаимозаменяемость. В пособии представлены основные темы каждого из разделов.

В разделе метрологии рассматриваются понятия, связанные с обеспечением единства измерений, единообразия средств измерений. Рассматриваются правила метрологии, позволяющие свести к минимуму материальные потери от недостоверных результатов измерений.

В разделе стандартизации рассматриваются функции, методы и задачи стандартизации. Поскольку стандартизация является частью современной предпринимательской стратегии и инструментом обеспечения не только конкурентоспособности, но и эффективного партнерства, необходимо обладать навыками применения результатов работ по стандартизации.

В разделе сертификации рассматриваются вопросы, связанные с подтверждением соответствия. Сегодня поставщику недостаточно строго следовать требованиям прогрессивных стандартов – надо подкреплять выпуск товара и оказание услуги сертификатом безопасности или качества. Наибольшее доверие у заказчиков и потребителей вызывает сертификат на систему качества. Он создает уверенность в стабильности качества, свидетельствует о высокой культуре процессов производства продукции и предоставления услуг.

В разделе взаимозаменяемости рассматриваются единые принципы построения систем допусков и посадок типовых соединений, применяемых в машиностроении.

Цель учебного пособия – получение теоретических знаний по разделам дисциплины, помощь при подготовке к лабораторным занятиям, тестированию и промежуточному контролю.

[Вернуться в оглавление](#)

## РАЗДЕЛ 1. МЕТРОЛОГИЯ

### 1.1. Понятие метрологии и правовые основы метрологической деятельности

*Метрология* (от греческого «метро» – мера, «логос» – учение) – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства и требуемой точности измерений. Дословный перевод слова «метрология» – учение о мерах. Долгое время метрология оставалась в основном описательной наукой о различных мерах и соотношениях между ними.

Измерения играют важную роль в жизни человека. С измерениями он встречается на каждом шагу своей деятельности, начиная от определения расстояний на глаз и кончая контролем сложных технологических процессов и выполнением научных исследований. Развитие науки неразрывно связано с прогрессом в области измерений. Измерение – один из способов познания. Поэтому многие научные исследования сопровождаются измерениями, позволяющими установить количественные соотношения и закономерности изучаемых явлений. Улучшение качества продукции и повышение производительности в значительной степени обусловлены тем, насколько хорошо оснащено и организовано измерительное хозяйство предприятия. Автоматизация производства также не возможна без измерений, так как нельзя управлять объектом, не имея информации об объекте. С другой стороны, достижения производства в области получения новых материалов, новых элементов с расширенными функциональными свойствами, новой технологии отражаются на характеристиках средств измерений, создаются возможности для разработки принципиально новых средств измерений. Измерение – познавательный процесс, заключающийся в сравнении данной величины с известной величиной, принятой за единицу. Предметом метрологии является обработка количественной информации о свойствах объектов и процессов с заданной достоверностью.

К основным направлениям метрологии относятся:

- единицы физических величин и их системы;
- общая теория измерений;



- методы и средства измерений, методы определения точности измерений;
- основы обеспечения единства измерений и единообразия средств измерения;
- эталоны и образцовые средства измерений, методы передачи размеров единиц от эталонов и образцовых средств измерений рабочим средствам измерений.

Метрология имеет три направления:

*Теоретическая метрология* занимается вопросами фундаментальных исследований, созданием систем единиц измерений, физических постоянных, разработкой новых методов измерения.

*Прикладная (практическая) метрология* занимается вопросами практического применения в различных сферах деятельности результатов теоретических исследований в рамках метрологии.

*Законодательная метрология* включает совокупность взаимообусловленных правил и норм, направленных на обеспечение единства измерений, которые возводятся в ранг правовых положений (уполномоченными на то органами государственной власти), имеют обязательную силу и находятся под контролем государства.

Метрология относится к такой сфере деятельности, в которой основные положения обязательно должны быть закреплены стабильными законодательными актами. Главным законодательным актом, обеспечивающим единство измерений, является Закон РФ «Об обеспечении единства измерений».

Цели Закона:

- установление правовых основ обеспечения единства измерений в РФ;
- защита прав и законных интересов граждан, общества и государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений;
- обеспечение потребности граждан, общества и государства в получении объективных, достоверных и сопоставимых результатов измерений, используемых в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, животного и растительного мира, обеспечения обороны и безопасности государства, в том числе экономической безопасности;

- содействие развитию экономики РФ и научно-техническому прогрессу.

Основные статьи Закона устанавливают:

- основные метрологические понятия (термины и определения);
- требования к измерениям, единицам величин, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений;
- формы государственного регулирования в области обеспечения единства измерений.
- основные положения калибровки и сертификации средств измерений;
- основные положения, связанные с аккредитацией в области обеспечения единства измерений;
- требования к федеральному информационному фонду по обеспечению единства измерений;
- организационные основы обеспечения единства измерений;
- ответственность за нарушение законодательства РФ об обеспечении единства измерений;
- финансирование в области единства измерений.

[Вернуться в оглавление](#)

## **1.2. Понятие о физической величине. Системы физических единиц.**

Объектом метрологии являются физические величины. Физическая величина является понятием как минимум двух наук: физики и метрологии. По определению *физическая величина* представляет собой некое свойство объекта, процесса, общее для целого ряда объектов по качественным параметрам, отличающееся, однако, в количественном отношении (индивидуальная для каждого объекта). Классическим примером иллюстрации этого определения служит тот факт, что, обладая собственной массой и температурой, все тела имеют индивидуальные числовые значения этих параметров. Соответственно размер физической величины считается её количественным наполнением, содержанием, а в свою очередь значение физической величины представляет собой числовую оценку её размеров. В связи с этим существует по-

нятие однородной физической величины, когда она является носителем аналогичного свойства в качественном смысле. Таким образом, получение информации о значениях физической величины как некоего числа принятых для неё единиц и есть главная задача измерений.

В 1791 г. Национальным собранием Франции была принята первая в истории система единиц физических величин. Она представляла собой метрическую систему мер. В 1832 г. немецким математиком К. Гауссом была разработана и опубликована методика построения системы единиц, представляющая собой некую совокупность основных и производных единиц.

В основу методики заложено три основные независимые друг от друга величины: масса, длина, время. В качестве основных единиц измерения данных величин использованы миллиграмм, миллиметр и секунда, поскольку все остальные единицы измерения можно с легкостью вычислить с помощью минимальных. С развитием цивилизации и научно-технического прогресса возникли ещё ряд систем единиц физических величин, основанием для которых служит принцип Гаусса. Все эти системы построены как метрические, однако их отличием служат различные основные единицы. Так, на современном этапе развития выделяют следующие основные системы единиц физических величин:

1) *система СГС* (1881 г.), основными единицами являются следующие: сантиметр (см) – представленный в виде единицы длины, грамм (г) – в виде единицы массы, а также секунда (с) – в виде единицы времени;

2) *система МКГСС* (конец XIX в.), основными единицами являются следующие: метр как единица длины, килограмм-сила как единица силы и секунда как единица времени;

3) *система МКСА (1901)*, основы которой были созданы итальянским ученым Дж. Джорджи, который предложил в качестве единиц системы метр, килограмм, секунду, ампер.

В 1954 г. Генеральной конференцией по мерам и весам была утверждена *система СИ*. Был утвержден перечень шести основных, двух дополнительных и первый список 27 производных единиц, а также приставки для образования кратных и дольных единиц.

В России действует ГОСТ 8.417–2002, предписывающий обязательное использование СИ. В нем перечислены единицы измерения, приведены их русские и международные названия и установлены правила их применения. По этим правилам в международных документах и на шкалах приборов допускается использовать только международные обозначения. Во внутренних документах и публикациях можно использовать либо международные, либо русские обозначения (но не те и другие одновременно).

Основные и дополнительные единицы СИ с указанием сокращенных обозначений русскими и латинскими буквами приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Международная система единиц СИ

Величина	Размерность	Наименование единицы измерения	Обозначение	
			русское	международное
Длина, $l$	$L$	метр	м	$m$
Масса, $m$	$M$	килограмм	кг	$kg$
Время, $t$	$T$	секунда	с	$s$
Сила электрического тока, $I$	$I$	ампер	А	$A$
Термодинамическая температура, $T$	$\Theta$	кельвин	К	$K$
Сила света, $I_v$	$J$	кандела	кд	$cd$
Количество вещества, $n$	$N$		моль	
Дополнительные единицы				
Плоский угол	–	радиан	рад	$rad$
Телесный угол	–	стерадиан	ср	$sr$

Определения основных единиц, соответствующие решениям Генеральной конференции по мерам и весам, следующие

**Метр** равен длине пути, проходимого светом в вакууме за  $1/299792458$  долю секунды.

**Килограмм** равен массе международного прототипа килограмма.

**Секунда** равна 9192631770 периодам излучения соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия –133.

**Ампер** равен силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, вызывает на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную  $2 \cdot 10^{-7}$  Н.

**Кельвин** равен  $1/273,16$  части термодинамической температуры тройной точки воды

**Моль** равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг.

**Кандела** равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой  $540 \cdot 10^{12}$  Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет 1/683 Вт/ср.

**РадIAN** представляет собой угол между двух радиусов окружности, длина дуги между которыми равняется радиусу окружности. Если речь идет о градусах, то радиан равен  $57^{\circ}17'48''$ .

**Стерadian** представляет собой телесный угол, расположение вершины которого фиксируется в центре сферы, а площадь, вырезаемая данным углом на поверхности сферы, равна площади квадрата, сторона которого равна длине радиуса сферы.

Производные единицы получены из основных с помощью уравнений связи между физическими величинами. В системе СИ используют десятичные приставки. Приставки используют перед названиями единиц измерения. Они означают, что единицу измерения нужно умножить или разделить на определенное целое число, степень числа 10.

[Вернуться в оглавление](#)

### 1.3. Измерение физических величин

У физических величин есть качественные и количественные характеристики.

Качественное различие физических величин отражается в их размерности. Обозначение размерности установлено международным стандартом ИСО, им является символ  $dim$  (от латинского *dimension* – размерность). Обозначение размерности основных и дополнительных единиц системы СИ приведены в табл.1.1.

Размерность записывается следующим образом:  $dim l = L$ ,  $dim m = M$ ,  $dim t = T$  и т.д.

Для производной величины размерность выражается посредством размерности основных величин и степенного одночлена:

$$dim X = L^{\alpha} ? M^{\beta} ? T^{\gamma},$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – показатели степени размерности основных величин.

Каждый показатель размерности может быть положительным или отрицательным, целым или дробным, нулем. Если все показатели размерности равны нулю, то величина называется безразмерной. Она может быть относительной, определяемой как отношение одноименных величин (например, относительная диэлектрическая проницаемость), и логарифмической, определяемой как логарифм относительной величины (например, логарифм отношения мощностей или напряжений).

Количественная характеристика объекта измерения – это его размер, полученный в результате измерения. Самый элементарный способ получить сведения о размере определенной величины объекта измерения – это сравнить его с другим объектом. Результатом такого сравнения не будет точная количественная характеристика, оно позволит лишь выяснить, какой из объектов больше (меньше) по размеру. Сравнить могут не только два, но и большее число размеров. Если размеры объектов измерения расположить по возрастанию или убыванию, то получится **шкала порядка**. Процесс сортировки и расположения размеров по возрастанию или убыванию по шкале порядка называется **ранжированием**. Для удобства измерений определенные точки на шкале порядка фиксируются и называются опорными, или реперными.

Фиксированным точкам шкалы порядка могут ставиться в соответствие цифры, которые часто называют баллами. По шкалам порядка определяют твердость минералов, интенсивность землетрясения, силу ветра и т.п.

У реперных шкал порядка есть существенный недостаток: неопределенная величина интервалов между фиксированными реперными точками.

В этом плане преимущество есть у *шкалы интервалов*. Шкалой интервалов является, например, шкала измерения времени. Она поделена на большие интервалы – годы, большие интервалы поделены на меньшие – сутки. С помощью шкалы интервалов можно определить не только, какой из размеров больше, но и насколько один размер больше другого.

Недостаток шкалы интервалов заключается в том, что с её помощью нельзя определить, во сколько раз данный размер больше другого, потому что на шкале интервалов зафиксирован только масштаб, а начало отсчета не фиксировано и может устанавливаться произвольно.

Самым оптимальным является *шкала отношений*. Шкалой отношений является, например, шкала температуры Кельвина. На данной шкале есть фиксированное начало отсчета – абсолютный ноль (температура, при которой прекращается тепловое движение молекул). Основное преимущество шкалы отношений состоит в том, что с её помощью можно определить, во сколько раз один размер больше или меньше другого.

Размер объекта измерения может быть представлен в разных видах. Это зависит от того, на какие интервалы разбита шкала, с помощью которой измеряется данный размер. Например, время движения может быть представлено в следующих видах:  $T = 1 \text{ ч} = 60 \text{ мин} = 3600 \text{ с}$ . Это значения измеряемой величины. Числовыми значениями данной величины являются – 1, 60, 3600.

Значение величины может быть вычислено с помощью основного уравнения измерения, которое имеет вид:

$$Q = X [Q]$$

где  $Q$  – значение величины;

$X$  – числовое значение данной величины в установленной для неё единице;

$[Q]$  – установленная для данного измерения единица.

[Вернуться в оглавление](#)

## 1.4. Классификация средств измерения

**Средство измерения (СИ)** – это техническое средство или совокупность средств, применяющееся для осуществления измерений и обладающее нормированными метрологическими характеристиками. При помощи средства измерения физическая величина может быть не только обнаружена, но и измерена.

Средства измерения классифицируются по двум критериям.

### **I. По конструктивному исполнению.**

**1. Меры величины** – это средства измерения определенного фиксированного размера, многократно используемые для измерения. Выделяют:

- а) однозначные меры, стандартные образцы состава и материала;
- б) многозначные меры;
- в) наборы и магазины мер.

**2. Измерительные преобразователи (ИП)** – это средства измерения, выражающие измеряемую величину через другую величину или преобразующие её в сигнал измерительной информации, который в дальнейшем можно обрабатывать, преобразовывать и хранить. Измерительные преобразователи могут преобразовывать измеряемую величину по-разному. Выделяют:

- а) аналоговые преобразователи (АП);
- б) цифроаналоговые преобразователи (ЦАП);
- в) аналого-цифровые преобразователи (АЦП).

Измерительные преобразователи могут занимать различные позиции в цепи измерения: первичные, промежуточные.

**3. Измерительный прибор** – это средство измерения, посредством которого получается значение физической величины, принадлежащее фиксированному диапазону. В конструкции прибора обычно присутствуют устройства, преобразующие измеряемую величину с её индикациями в оптимально удобную для понимания форму. Для вывода измерительной информации в кон-



струкции прибора используется, например, шкала со стрелкой или цифроуказатель, посредством которого и осуществляется регистрация значения измеряемой величины. В некоторых случаях измерительный прибор синхронизируют с компьютером, и тогда вывод измерительной информации производится на дисплей.

В соответствии с методом определения значения измеряемой величины выделяют:

- а) измерительные приборы прямого действия;
- б) измерительные приборы сравнения.

**4. Измерительная установка** – это средство измерения, представляющее собой комплекс мер, ИП, измерительных приборов и прочее, выполняющих схожие функции, используемые для измерения фиксированного количества физических величин и собранные в одном месте. В случае, если измерительная установка используется для испытаний изделий, она является испытательным стендом.

**5. Измерительная система** – это средство измерения, представляющее собой объединение мер, ИП, измерительных приборов и прочее, выполняющих схожие функции, находящихся в разных частях определенного пространства и предназначенных для измерения определенного числа физических величин в данном пространстве.

## **II. По метрологическому назначению.**

**1. Рабочие средства измерения (РСИ)** это средства измерения, используемые для осуществления технических измерений. Рабочие средства измерения могут использоваться в различных условиях. Выделяют:

- а) лабораторные средства измерения;
- б) производственные средства измерения;
- в) полевые средства измерения.

К каждому отдельному виду рабочих средств измерения предъявляются определенные требования. Требования к лабораторным РСИ – высокая степень точности и чувствительности. К производственным РСИ – высокая степень устойчивости к вибрациям, ударам, перепадам температур. К полевым РСИ – устойчивость и исправная работа в различных температурных условиях, устойчивость к высокому уровню влажности.

**2. Эталоны** – это средства измерения с высокой степенью точности, применяющиеся в метрологических исследованиях для передачи сведений о размере единицы. Более точные средства измерения передают сведения о размере единицы и так далее, таким образом образуется своеобразная цепочка, в каждом следующем звене которой точность этих сведений чуть меньше, чем в предыдущем.

[Вернуться в оглавление](#)

## 1.5. Метрологические свойства и метрологические характеристики средств измерений

Метрологические свойства СИ – это свойства, влияющие на результат измерений и его погрешность. Показатели метрологических свойств являются их количественной характеристикой и называются метрологическими характеристиками.

Метрологические характеристики, устанавливаемые НД, называют нормированными метрологическими характеристиками.

Все метрологические свойства СИ можно разделить на две группы.

### **1. Свойства, определяющие область применения СИ;**

**Диапазон измерений** – область значений величины, в пределах которых нормированы допускаемые пределы погрешности. Значения величины, ограничивающие диапазон измерений снизу или сверху (слева и справа), называют соответственно нижним или верхним пределом измерений.

**Порог чувствительности** – наименьшее изменение измеряемой величины, которое вызывает заметное изменение выходного сигнала.

### **2. Свойства, определяющие качество измерения.**

Наиболее широко в метрологической практике используется свойство – точность измерения. Точность измерений СИ определяется их погрешностью.

**Точность измерений СИ** – качество измерений, отражающее близость их результатов к действительному (истинному) значению измеряемой величины. Точность определяется показателями абсолютной и относительной погрешности.

Точность может выражаться *абсолютной погрешностью*, которая определяется по формуле:

$$\Delta X_{\Pi} = X_{\Pi} - X_0,$$

где  $\Delta X_{\Pi}$  – погрешность поверяемого СИ;  $X_{\Pi}$  – значение той же самой величины, найденное с помощью поверяемого СИ;  $X_0$  – значение СИ, принятое за базу для сравнения, т.е. действительное значение.

Однако в большей степени точность СИ характеризует *относительная погрешность* ( $\delta$ ), т.е. выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к действительному значению величины, измеряемой или воспроизводимой данным СИ:

$$\delta = \frac{100 \cdot \Delta X_{\Pi}}{X_0}.$$

Точность может быть выражена обратной величиной относительной погрешности –  $1/\delta$ . Если погрешность  $\delta = 0,1\%$  или  $0,001 = 10^{-3}$ , то точность равна  $10^3$ .

В стандартах нормируют характеристики точности, связанные с другими погрешностями.

*Систематическая погрешность* – составляющая погрешности результата измерения, остающаяся постоянной (или же закономерно изменяющейся) при повторных измерениях одной и той же величины. Если эта погрешность известна, то её исключают из результатов разными способами, в частности введением поправок.

*Случайная погрешность* – составляющая погрешности результата измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) в серии повторных измерений одного и того же размера величины с одинаковой тщательностью. В проявлении этого вида погрешности не наблюдается какой-либо закономерности. Они неизбежны и неустранимы, всегда присутствуют в результатах измерения. При многократном и достаточно точном измерении они порождают рассеяние результатов.

Характеристиками рассеяния являются средняя арифметическая погрешность, средняя квадратическая погрешность, размах результатов измерений. Поскольку рассеяние носит вероят-

ностный характер, то при указании на значения случайной погрешности задают вероятность.

Рассмотрим два других свойства, определяющих качество измерений.

**Сходимость результатов измерений** – характеристика качества измерений, отражающая близость друг к другу результатов измерений одной и той же величины, выполненных повторно одними и теми же средствами, одним и тем же методом, в одинаковых условиях и с одинаковой тщательностью.

Высокая сходимость результатов измерения очень важна при оценке показателей качества товаров, приобретаемых потребителем в виде партии.

**Воспроизводимость результатов измерений** – повторяемость результатов измерений одной и той же величины, полученных в разных местах, разными методами, разными операторами, в разное время, но приведенных к одним и тем же условиям измерений (температуре, давлению, влажности и др.).

Номенклатура нормируемых метрологических характеристик СИ определяется назначением, условиями эксплуатации и многими другими факторами. Чем выше требуемая точность измерения, тем большее количество метрологических характеристик нормируется. Нормы и основные метрологические характеристики приводятся в эксплуатационной документации на СИ.

В повседневной производственной практике широко пользуются обобщенной характеристикой – классом точности.

**Класс точности СИ** – обобщенная характеристика, выражаемая пределами допускаемых (основной и дополнительной) погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность. Классы точности конкретного типа СИ устанавливают в НД. При этом для каждого класса точности устанавливают конкретные требования к метрологическим характеристикам, в совокупности отражающим уровень точности СИ данного класса. Обозначаются классы точности буквами латинского алфавита или цифрами.

Присваивают классы точности СИ при их разработке. В связи с тем, что при эксплуатации их метрологические характеристики обычно ухудшаются, допускается понижать класс точности по результатам поверки (калибровки).

[Вернуться в оглавление](#)

## 1.6. Виды и методы измерений

Цель измерения – получение значения этой величины в форме, наиболее удобной для использования. С помощью измерительного прибора сравнивают размер величины, информация о котором преобразуется в перемещение указателя, с единицей, хранимой шкалой этого прибора.

Виды измерений классифицируют по пяти признакам.

1. По общим приемам получения результатов измерений.

**Прямые измерения** – это непосредственное сравнение физической величины с её мерой.

**Косвенное измерение** – измерение, при котором искомое значение величины устанавливают по результатам прямых измерений таких величин, которые связаны с искомой известной зависимостью.

**Совокупные измерения** сопряжены с решением системы уравнений, составляемых по результатам одновременных измерений нескольких однородных величин.

**Совместные измерения** – это измерения двух или более неоднородных физических величин для определения зависимости между ними.

2. По отношению к изменению измеряемой величины.

**Статические измерения** – измерения, при которых измеряемая величина остается неизменной с течением времени.

**Динамические измерения** – измерения, при которых значение физической величины изменяется с течением времени.

**Статистические измерения** – измерения, при которых определяют характеристики случайных процессов.

3. По количеству измерительной информации.

**Однократные измерения** – это одно измерение одной величины, число измерений равно числу измеряемых величин.

**Множественные измерения** – это измерения, при которых количество измерений превышает количество измеряемых параметров (более трех).

4. По отношению к основным единицам измерения.

**Абсолютные измерения** – измерения, при которых используются прямые измерения одной (иногда нескольких) основных величин и физическая константа.

**Относительные измерения** – базируются на установлении отношения измеряемой величины к однородной, применяемой в качестве единицы.

5. По характеристике точности.

**Равноточные измерения** – это ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности СИ и в одних и тех же условиях.

**Неравноточные измерения** – это ряд измерений какой-либо величины, выполненные различными по точности СИ и (или) в разных условиях.

Рассмотрим понятие метода измерений.

**Метод измерений** – это прием или совокупность приемов сравнения измеряемой величины с её единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

Методы измерений классифицируют по четырем признакам.

1. По общим приемам получения результатов измерений.

**Прямой метод** – реализуется при прямом измерении.

**Косвенный метод** – реализуется при косвенном измерении.

2. По условиям измерения.

**Контактный метод** – метод, при котором чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения.

**Бесконтактный метод** – метод, при котором чувствительный элемент прибора не приводится в контакт с объектом измерения.

3. Исходя из способа сравнения измеряемой величины с её единицей.

**Непосредственной оценки** – метод, при котором значение физической величины определяют непосредственно по отсчетному устройству прибора прямого действия.

**Сравнения с мерой** – метод, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

Данный метод имеет следующие разновидности:

- а) метод противопоставлений;
- б) дифференциальный метод;
- в) нулевой метод;
- г) метод совпадений.

4. Исходя из получаемого результата.

**Поэлементный метод** – метод, при котором каждый параметр измеряется в отдельности.

**Комплексный метод** – метод, при котором измеряется суммарный показатель качества, на который оказывают влияние отдельные его составляющие.

[Вернуться в оглавление](#)

## 1.7. Система воспроизведения единиц величин

Система воспроизведения единиц величин и передачи информации об их размерах всем без исключения СИ в стране составляет техническую базу обеспечения единства измерений.

В соответствии с основным уравнением измерения измерительная процедура сводится к сравнению неизвестного размера с известным, в качестве которого выступает размер соответствующий единицы Международной системы. Воспроизведение единицы представляет собой совокупность операций по материализации единицы физической величины с наивысшей в стране точностью с помощью государственного эталона или исходного рабочего эталона. Различают воспроизведение основных и производных единиц. Размеры единиц могут воспроизводиться там же, где выполняются измерения (*децентрализованный способ*), либо информация о них должна передаваться с централизованного места их хранения или воспроизведения (*централизованный способ*). Децентрализованно воспроизводятся единицы многих производных физических величин. Основные единицы сейчас воспроизводятся только централизованно.

Централизованное воспроизведение единиц осуществляется с помощью специальных технических средств, называемых эталонами.

**Первичный эталон** это эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей в стране точностью. Первичные эталоны – это уникальные средства измерения, часто представляющие собой сложнейшие измерительные комплексы, созданные с учетом новейших достижений науки и техники на данный период.

**Специальный эталон** это эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы в особых условиях и служащий для этих условий.

**Государственные эталоны** это первичный или специальный эталоны, официально утвержденные в качестве исходного для страны.

**Вторичный эталон** это эталон, получающий размер единицы путем сличения с первичным эталоном рассматриваемой единицы.

К вторичным эталонам относятся:

**Эталоны – свидетели** – предназначены для проверки сохранности и неизменности государственного эталона и для замены его в случае порчи или утраты;

**эталоны сравнения** – применяются для сличения эталонов, которые по каким-либо причинам не могут непосредственно сличаться друг с другом;

**эталоны – копии** – используются для передачи размеров единиц рабочим эталонам.

Эталон должен отвечать трем основным требованиям: неизменность (способность удерживать неизменным размер воспроизводимой им единицы в течение длительного интервала времени); воспроизводимость (воспроизведение единицы с наименьшей погрешностью для данного уровня развития измерительной техники); сличаемость (способность не претерпевать изменений и не вносить каких-либо искажений при проведении сличений).

Наиболее распространенными эталонами являются рабочие эталоны. Рабочие эталоны разделяются по разрядам (1,2,3 иногда 4). От рабочих эталонов низшего разряда размер передается рабочим средствам измерения (РСИ). РСИ обладают различной точностью измерений. Более точные рабочие средства измерения при поверке получают размер от эталонов более высокого разряда.



Передача информации о размере единиц осуществляется методами непосредственного сличения, сличения с помощью компаратора, прямых измерений, косвенных измерений.

Процесс передачи размера единиц осуществляется при поверке и калибровке СИ.

**Поверка СИ** – это совокупность операций выполняемых органами государственной метрологической службы или другими уполномоченными организациями с целью определения и подтверждения соответствия СИ, установленным техническим требованиям.

Суть поверки средств измерений заключается в нахождении погрешности СИ и установлении его пригодности к применению. Процедура поверки регламентируется нормативными документами. Поверка носит обязательный характер и проводится в отношении СИ, которые применяются в законодательно установленных сферах.

**Калибровка СИ** – комплекс операций, осуществляемых с целью определения и подтверждения действительных значений характеристик и (или) пригодности к применению СИ, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору.

Калибровка может проводиться метрологической службой юридического лица или любой другой аккредитованной на право проведения калибровочных работ организацией.

Соподчинение государственного эталона, вторичных эталонов и рабочих средств измерений определено государственной поверочной схемой.

**Поверочная схема** – это утвержденный документ, устанавливающий средства, методы и точность передачи размеров единиц от государственного эталона рабочим средствам измерений.

Различают государственные, ведомственные и локальные поверочные схемы.

**Государственные поверочные схемы** определяются государственными стандартами и распространяются на все СИ данного вида.

**Ведомственные поверочные схемы** устанавливаются и действуют на средства измерений данной физической величины, подлежащие ведомственной поверке. Ведомственные поверочные схемы не должны вступать в противоречие с государственными

поверочными схемами, если они установлены для СИ одних и тех же физических величин. Ведомственные поверочные схемы могут быть установлены при отсутствии государственной поверочной схемы.

**Локальные поверочные схемы** предназначены для метрологических органов министерств и метрологических служб юридических лиц и должны соответствовать требованиям соподчиненности, определяемой государственной поверочной схемой.

Ведомственные и локальные поверочные схемы представляются в виде чертежей. Поверочная схема должна содержать по меньшей мере две ступени передачи размера единиц измерений.

На чертежах, представляющих поверочную схему должны присутствовать:

- наименование средства измерения;
- наименование методов поверки;
- номинальные значения физической величины;
- диапазоны номинальных значений физических величин;
- допустимые значения погрешностей средств измерений;
- допустимые значения погрешностей методов поверки.

Процесс передачи размера единиц происходит при поверке и калибровке СИ.

**Поверка и калибровка** – представляют собой набор операций, выполняемых с целью определения и подтверждения соответствия СИ установленным техническим требованиям.

Принципиальное отличие поверки от калибровки состоит в том, что поверка носит обязательный характер и проводится в рамках государственного метрологического контроля в законодательно установленных сферах.

Допускается применение четырех методов поверки (калибровки) СИ.

**Метод непосредственного сличения.** В основе метода лежит проведение одновременных измерений одной и той же физической величины поверяемым (калибруемым) и эталонным приборами.

**Сличение с помощью компаратора.** Для этого метода необходим компаратор – прибора сравнения. Потребность в нем воз-

никает при невозможности сравнения показаний приборов, измеряющих одну и ту же величину.

*Метод прямых измерений.* Применяется, когда имеется возможность сличать испытуемый прибор с эталонным прибором в определенных пределах измерений.

*Метод косвенных измерений.* Применяется, когда действительные значения измеряемых величин невозможно определить прямыми измерениями, либо когда косвенные измерения оказываются более точными, чем прямые.

[Вернуться в оглавление](#)

## **1.8. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ)**

Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) создана с целью, обеспечить единство измерений в пределах страны. ГСИ реализуется, координируется и управляется Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование, бывший Госстандарт), который является государственным органом исполнительной власти в сфере метрологии.

Система обеспечения единства измерений выполняет следующие задачи: обеспечивает охрану прав и законодательно закрепленных интересов граждан; обеспечивает охрану утвержденного правопорядка; обеспечивает охрану экономики.

Указанные задачи система обеспечения единства измерений выполняет посредством устранения негативных последствий недостоверных и неточных измерений во всех сферах жизнедеятельности человека и общества с использованием конституционных норм, нормативных документов и постановлений правительства Российской Федерации.

Государственная система обеспечения единства измерений включает в себя правовую подсистему, техническую подсистему и организационную подсистему.

**Правовая подсистема** – это совокупность связанных между собой актов (утвержденных законодательно и подзаконных), имеющих одни и те же цели и утверждающих согласованные ме-

жду собой требования к определенным, связанным между собой, объектами системы обеспечения единства измерений.

К таким объектам относятся:

- 1) совокупность узаконенных единиц величин и шкал измерений;
- 2) терминология в области метрологии;
- 3) воспроизведение и передача размеров единиц величин и шкал измерений;
- 4) способы и форма представления результатов измерений и характеристик их погрешностей;
- 5) методы оценивания погрешностей и неопределенности измерений;
- 6) порядок разработки и аттестации методик выполнения измерений;
- 7) комплекс нормируемых метрологических характеристик СИ;
- 8) методы установления и корректировки межповерочных (рекомендуемых межкалибровочных) интервалов;
- 9) порядок проведения испытаний в целях утверждения типа СИ и сертификации СИ;
- 10) порядок проведения поверки и калибровки СИ;
- 11) порядок осуществления метрологического контроля и надзора;
- 12) порядок аккредитации;
- 13) термины и определения по видам измерений;
- 14) государственные поверочные схемы;
- 15) методики поверки (калибровки) СИ;
- 16) методикам выполнения измерений.

Нормативную базу метрологии можно представить в виде иерархической пирамиды:

- 1) Закон РФ «Об обеспечении единства измерений»;
- 2) государственные стандарты (ГОСТ, ГОСТ Р) системы ГСИ;
- 3) правила России (ПР) системы ГСИ, утверждаемые Госстандартом;
- 4) рекомендации (гриф «МИ») системы ГСИ, разрабатываемые метрологическими институтами как государственными мет-

рологических научными центрами и утверждаемыми руководством этих центров.

**Техническая подсистема** – это совокупность:

- 1) международных эталонов;
- 2) государственных эталонов;
- 3) эталонов единиц измерения физических величин;
- 4) эталонов шкал измерений;
- 5) стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов;
- 6) стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов;
- 7) средств измерений и других приборов, используемых для метрологического контроля;
- 8) зданий и помещений, предназначенных специально для проведения измерений высокой точности;
- 9) научно-исследовательских лабораторий;
- 10) калибровочных лабораторий.

**Организационная подсистема** включает в себя метрологические службы.

Метрологическое обеспечение в РФ осуществляется Государственной метрологической службой России (ГМС).

Особенностью правового положения ГМС является подчиненность её по вертикали одному ведомству – Ростехрегулированию, в рамках которого она существует обособленно и автономно.

В состав ГМС входят: федеральные органы исполнительной власти, государственные научные метрологические институты, государственные региональные центры метрологии, государственные службы, метрологические службы, организации, осуществляющие деятельность по обеспечению единства измерений.

Основными задачами федеральных органов исполнительной власти являются:

- разработка государственной политики и нормативно правовое регулирование в области обеспечения единства измерений;
- организация взаимодействия с органами государственной власти иностранных государств и международными организациями в области обеспечения единства измерений;

- реализация государственной политики, координация деятельности государственной политики в области обеспечения единства измерений;
- осуществление государственного метрологического надзора и координация деятельности по его осуществлению.

Основными задачами государственных научных метрологических институтов являются:

- проведение фундаментальных и прикладных научных исследований, экспериментальных разработок и осуществление научно-технической деятельности в области обеспечения единства измерений;
- разработка, совершенствование, содержание, сличение и применение государственных первичных эталонов единиц;
- участие в разработке проектов нормативных документов в области обеспечения единства измерений;
- проведение обязательной метрологической экспертизы содержащихся в проектах нормативных правовых актов РФ требований к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений;
- создание и ведение Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений и предоставление содержащихся в нём документов и сведений;
- участие в международном сотрудничестве в области метрологии.

Основными задачами государственных региональных центров метрологии являются:

- проведение поверки средств измерений в соответствии с установленной областью аккредитации;
- совершенствование, содержание и применение государственных эталонов единиц величин, используемых для обеспечения прослеживаемости других эталонов единиц величин и средств измерений к государственным первичным эталонам единиц величин.

К числу государственных служб относятся три службы.

*Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ)* осуществляет межрегио-

нальную и межотраслевую координацию работ по обеспечению единства измерений времени, частоты и определения параметров вращения Земли, а также воспроизведение, хранение и передачу размеров единиц времени и частоты, шкал атомного, всемирного и координированного времени, координат полюсов Земли. Измерительную информацию ГСВЧ используют службы навигации и управления судами, самолетами и спутниками, Единая энергетическая система России и т.д.

*Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО)* организует создание и применение стандартных (эталонных) образцов состава и свойств веществ и материалов (металлов, сплавов, медицинских препаратов, нефтепродуктов, минерального сырья, почв и т.п.). Служба обеспечивает разработку средств сопоставления характеристик стандартных образцов с характеристиками веществ и материалов, которые производятся промышленными, сельскохозяйственными и другими предприятиями, для их идентификации и контроля.

*Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГССД)* обеспечивает разработку достоверных данных о физических константах, о свойствах веществ и материалов, минерального сырья, нефти, газа и др. Потребителями такой информации являются организации, создающие новую технику, к точности характеристик которой предъявляют особо высокие требования.

Метрологические службы федеральных органов управления создаются в министерствах (комитетах, ведомствах) в целях выполнения работ по обеспечению единства и требуемой точности измерений, проведения метрологического контроля и надзора. Права и обязанности метрологических служб определяются Положением о службе, утверждаемой руководителем министерства (комитета, ведомства).

К основным задачам относятся:

- надзор за состоянием и применением средств измерений, за аттестованными методиками выполнения измерений, за соблюдением метрологических правил и норм, нормативных документов по обеспечению единства измерений;
- калибровка средств измерений;

- проверка своевременности представления средств измерений на испытаниях в целях утверждения типа средств измерений, а также поверку и калибровку;
- выдача обязательных предписаний, направленных на предотвращение, прекращение или устранение нарушений метрологических норм и правил;
- анализ состояния измерений, испытания и контроля на предприятии, в организации.

Метрологические службы юридических лиц (предприятий, организаций). Структура и штаты метрологической службы утверждаются руководством предприятия исходя из специфики производства и объема работ, возлагаемого на метрологическую службу.

На метрологическую службу предприятия возлагаются следующие обязанности:

- проведение систематического анализа состояния метрологического обеспечения производства, научно - исследовательских и опытно – конструкторских работ;
- разработка, согласование и внедрение стандартов и других нормативных документов по вопросам метрологического обеспечения;
- организация и участие в проведении метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации, разрабатываемой на предприятии;
- разработка для нужд предприятия совместно с другими подразделениями СИ, их испытания и контроль;
- участие в проведении испытаний продукции и подготовке её к сертификации;
- участие в разработке и внедрении локальных поверочных схем, поддержание в надлежащем состоянии эталонных СИ и организация своевременной поверки рабочих СИ;
- организация и проведение ремонта СИ, изучение их эксплуатационных свойств;
- участие в обеспечении подразделений предприятия СИ, стандартными образцами состава и свойств веществ и материалов, ведение учета СИ;



- организация обучения и повышение квалификации работников предприятия, связанных с выполнением измерений;
- предъявление руководителям подразделений предписаний об устранении выявленных нарушений метрологических правил, требований и норм, об изъятии из применения непригодных СИ.

На небольших предприятиях, при малых объемах работ рекомендуется вместо организации метрологических служб назначать лиц ответственных за обеспечение единства измерений. Для ответственных лиц (инженеров-метрологов) утверждается должностная инструкция, в которой оговаривают их функции, права, обязанности и ответственность.

[Вернуться в оглавление](#)

## **1.9. Государственное регулирование в области обеспечения единства измерения**

Государственное регулирование в области обеспечения единства измерения осуществляется в формах установленных законом.

1) *Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений.* Необходимо для новых марок (типов) СИ предназначенных для выпуска с производства или ввоза с импорту. Тип стандартных образцов или тип СИ подлежат обязательному утверждению. При утверждении типа СИ устанавливаются показатели точности, межповерочный интервал, методики поверки данного типа СИ.

Указанная процедура предусматривает: обязательные испытания; принятие решения об утверждении типа; государственная регистрация; выдача сертификата об утверждении типа; внесение информации в Государственный реестр.

2) *Поверка средства измерений.* В отличие от процедуры утверждения типа, в которой участвует типовой представитель, поверке подлежит каждый экземпляр СИ.

Поверка СИ осуществляется физическим лицом, аттестованным в качестве поверителя. Если СИ признается пригодным, то на него или на техническую документацию наносят отпечаток поверительного клейма, либо выдается «свидетельство о поверке».

СИ подвергаются первичной, периодической, внеочередной и инспекционной поверке.

3) **Метрологическая экспертиза.** Метрологической экспертизе подлежат требования к измерениям, средствам измерения, стандартным образцам проводится государственными научными метрологическими институтами.

Обязательную метрологическую экспертизу стандартов, продукции, проектной, конструкторской, технологической документации, др. объектов проводят аккредитованные в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

4) **Государственный метрологический надзор (ГМН)** осуществляется:

а) за соблюдением обязательных требований в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений к измерениям, единицам величин, эталонам единиц величин, стандартным образцам, СИ при их выпуске из производства, ввозе по импорту, продаже и применению на территории РФ;

б) за наличием и соблюдением аттестованных методик (методов) измерений;

в) за соблюдение обязательных требований к отклонениям количества фасованных товаров в упаковках от заявленного значения.

5) **Аккредитация юридических лиц и индивидуальных предпринимателей** на выполнение работ и (или) оказание услуг в области обеспечения единства измерений.

Государственный метрологический надзор осуществляется на предприятиях, в организациях и учреждениях независимо от их подчиненности и форм собственности в виде проверок. Проверки проводят должностные лица Ростехрегулирования РФ – государственные инспекторы по обеспечению единства измерения.

Должностные лица, проводящие проверку, при предъявлении служебного удостоверения и распоряжения федерального органа исполнительной власти о проведении проверки вправе: посещать объекты в целях ГМН во время исполнения служебных обязанностей; получать документы и сведения, необходимые для проведения проверки.

Проверки могут быть самостоятельными, т.е. только органами ГМС, и совместными – с участием другого контрольного органа. Проверки могут быть плановыми (периодическими), внеплановыми (внеочередными) и повторными.

Результаты каждой проверки оформляются актом, который подписывают все участники проверки. При обнаружении нарушений инспектор составляет предписание об устранении обнаруженных нарушений и применяет меры в соответствии с законодательством РФ.

[Вернуться в оглавление](#)

## РАЗДЕЛ 2. СТАНДАРТИЗАЦИЯ

### 2.1. Понятия и правовые основы стандартизации

*Стандартизация* – это деятельность, направленная на разработку и установление требований, норм, правил, характеристик, как обязательных для выполнения, так и рекомендуемых, обеспечивающая право потребителя на приобретение товаров надлежащего качества, за приемлемую цену, а так же право на безопасность и комфортность труда.

В процессе трудовой деятельности специалисту приходится решать систематически повторяющиеся задачи. Существуют различные варианты решения этих задач. Задача стандартизации – выявление наиболее правильного и экономичного варианта, нахождение оптимального решения.

На практике выделяют четыре основных этапа стандартизации.

1. Выбор продукции, работ или услуг, для которых будет проводиться стандартизация.
2. Создание модели для стандартизируемой продукции, работ или услуг.
3. Утверждение оптимального качества созданной модели.
4. Утверждение стандартов для созданной модели, стандартизация.

Правовые основы стандартизации в России обеспечиваются Законом РФ «О техническом регулировании». Закон устанавливает правовые основы стандартизации в РФ, обязательные для всех государственных органов управления, а также предприятий и предпринимателей, общественных объединений. Определяет меры государственной защиты интересов потребителей и государства посредством разработки и применения нормативных документов по стандартизации.

Закон «О техническом регулировании» регламентирует:

- организацию работ по стандартизации в РФ;
- международное сотрудничество в области стандартизации;
- виды и применение нормативных документов по стандартизации;

- информационное обеспечение работ по стандартизации, издание и реализацию нормативных документов;
- порядок проведения ГКиН;
- финансирование работ по государственной стандартизации, ГКиН;
- ответственность за нарушение положений Закона «О техническом регулировании».

[Вернуться в оглавление](#)

## 2.2. Цели, принципы, функции стандартизации

Общей целью стандартизации является защита интересов потребителей и государства по вопросам качества продукции, процессов и услуг. Согласно Закону РФ «О техническом регулировании» целями стандартизации являются:

- повышение уровня безопасности жизни и здоровья граждан, имущества, объектов, повышение экологической безопасности, безопасности жизни и здоровья животных и растений.
- обеспечение конкурентоспособности и качества продукции (работ, услуг), единства измерений, рационального использования ресурсов, взаимозаменяемости, технической и информационной совместимости, добровольного подтверждения соответствия продукции (работ, услуг).
- содействие соблюдению требований технических регламентов.
- создание систем классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации, каталогизации продукции (работ, услуг), поиска и передачи данных, обеспечения качества продукции, содействие проведению работ по унификации.

Стандартизация как наука и как вид деятельности базируется на определенных исходных положениях – принципах. Принципы стандартизации отражают основные закономерности процесса разработки стандартов, обосновывают её необходимость в управлении народным хозяйством, определяют условия эффективной реализации и тенденции развития.

Перечислим принципы стандартизации.

**1. Принцип добровольного применения стандартов** реализуется в процессе принятия решения о применении стандарта. Если было принято решение применять какой – либо стандарт, то хозяйствующий субъект обязан осуществлять свою деятельность таким образом, чтобы она полностью соответствовал принятому стандарту. Принцип добровольности стандартов заимствован из международной практике.

**2. Принцип максимального учета при разработке стандартов законных интересов заинтересованных лиц.** Участники работ по стандартизации, исходя из возможностей изготовителя продукции и исполнителя услуги, с одной стороны, и требований потребителя – с другой, должны найти консенсус. Это понимается как общее согласие и отсутствие возражений по существенным вопросам у большинства заинтересованных сторон. Консенсус не предполагает полного единодушия.

**3. Принцип применение международного стандарта как основы разработки национального стандарта.** Данный принцип является одним из основных при разработке Закона и базируется на требованиях Соглашения по техническим барьерам в торговле. В качестве основных барьеров Соглашение считает расхождение законодательств разных стран и несовпадение процедур проверки соответствия. Процесс приведения национальных стандартов в соответствие с международными стандартами называется *гармонизацией*. За основу национальных стандартов должны приниматься Международные стандарты. Данный принцип может не выполняться, если применение Международных стандартов в качестве основы национальных признано невозможным по каким – либо основаниям или РФ в соответствии с установленными процедурами выступала против принятия международного стандарта или отдельного его положения.

**4. Принцип недопустимости создания препятствий производству и обращению продукции (выполнению работ и оказанию услуг) в большей степени, чем это минимально необходимо.** Стандартизация не должна препятствовать нормальному товарообороту больше, чем это необходимо для её осуществления.

**5. Принцип недопустимости установления стандартов противоречащих техническим регламентам.** Обеспечение идентичности документов, относящихся к одному и тому же объ-

екту. Требования разрабатываемых стандартов не должны противоречить друг другу и техническим регламентам, не должны создавать барьеров в международной торговле.

**6. Принцип обеспечения условий для единообразного применения стандартов.**

Для достижения социальных и технико-экономических целей стандартизация выполняет определенные функции.

**1. Функция упорядочения** заключается в преодолении неразумного многообразия объектов. Она сводится к упрощению и ограничению.

**2. Охранная (социальная) функция** заключается в обеспечении безопасности потребителей продукции (услуг), изготовителей и государства, объединение усилий по защите природы от техногенного воздействия цивилизации.

**3. Коммуникативная функция** обеспечивает общение и взаимодействие людей, в частности специалистов, путем личного обмена или использования документальных средств, аппаратных систем и каналов передачи сообщений.

**4. Ресурсосберегающая функция** обусловлена ограничением материальных, энергетических, трудовых и природных ресурсов и заключается в установлении в НД обоснованных ограничений на расходование ресурсов.

**5. Цивилизирующая функция** направлена на повышение качества продукции и услуг как составляющей качества жизни. От жесткости требований стандартов к содержанию вредных веществ в продуктах, воде и т.д. зависит продолжительность жизни населения страны. В этом смысле стандарты отражают степень общественного развития страны, т.е. уровень цивилизации.

**6. Информационная функция.** Ссылка в договоре (контракте) на стандарт является наиболее удобной формой информации о качестве товара как главного условия договора (контракта).

**7. Функция нормотворчества и правоприменения** проявляется в установлении требований к объектам стандартизации в форме обязательного стандарта (регламента) и его всеобщем применении в результате придания документу юридической силы. Соблюдение обязательных требований НД обеспечивается,

как правило, принудительными мерами (санкциями) экономического, административного и уголовного характера.

[Вернуться в оглавление](#)

### 2.3. Методы стандартизации

Стандартизация является не только видом деятельности, но и комплексом методов, необходимых для установления оптимального решения повторяющихся задач и узаконивания его в качестве норм и правил.

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

**1. Упорядочение объектов стандартизации** – универсальный метод в области стандартизации продукции, процессов и услуг, связанный с упорядочением объектов стандартизации.

Упорядочение как универсальный метод состоит из отдельных методов.

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

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

*Симплификация* объектов стандартизации – деятельность, заключающаяся в отборе 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.

*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.

*Оптимизация* объектов стандартизации заключается в нахождении оптимальных главных параметров, а также значений всех других показателей качества и экономичности.

Оптимизацию объектов стандартизации проводят путем применения специальных экономико-математических методов и моделей оптимизации. Цель оптимизации – достижение оптимальной степени упорядочения и максимально возможной эффективности по выбранному критерию.

**2. Параметрическая стандартизация** заключается в выборе и обосновании целесообразной номенклатуры и численного значения параметров.

Применение системы предпочтительных чисел позволяет не только унифицировать параметры продукции определенного типа, но и увязать по параметрам продукцию различных видов.

Наиболее важными параметрами являются характеристики, определяющие назначение продукции и условия её использования: размерные параметры; весовые параметры; параметры, характеризующие производительность машин и приборов; энергетические параметры.

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

Основными направлениями унификации являются:

- разработка параметрических и типоразмерных рядов изделий, машин, оборудования, приборов, узлов и деталей;
- разработка типовых изделий в целях создания унифицированных групп однородной продукции;
- разработка унифицированных технологических процессов, включая технологические процессы для специализированного производства продукции межотраслевого применения;
- ограничение целесообразным минимумом номенклатуры разрешаемых к применению изделий и материалов.

В зависимости от методических принципов осуществления унификация может быть внутривидовой (семейств однотипных

изделий) и межвидовой (узлов, агрегатов, деталей разнотипных изделий).

Степень унификации характеризуется уровнем унификации – насыщенностью продукции унифицированными, в том числе стандартизованными, деталями, узлами и сборочными единицами. Одним из показателей уровня унификации является коэффициент применяемости (унификации)  $K_n$ , %, который определяют по формуле:

$$K_n = \frac{n - n_0}{n} \cdot 100,$$

где  $n$  – общее число деталей в изделии, шт.;  $n_0$  – число оригинальных деталей (разработанных впервые), шт.

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

Расчленение изделий на конструктивно законченные агрегаты явилось первой предпосылкой развития метода агрегатирования. В дальнейшем анализ конструкции машин показал, что многие агрегаты, узлы и детали, различные по устройству, выполняют в разнообразных машинах одинаковые функции.

В настоящее время проходит переход к производству техники на базе крупных агрегатов (модулей). Модульный принцип широко распространен, это основной метод создания гибких производственных систем и робототехнических комплексов.

**5. Комплексная стандартизация** позволяет разрабатывать комплексы согласованных между собой НТД по стандартизации, устанавливающих нормы и требования к различным объектам стандартизации, взаимосвязанным в процессе разработки, производства и эксплуатации продукции.

Комплексная стандартизация позволяет обеспечить взаимосвязь и взаимозаменяемость предприятий разных отраслей при совместном производстве конечной продукции соответствующей требованиям стандарта.

**6. *Опережающая стандартизация*** заключается 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.

Стандарты не могут только фиксировать достигнутый уровень развития науки и техники, но и должны устанавливать перспективные показатели качества с указанием сроков их обеспечения промышленным производством.

[Вернуться в оглавление](#)

## 2.4. Документы в области стандартизации

К документам в области стандартизации относятся:

**1. *Национальные стандарты (ГОСТ и ГОСТ Р)*** – разрабатывают в порядке, установленном законодательством РФ, и утверждаются национальным органом по стандартизации в соответствии с действующими правилами.

Национальный стандарт применяется на добровольной основе. Документ содержит в себе как обязательные, так и рекомендуемые требования. Обязательные требования к качеству продукции, обеспечивают безопасность продукции, товара или услуги для жизни и здоровья потребителя, окружающей среды, экологии и т.д.

**2. *Правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации.***

*Правила (ПР)* – документ, устанавливающий обязательные для применения организационно-технические и (или) общетехнические положения, порядки и методы выполнения работ.

*Рекомендации (Р)* – документ, содержащий добровольные для применения организационно-технические и (или) общетехнические положения, порядки и методы выполнения работ.

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

**3. *Общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации*** – официальный документ, представляющий собой систематизированный свод наименований и кодов классификационных группировок и (или)

объектов классификации в области технико-экономической и социальной информации.

Применение данного типа нормативных документов является обязательным для создания государственных информационных систем, информационных ресурсов, межведомственном обмене информацией. Порядок разработки, принятие, введение в действие и применение отечественных и международных классификаторов устанавливается Правительством РФ.

**4. Стандарты организаций** – нормативные документы разработанные предприятиями и организациями различных форм собственности.

Требования, заявленные в стандартах организаций, могут отличаться от требований, заявленных в национальных стандартах. Организации могут самостоятельно устанавливать порядок разработки и утверждения стандартов.

**5.Своды правил** – документы федеральных органов исполнительной власти, выполняющие по сути роль стандартов, но нигде не узаконенные. Документы широко применяются в международной практике.

[Вернуться в оглавление](#)

## **2.5. Технический регламент. Порядок разработки и принятия технического регламента**

Технический регламент представляет собой некий законченный перечень основных требований, предъявляемых к одному из объектов стандартизации. Документами, способными менять данные этого перечня, могут быть лишь его изменения и дополнения. Стоит отметить, что не любой документ, содержащий некоторые обязательные требования, может считаться техническим регламентом. Для принятия технического регламента существует определенная специально созданная процедура, а сам документ должен быть создан особым образом.

Технический регламент должен в обязательном порядке включать: во-первых, перечень тех товаров, процессов их производства, хранения, транспортировки, использования, реализации и утилизации, в связи с наличием и обработкой которых и формируются его требования. Во-вторых, технический регламент

должен содержать те самые необходимые для исполнения требования к объектам технического регулирования.

Основной направленностью данных требований технического регламента, должно стать обеспечение:

- единства измерений;
- электромагнитной совместимости в вопросе реализации задач безопасности работы приборов и оборудования;
- безопасности излучений;
- взрывобезопасности;
- биологической, пожарной, термической, механической, промышленной, химической, электрической, ядерной и радиационной безопасности.

В технический регламент могут включаться некоторые другие требования, правила и формы. К первым относятся требования: обеспечивающие названные ранее виды безопасности; способствующие поддержанию принципа единства измерений; особые требования к терминологии, упаковке, этикеткам и маркировкам, а также к правилам их нанесения.

Среди вторых: правила идентифицирующие объект регулирования; формы и правила оценки соответствия; формулирование предельных сроков оценки соответствия каждого объекта регулирования.

Основными целями принятия технических регламентов являются:

- защита жизни или здоровья людей, а также имущества юридических и физических лиц или имущества, находящегося в муниципальной и государственной собственности;
- охрана окружающей среды, здоровья и жизни животных и растений;
- предупреждение действий, вводящих в заблуждение приобретателей.

Существует два вида технических регламентов: общие и специальные.

Требования общего технического регламента применяются в обязательном порядке к любому виду товаров и услуг, в том числе в процессе их создания, хранения, транспортировки, использования, реализации и утилизации.

Требования специального технического регламента принимают во внимание технологические особенности ряда групп товаров, а также соответственно, процессы их создания, хранения, транспортировки, использования, реализации и утилизации. Кроме того, специальные технические регламенты могут устанавливать свои требования лишь к отдельным видам товаров, процессам их создания, хранения, транспортировки, потребления, реализации и утилизации, в отношении которых не обеспечиваются требования общеобязательных технических регламентов.

Порядок разработки, принятия, изменения и отмены технического регламента рассмотрены в ст. 9 Закона «О техническом регулировании». Перед созданием проекта технического регламента нужно четко сформулировать следующие понятия:

- объект, под который будут создавать технический регламент;
- цели разработки данного регламента;
- перечень основных требований, предъявляемых к объекту;
- перечень обязательных требований к объекту, установленных на территории РФ;
- перечень Международных стандартов, предъявляющих свои требования к объекту.

Этапы разработки технического регламента заключаются в следующем:

**1 этап:** сбор заявок на разработку технического регламента. В роли заявителей могут выступать госорганы, организации, общественные объединения, компании и фирмы, частные предприниматели;

**2 этап:** организационная стадия, на которой вся работа по организации проекта проводится Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии;

**3 этап:** проект технического регламента в первой редакции необходимо привести в соответствие с сегодняшней законодательной базой, а также с международными правилами и нормами и национальными стандартами зарубежных стран;

**4 этап:** происходит опубликование уведомления о разработке технического регламента в одном из печатных изданий Фе-

дерального органа исполнительной власти по вопросам технического регулирования, а также в информационном источнике в электронно-цифровом виде. Есть особые рекомендации по содержанию уведомления о ведении работ по созданию проекта технического регламента.

Уведомление должно включать информацию по следующим вопросам:

1) в отношении какого товара, процессов производства, хранения, транспортировки, использования, реализации и утилизации разрабатываются требования;

2) с какой целью разрабатывается данный регламент;

3) непосредственное изложение необходимых требований, которые не являются повторением уже существующих требований, изложенных в каких-либо международных нормативных актах или в национальных стандартах;

4) сведения о том, каким образом будет в будущем происходить ознакомление с создаваемым документом;

5) название организации или инициалы лица, разрабатывающего данный проект регламента, его почтовые и электронные координаты, с использованием которых принимаются замечания заинтересованных лиц;

**5 этап:** публичное обсуждение проекта;

**6 этап:** получение отзывов на проект;

**7 этап:** анализ полученных отзывов;

**8 этап:** доработка проекта с внесением изменений, учитывающих полученные письменные замечания заинтересованных лиц;

**9 этап:** проведение публичного обсуждения проекта технического регламента;

**10 этап:** принятие проекта в первом чтении;

**11 этап:** составление списка полученных письменных замечаний с обязательным кратким изложением сути данных замечаний, а также результатов их обсуждения;

**12 этап:** проведение экспертизы готового проекта технического регламента в комиссии экспертов по техническому регулированию, в которую могут входить как представители различных Федеральных органов исполнительной власти, так и представите-

ли научных учреждений, общественных организаций, разнообразных фондов и учреждений потребителей и предпринимателей;

**13 этап:** принятие готового и переработанного проекта во втором чтении.

Также предусмотрен порядок принятия и рассмотрения проекта Закона РФ «О техническом регламенте» в правительстве РФ и, далее, в правительстве РФ.

Направленный из Госдумы в правительство РФ проект рассматривается на протяжении календарного месяца, в течение которого в Госдуму должен быть отправлен отзыв, созданный с учетом положений заключения, выданного экспертной комиссией по техническому регулированию.

Подготовленный таким образом проект Закона РФ «О техническом регламенте» направляется Госдумой в правительство РФ для второго чтения, но не позже, чем за месяц до рассмотрения вышеуказанного проекта в Госдуме также во втором чтении. На этот проект правительство РФ обязано также в течение месяца отослать в Госдуму свой отзыв, который также учитывает заключения, полученные из экспертной комиссии по техническому регулированию.

Внесение дополнений и изменений в принятый таким образом технический регламент или же его отмена происходит в том же порядке.

[Вернуться в оглавление](#)

## **2.6. Государственные органы и службы стандартизации**

Органы и службы стандартизации – организации, учреждения, объединения и их подразделения, основной деятельностью которых является осуществление работ по стандартизации или выполнение определенных функций по стандартизации.

Организацию работ по стандартизации осуществляет национальный орган по стандартизации РФ. Функции национального органа по стандартизации возложены Правительством РФ на *Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование)*, которое выполняет следующие работы:

- утверждение национальных стандартов;



- принятие программ разработки национальных стандартов;
- организацию экспертизы проектов национальных стандартов;
- обеспечение соответствия национальной системы стандартизации интересам национальной экономики, состоянию материально-технической базы и научно-техническому прогрессу;
- осуществление учета национальных стандартов, правил стандартизации, норм и рекомендаций в этой области и обеспечение их доступности заинтересованным лицам;
- создание технических комитетов по стандартизации и координацию их деятельности;
- организацию опубликования национальных стандартов и их распространение;
- участие в соответствии с уставами международных организаций в разработке международных стандартов и обеспечение учета интересов РФ при их принятии;
- утверждение изображения знака соответствия национальным стандартам;
- представление РФ в международных организациях, осуществляющих деятельность в области стандартизации.

Ростехрегулирование осуществляет свои функции непосредственно и через созданные им органы. К территориальным органам относятся *центры стандартизации и метрологии (ЦСМ)*.

*Технические комитеты по стандартизации (ТК)* создаются на базе организаций. Специализирующихся по определенным видам продукции (услуг) и имеющих в данной области наиболее высокий научно-технический потенциал.

Организация и разработка, согласование, организация экспертизы национальных стандартов, в том числе представленных субъектами хозяйственной деятельности, осуществляются техническими комитетами по стандартизации. Непосредственным разработчиком стандарта может быть любое лицо или рабочая группа, состоящая из представителей заинтересованных сторон.

В состав технических комитетов на паритетных началах и добровольной основе могут входить представители федеральных органов исполнительной власти, научных организаций, саморе-

гулируемых организаций, общественных объединений предпринимателей и потребителей.

Заседания технических комитетов по стандартизации являются открытыми, если не связаны с обсуждением проблем, отнесенных действующим законодательством к информации ограниченного доступа. В последнем случае порядок допуска на заседания технических комитетов определяется законодательством в области сохранения государственной тайны.

Деятельность по стандартизации осуществляется и другими федеральными органами исполнительной власти в пределах их компетенции. Эти органы в своих стандартах могут устанавливать обязательные требования к качеству продукции (работ, услуг), т.е. создавать технические регламенты. К таким документам можно отнести СанПиНы, СНиПы, государственные образовательные стандарты.

*Подразделения (службы) стандартизации предприятий, организаций.* Подразделения, ответственные за стандартизацию и актуализацию документации, формируются во всех организациях, независимо от сферы деятельности и формы собственности. Руководители предприятий непосредственно несут ответственность за организацию и состояние выполняемых работ по стандартизации на этих предприятиях.

Предприятия создают при необходимости службы стандартизации (отдел, лабораторию, бюро), которые выполняют научно-исследовательские, опытно-конструкторские и другие работы по стандартизации.

[Вернуться в оглавление](#)

## РАЗДЕЛ 3. СЕРТИФИКАЦИЯ

### 3.1. Понятия и правовые основы сертификации

Термин «сертификация» в переводе с латыни означает «сделано верно». В точном смысле слова *сертификация* – форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Правовым документом в сфере сертификации является закон РФ «О техническом регулировании», в котором определены цели, принципы и формы подтверждения соответствия, организационные основы и порядок проведения сертификации, условия ввоза импортной продукции. Согласно Закону подтверждение соответствия направлено на достижение следующих целей:

- удостоверения соответствия продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работ, услуг или иных объектов техническим регламентам, стандартам, условиям договоров;
- содействие приобретателям в компетентном выборе продукции, работ, услуг;
- повышение конкурентоспособности продукции, работ, услуг на российском и международном рынках;
- создание условий для обеспечения свободного перемещения товаров на территории РФ, а также для осуществления международного экономического, научно-технического сотрудничества и международной торговли.

Подтверждение соответствия осуществляется на основе принципов:

- доступности информации о порядке 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;

- недопустимости принуждения к осуществлению добровольного подтверждения соответствия, в том числе в определенной системе сертификации;
- недопустимости подмены обязательного подтверждения соответствия добровольной сертификацией и др.

Подтверждение соответствия разрабатывается и применяется равным образом и в равной мере независимо от страны или места происхождения продукции, осуществления процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ и оказания услуг.

**Орган по сертификации** – юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, аккредитованные в установленном порядке для выполнения работ по сертификации.

**Система сертификации** – совокупность правил выполнения работ по сертификации, её участников и правил функционирования системы сертификации в целом.

Систематическую проверку степени соответствия заданным требованиям принято называть оценкой соответствия. В практике поставок продукции важную роль играют документы, подтверждающие соответствие поставляемой продукции требованиям, установленным в стандартах и других нормативных документах. Эти подтверждающие документы являются результатом процедуры, в которой участвуют три стороны. Участвующие стороны представляют интересы поставщиков (первая сторона) и покупателя (вторая сторона). Третья сторона – лицо или орган, признанный независимым от участвующих сторон в рассматриваемом вопросе.

Применительно к продукции это может быть:

**Сертификат соответствия** – это документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

**Декларация о соответствии** – это документ, удостоверяющий соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов.

Сертификат соответствия и декларация о соответствии имеют одинаковую юридическую силу независимо от схем обязательного подтверждения соответствия. Для повышения гибкости

процедур подтверждения соответствия в технических регламентах рекомендуется устанавливать для одной и той же продукции обе формы подтверждения соответствия исходя из требований технических регламентов и вида продукции. При этом подтверждение соответствия в форме сертификации обязательно производится только третьей стороной, в то время как декларирование соответствия может производиться на основе собственных доказательств и доказательств, полученных при участии органа по сертификации и (или) аккредитованной испытательной лабораторией (третья сторона).

**Знак обращения на рынке** – обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов.

[Вернуться в оглавление](#)

### **3.2. Формы подтверждения соответствия**

Подтверждение соответствия может носить обязательный и добровольный характер. Все работы, связанные с подтверждением соответствия оплачивает заявитель.

**Обязательная сертификация** – процедура подтверждения аккредитованным органом по проведению сертификации на соответствие продукции установленным обязательным требованиям, является формой контроля государства и безопасности продукции и услуг.

Обязательное подтверждение соответствия проводится в двух формах: в форме декларирования соответствия и в форме обязательной сертификации. Обязательная сертификация осуществляется в случаях, обозначенных в законодательных актах РФ: законах РФ; нормативных актах Правительства РФ. Перечень товаров и услуг (работ), подлежащих обязательной сертификации утверждает Правительство РФ. Основанием для включения в такой перечень является потенциальная опасность продукции или услуги, объем выпуска.

Объектом обязательного подтверждения соответствия может быть только продукция, выпускаемая в России. Форма и схема подтверждения соответствия устанавливаются техническим

регламентом с учетом степени риска недостижения целей технического регламента.

Обязательная сертификация проводится только в системах обязательной сертификации.

**Добровольная сертификация** – процедура, осуществляемая по инициативе заявителя для подтверждения на предмет соответствия продукции или услуги требуемым нормам стандартов, правил, технических условий, рецептур и других нормативных документов, представленных заявителем.

Условием для проведения процедуры добровольной сертификации служит подписанный между органом по сертификации и заявителем договор. Добровольная сертификация не заменяет обязательную сертификацию товаров, работ, услуг. Тем не менее, товары, работы или услуги, прошедшие обязательную сертификацию, могут быть проверены на соответствие дополнительных требований при помощи добровольной сертификации.

Проведение добровольной сертификации не влечет за собой юридических последствий (товар не может быть снят из-за этого с продаж; за нарушение правил добровольной сертификации не предусмотрена ни уголовная, ни административная ответственность).

Добровольная сертификация продукции и услуг (работ) проводится в системах добровольной сертификации. Кроме сертификации продукции и услуг в рамках добровольных систем проводится сертификация систем качества и производства.

Добровольная сертификация применяется на внешнем рынке, когда российские товары идут на экспорт. На внутреннем рынке спрос на добровольную сертификацию пока ниже, но все же и здесь действует заинтересованность в её применении. Заказчики все чаще предъявляют условие о наличии сертификата соответствия, даже в случаях, когда не предусмотрена обязательная сертификация. Также добровольная сертификация заявителем проводится с целью повышения конкурентоспособности продукции.

[Вернуться в оглавление](#)

### 3.3. Порядок проведения сертификации

Порядок проведения сертификации в России установлен по отношению к обязательной сертификации, но может применяться и при добровольной сертификации. Для систем сертификации однородной продукции с учетом её особенностей допускается разработка соответствующего порядка.

*Порядок проведения сертификации* устанавливает последовательность действий, составляющих совокупную процедуру сертификации.

Порядок разъясняет, какие характеристики продукции проверяют, каким требованиям должны отвечать нормативные документы на сертифицируемую продукцию, в какой последовательности осуществляются соответствующие процедуры сертификации и в чем их сущность.

При сертификации по отдельным схемам некоторые этапы могут не предусматриваться.

Рассмотрим содержание каждого этапа.

#### ***1 этап: подача заявки на сертификацию.***

Заключается в выборе заявителем органа по сертификации, способного провести оценку соответствия интересующего объекта. Это определяется областью аккредитации органа по сертификации. Заявка направляется по установленной системе сертификации форме. Орган по сертификации рассмотрев заявку (не позднее 15 дней), сообщает заявителю решение. Решение по заявке также имеет определенную форму, в которой указываются все основные условия сертификации.

#### ***2 этап: отбор, идентификация образцов и их испытание.***

Отбор образцов для испытаний осуществляет, как правило, испытательная лаборатория. Испытания проводят на образцах, конструкция, состав и технология изготовления которых должна быть такими же, как и у продукции, поставляемой потребителю.

Количество образцов, порядок их отбора и хранения устанавливаются в соответствии с НД или организационно-методическими документами по сертификации.

Проводимая на данном этапе идентификация должна подтвердить подлинность продукции. В частности соответствие наименованию, номеру партии, указанному на маркировке.

Испытания проводятся в испытательных лабораториях, аккредитованных на право проведения тех испытаний, которые предусмотрены в НД, используемых при сертификации данной продукции. Протоколы испытаний предоставляются заявителю и в орган по сертификации. Копии протоколов испытаний и испытанные образцы подлежат хранению в течение срока действия сертификата (образцы скоропортящейся продукции подлежат хранению в течение срока годности).

***3 этап: анализ состояния производства.***

Данный этап проводится, если он предусмотрен схемой сертификации. Метод оценки указывается в сертификате соответствия.

***4 этап: принятие решения о выдаче сертификата соответствия.***

Проводится анализ протоколов испытаний, результатов оценки состояния производства, составляется экспертное заключение. На основании этого заключения принимается решение о выдаче сертификата или об отказе в выдаче.

В случае положительных результатов орган по сертификации оформляет сертификат и регистрирует его. Сертификат действителен только при наличии регистрационного номера. В сертификате указывают основания для выдачи и срок его действия.

***5 этап: выдача лицензии на право применения знака соответствия.***

Продукция, на которую выдан сертификат, маркируется знаком соответствия, принятым в системе. Для этого заявитель получает лицензию на право применения знака соответствия. Маркировку продукции знаком соответствия осуществляет изготовитель.

***6 этап: инспекционный контроль***

Инспекционный контроль проводится (если это предусмотрено схемой сертификации) в течение срока действия сертификата. Проводиться в виде периодических или внеплановых проверок.



Плановые проверки проводятся не реже одного раза в год. Внеплановые проверки могут проводиться в случаях поступления информации о претензиях по качеству продукции от потребителей, торговых организаций, надзорных органов.

Результаты инспекционного контроля оформляют актом. По результатам проверки орган по сертификации может приостановить или отменить действие сертификата.

#### ***7 этап: корректирующие мероприятия.***

При обнаружении нарушений, при проведении инспекционного контроля, органом по сертификации могут назначаться корректирующие мероприятия. Устанавливается срок, в течении которого должны быть устранены недостатки. При положительных результатах проведенных мероприятий, используется иная маркировка продукции.

[Вернуться в оглавление](#)

### **3.4. Правила проведения сертификации**

В соответствии с Законом РФ «О техническом регулировании» правила проведения и схемы оценки соответствия устанавливаются исключительно в технических регламентах и не могут быть скорректированы в процессе взаимодействия органа по сертификации с заявителем.

*Схемы сертификации* представляют собой определенный набор действий, подтверждающий официально соответствие продукции заданным требованиям.

Схемы могут включать одну или несколько операций, результаты которых необходимы для подтверждения соответствия продукции установленным нормам, а именно:

- испытания (типовых образцов, партий и единиц продукции);
- сертификацию системы качества (на стадиях проектирования и производства, только производства или при окончательном контроле и испытаниях);
- инспекционный контроль.

Схемы сертификации приведены в табл. 3.1.

Для создания благоприятных условий взаимного признания результатов подтверждения соответствия, желательно применять европейскую директиву, желательно брать за основу схемы, близкие к процедурам оценки соответствия, установленные в этой директиве.

Предложенные схемы определяют порядок действия каждой из сторон, участвующих в процессе подтверждения соответствия.

Таблица 3.1.

## Семы сертификации

Обозначение схемы	Содержание схемы и её исполнители
1с	<p><b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> проводит испытания типового образца продукции.</p> <p><b>Аккредитованный орган по сертификации</b> выдает заявителю сертификат соответствия</p>
2с	<p><b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> проводит испытания типового образца продукции.</p> <p><b>Аккредитованный орган по сертификации</b> проводит анализ состояния производства; выдает заявителю сертификат соответствия</p>
3с	<p><b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> проводит испытания типового образца продукции.</p> <p><b>Аккредитованный орган по сертификации</b> выдает заявителю сертификат соответствия; осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (испытания образцов продукции)</p>
4с	<p><b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> проводит испытания типового образца продукции.</p> <p><b>Аккредитованный орган по сертификации</b> проводит анализ состояния производства; выдает заявителю сертификат соответствия; осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (испытания образцов продукции и анализ состояния производства)</p>

Продолжение табл. 3.1.

5с	<p><b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> проводит испытания типового образца продукции.</p> <p><b>Аккредитованный орган по сертификации</b> проводит сертификацию системы качества или производства; выдает заявителю сертификат соответствия; осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией (контроль системы качества или производства, испытания образцов продукции, взятых у изготовителя или продавца)</p>
6с	<p><b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> проводит испытания партии продукции.</p> <p><b>Аккредитованный орган по сертификации</b> выдает заявителю сертификат соответствия</p>
7с	<p><b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> проводит испытания каждой единицы продукции.</p> <p><b>Аккредитованный орган по сертификации</b> выдает заявителю сертификат соответствия</p>

Схемы 1с – 5с применяются для сертификации, серийно выпускаемой заявителем продукции.

Схемы 1с и 2с рекомендуется использовать для продукции, показатели безопасности которой малочувствительны к изменению производственных факторов.

Схемы 3с, 4с, 5с рекомендуется применять при производстве более сложной продукции, показатели которой чувствительны к изменению производственных факторов. Схемы, 4с и 5с используются в случае, когда результаты испытаний типового образца продукции в силу их одноразовости не могут дать достаточной уверенности в стабильности подтвержденных показателей за время до очередного инспекционного контроля.

Схемы 6с и 7с применяются для сертификации продукции, выпускаемой разовыми партиями, или уникальных изделий. Так же они предназначены для продукции, приобретенной продавцами и не имеющей сертификата соответствия, например продукции, закупленной за рубежом.

Второй формой обязательного подтверждения соответствия является её декларирования, которое производится по одной из следующих схем. Причем буква в скобках после номера каждой

схемы обозначение европейского модуля, близкого к соответствующей схеме.

Схемы декларирования приведены в табл. 3.2

Таблица 3.2.

Схемы декларирования

Обозначение схемы	Содержание схемы и её исполнители
1д (A)	<p><b>Заявитель</b> приводит собственные доказательства соответствия в техническом файле; принимает декларацию о соответствии</p>
2д(C)	<p><b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> проводит испытания типового образца продукции. <b>Заявитель</b> принимает декларацию о соответствии</p>
3д(D)	<p><b>Орган по сертификации</b> сертифицирует систему качества на стадии производства. <b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> проводит испытания типового образца продукции. <b>Заявитель</b> принимает декларацию о соответствии. <b>Орган по сертификации</b> осуществляет инспекционный контроль за системой качества.</p>
4д(E)	<p><b>Орган по сертификации</b> сертифицирует систему качества на этапах контроля и испытаний. <b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> проводит испытания типового образца продукции. <b>Заявитель</b> принимает декларацию о соответствии. <b>Орган по сертификации</b> осуществляет инспекционный контроль за системой качества.</p>

Продолжение табл. 3.2.

Обозначение схемы	Содержание схемы и её исполнители
<b>5д(F)</b>	<p><b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> проводит выборочные испытания партии выпускаемой продукции. <b>Заявитель</b> принимает декларацию о соответствии</p>
<b>6д(G)</b>	<p><b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> проводит испытания каждой единицы продукции. <b>Заявитель</b> принимает декларацию о соответствии</p>
<b>7д(H)</b>	<p><b>Орган по сертификации</b> сертифицирует систему качества на стадиях проектирования и производства. <b>Заявитель</b> проводит испытания образца продукции; принимает декларацию о соответствии. <b>Орган по сертификации</b> осуществляет инспекционный контроль за системой качества</p>

Схемы 1д рекомендуется для продукции с малой степенью опасности или если конструкция признается простой, а показатели продукции малочувствительны к изменению эксплуатационных или производственных факторов. На стадии использования за такой продукцией предусмотрен государственный контроль (надзор).

Схемы 2д, 3д, 4д рекомендуется применять, когда конструкция изделий достаточно проста, а чувствительность к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов – высока. При этом обеспечить проведение достоверных испытаний типового представителя продукции самим изготовителем затруднительно. А характеристики продукции имеют большое значение для обеспечения безопасности.

Схемы 5д, 6д или 7д рекомендуется использовать при высокой степени потенциальной опасности продукции. Схемы 5д и 6д рекомендуется использовать, когда показатели безопасности про-

дукции малочувствительны к изменению производственных и эксплуатационных факторов. Схему 7д – когда показатели чувствительны к изменению производственных и (или) эксплуатационных факторов. Схемы 5д и 6д рекомендуется применять, если декларацию о соответствии принимает продавец, не имеющий возможности собрать собственные доказательства соответствия.

[Вернуться в оглавление](#)

## РАЗДЕЛ 4. ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ТИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

### 4.1. Виды взаимозаменяемости

**Взаимозаменяемость** – свойство независимо изготовленных деталей и сборочных единиц обеспечивать сборку изделий при изготовлении или замену одноименных деталей и сборочных единиц при ремонте.

Можно выделить несколько видов взаимозаменяемости по разным классификационным признакам.

**1. Полная и неполная (ограниченная) взаимозаменяемость.** Полностью взаимозаменяемыми называют детали и узлы, которые устанавливают при сборке без дополнительной операции по обработке, без регулировок и без подбора, только закрепляют, если это требуется.

**Неполная (ограниченная) взаимозаменяемость** имеет место, когда при сборке может потребоваться установка детали, либо узла только с определенными размерами (размерами определенной группы) – групповая взаимозаменяемость или требуется дополнительная обработка одного из элементов детали

**2. Размерная (геометрическая) и параметрическая взаимозаменяемость.** Параметрическая взаимозаменяемость чаще всего распространяется на устройства, в которых эксплуатационные свойства характеризуются оптическими, электрическими и другими немеханическими физическими параметрами.

**3. Внешняя и внутренняя взаимозаменяемость.** Эти понятия относятся не к деталям, а к узлам и к изделию в целом.

**Внешняя взаимозаменяемость** – это взаимозаменяемость по выходным данным узла: его присоединительным размерам и эксплуатационным параметрам. Вышедший из строя подшипник качения может быть заменен другим такого же типоразмера.

**Внутренняя взаимозаменяемость** – это взаимозаменяемость деталей, входящих в узел, или узлов, входящих в изделие. При замене тел качения в подшипнике следует использовать тела качения только определенного размера, согласованного с размера-

ми дорожек качения внутреннего и наружного колец подшипника.

Основное назначение взаимозаменяемости заключается в обеспечении производства изделий необходимого качества с минимальными затратами. Перечислим достоинства взаимозаменяемого производства.

1. *Упрощается процесс проектирования.* Многие конструкторские решения стандартизованы, необходимо лишь выбрать нужные из соответствующих нормативных документов.

2. *Обеспечивается широкая специализация и кооперирование.* Унификация требований к деталям и узлам позволяет изготавливать их на базе специализированных цехов и заводов, которые могут быть расположены в разных городах и странах.

3. *Удешевляется производство.* Это достигается за счет специализации. Производство настраивают на изготовление одних и тех же деталей или узлов. Возникает возможность создать специальное оборудование, обладающее высокой производительностью. Чем больше серийность выпуска, тем дешевле стоимость одного изделия.

4. *Обеспечивается организация поточного производства.* При взаимозаменяемом производстве сравнительно легко организовать сборку изделий на конвейере, при этом можно нормировать время сборочных операций, которые будут заключаться лишь в закреплении деталей и узлов. Дополнительной обработки или подгонки не потребуются.

5. *Упрощается процесс сборки.* Сборка взаимозаменяемых деталей заключается в их присоединении друг к другу. Такая операция может быть легко автоматизирована и при этом возможно использование труда малоквалифицированных операторов.

6. *Упрощается ремонт.* Если продукция создана с соблюдением принципа взаимозаменяемости, то это предусматривает возможность использования запасных деталей. Тогда ремонт будет заключаться в простой замене детали или узла, что приводит к уменьшению времени простоя машины и к увеличению надежности и экономичности её эксплуатации.

[Вернуться в оглавление](#)



## 4.2. Основные понятия в области взаимозаменяемости

Геометрические параметры деталей количественно оцениваются посредством размеров. *Размер* – это числовое значение линейной величины (диаметра, длины, высоты и т.п.). Размеры подразделяют на размеры номинальные, действительные и предельные.

*Номинальный размер ( $D, d$ )* – это размер определенный исходя из функционального назначения детали, проставляемый на чертеже и служащий началом отсчета отклонений.

Номинальный размер определяется конструктором в результате расчета на прочность, жесткость, износостойкость или с учетом различных конструктивных, технологических и эксплуатационных соображений. Номинальные размеры могут быть как целыми, так и дробными числами. Однако конструктор не должен любой размер, полученный при расчете, принимать за номинальный размер и проставлять на чертеже. Для целей унификации и стандартизации установлены ряды номинальных размеров (ряды предпочтительных чисел). Такой подход дает возможность сократить количество типоразмеров деталей и узлов, количество режущего инструмента и другой технологической и измерительной оснастки.

Ряды предпочтительных чисел представляют собой члены геометрической прогрессии со знаменателями  $\varphi$ . Эти ряды условно названы  $R5$ ;  $R10$ ;  $R20$ ;  $R40$ ;  $R80$ . Знаменатели прогрессии равны соответственно:  $\sqrt[5]{10}=1,6$ ;  $\sqrt[10]{10}=1,25$ ;  $\sqrt[20]{10}=1,12$ ;  $\sqrt[40]{10}=1,06$ ; Значения предыдущего ряда предпочтительнее последующего.

*Предельные размеры* – два предельно допустимых размера элемента, между которыми должен находиться (или которым может быть равен) действительный размер.

Как видно из определения, размер годного элемента детали задают двумя предельными значениями, при которых он должен правильно выполнять свои функции. Эти размеры называют *наибольшим предельным размером ( $D_{\max}, d_{\max}$ )* и *наименьшим предельным размером ( $D_{\min}, d_{\min}$ )*.

Однако задавать на чертеже два размера неудобно, поэтому в дополнение к номинальному размеру на чертеже проставляют его предельные отклонения.

Поскольку размер может быть как больше, так и меньше номинального, при нормировании используют термины «верхнее» и «нижнее» отклонения.

**Верхнее предельное отклонение ( $ES, es$ )** – это алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным размером.

$$ES(es) = D_{\max}(d_{\max}) - D(d)$$

**Нижнее предельное отклонение ( $EI, ei$ )** – это алгебраическая разность между наименьшим предельным размером и номинальным размером.

$$EI(ei) = D_{\min}(d_{\min}) - D(d)$$

Определение отклонений как алгебраической разности числовых величин означает, что они могут иметь знаки плюс «+» или минус «-». Если отклонение положительное, то размер больше номинального размера. Если отклонение отрицательное, то размер меньше номинального размера. Отклонение может быть равно нулю, если предельный размер совпадает с номинальным размером.

Номинальный размер и отклонения проставляются на чертеже в миллиметрах (в целых числах или дробных величинах, обозначаемых десятичной дробью). Перед величиной предельного отклонения указывается знак плюс или минус, если же одно из отклонений не проставлено, то это означает, что оно равно нулю.

Например, номинальный размер 10 мм с различными предельными отклонениями на чертеже будут обозначены:

а)  $10_{-0,1}^{+0,2}$ ; б)  $10^{+0,1}$ ; в)  $10_{-0,1}$ ; г)  $10 \pm 0,2$ ; д)  $10_{+0,2}^{+0,4}$ ; е)  $10_{-0,3}^{-0,1}$ .

Размер, полученный в результате обработки детали, обязательно будет отличаться от номинального, но ведь значение этого размера становится известно лишь в результате измерения, а оно, в свою очередь, также может осуществляться с различной погрешностью. Поэтому, в дальнейшем, имея в виду изготовленную деталь, будем говорить о действительном размере.

**Действительный размер** – это размер, установленный с допустимой погрешностью.

**Допуск (T)** – это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или предельными отклонениями.

$$TD(Td) = D_{\max}(d_{\max}) - D_{\min}(d_{\min}) = ES(es) - EI(ei).$$

Допуск всегда величина положительная и не равная нулю. Это интервал значений размеров, между которыми должен находиться размер годного элемента детали. Чем допуск больше, тем ниже требования к точности обработки детали, тем проще её изготовление.

Все основные термины, приведенные выше, могут быть представлены графически для наглядного изображения размеров. При графическом изображении используют термины «поле допуска» и «нулевая линия».

**Поле допуска** – это поле ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами, определяющими допуск и его положение относительно номинального размера.

**Нулевая линия** – это линия, соответствующая номинальному размеру, от которой указывают отклонения размеров при графическом изображении полей допусков и посадок. Обычно нулевая линия располагается горизонтально и плюсовые отклонения от номинального размера откладывают вверх, а минусовые – вниз от нулевой линии. Графическое изображение поля допуска детали (вала)  $O30_{-0,02}^{+0,01}$  приведено на рис. 4.1.

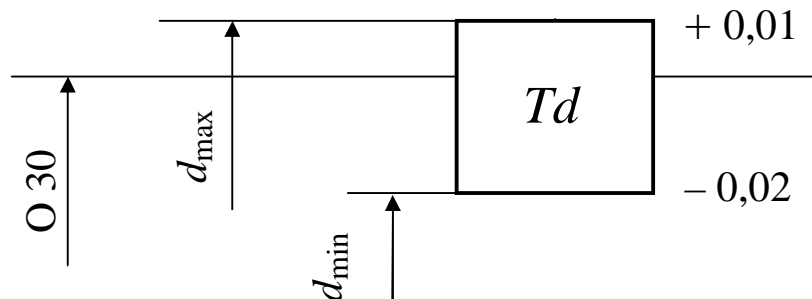


Рис. 4.1. Графическое изображение поля допуска вала  $O30_{-0,02}^{+0,01}$

[Вернуться в оглавление](#)

### 4.3. Понятия о соединениях (сопряжениях) и посадках

При создании механизмов машин возникает необходимость соединения двух или нескольких деталей друг с другом. Две детали, подвижно или неподвижно соединенные друг с другом образуют соединение (сопряжение). Детали имеют сопрягаемые и несопрягаемые поверхности. Сопрягаемые – это поверхности, по которым детали соединяют в сборочные единицы (узлы). Несопрягаемые (свободные) – это конструктивно необходимые поверхности, не предназначенные для соединения с поверхностями других деталей.

Не зависимо от конфигурации соединяемых элементов, условно принято один элемент называть «валом», а другой – «отверстием».

**Вал** – термин, условно применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей, включая и элементы, ограниченные плоскими поверхностями.

**Отверстие** – термин, условно применяемый для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей, включая и элементы, ограниченные плоскими поверхностями.

Соединение отверстий с валами образует сопряжение или, как часто называют, посадку. Можно дать более точное определение посадки.

**Посадка** – характер соединения деталей, определяемый значениями получающихся в ней зазоров и натягов.

При этом в зависимости от размеров соединяемых деталей они могут после сборки иметь различную степень свободы относительно взаимного смещения.

В зависимости от возможности относительного перемещения сопрягаемых деталей или степени сопротивления их взаимному смещению посадки разделяют на три вида.

**Посадки с зазором** – посадка, при которой всегда образуется зазор в соединении. В таких соединениях диаметр отверстия всегда больше, чем диаметр вала.

**Зазор ( $S$ )** – положительная разность между диаметром отверстия и вала до сборки ( $S = D - d$ ).

Соединение с зазором и графическое изображение посадки с зазором приведено на рис. 4.2.

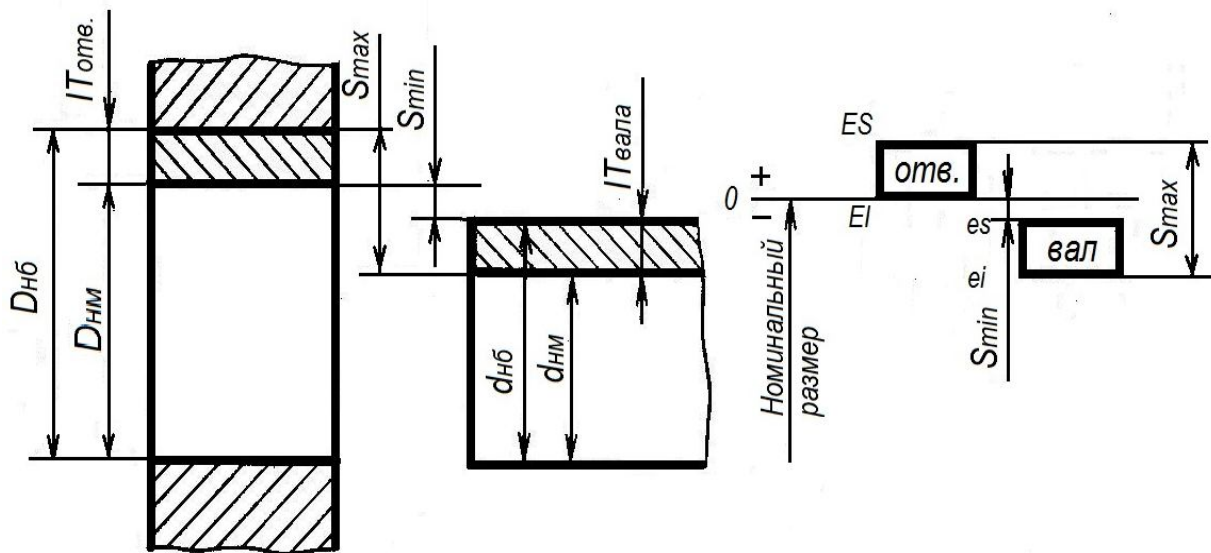


Рис. 4.2. Соединение с зазором и графическое изображение посадки.

Посадки с зазором характеризуются:

– наибольшим зазором  $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$ ;

– наименьшим зазором  $S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$ ;

– средним зазором  $S_m = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2}$ ;

– допуском зазора  $TS = S_{\max} - S_{\min}$ .

**Посадки с натягом** – посадка, при которой всегда образуется натяг в соединении. В таких соединениях диаметр вала всегда больше диаметра отверстия.

**Натяг (N)** – положительная разность между диаметром вала и отверстия до сборки ( $N = d - D$ ).

Соединение с натягом и графическое изображение посадки с натягом приведено на рис. 4.3.

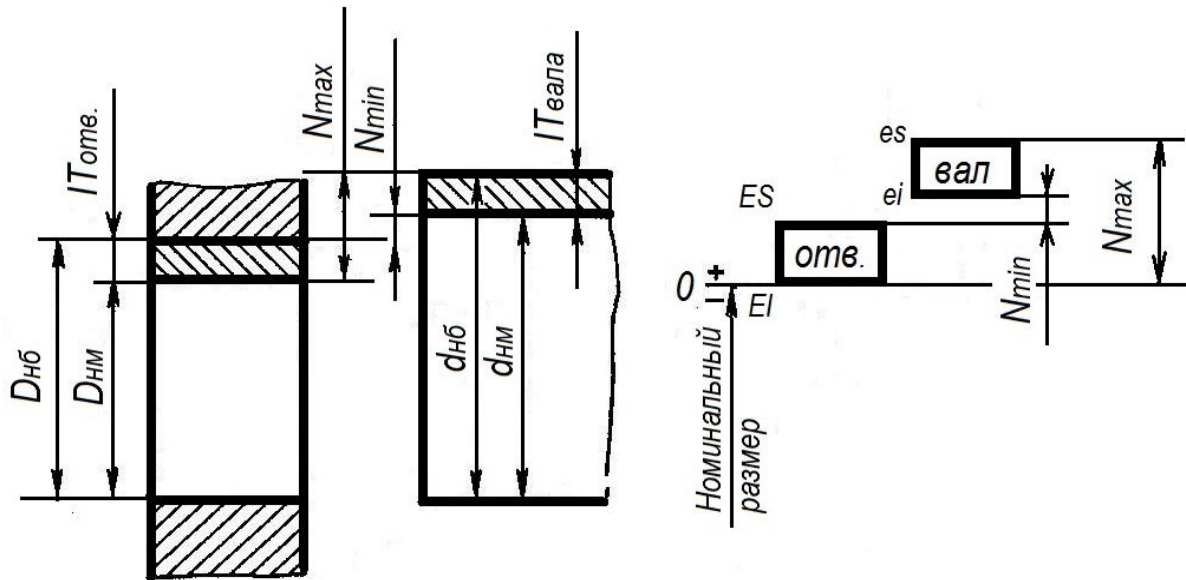


Рис. 4.3. Соединение с натягом и графическое изображение посадки.

Посадки с натягом характеризуются:

– наибольшим натягом  $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI;$

– наименьшим натягом  $N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES;$

– средним натягом  $N_m = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2};$

– допуском натяга  $TN = N_{\max} - N_{\min}.$

**Переходные посадки** – посадка, при которой возможно получить в соединении, как зазор, так и натяг в зависимости от действительных размеров отверстия и вала. На графическом изображении таких посадок поля допусков вала и отверстия перекрываются частично или полностью. Таким образом, до изготовления нельзя точно сказать, что получится при сопряжении отверстия и вала – зазор или натяг.

Соединение по переходной посадке и графическое изображение переходной посадки приведено на рис. 4.4.

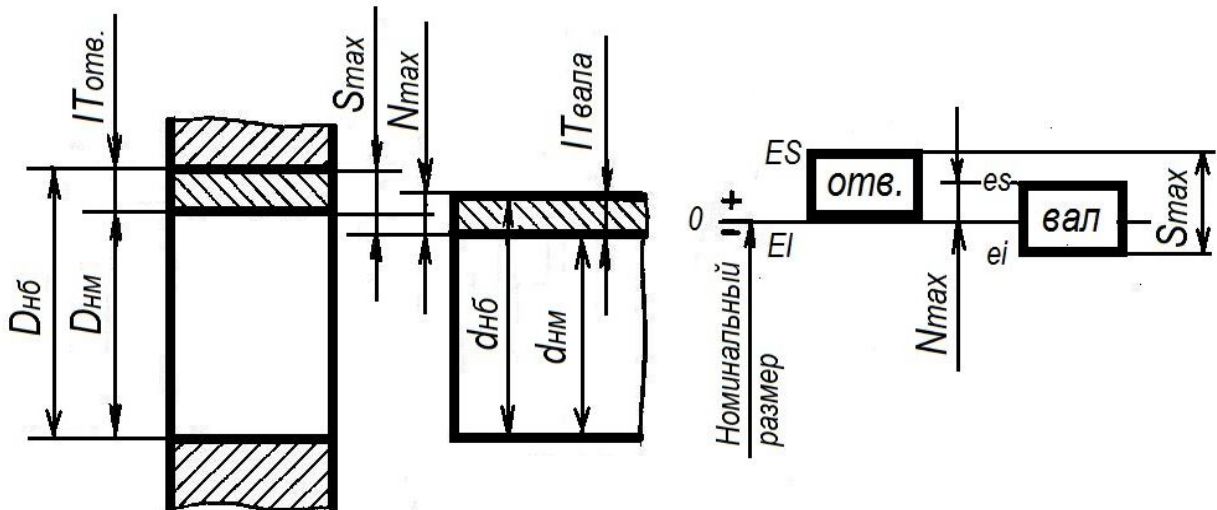


Рис. 4.4. Соединение по переходной посадке и графическое изображение переходной посадки

Переходные посадки характеризуются:

- наибольшим зазором  $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$ ;
- наибольшим натягом  $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI$ ;
- средним зазором или средним натягом

$$S_m = \frac{S_{\max} - N_{\max}}{2}; \quad N_m = \frac{N_{\max} - S_{\max}}{2};$$

- допуском переходной посадки  $TS(TN) = S_{\max} + N_{\max}$ .

[Вернуться в оглавление](#)

#### 4.4. Система допусков и посадок для гладких элементов деталей (система ЕСП)

Получить необходимую посадку при соединении деталей можно при разных соотношениях отклонений размеров от номинального размера.

**Системой допусков и посадок** называется закономерно построенная совокупность стандартизованных допусков и предельных отклонений размеров элементов деталей, а также посадок, образованных отверстиями и валами, имеющими стандартные

предельные отклонения и оформленная в виде стандартов. Единая система допусков и посадок (ЕСДП) разработана и введена в действие с 01.01.1977.

Для системы допусков и посадок можно выделить ряд признаков.

**1. Интервалы размеров.** Единая система допусков и посадок оформлена в виде таблиц, в которых для номинальных размеров заданы научно обоснованные величины предельных отклонений для различных полей допусков отверстий и валов.

Теоретически можно создать систему, в которой давать точностные требования на все предпочтительные числа, охватываемые стандартом. Но практически такая система была бы очень громоздкой.

ЕСДП предусматривает 13 интервалов размеров в диапазоне до 500 мм, в пределах которых значения допусков устанавливаются постоянными. При определении принадлежности размера к тому или иному интервалу следует помнить, что последнее число интервала относится к данному интервалу, а первое число – к предыдущему.

**2. Единицы допуска.** Практика показала, что погрешности обработки возрастают с увеличением обрабатываемого диаметра, и становится сложнее получить заданную точность изготовления. Специальными исследованиями был установлен вид зависимости между диаметром и погрешностью изготовления при различных видах обработки. Эти данные легли в основу построения ЕСДП через введение так называемой *единицы допуска (i)* – меры, характеризующей сложность изготовления детали в зависимости от её размера.

Эта единица допуска используется для вычисления допуска на размеры. В системе ЕСДП для размеров до 500 мм

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D_m} + 0,001D_m,$$

где  $D_m = \sqrt{D_{\max} \times D_{\min}}$  – среднее геометрическое крайних размеров каждого интервала ( $D_m$  должно отличаться от крайних значений не более, чем на 5...8 %), мм;  $i$  – единица допуска, мкм.



В практической деятельности единицами допуска пользоваться не приходится. Числовые значения допусков уже подсчитанных с учетом единицы допуска приведены в ГОСТ 25346–89.

**3. Ряды точности.** Для разных деталей машин в зависимости от назначения и условий работы требуется различная точность изготовления. В ЕСДП предусмотрено несколько рядов точности, названных квалитетами.

**Квалитет (класс точности, степень точности)** – это совокупность допусков, соответствующих одному уровню точности для всех номинальных размеров.

Значение допуска в каждом из квалитетов характеризуется постоянным числом единиц допуска, называемом коэффициентом точности  $a$ .

Допуск определяется по формуле

$$T = a \cdot i,$$

где  $T$  – обозначение допуска, без соотнесения к конкретной системе допусков;  $a$  – число единиц допуска, определенное для данного квалитета;  $i$  – единица допуска, зависящая от значения нормируемого размера.

В ЕСДП предусмотрено 20 квалитетов (0,1; 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17 и 18). Стандартный допуск того или иного квалитета обозначается –  $IT$  (от International Tolerance – международный допуск) с номером квалитета. С возрастанием номера квалитета допуск увеличивается, а точность убывает. Чем больше квалитет, тем при одном и том же номинальном размере больше допуск ( $IT7 < IT9 < IT11$ ).

Квалитеты высокой точности (в основном до 3-го) для образования посадок, как правило, не используют. Допуски этих квалитетов назначают на прецизионные несопрягаемые элементы деталей, элементы средств измерений. Допуски квалитетов следующей группы (от 5 до 12) используют для образования рекомендуемых посадок. Грубые допуски (начиная с 12-го и грубее) в основном применяют для назначения требований к точности несопрягаемых размеров.

**4. Основное отклонение** – это одно из отклонений (верхнее или нижнее) определяющее положение поля допуска относительно

но нулевой линии. В качестве основного отклонения принято отклонение, ближайшее к нулевой линии.

Для образования полей допусков в ЕСДП используется 28 основных отклонений полей допусков валов и отверстий. Основные отклонения обозначают одной, а в отдельных случаях двумя (для сопряжений точного машиностроения) буквами латинского алфавита: прописными ( $A, B, C, CD, D$  и т.д.) – для отверстий и строчными ( $a, b, c, cd, d$  и т.д.) – для валов.

Отметим общепринятые назначения основных отклонений и их особенности:

- основные отклонения  $H$  и  $h$  равны нулю. Эти отклонения относятся к основному отверстию и основному валу соответственно

- основные отклонения валов от  $a$  до  $h$  (основные отклонения отверстий от  $A$  до  $H$ ) используются для образования посадок с зазором в системе отверстия (в системе вала) соответственно.

- основные отклонения валов от  $j$  до  $n$  (основные отклонения отверстий от  $J$  до  $N$ ) используются для образования переходных посадок в системе отверстия (и вала) соответственно.

- основные отклонения валов от  $p$  до  $zc$  (основные отклонения отверстий от  $P$  до  $ZC$ ) используются для образования посадок с натягом в системе отверстия (и вала) соответственно.

Схема основных отклонений в разных качествах при одинаковом номинальном размере показана на рис. 4.5.

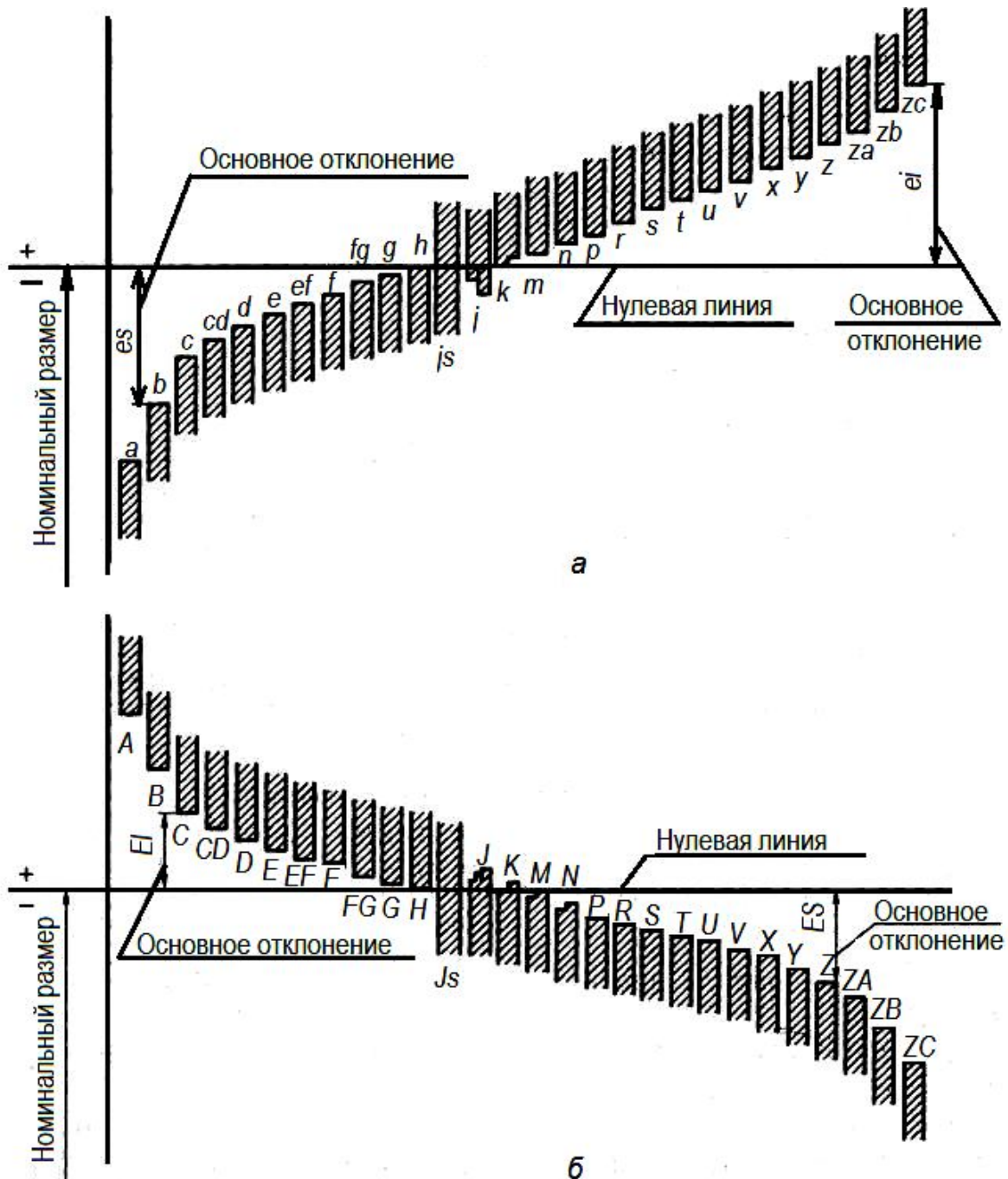


Рис. 4.5. Схема основных отклонений в ЕСДП:  
а – система отверстия; б – система вала

**5. Посадки в системе отверстия и системе вала.** Посадки во всех системах образуются сочетанием полей допусков отверстия и вала. Стандартами установлены две равноправные системы образования посадок: система отверстия ( $CH$ ) и система вала ( $Ch$ ).

*Посадки в системе отверстия* – посадки, в которых различные зазоры и натяги получают сочетанием различных полей допусков валов с одним (основным) полем допуска отверстия.

*Посадки в системе вала* – посадки, в которых различные зазоры и натяги получают сочетанием различных полей допусков отверстий с одним (основным) полем допуска вала.

**6. Нормальная температура.** Во всем мире принято считать значения размеров, которые приводятся в нормативных документах, относящимся к деталям при их температуре равной 20°C.

[Вернуться в оглавление](#)

## **4.5. Взаимозаменяемость подшипников качения**

### **4.5.1. Точность геометрических параметров подшипников качения**

Подшипники качения, являясь универсальными узлами, служат опорами вращающихся частей механизмов и машин и работают в условиях преобладающего трения качения, заменяя собой подшипники скольжения. Подшипники качения, работающие при самых разнообразных нагрузках и частотах вращения, должны обеспечивать точность и равномерность перемещения подвижных частей машин и приборов, а также обладать высокой долговечностью. Работоспособность подшипников качения в большей степени зависит от качества материалов, из которых они изготовлены, от точности их изготовления, характера соединения с сопрягаемыми деталями и условиями эксплуатации.

В подшипниках качения между поверхностью вращающейся детали и поверхностью опор располагаются шарики и ролики. В подавляющем большинстве случаев подшипники качения изготавливаются в виде отдельного узла, состоящего из наружного и внутреннего колец и расположенных между ними тел качения (шариков или роликов), и детали, удерживающей тела качения на определенном расстоянии одно от другого (сепаратор).

Подшипник качения – это стандартный узел, обладающий полной внешней взаимозаменяемостью своими присоединитель-

ными поверхностями (рис.4.6.):  $D$  – наружный диаметр наружного кольца,  $d$  – внутренний диаметр внутреннего кольца,  $B$  – ширина колец подшипника.

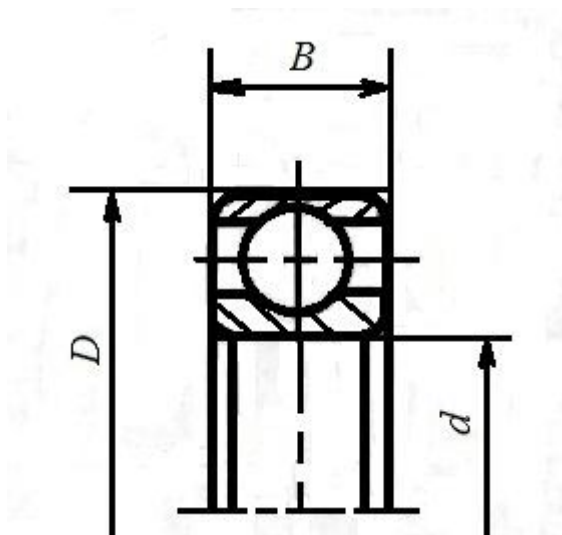


Рис. 4.6. Общий вид подшипника качения

При изготовлении подшипников нет полной внутренней взаимозаменяемости.

Установлено несколько классов точности подшипников (ГОСТ 520–2002) в зависимости от используемых тел качения и от направления воспринимаемой нагрузки:

классы 0, 6, 5, 4, 2, Т – для шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников;

классы 0, 6, 4, 2 – для упорных и упорно-радиальных подшипников;

классы 0, 6X, 6, 5, 4, 2 – для роликовых конических подшипников.

Наиболее грубым является класс 0, а наиболее точным 2 и Т. Помимо этих классов нормируются дополнительные более грубые классы 7 и 8, по точности ниже, чем класс 0. Эти классы поставляются по заказам потребителя.

Класс точности подшипника характеризуется целым рядом точностных требований, которые относятся к отклонениям размеров, формы и расположения.

Класс точности проставляют перед условным обозначением подшипника, например 6–205. Нулевой класс в обозначении не

указывают, поскольку его применяют для большинства механизмов общего назначения.

Помимо классов точности для подшипников качения установлены три категории *A*, *B*, и *C* для нормирования других показателей, которые являются дополнительными требованиями точности.

*К категории A* относятся подшипники классов точности 5, 4, 2, T, если к ним предъявляются дополнительные повышенные требования по уровню вибрации или по волнистости и отклонению от круглости поверхностей качения и моменту трения, или по отклонению от круглости и волнистости поверхности качения, или радиальное, или осевое биение соответствует более высокому классу, возможны и другие сочетания дополнительных параметров.

*К категории B* относятся подшипники классов точности 0, 6X, 6, 5, для которых нормируется дополнительно одно из требований, например, регламентируются требования по уровню вибрации или по радиальному или торцевому биениям, а также по другим параметрам.

*К категории C* относятся подшипники классов точности 8, 7, 0, 6, к которым не предъявляются требования по ограничению уровня вибраций, моменту трения и другим требованиям, не указанным в ГОСТ.

[Вернуться в оглавление](#)

#### **4.5.2. Поля допусков колец подшипников качения**

Классы точности подшипников качения характеризуются допуском на размер, а для образования посадки необходимо нормировать основное отклонение и направление расположения допуска.

Основное отклонение посадочных мест колец подшипника обозначаются латинской буквой *L* для диаметра отверстия и буквой *l* – для наружного диаметра. Поле допуска образуется основным отклонением и рядом точности, который характеризует допуск на размер.

Наружное кольцо подшипника должно сопрягаться с отверстием в корпусе в системе вала, а внутреннее кольцо подшипника должно сопрягаться с поверхностью вала в системе отверстия.

Поле допуска среднего диаметра наружного кольца  $D$  расположено, как и поле допуска основного вала в системе допусков и посадок рис. 4.7.

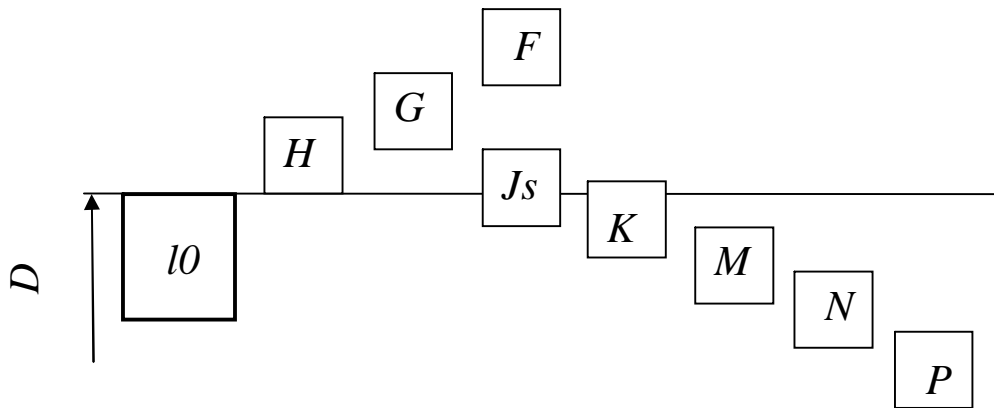


Рис. 4.7. Положение основной детали и основных отклонений для образования посадки наружного кольца в корпусе.

Поле допуска для внутреннего кольца подшипника  $d$  расположено в минус от номинального размера, «из тела» материала рис. 4.8.

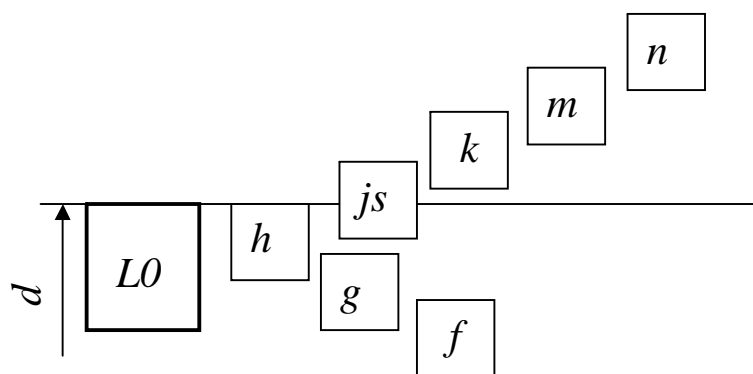


Рис. 4.8. Положение основной детали и основных отклонений для образования посадки внутреннего кольца на вал.

В ЕСДП у основного отверстия и основного вала поля допуска расположены «в тело материала». Отклонение со знаком «+» для основного отверстия и со знаком «-» для основного вала.

Расположение поля допуска посадочного отверстия подшипника в минус от номинального размера вызвано тем, что поля допусков валов для соединения с отверстием подшипника выбирают из числа полей допусков ЕСДП. Поскольку кольца подшипников качения являются легко деформируемыми деталями, то требуют при установке применения малых натягов, чтобы избежать заклинивания тел качения между кольцами или даже разрушения колец при сборке. При назначении переходных посадок в системе отверстия можно получить небольшие натяги, но при этом, с той же вероятностью, можно получить посадку с зазором. Но те же поля допусков валов образуют посадки с небольшими натягами в соединении с отверстием, поле допуска которого расположено вниз от нулевой линии, в минус от номинального размера.

При сопряжении валов с отверстием, у которого поле допуска расположено в минус от номинального размера, а не в плюс, часть полей допусков валов, которые в системе ЕСДП использовались для получения посадок с небольшим зазором, будут образовывать с отверстием подшипника посадки переходные с небольшими натягами или зазорами. Поля допусков, обычно используемые для переходных посадок, будут с кольцами подшипников образовывать посадки с небольшим натягом.

[Вернуться в оглавление](#)

### **4.5.3. Выбор посадок для колец подшипников**

При установке подшипников качения используются все три вида посадок по характеру сопряжения. Характер сопряжения зависит от вида нагружений колец подшипника, характера и интенсивности нагрузки, конструкции вала и корпуса.

Во время работы кольца подшипника испытывают различные виды нагружений: местное, циркуляционное и колебательное.

*Местным нагружением* колец называется такой вид нагружения, при котором действующая на подшипник результирующая радиальная нагрузка постоянно воспринимается одним и тем же ограниченным участком дорожки качения кольца и пере-



дается соответствующему участку посадочной поверхности вала или корпуса.

Кольца, которые подвергаются местному нагружению, должны устанавливаться с гарантированным зазором или по переходной посадке при минимальном натяге. Такой вид нагружения имеет не вращающееся кольцо. Для образования посадок могут использоваться основные отклонения  $H, G, F, h, g, f$ .

**Циркуляционным нагружением** колец называется такой вид нагружения, при котором действующая на подшипник результирующая радиальная нагрузка воспринимается и передается телами качения в процессе вращения последовательно по всей длине окружности и по всей посадочной поверхности вала и корпуса.

Такой вид нагружения возникает, когда кольцо вращается относительно постоянной по направлению радиальной нагрузки, а так же, когда нагрузка вращается относительно неподвижного или подвижного кольца. Такой вид нагружения имеет вращающееся кольцо. Для образования посадок могут использоваться основные отклонения  $K, M, N, P, j, k, m, n, p$ .

**Колебательным нагружением** кольца называется такой вид нагружения, при котором неподвижное кольцо подшипника подвергается одновременному воздействию радиальных нагрузок (постоянной по направлению) и вращающейся меньшей или равной по значению радиальной нагрузке. Их равнодействующая совершает периодическое колебательное движение симметричное относительно неподвижной радиальной силы, прием равнодействующая периодически передается соответствующему ограниченному участку посадочной поверхности.

При колебательном виде нагружения кольцо должно устанавливаться по переходной посадке с целью обеспечения возможного проворота кольца в процессе работы для равномерного износа. Для образования посадок могут использоваться основные отклонения  $J, j$ .

Более подробно вопросы выбора посадок под подшипники качения рассмотрены в приложении к ГОСТу 3325–85. Там же приведены рекомендации по использованию посадок подшипников качения в конкретных видах машин.

При циркуляционном виде нагружения колец подшипника посадку выбирают в зависимости от величины интенсивности радиальной нагрузки:

$$P_R = \frac{R}{b} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3;$$

где  $R$  – величина нагрузки;

$b$  – ширина посадочного места;

$k_1$  – динамический коэффициент, учитывающий характер нагрузки: при перегрузках до 150%, умеренных толчках и вибрации  $k_1 = 1$ ; при перегрузке до 300%, сильных ударах и вибрации  $k_1 = 1,8$ ;

$k_2$  = коэффициент, учитывающий ослабление посадочного натяга при полом вале или тонкостенном корпусе, при сплошном вале  $k_2 = 1$ ;

$k_3$  = коэффициент, учитывающий неравномерность распределения радиальной нагрузки между рядами тел качения в двухрядных подшипниках.

При местном виде нагружения колец подшипника посадку выбирают в зависимости от диаметра кольца, конструкции вала и корпуса, характера нагрузки.

Обозначение посадок подшипников такое же, как принято в ЕСДП, в виде дроби, когда в числителе указывают поле допуска отверстия, а в знаменателе – поле допуска вала. Одним из полей допусков является поле допуска кольца подшипника. Обозначения могут выполняться несколькими вариантами.

Обозначение посадки подшипника на вал (в системе отверстия):

$$O50 \frac{L0}{js6}; \text{ или } O50 \frac{L0}{js6} ;$$

Обозначение посадки подшипника в отверстие корпуса (в системе вала):

$$O90 \frac{H7}{l0}; \text{ или } O90 \frac{H7}{l0} .$$

Стандартом допускается не указывать поле допуска кольца подшипника. На сборочном чертеже допускается вместо посадки указывать только поле допуска размера, который будет обраба-

ываться по данному чертежу на данном производстве, и не указывать точность (поле допуска) поверхности подшипника:

O50 js6;      O90 H7.

Существенным недостатком этого обозначения является то, что на чертеже не указывается в явном виде точность используемого подшипника.

[Вернуться в оглавление](#)

## **4.6. Взаимозаменяемость резьбовых соединений**

### **4.6.1. Классификация резьбовых соединений**

Резьбовые соединения получили широкое распространение в машиностроении. Существует большое разнообразие резьб как общего, так и специального назначения.

Резьбовым соединением называется соединение двух деталей с помощью резьбы, т.е. элементов деталей, имеющих один или несколько равномерно расположенных винтовых выступов резьбы постоянного сечения, образованных на боковой поверхности цилиндра или конуса.

Резьбовые соединения могут классифицироваться по ряду признаков.

*В зависимости от профиля*, резьба бывает треугольной, трапецеидальной, пилообразной, круглой, прямоугольной.

*В зависимости от вида поверхности*, на которой нанесена резьба, разделяется на цилиндрическую поверхность и коническую (конусную), наружную и внутреннюю.

*По эксплуатационному признаку* (т.е. по области применения) резьбы бывают: крепежная резьба, кинематическая резьба, трубные и арматурные резьбы - цилиндрические и конические.

*По числу заходов* (т.е. по числу винтовых выступов) резьба бывает однозаходная и многозаходная.

Многозаходные резьбы используются тогда, когда требуется обеспечить плотность и герметичность соединения на небольшой длине свинчивания или в тонкостенных деталях.

По направлению резьбы – «правая» резьба и «левая». «Левая» резьба применяется в потенциально опасных соединениях.

В зависимости от используемых единиц измерения, в которых выражаются параметры резьбы, они разделяются на метрические и дюймовые резьбы.

[Вернуться в оглавление](#)

#### 4.6.2. Основные параметры метрической резьбы

Наибольшее распространение имеет резьба треугольная с углом профиля  $60^\circ$ , такая резьба известна во всем мире под названием «метрическая». Профиль и основные параметры метрической резьбы представлены на рис. 4.10.

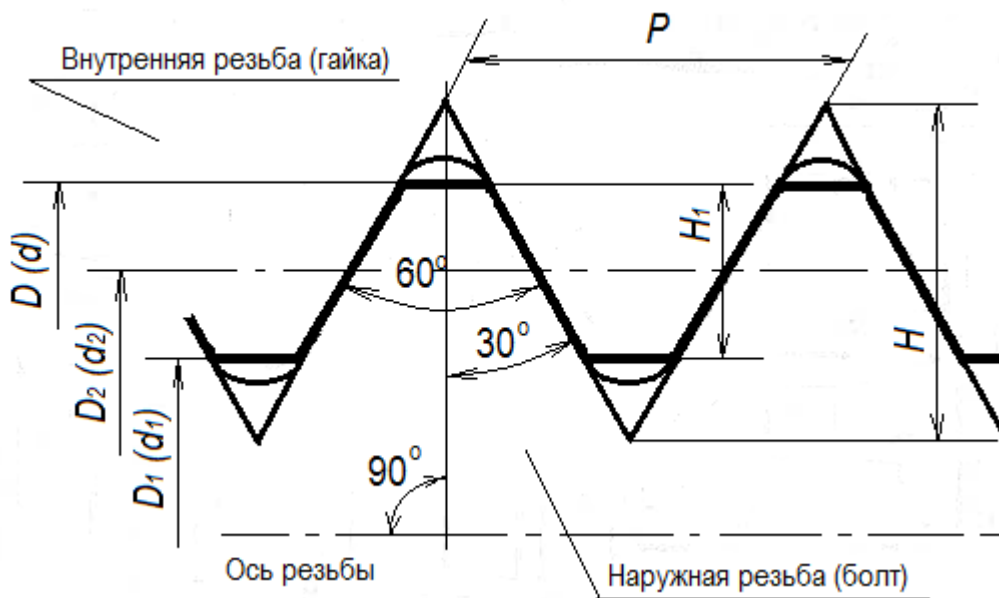


Рис. 4.10. Профиль и основные параметры метрической резьбы

Основным профилем резьбы является общий для наружной и внутренней резьбы профиль, который называется номинальным ( $H$ ), и размеры его линейных и угловых элементов служат основой для определения номинальных профилей болта и гайки.

В основу профиля метрической резьбы положен треугольник, у которого срезаны вершины (рабочий профиль –  $H_1$ ).

Для гайки форма впадин резьбы вообще не регламентируется, но, в основном, делается закругленной. При такой форме облегчается процесс изготовления резьбы накатыванием.

Для обеспечения эксплуатационных свойств резьбы при изготовлении и измерении из сложного профиля резьбы выделяется ряд элементов, одинаковых для болта и гайки, которые и используются при нормировании точности резьбы.

**Наружный диаметр  $D$  и  $d$**  – диаметр воображаемого, соосного с резьбой, цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы (болта) или по впадинам внутренней резьбы (гайки). Наружный диаметр используется для обозначения резьбы.

**Внутренний диаметр  $D_1$  и  $d_1$**  – диаметр воображаемого, соосного с резьбой, цилиндра вписанного во впадины наружной резьбы (болта) или в вершины внутренней резьбы (гайки).

**Средний диаметр  $D_2$  и  $d_2$**  – диаметр воображаемого, соосного с резьбой цилиндра, каждая образующая которого пересекает профиль таким образом, что отрезок между точками профилей соседних витков, образованный при пересечении с канавкой, равен половине номинального шага.

**Шаг резьбы  $P$**  – расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между средними точками ближайших одноименных боковых сторон профиля, лежащих в одной осевой плоскости по одну сторону от оси резьбы.

Шаги резьбы условно разделяют на крупные и мелкие, в зависимости от соотношения величины шага и размера номинального диаметра резьбы. Крупными считают шаги от 0,25 до 6 мм, нарезанные на диаметрах от 1 до 68 мм. Мелкими считаются шаги от 0,25 до 6 мм, нарезанные на диаметрах от 1 до 600 мм. Мелкие шаги используются для нарезания резьбы в тонкостенных деталях при ограниченной возможности в отношении длины свинчивания.

Для многозаходной резьбы вместе с термином шаг используется ещё термин *ход* – расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между любой исходной средней точкой на боковой стороне резьбы и средней точкой, полученной при перемещении исходной средней точки по винтовой линии на угол  $360^\circ$ . Другими словами, это шаг одной из винтовых линий, из которых состоит многозаходная резьба.

**Угол профиля резьбы  $\alpha$**  – угол между смежными боковыми сторонами резьбы в плоскости осевого сечения. Для нормирования чаще используется угол  $\alpha/2$  – угол наклона между боковой стороной профиля резьбы и перпендикуляром к оси резьбы. Это установлено для того, чтобы можно было выявить перекося резьбы из-за неточности установки инструмента. Иначе может оказаться, что профиль выдержан правильно, но относительно оси развернут, и сопряжение может не произойти. Для метрической резьбы  $\alpha = 60^\circ$ .

**Длина свинчивания  $l$**  – длина взаимного соприкосновения наружной и внутренней резьб в осевом направлении. Установлено три группы длин свинчивания:  $S$  – короткая;  $N$  – нормальная;  $L$  – длинная.

[Вернуться в оглавление](#)

### 4.6.3. Приведенный средний диаметр резьбы

**Приведенным средним диаметром резьбы** называется средний диаметр воображаемой идеальной резьбы, которая имеет те же шаг и угол наклона боковых сторон, что и основной или номинальный профиль резьбы, и длину, равную заданной длине свинчивания, и которая плотно (без взаимного смещения или натяга) соприкасается с реальной резьбой по боковым сторонам резьбы.

Приведенный средний диаметр резьбы – это средний диаметр идеального резьбового элемента, который соединяется с реальной резьбой. Это диаметр условной идеальной резьбы, которой нет в действительности, как материального объекта и которая могла бы свернуться с реальным резьбовым элементом при всех погрешностях его параметров. Этот средний диаметр невозможно измерить непосредственно, но его можно проконтролировать. Для того чтобы узнать числовое значение приведенного среднего диаметра, необходимо отдельно измерить значения параметров резьбы, препятствующие свинчиванию и рассчитать этот диаметр.

Препятствием для свинчивания могут быть как погрешности среднего диаметра, так и погрешности шага и профиля (угла наклона) резьбы. При изготовлении резьбы отклонения отдельных

элементов резьбы зависят от погрешностей отдельных составляющих технологического процесса.

Влияние ошибок шага и ошибок профиля у резьбы с прямой образующей профиля можно устранить (компенсировать) уменьшением среднего диаметра болта или увеличением среднего диаметра гайки для того, чтобы обеспечить свинчивание деталей (обеспечить сборку). Необходимо помнить, что резьбовые поверхности болта и гайки никогда не соприкасаются по всей винтовой поверхности, а касаются только на отдельных участках.

Погрешность шага (рис. 4.11) у резьбы бывает двух видов – местная погрешность, часто называемая «внутришаговой», и прогрессирующая погрешность, иногда называемая «растяжкой» шага. Компенсация погрешности осуществляется для прогрессирующей погрешности. Для обеспечения свинчивания используется значение диаметральной компенсации.

**Диаметральная компенсация погрешностей шага резьбы  $f_p$**  – это величина, на которую необходимо уменьшить средний диаметр болта или увеличить средний диаметр гайки, не выходя за пределы табличного допуска на средний диаметр, чтобы обеспечить их свинчиваемость с проходными резьбовыми калибрами при наличии погрешностей шага.

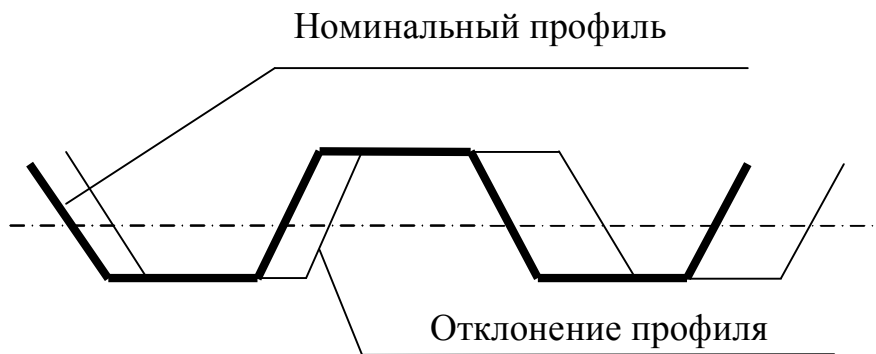


Рис. 4.11. Погрешность шага резьбы

Значение, на которое необходимо дополнительно обработать болт и гайку по среднему диаметру, определяется по формуле:

$$f_p = ctg\alpha / 2 \cdot \Delta P = 1,732 \Delta P,$$

где;  $f_p$  – диаметральная компенсация погрешности шага;  $\Delta P$  – погрешность шага.

Для метрической резьбы с углом профиля  $60^\circ$   $f_p=1,732\Delta P$ . Аналогичные формулы введены для дюймовых и других резьб.

Погрешность угла профиля (рис.4.12, а) или угла наклона боковой стороны (рис.4.12, б) возникает, обычно, от погрешности профиля режущего инструмента или погрешности его установки на станке относительно оси заготовки. Компенсация погрешности профиля резьбы производится также изменением значения среднего диаметра, увеличением среднего диаметра у гайки или уменьшением среднего диаметра у болта. Для обеспечения свинчивания используется значение диаметральной компенсации.

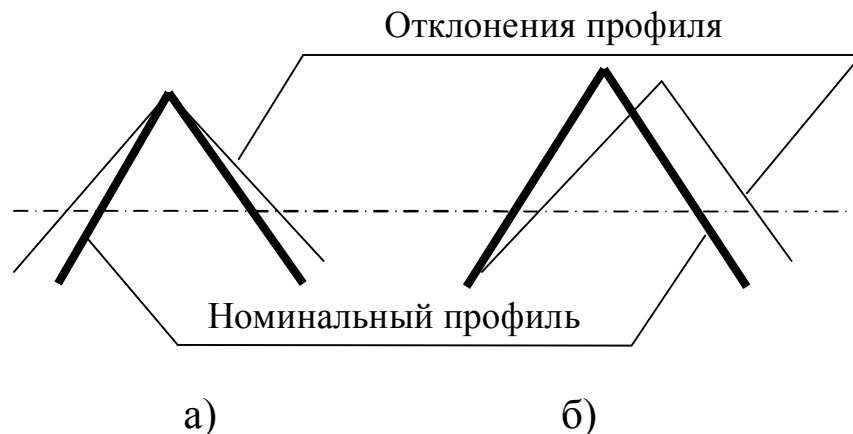


Рис. 4.12. Погрешности угла профиля

**Диаметральная компенсация погрешностей половины угла профиля  $f_\alpha$**  – это величина, на которую необходимо уменьшить средний диаметр болта или увеличить средний диаметр гайки, не выходя за пределы поля его допуска, чтобы обеспечить их свинчиваемость с проходными резьбовыми калибрами при наличии неизбежной погрешности в половине угла профиля.

Изменение размера среднего диаметра для метрической резьбы может быть рассчитано по формуле:

$$f_\alpha = 0,36P \cdot \Delta\alpha / 2,$$

где  $f_\alpha$  – диаметральная компенсация погрешностей половины угла профиля;

$P$  – шаг резьбы.



Таким образом, требование к точности резьбы в отношении среднего диаметра нормируется суммарным допуском, который ограничивает как приведенный средний диаметр, так и собственно средний диаметр резьбы.

Значение приведенного среднего диаметра для внутренней резьбы определяют по формуле:

$$D_{2ПР} = D_{2ИЗМ} - (f_p + f_\alpha),$$

где  $D_{2ПР}$  – приведенный средний диаметр гайки;

$D_{2ИЗМ}$  – измеренное значение собственно среднего диаметра гайки;

$f_p$  – диаметральная компенсация погрешностей шага;

$f_\alpha$  – диаметральная компенсация погрешностей половины угла профиля.

Значение приведенного среднего диаметра для наружной резьбы определяется по формуле:

$$d_{2ПР} = d_{2ИЗМ} + f_p + f_\alpha,$$

где  $d_{2ПР}$  – приведенный средний диаметр болта;

$d_{2ИЗМ}$  – измеренное значение собственно среднего диаметра болта;

$f_p$  – диаметральная компенсация погрешностей шага;

$f_\alpha$  – диаметральная компенсация погрешностей половины угла профиля.

Допуски, которые даются в стандарте на средний диаметр болта и гайки, фактически включает в себя допуски собственно среднего диаметра и значение возможной компенсации.

При отсутствии погрешностей в шаге и половине угла профиля приведенный и собственно средний диаметр резьбы совпадают.

[Вернуться в оглавление](#)

#### 4.6.4. Поля допусков для метрической резьбы. Обозначение резьбы

Структура построения допусков резьбы аналогична структуре допусков гладких цилиндрических соединений. В резьбовых соединениях тоже назначают основные отклонения и обозначают их буквами латинского алфавита – прописными для отклонений гаек и строчными для отклонений болтов, но значения этих отклонений не совпадают. Величины допусков назначают в зависимости от номинального диаметра резьбы, шага и степени точности. Сочетания основных отклонений и допусков образуют поля допусков размеров резьбы.

Основные отклонения нормируются для резьбы в значительно меньшем количестве, чем для гладких элементов. Для образования резьбовых соединений с зазором используются следующие основные отклонения: для гайки –  $H, G, F, E$  (рис. 4.13, а), для болта –  $h, g, f, e, d$  (рис. 4.13, б).

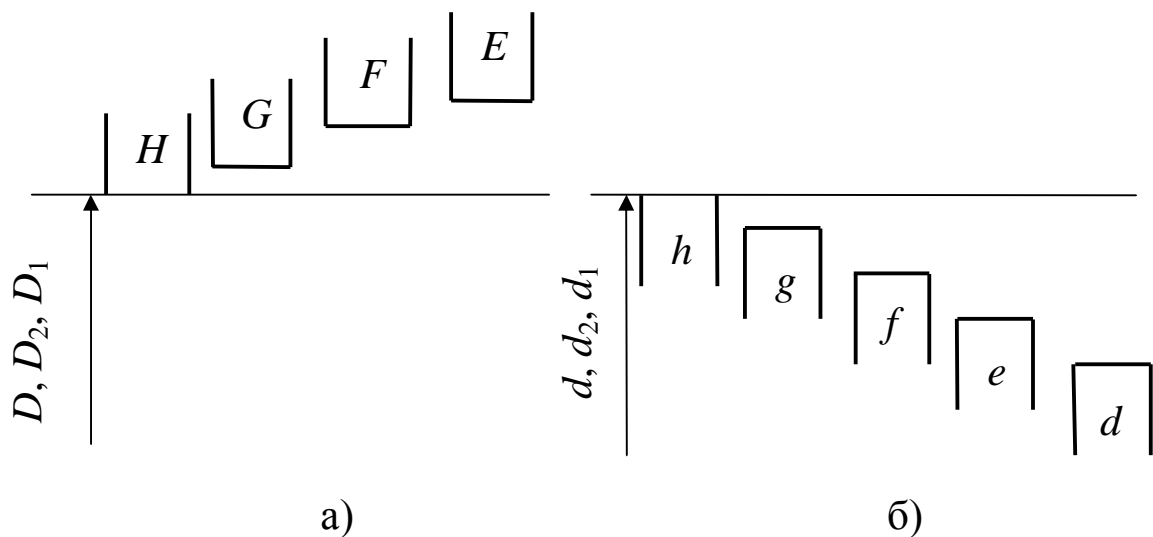


Рис. 4.13. Расположение основных отклонений:  
а – внутренняя резьба; б – наружная резьба

Основные отклонения, обычно принимаются одинаковые для нормируемых элементов, у болта для среднего и наружного диаметров, а у гайки для среднего и внутреннего диаметров. Но можно принимать разные поля допусков для нормируемых параметров.

Допуски назначаются только для двух параметров наружной резьбы – среднего и наружного диаметров и для двух параметров внутренней резьбы – среднего и внутреннего диаметров. Для этих параметров метрической резьбы установлены степени точности табл. 4.1.

Таблица 4.1.

## Степени точности диаметров резьбы

Вид резьбы	Диаметр резьбы	Степень точности
Наружная	$d_2$	3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 <input type="checkbox"/>
	$d$	4; 6; 8
Внутренняя	$D_2$	4; 5; 6; 7; 8; 9 <input type="checkbox"/>
	$D_1$	4; 5; 6; 7; 8
Примечание: <input type="checkbox"/> Только для резьб на деталях из пластмассы.		

Степени точности используют для обозначения резьбы. Существует условное разделение резьбы по классам точности: точный, средний и грубый. Приближенное соответствие классов точности следующее:

точный класс соответствует 3 – 5 степеням точности;  
 средний класс соответствует 5 – 7 степеням точности;  
 грубый класс соответствует 7 – 9 степеням точности.

Обозначение резьбовых элементов должно сочетать в себе следующую информацию, характеризующую резьбу:

- а) указание о виде резьбы (М – резьба метрическая);
- б) значение номинального диаметра ( $d, D$ );
- в) значение мелкого шага (крупный шаг не указывается);
- г) специально указывается  $LH$ , если резьба левая;
- д) поле допуска на приведенный средний диаметр ( $D_2, d_2$ );
- е) поле допуска на диаметр выступов ( $D_1, d$ );
- ж) значение длины свинчивания ( $l$ ), если она не нормальная.

Примеры полного обозначения резьбового элемента, в соответствии с принципами нормирования:

для наружной резьбы – болта:

M20 ? 0,75LH – 7g6g – 15;

для внутренней резьбы – гайки:

M20 ? 0,75LH – 4H5H – 15;

пример полного обозначения резьбового сопряжения:

$$M20 \ ? \ 0,75LH - \frac{4H \ 5H}{7g \ 6g} - 15 \text{ или}$$

$$M20 \ ? \ 0,75LH - 4H5H/7g6g - 15.$$

Такое обозначение практически не встречается. Самое короткое обозначение резьбового элемента, которое используется чаще всего:

для наружной резьбы: M40 – 6g; M40 ? 1,5 – 6g;  
 для внутренней резьбы: M40 – 6H; M40 ? 1,5 – 6H;  
 соединение: M40 – 6H/6g; M40 ? 1,5 – 6H/6g.

Надо понимать, что посадка резьбовых элементов осуществляется за счет сочетания размеров приведенного среднего диаметра, а поля допусков для диаметров выступов, даны в виде дополнительной информации, и эти элементы в сопряжении не участвуют.

[Вернуться в оглавление](#)

## 4.7. Взаимозаменяемость шпоночных соединений

### 4.7.1. Назначение и классификация шпоночных сопряжений

Шпонки применяют для соединения с валами зубчатых колес, шкивов ременных передач, муфт, маховиков и других деталей машин. Обычно шпоночные соединения применяют, когда необходимо передать незначительные крутящие моменты и к точности центрирования соединяемых деталей не предъявляют высоких требований.

Шпоночные соединения различают в зависимости от геометрической формы шпонки и способов её установки. В основном используют соединения с *призматическими* шпонками, *сегментными шпонками* и *клиновыми шпонками*. Наибольшее применение имеют призматические и сегментные шпонки.

Шпоночные соединения делят на два типа: *напряженные* и *ненапряженные*. В напряженных соединениях, которые способны

передавать вращающий момент и осевую нагрузку, используют клиновые шпонки. Ненапряженные соединения, передающие только крутящий момент, выполняют с призматическими и сегментными шпонками.

Использование призматических шпонок дает возможность более точно центрировать сопрягаемые элементы и получать подвижные и неподвижные соединения.

Соединения с сегментными шпонками служат для образования только неподвижных соединений.

[Вернуться в оглавление](#)

#### 4.7.2. Соединения с призматическими шпонками

Размеры, допуски и посадки для соединений с призматическими шпонками установлены ГОСТ 23360 – 78.

Шпоночные соединения (рис. 4.14) используются обычно для соединения с валом диаметром от 6 до 500 мм.

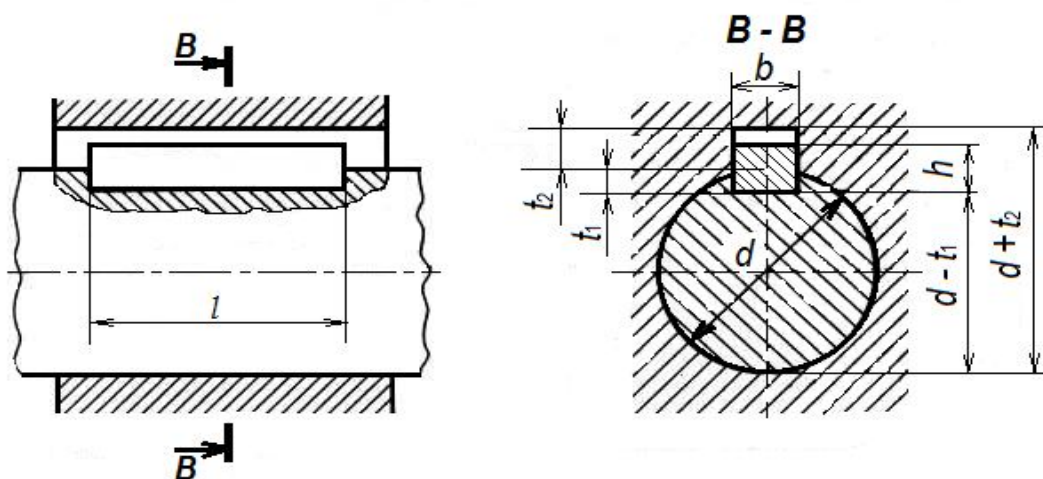


Рис. 4.14. Шпоночное соединение с призматическими шпонками

Основными размерами призматических шпонок являются ширина –  $b$ , высота –  $h$  и длина –  $l$ .

Размеры шпонок установлены от 2?2 до 100?50 мм (ширина ? высота) и длиной от 6 до 500 мм. Конкретные сочетания этих размеров нормируются в стандарте. В условном обозначении шпонки также указываются её размеры ( $b?h?l$ ). Например, шпонка 18?11?100 ГОСТ23360-78.

Глубина пазов под шпонку у валов ( $t_1$ ) – от 1,2 до 31 мм, у втулок ( $t_2$ ) – от 1 до 19,5 мм. Для всех шпоночных соединений нормируются значение и точность размера ( $t_1$  и  $t_2$ ), но допускается на чертежах задавать размер с учетом диаметра, ( $d - t_1$ ) для вала и ( $d + t_2$ ) для отверстия.

*Нормирование точности шпонок (валов)* производится в зависимости от их габаритных размеров. Для ширины шпонки ( $b$ ) нормируется одно поле допуска  $h9$ , для высоты ( $h$ ) – обычно поле допуска  $h9$  и  $h11$  (для шпонок высотой от 2 до 6 мм –  $h9$ , для шпонок высотой свыше 6 мм –  $h11$ ) и для длины ( $l$ ) – поле допуска  $h14$ .

*Нормирование точности шпоночных пазов* на валу и во втулке (отверстия) задаются в зависимости от вида соединения, которые разделяются на три группы с различными требованиями к точности ширины пазов.

*Нормальное соединение* – это соединение с переходной посадкой с большей вероятностью получения зазора. Для этих соединений поле допуска  $N9$  задается для паза на валу  $J_s9$  – для паза во втулке (рис. 4.15, а).

*Свободное соединение* – это соединение с гарантированным зазором. Для этих соединений точность нормируется полем допуска  $H9$  для ширины паза на валу и  $D10$  во втулке (рис. 4.15, б).

*Плотное соединение* – это соединение с переходной посадкой и с приблизительно равной вероятностью зазоров и натягов. В этих соединениях для пазов вала и втулки нормируется одинаковое поле допуска  $P9$  (рис. 4.15, в).

Поле допуска для пазов дается как для отверстия, для детали с внутренней сопрягаемой поверхностью.

В соединении призматической шпонкой используется всего пять полей допусков на сопрягаемые размеры пазов и одно поле допуска для ширины шпонки.

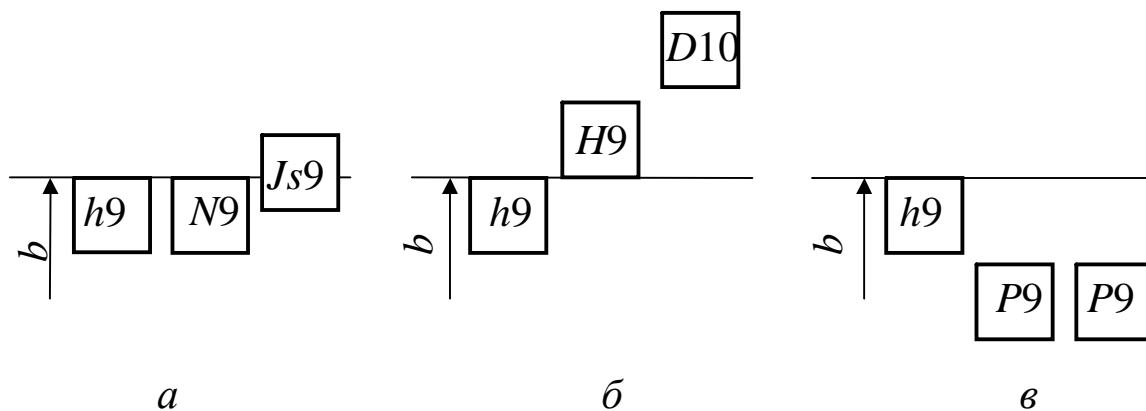


Рис. 4.15. Схемы расположения полей допусков соединения по ширине шпонки: *a* – нормальное; *б* – свободное; *в* – плотное.

Требование к точности глубины пазов на валу и во втулке установлены в пределах от +0,1 до +0,3 мм в зависимости от номинального размера. На длину паза установлено одно поле допуска *H15*.

Посадки шпоночного соединения, так же как и для гладких сопряжений, не нормируются. Сопряжения шпонок с валом и втулкой производится в системе вала.

[Вернуться в оглавление](#)

## 4.8. Взаимозаменяемость шлицевых соединений

### 4.8.1. Назначение и классификация шлицевых сопряжений

Основное назначение шлицевых соединений – передача крутящего момента, причем в отдельных случаях сопрягаемые детали могут иметь относительное осевое перемещение.

Шлицевые соединения используются в тех же случаях, что и шпоночные соединения, но для передачи больших крутящих моментов и в случаях, когда необходимо обеспечить относительно высокие требования к соосности (центрированию) вала и втулки.

В зависимости от формы профиля выступов у вала и пазов у втулки различают *прямобоочные* и *эвольвентные шлицевые соединения*. Значительно реже применяются *шлицевые соединения с треугольным профилем*.

Шлицевые соединения с прямобочным и эвольвентным профилем зуба применяются как для подвижных, так и для неподвижных соединений при передаче значительных крутящих моментов.

Шлицевые соединения с треугольным профилем зуба используют главным образом для неподвижных соединений при передаче незначительных крутящих моментов. Эти соединения используют вместо соединений, к которым применение натяга по каким-либо причинам нежелательно, а так же в тонкостенных втулках и пустотелых валах, так как это соединение имеет большое число мелких зубьев. Шлицевые соединения с треугольным профилем не стандартизованы.

[Вернуться в оглавление](#)

#### 4.8.2. Шлицевые соединения с прямобочным профилем

Эти соединения (рис. 4.16) используются в подвижных (с зазором) и неподвижных (с натягом) соединениях. Контур прямобочного шлицевого соединения имеет три основных параметра, по которым соединяются вал с втулкой:  $D$  – наружный диаметр,  $d$  – внутренний диаметр,  $b$  – толщина шлица вала и ширина канавки втулки.

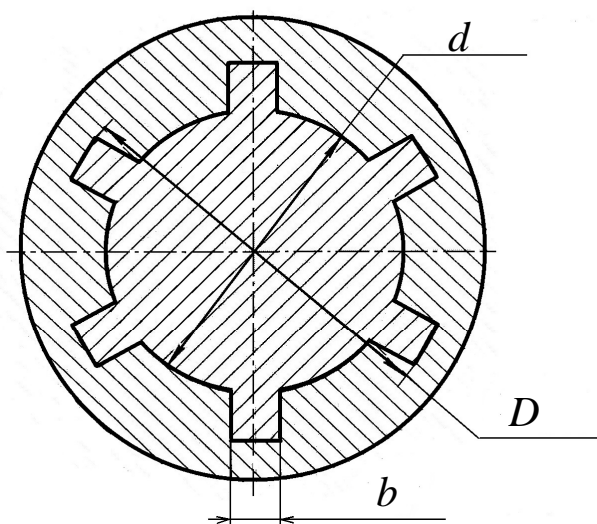


Рис. 4.16. Параметры прямобочного шлицевого соединения

Для того чтобы обеспечить передачу разных значений моментов, при выборе размеров шлицевых соединений

(ГОСТ 1139–80), выделяют *легкие, средние и тяжелые серии*, которые отличаются, в основном, разными сочетаниями чисел зубьев (шлицев) ( $z$ ), размерами внутреннего ( $d$ ) и наружного ( $D$ ) диаметров и шириной ( $b$ ) зуба (паза).

Прямобочные шлицевые соединения обычно



предназначены для соединения с наружным диаметром от 14 до 125 мм. Стандартом определены сочетания  $z? d? D$ , которые можно использовать.

Требования к параметрам шлицевого соединения задаются в зависимости от принятой системы центрирования между валом и втулкой, от той поверхности, по которой производится основное сопряжение, обеспечивающее расположение осей втулки и вала. Используются три способа центрирования: по наружной поверхности ( $D$ ), по внутренней поверхности ( $d$ ) и по боковым поверхностям зубьев ( $b$ ). Термин «центрирование» широко применяется в машиностроении и характеризует точность расположения осей поверхностей относительно друг друга.

**Центрирование** – это операция сборки, заключающаяся в выверке соосности детали с базовой поверхностью или общей осью.

*Центрирование по  $D$*  используется для подвижных и неподвижных соединений, при передаче небольших крутящих моментов и в других соединениях, подвергаемых малому износу. Для обеспечения этого сопряжения втулка должна изготавливаться с относительно небольшой твердостью, чтобы обеспечить обработку чистовой протяжкой. Вал может иметь большую твердость и обрабатывается шлифованием по наружному диаметру (фрезерованием получают зубья). Этот способ центрирования наиболее простой и экономичный.

*Центрирование по  $d$*  используется для получения высокой точности совмещения осей вала и втулки. Для обеспечения этого сопряжения отверстия по внутреннему диаметру и у вала, и у втулки могут быть окончательно обработаны шлифованием. Это сопряжение используется, когда вал и втулка должны иметь большую твердость. Этот способ центрирования дорогой, но наиболее точный.

*Центрирование по  $b$*  используется, когда необходимо передать большие крутящие моменты, особенно при знакопеременной нагрузке, тем более с реверсированием. При этом способе не обеспечивается высокая точность совпадения осей вала и втулки, и поэтому он применяется значительно реже, чем два других.

Шлицевые детали образуют подвижные и неподвижные соединения, для которых нормируются отдельные поля допусков по

ГОСТ 25347–82. Эти поля допусков выбраны в зависимости от характера соединения. В стандарте выделены поля допусков предпочтительного применения, и это следует учитывать при выборе полей допусков.

Условные обозначения допусков и посадок, шлицевых прямобоочных соединений на чертежах состоят из: буквы, указывающей центрирующий параметр, номинальные размеры параметров соединения и посадки каждого параметра. Допуски нецентрирующих параметров по ГОСТ 1139–80 указывать в обозначении не обязательно. Пример обозначения шлицевого прямобоочного соединения на чертеже:

для соединения:  $D - \frac{H8}{h7} \frac{F7}{e8}$  ;

для втулки:  $D - \frac{H8}{h7} \frac{F8}{e8}$  ;

для вала:  $D - \frac{H8}{h7} \frac{F8}{e8}$ .

[Вернуться в оглавление](#)

## 4.9. Взаимозаменяемость зубчатых колес и передач

### 4.9.1. Принципы взаимозаменяемости зубчатых колес и передач

Зубчатое колесо представляет собой деталь сложной геометрической формы в виде диска с зубьями на цилиндрической или конической поверхности, входящими в зацепление с зубьями другого зубчатого колеса.

Зубчатыми передачами называются механизмы, состоящие из зубчатых колес, которые сцепляются между собой и передают вращательное движение, обычно, преобразуя угловые скорости и крутящие моменты.

Наибольшее распространение имеют цилиндрические зубчатые колеса и передачи, передачи с параллельными осями. Особая трудность при нормировании точностные требований к зубчатым колесам заключается в том, что эти детали являются сложными по своей геометрической форме, а кроме того, они являются элементами кинематической цепи. Поэтому и необходимо при

нормировании учитывать их основное служебное назначение – передачу движения с одного вала на другой при необычной геометрической форме.

Требования к характеристикам передаваемого движения оказываются не одинаковыми для всего многообразия зубчатых передач. В зависимости от области применения зубчатых передач к ним могут быть предъявлены различные требования (критерии) в отношении точности: требования к точности поворота за один оборот, в пределах одного оборота, или требования к точности параметров, обеспечивающих постоянство контакта по сопрягаемым поверхностям, или требования к обеспечению необходимого бокового зазора.

Исходя из необходимости правильного нормирования точности зубчатых колес для обеспечения разнообразных эксплуатационных требований, в нормативных документах по точности колес и передач установлены (нормируются) четыре группы почти независимых параметров, которые названы нормами точности.

*В нормах кинематической точности* нормируются требования к таким геометрическим и кинематическим параметрам колеса и передачи, погрешность которых влияет на погрешность передаточного отношения за полный оборот колеса, характеризует погрешность в угле поворота за один его оборот по сравнению с тем, если бы вместо него находилось абсолютно точное колесо.

*В нормах плавности работы* нормируются требования к точности таких геометрических и кинематических параметров колеса и передач, погрешность которых также влияет на кинематическую точность, но эта погрешность проявляется многократно за один оборот колеса, один или несколько раз на каждом зубе. Эти требования имеют наибольшее значение для передач, работающих на больших скоростях, поскольку такие погрешности являются источником ударов, приводящих к появлению шума и вибраций.

*В нормах контакта* нормируются требования к таким геометрическим и кинематическим параметрам колес и передач, погрешность которых влияет на величину площади поверхности касания при вращении зубьев сопрягаемых колес. Требования к контакту поверхностей имеют большое значение для передач, работающих с большими нагрузками.

*В нормах бокового зазора* нормируются требования к таким параметрам колеса и передачи, которые влияют на зазор по нерабочим профилям зубьев при соприкосновении по рабочим профилям зубьев. Эти нормы важны для передач, работающих при большой загрязненности и для реверсивных передач.

[Вернуться в оглавление](#)

#### **4.9.2. Требования к точности зубчатых колес и передач. Условные обозначения.**

Требуемую точность движения, выполняемую зубчатым колесом и передачей, обеспечивают при их изготовлении, выдерживая заданные допуски отдельных параметров колеса и передачи.

ГОСТ 1643–81, устанавливающий допуски эвольвентных зубчатых колес и передач, прежде всего, определяет основные требования к точности движения зубчатого колеса, а затем в зависимости от этих требований назначает нормы точности на размеры отдельных элементов, параметры зубчатого колеса для их сопряжения при зацеплении, возникающем в передаче.

Три группы норм (кинематической точности, плавности работы и полноты контакта) относятся к характеристике процесса вращения, а четвертая норма (боковой зазор) не характеризует точности вращения колес и передач, поскольку нормируется требованиями к нерабочим профилям.

Поэтому при нормировании точности зубчатых колес принято давать единые ряды точности для трех норм точности, характеризующих процесс зацепления по разным параметрам. Эти ряды точности названы *степенями точности* (термин идентичен классу точности, качеству). Допуски по величине разделены на 12 степеней точности – от 1-й до 12-й по мере уменьшения точности. Числовые значения даются для степеней точности от 3-й до 12-й. Степени точности 1 и 2 оставлены для будущего развития, так как весьма малые величины допусков пока не достижимы для современного уровня машиностроения.

При учете различных эксплуатационных требований к зубчатым передачам не может быть обеспечено использованием рядов точности, которые устанавливают единый уровень точности

ко всем эксплуатационным показателям. Обычно одно из требований является доминирующим. Поэтому при нормировании допускается комбинирование разных степеней точности по нормам кинематической точности, плавности работы и контакта. Для зубчатых колес, в принципе, может быть установлено четыре уровня точности. При комбинировании степеней из разных норм существуют определенные ограничения из-за невозможности практического изготовления колес и передач при большой разнице в степенях точности по разным нормам, разным эксплуатационным показателям.

На практике может возникнуть необходимость в самых разнообразных сочетаниях между точностью вращения (степень точности) и точностью по боковому зазору. Поэтому в стандарте дается набор показателей (ряды точности), относящиеся к боковому зазору. Нормируемая точность по боковому зазору носит рекомендательный характер.

Основным показателем бокового зазора в стандартах указывается гарантированный боковой зазор.

*Гарантированный боковой зазор* ( $j_{n \min}$ ) – это наименьший зазор, который получается при выполнении требований к колесу пары, нормируемых в стандарте. Этот показатель можно использовать для передач с регулируемым межосевым расстоянием. При проектировании передач гарантированный зазор является исходным значением для выбора требованиями к параметрам колеса и передачи, определяющим этот зазор. ГОСТом установлен ряд величин гарантированного зазора и введено шесть видов сопряжений по боковому зазору, которые обозначены прописными буквами *H, E, D, C, B* и *A* в порядке роста величины зазора (*H* – гарантированный зазор равен нулю, *A* – наибольший боковой зазор). Можно считать, что виды сопряжения – это первый ряд (основной) точности для нормирования наименьшего (гарантированного) бокового зазора.

На значение бокового зазора оказывает влияние межосевое расстояние передач, а не только параметры колеса. В стандарте установлены ряды точности, состоящие из шести классов *отклонений межосевого расстояния* ( $a_w$ ), обозначенных римскими цифрами с *I* по *VI* в порядке убывания точности (это можно считать вторым рядом точностей по боковому зазору). Гарантиро-

ванный боковой зазор обеспечивается при соблюдении для сопряжений *H* и *E* класса *II* по межосевому расстоянию, а для сопряжений *D*, *C*, *B* и *A* классов *III*, *IV*, *V* и *VI* соответственно. Стандарт разрешает изменять указанные соответствия, ряды являются рекомендуемыми.

Приведенный принцип нормирования направлен на обеспечение гарантированного (наименьшего) бокового зазора. Наибольшее предельное значение бокового зазора и его колебание в разных передачах одной точности стандарт непосредственно не нормирует, а ограничивает также *условными видами допусков на боковой зазор*. Обозначают этот вид допуска строчными буквами латинского алфавита *h*, *d*, *c*, *b*, *a*, *z*, *y* и *x* по мере увеличения допуска бокового зазора. Эти нормы являются третьим рядом точности нормирования бокового зазора.

Стандарт устанавливает, что видам сопряжений *H* и *E* должен соответствовать вид допуска *h*, а видам сопряжений *D*, *C*, *B* и *A* – виды допусков *d*, *c*, *b* и *a* соответственно. Однако это соответствие можно изменять и использовать виды допусков *x*, *y*, *z* и эти ряды точности имеют рекомендательный характер.

Подводя итог можно считать, что точность колеса и передачи характеризуется степенью точности по трем эксплуатационным показателям вращения, видом сопряжения, видом допуска и классом межосевого расстояния – для указаний требований к необходимому боковому зазору.

В полном обозначении зубчатого колеса или передачи содержатся следующие данные: степень кинематической точности; степень точности плавности работы; степень точности полноты контакта зубьев; вид сопряжения в боковом зазоре; вид допуска бокового зазора; класс отклонения межосевого расстояния зубчатой передачи; наименьшая величина гарантированного бокового зазора.

Например, 8–7–6–*Ba/V*–128 ГОСТ 1643–81.

Пример самого короткого обозначения: 8–*C* ГОСТ 1643–81.

Все другие обозначения являются промежуточными. Возможен случай, когда конструктору безразлична степень точности

по какой-либо из норм точности по зацеплению, тогда вместо конкретного номера степени указывается буква *N*,

например: 8–*N*–6–*B* ГОСТ1643–81.

[Вернуться в оглавление](#)

## 4.10. Допуски на угловые размеры. Взаимозаменяемость гладких конических соединений

### 4.10.1. Система единиц на угловые размеры

**Углом в плоскости** называется геометрическая фигура, образованная двумя лучами (сторонами угла), выходящими из одной точки (вершины).

**Двугранным углом** называется геометрическая фигура в пространстве, образованная двумя полуплоскостями, исходящими из одной прямой, а также часть пространства, ограниченная этими полуплоскостями.

Полуплоскости называются *гранями* двугранного угла, а их общая прямая – *ребром*.

Особую группу наиболее распространенной угловой детали в машиностроении составляют конусы. Используются только *круговые конусы*, детали, которые представляют собой поверхность вращения, образованную прямой, вращающейся относительно оси и пересекающей её. В промышленности используются усеченные конусы, такие, которые пересечены плоскостью, параллельной основанию (окружности).

*За единицу измерения плоского угла* в международной системе единиц (СИ) принят *радиан*.

**Радианом** называется угол между двумя радиусами (сторонами угла), вырезающий на окружности дугу, длина которой равна радиусу  $\varphi = b/R$ , где  $b$  – длина дуги,  $R$  – радиус окружности.

Однако более удобной для измерения является система единиц, основанная на градусной мере, в которой для отсчета угла используется градус, минута и секунда. Особенность этой системы заключается в использовании шестидесятичной системы счисления. Более крупные единицы содержат 60 значений более мелкой (сопоставьте десятичное счисление линейных размеров в

метрической системе: 1 м = 10 дециметрам, 1 дециметр = 10 см, 1 см = 10 мм).

**Градусом** называется единица плоского угла, равная 1/360 части окружности или 1/90 части прямого угла. Градус равен 60 угловым минутам, а минута – 60 угловым секундам.

Соотношения между градусом и радианом:

$$360^\circ = 2\pi = 6,28318530 \text{ рад};$$

$$1^\circ = 2\pi/360 = 0,01745329 \approx 1/57,3 \text{ рад};$$

$$1 \text{ рад} = 360^\circ/2\pi = 57^\circ 17' 45'' = 3437' 45'' = 206265''$$

Для оценки малых углов их иногда выражают через тригонометрические функции синуса и тангенса, принимая значение этих отношений практически равной значению угла, выраженной в радианной мере,  $\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha \text{ рад}$ ;  $\sin \alpha \approx \alpha \text{ рад}$ . Погрешность при такой замене зависит от значения угла.

В машиностроении для удобства измерения отклонение угла от заданного выражают в линейной мере, как изменение размера на определенной длине. Так, для указания точности угла наклона (рис. 4.17.) нормируются допусковые значения  $h$  (в мкм) на длине  $L$  (в мм). Для пересчета линейных и угловых значений целесообразно запомнить, что на длине 206,3 мм (можно принять 200 мм) значение  $h$ , равное 1 мкм, соответствует углу в 1". Соответствующий пересчет производится при других длинах и высотах с учетом указанного соотношения.

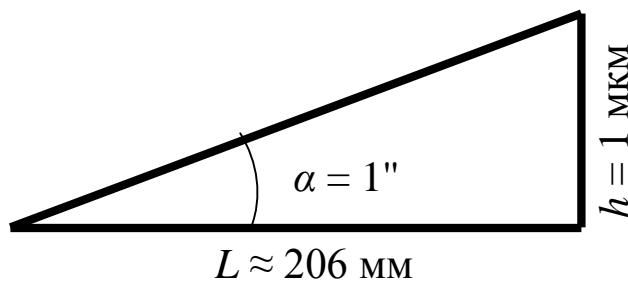


Рис. 4.17. Пересчет угловых величин в линейные величины

Таким образом, в машиностроении значение угла выражают либо в радианах, либо в градусах, либо приращением размера в линейной мере на определенной длине, возможно, использовать три единицы для нормирования точности угловых размеров. Применяют пока



градусную систему (хотя для расчетов удобнее радианная система), так как средства измерения, выпускаемые промышленностью, проградуированы в градусах.

Размеры нормальных углов устанавливает ГОСТ 8908–81. Величины нормальных углов образуют три ряда.

Первый ряд – это углы величиной 5, 15, 30, 45, 60, 90 и 120°. Эти углы имеют приоритетное применение.

Второй ряд включает в себя углы первого ряда и в дополнение к ним углы 0°30', 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 20, 40 и 75°.

Если же по расчету требуется все-таки и другие углы, то для них предусмотрен ещё и третий ряд с большим количеством дополнительных углов.

[Вернуться в оглавление](#)

#### 4.10.2. Требования к точности угловых размеров

В отношении угловых размеров используется понятие допуска, аналогичное допуску на линейный размер.

**Допуск угла** – это разность между наибольшим и наименьшим предельными допускаемыми углами. Допуск угла обозначается  $AT$  (сокращение от английского выражения Angle tolerance – угловой допуск).

При нормировании точности угловых размеров не применяется понятие «отклонение», а предусматривается, что допуск может быть расположен по-разному относительно номинального значения угла (рис. 4.18.).

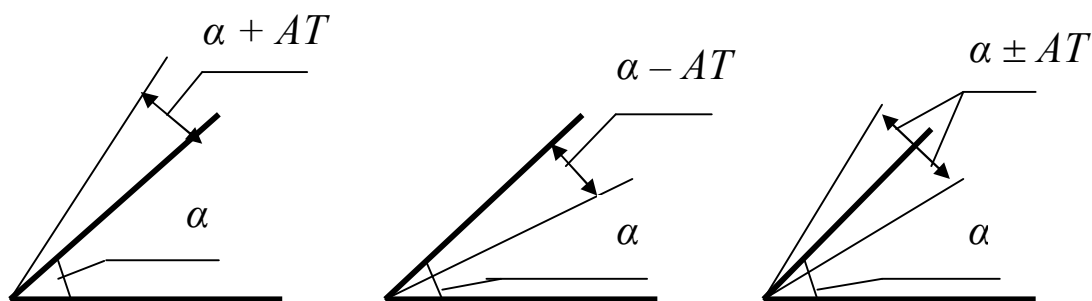


Рис. 4.18. Расположение допуска на угловые размеры относительно номинального значения угла:  $\alpha$  – номинальный угол.

Допуск может быть расположен в плюсовую сторону от номинального угла ( $+ AT$ ), или в минусовую ( $- AT$ ), или же симметрично относительно него ( $\pm AT/2$ ). Естественно, что в первом случае ниже, а во втором случае верхнее отклонения равны нулю, соответствуют случаям отклонений как для основного вала при нормировании точности линейных размеров.

С учетом того, что значение угла можно выразить разными способами, при нормировании требований к точности значений допуска выражается разным способом (ГОСТ 2908–81) и используется соответствующее обозначение (рис. 4.19.)

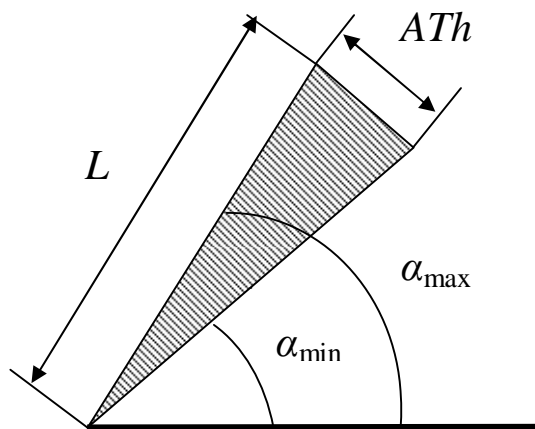


Рис. 4.19. Способы выражения допуска на угловые размеры

$AT\alpha$  – допуск, выраженный в радианной мере, и соответствующее ему точное значение в градусной мере;

$AT'\alpha$  – допуск, выраженный в градусной мере, но с округленным значением по сравнению с радианным выражением;

$ATh$  – допуск, выраженный в линейной мере длиной отрезка на перпендикуляре к концу меньшей стороны угла.

Связь между допусками в угловых и линейных единицах выражается зависимо-

стью  $ATh = AT\alpha \cdot L_1 \cdot 10^{-3}$ , где  $ATh$  измеряется в мкм,  $AT\alpha$  – в мкрад;  $L_1$  – длина меньшей стороны угла в мм. Этой формулой можно пользоваться и при пересчете отклонений угла в радианной мере к значениям угла в линейной мере.

В ГОСТ 8908–81 установлены 17 рядов точности, названных степенями точности (с 1 по 17). Понятие степень точности идентично понятию квалитет, класс точности.

Обозначение точности производится указанием основного обозначения допуска на угол и степень точности, например  $AT5$ ,  $AT7$ .

Ряды допусков, разность между допусками соседних степеней, образованы с помощью коэффициента 1,6. Если необходимо получить допуски угла для 18-го качества, которого нет в стандарте, надо допуски  $AT17$  умножить на 1,6, а для получения  $AT0$  надо допуски  $AT1$  разделить на 1,6.

Наибольшая длина стороны угла принята 2500 мм, а первый интервал длин сторон дается для размеров до 10 мм без указания нижнего предела. Интервалы длин сторон для угловых размеров не совпадают с интервалами, принятыми для линейных размеров.

Размеры конусов могут задаваться различными способами.

Конические поверхности характеризуются четырьмя основными параметрами  $D$ ,  $d$ ,  $L$  и  $\alpha$ . Три из них независимые, а четвертый можно вычислить.

Линейные размеры задаются диаметром большего основания  $D$ , диаметром малого основания  $d$  и длиной конуса  $L$ , под которой обычно понимается расстояние между основаниями усеченного конуса (рис. 4.20.)

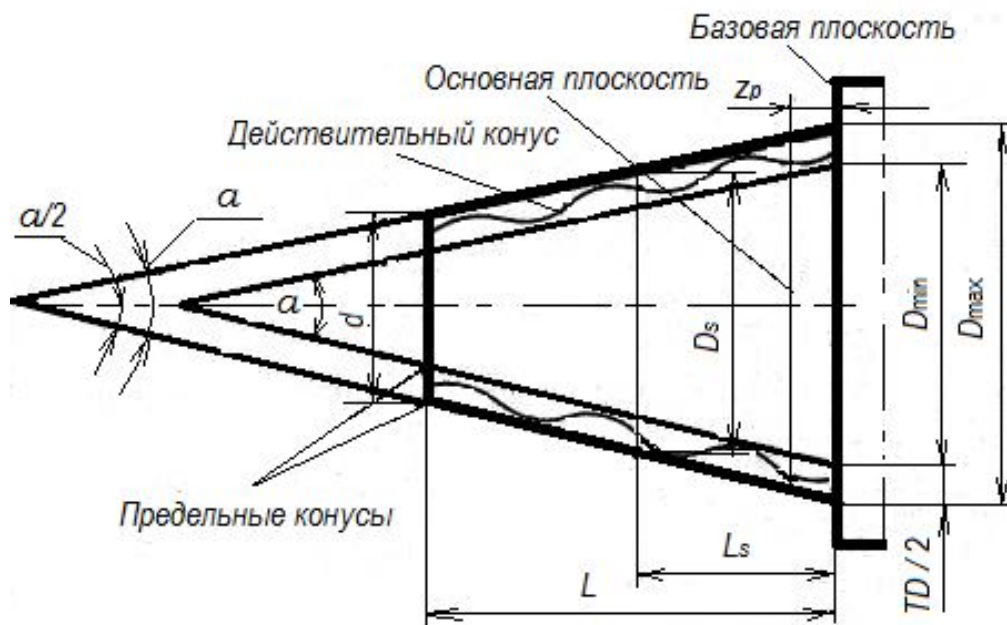


Рис. 4.20. Геометрические параметры конического элемента детали

Условные размеры конуса могут указываться несколькими вариантами. Угол конуса  $\alpha$  – угол между образующими конуса в сечении конуса плоскостью, проходящей через ось конуса.

Часто вместо угла конуса указывается угол наклона  $\alpha/2$ , угол между образующей и осью конуса. Углы конуса и уклона задаются в градусной мере.

*Допуск угла конуса* это разность между наибольшим и наименьшим предельными (допускаемыми) углами конуса. Допуск угла конуса может быть выражен в угловых единицах  $TD$  (рис. 4.20.). При этом  $TD$  – допуск, относящийся только к углу конуса.

Величину допуска угла назначают в зависимости от длины меньшей из сторон, образующих угол, а номинальную величину угла при назначении величины допуска не принимают во внимание. Когда угол конуса небольшой (конусность не более 1:3), допуск задается в зависимости от длины конуса.

Для стандартизованных конических соединений размеры конуса указывают чаще всего через понятие «конусность».

**Конусность  $C$**  – отношение разности диаметров большого и малого основания к длине конуса;

$$C = (D - d)/L = 2tg (\alpha/2).$$

Конусность может быть задана и как отношение разности диаметров любых двух поперечных сечений к расстоянию между этими сечениями.

Размеры конических поверхностей деталей должны соответствовать одному из рядов нормальных конусностей общего назначения по ГОСТ 8593–81.

Помимо конусностей общего назначения допускается применение конусностей специального назначения.

Конусность можно указывать в виде отношения типа 1: $X$ , где  $X$  – расстояние между поперечными сечениями конуса, разность диаметров которых равна 1 мм. Это сделано для того, чтобы выразить конусность отношениями целых чисел, а также для удобства измерения.

[Вернуться в оглавление](#)

### 4.10.3. Конические соединения

Гладкие конические соединения получают сопряжением двух деталей – наружного конуса (вала) с внутренним конусом (отверстием), имеющих одинаковые номинальные конусности. Конические соединения по сравнению с цилиндрическими соединениями имеют ряд преимуществ. В некоторых случаях конические соединения являются незаменимыми. Они могут быть подвижными, неподвижными и плотными.

Конические сопряжения используют для обеспечения сопряжений, при которых требуется частая разборка и сборка при хорошем центрировании сопрягаемых деталей. Типичным случаем наиболее частого применения конусов является установка режущего инструмента в шпинделе металлорежущих станков.

*Подвижные конические соединения* служат для обеспечения относительного вращения или зазора между деталями. Эти соединения характеризуются точным центрированием, возможностью компенсации износа деталей за счет перемещения их вдоль оси, например в конических подшипниках станков, в регулирующих устройствах. Подвижные конические соединения допускают регулирование зазора относительным смещением деталей вдоль оси и тем самым обеспечивают высокую точность вращения и длительную эксплуатацию с сохранением заданных свойств. Такие конические опоры вращения находят широкое применение в конструкциях высокоточных машин и приборов.

*Неподвижные конические соединения* (типа посадок с натягом цилиндрических сопряжений) служат для передачи крутящих моментов. Неподвижность создается силой трения между сопрягаемыми поверхностями. Силу трения регулируют изменением натяга, который обеспечивают затяжкой или запрессовкой наружного конуса во внутренний конус. При передаче больших нагрузок при малых натягах, а также при вибрациях применяют дополнительное крепление шпонками в конических соединениях. В неподвижных конических соединениях необходимый натяг создается осевой силой и при этом происходит самоцентрирование элементов конического сопряжения. Такие соединения легко разбираются, и всегда имеется возможность регулирования натяга.

*Плотные (или герметичные) конические соединения* применяются в кранах, штуцерах, для посадки клапана в седло в газораспределительных устройствах и т.п. Плотное соединение обеспечивается притиркой сопрягаемых деталей и обычно не взаимозаменяемо.

Коническая посадка – характер конического соединения, определяемый зазорами или натягами в коническом соединении, получающаяся после фиксации взаимного осевого положения сопрягаемых конусов.

Коническая посадка с зазором рассматривается как посадка, при которой обеспечивается зазор после фиксации взаимного осевого положения сопрягаемых конусов.

Конической посадкой с натягом появляется посадка, при которой обеспечивается натяг после фиксации взаимного осевого положения сопрягаемых конусов.

Коническая переходная посадка характеризуется возможностью получения в сопряжении, как зазора, так и натяга после фиксации взаимного осевого положения сопрягаемых конусов.

Зазор в коническом сопряжении рассматривается как разность диаметров внутреннего и наружного конусов в поперечных сечениях, совмещаемых после фиксации их взаимного осевого расположения, если диаметр внутреннего конуса больше диаметра наружного конуса.

Натяг в коническом сопряжении есть разность диаметров наружного и внутреннего конусов до сборки в поперечных сечениях, совмещаемых после фиксации их взаимного осевого положения, если соответствующий диаметр наружного конуса больше диаметра внутреннего конуса.

Реализация изложенных положений требует введения дополнительных понятий о конических соединениях, которые касаются определенности их взаимного положения при сопряжении. Эти же понятия одновременно являются определяющими для характеристики каждого из сопрягаемых элементов.

Условные обозначения параметров, относящихся к внутренним конусам, дополняются индексом  $i$ , а к наружным конусам индексом  $e$ .

*Основная плоскость* – плоскость (рис. 4.20) поперечного сечения конуса, в которой задан его номинальный диаметр.

*Базовая плоскость* – плоскость, служащая для определения осевого положения данного конуса относительно сопрягаемого с ним конуса.

К номинальным размерам конусов и их соединений относятся:

- диаметры большого  $D$  и малого  $d$  оснований; диаметры в заданном ( $D_s$ ) и произвольно расположенном ( $d$ ) поперечных сечениях;
- длины конуса  $L$  и соединения  $L_p$ ;
- осевые расстояния до заданного сечения ( $L_s$  – от большого основания и  $L_x$  – от произвольно расположенного);
- угол конуса  $\alpha$  – угол между образующими в продольном сечении конуса;
- угол уклона  $\alpha/2$  (угол между образующей конуса и его осью);
- конусность  $C$ .

Конусность наиболее полно характеризует эксплуатационные и конструктивные особенности конического соединения. С уменьшением конусности повышаются точность центрирования деталей и нагрузочная способность сопряжения, но увеличивается давление на боковую поверхность соединения и осевые перемещения деталей при регулировании зазора или натяга в соединении.

*Базорасстояние конусов* – расстояние между основной и базовой плоскостями. Если плоскости совпадают, то базорасстояние равно нулю.

*Базорасстояние соединения  $Z_p$*  – осевое расстояние между базовыми плоскостями сопрягаемых конусов.

Реальный конус и реальные или действительные размеры, но с добавлением индекса  $a$ .

*Допуски конусов* нормируются двумя способами:

- 1) совместным нормированием всех видов допусков –  $T_D$ ;
- 2) отдельным установлением каждого вида допусков:  $T_{DS}$ ;  $AT$  и в угловых или линейных единицах;  $T_{FR}$  и  $T_{FL}$ .

*Допуск диаметра конуса  $T_D$*  – это разность между предельными диаметрами конуса в одном и том же поперечном сечении, которая является постоянной для любого поперечного сечения в пределах длины конуса. Допуск  $T_D$  определяет поле допуска ко-

нуса, в пределах которого должны находиться все точки реальной поверхности конуса, и ограничивает все его отклонения, если на отклонения угла, отклонения от круглости и прямолинейности образующих не установлены отдельно меньшие допуски.

Допуск  $T_{DS}$  ограничивает только отклонения диаметра конуса в поперечном сечении, имеющем заданное осевое положение. Допуски  $T_D$  и  $T_{DS}$  назначают по квалитетам ГОСТ 25346–89.

*Допуски формы конуса – круглости ( $T_{FR}$ ) и прямолинейности образующих ( $T_{FL}$ )* – ограничивают отклонения формы поперечного и отдельно продольного сечения конуса (ГОСТ 24642–81).

*Осевой допуск конуса  $T_Z$  (наружного  $T_{Ze}$ , внутреннего  $T_{Zi}$ )* равен разности между верхними и нижними осевыми отклонениями конуса.

*Верхнее осевое отклонения конуса ( $es_z, ES_z$ )* – осевые отклонения наибольших предельных конусов, определяющиеся нижними отклонениями диаметров конусов (наружного  $ei$  и внутреннего  $EI$ ) в основной плоскости.

*Нижнее осевое отклонение конуса ( $ei_z, EI_z$ )* – осевые отклонения наибольших предельных конусов, определяющиеся верхними отклонениями диаметров конусов (наружного  $es$  и внутреннего  $ES$ ) в основной плоскости.

Осевые отклонения конусов отсчитываются от основной плоскости. Они положительны, если направлены от вершины конуса, и отрицательны, если направлены к вершине конуса.

Для конических соединений поля допусков определяют по ГОСТ 25347–89.

[Вернуться в оглавление](#)

#### **4.11. Калибры для контроля гладких цилиндрических соединений**

Годность гладких цилиндрических, конусных, резьбовых, шлицевых деталей, глубины и высоты уступов и других параметров с допусками от  $IT6$  до  $IT17$  в массовом и крупносерийном производствах проверяется с помощью предельных калибров.



При контроле могут использовать нормальные калибры (шаблоны) и предельные калибры.

**Нормальные калибры** – это калибры, исполнительные размеры которых рассчитывают по номинальным значениям контролируемой детали.

**Предельные калибры** – это калибры, исполнительные размеры которых рассчитывают по предельным значениям контролируемой детали.

В комплект рабочих предельных калибров входит два калибра:

1) проходной (ПР) – его номинальный размер равен наибольшему предельному размеру вала или наименьшему предельному размеру отверстия (соответствует максимуму материала);

2) непроходной (НЕ) – его номинальный размер равен наименьшему предельному размеру вала или наибольшему предельному размеру отверстия (соответствует минимуму материала).

Схема проверки предельными калибрами приведена на рис. 4.21, 4.22.

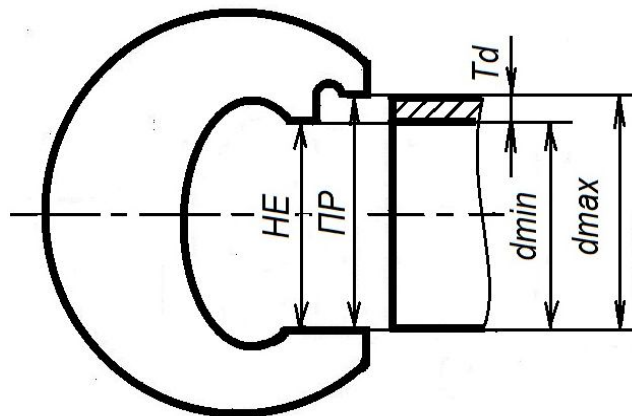


Рис. 4.21. Схема проверки вала предельными калибрами

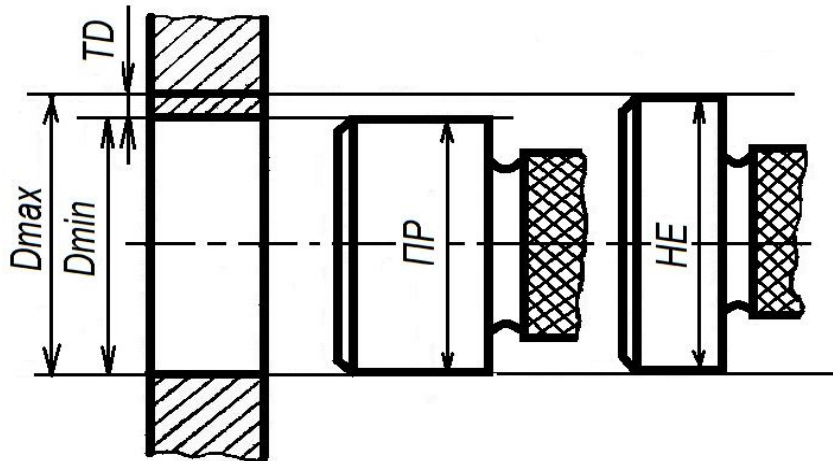


Рис. 4.22. Схема проверки отверстия предельными калибрами

Рабочие калибры предназначены для контроля деталей в процессе их изготовления. Поскольку калибры – бесшкальный контрольный инструмент, числовые параметры они не определяют, а определяют, лежит ли проверяемый параметр между двумя допустимыми пределами.

Отверстия проверяются калибрами-пробками, валы проверяются калибрами-скобами.

[Вернуться в оглавление](#)

## 4.12. Шероховатость поверхности

### 4.12.1. Основные понятия и определения

В процессе выполнения любого способа обработки детали, особенно со снятием материала режущим инструментом, невозможно получить идеально ровную поверхность. В результате вибрации, неровностей обрабатываемого инструмента, неоднородности материала заготовки, непостоянства скорости съема материала и подачи и т.д. на обрабатываемой поверхности остаются неровности. Исследованием установлено, что шероховатость оказывает большое влияние на качество работы сопрягаемых поверхностей. Шероховатость в подвижных соединениях вызывает неравномерность зазоров, уменьшение фактической площади контакта и, следовательно, увеличение удельного давления, «схватывание» отдельных неровностей и вырывание частиц ме-

талла. Чем больше исходная шероховатость отличается от оптимальной, тем интенсивнее изнашивание в период приработки.

Шероховатость поверхности влияет также на усталостную прочность деталей. Излом элементов деталей обычно бывает в местах, где имеются риски, особенно если деталь работает при знакопеременной нагрузке.

В неподвижных соединениях от величины шероховатости поверхностей деталей зависит их прочность. Чем больше поверхностные неровности, тем менее надежным оказывается сопряжения, поскольку уменьшается площадь контакта, даже при идеальной геометрической форме этих элементов.

Поверхностные неровности влияют на антикоррозионные свойства поверхности. Чем меньше поверхностные неровности, тем меньше коррозии появляется на поверхности. Чем больше поверхностные неровности, тем больше представляется возможным накопление в неровностях влаги и кислот, находящихся в окружающей среде, что способствует распространению коррозии.

Поверхностные неровности влияют также на качество электрических и тепловых контактов электрических и тепловых контактов, герметичность соединений, отражение лучей, точности измерений, особенно внутренних размеров и т.д.

**Шероховатостью** – называется совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная с помощью базовой длины.

В определении понятия шероховатости указано, что совокупность неровностей выделяется на определенной длине. Эта определенная длина называется базовой длиной.

**Базовая длина ( $l$ )** – это длина базовой линии (средней линии профиля), используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности.

**Базовая линия** – это линия заданной геометрической формы, определенным образом проведенная относительно профиля и служащая для оценки геометрических параметров поверхностных неровностей.

В большинстве стран мира в качестве базовой линии при оценке поверхностных неровностей используется средняя линия.

**Средняя линия профиля ( $m$ )** – это базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах

базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля от этой линии минимально. О средней линии можно также говорить как о линии, проведенной таким образом, чтобы площади, ограниченные профилем и средней линией над ней и под ней, были одинаковы.

[Вернуться в оглавление](#)

#### 4.12.2. Основные параметры шероховатости

Поверхностные неровности относятся к геометрическим параметрам. Для практического нормирования, согласно ГОСТ, используют шесть параметров, характеризующих как высоту поверхностных неровностей, так и линейные (шаговые) показатели этих неровностей. Основные параметры шероховатости показаны на рис. 4.23.

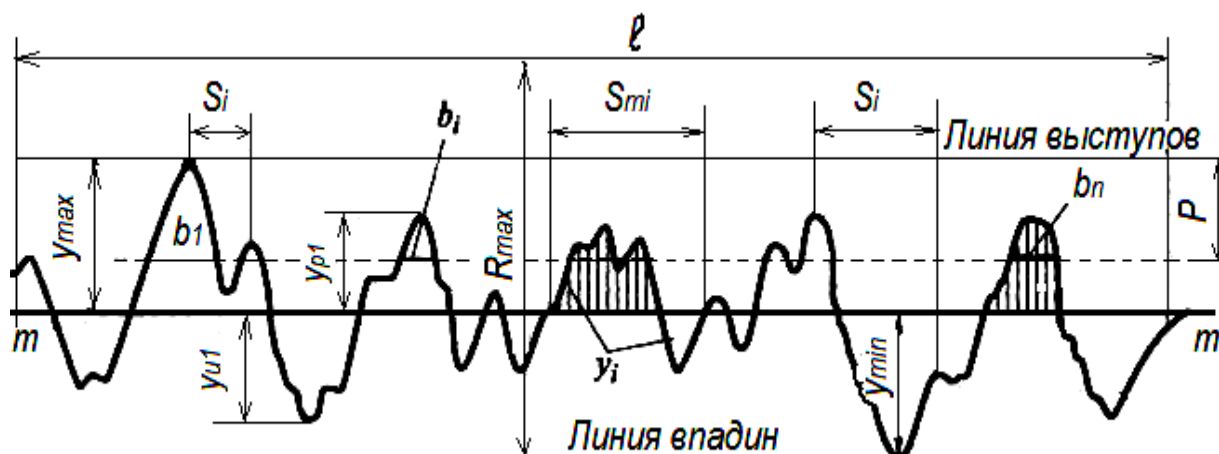


Рис. 4.23. Основные параметры шероховатости

Высотные параметры.

**Среднее арифметическое отклонение профиля ( $R_a$ )** – это среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины.

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где  $l$  – базовая длина;  $n$  – число выбранных точек профиля на базовой длине.

Параметр  $R_a$  нормируется значениями от 0,008 до 100 мкм.

**Высота неровностей профиля по десяти точкам ( $R_z$ )** – это сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины.

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pmi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vmi}|}{5},$$

где  $y_{pmi}$  – высота  $i$ -го наибольшего выступа профиля;  $y_{vmi}$  – глубина  $i$ -ой наибольшей впадины профиля.

Параметр  $R_z$  нормируется значениями от 0,025 до 1600 мкм.

Несмотря на то, что параметры  $R_a$  и  $R_z$  характеризуют высоту поверхностных неровностей, их практически нельзя сравнивать и тем более надежно пересчитывать значение одного параметра в значение другого. Обычно принимается, что  $R_z = 4R_a$ . Но это соотношение справедливо только для более или менее регулярных неровностей. А для произвольных неровностей, что чаще всегда бывает, когда эти неровности небольшие, это соотношение меняется от 6 до 12, т. е.  $R_z = (6...12)R_a$ .

**Наибольшая высота неровностей профиля ( $R_{max}$ )** – это расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

$$R_{max} = h_{max} - h_{min},$$

где  $h_{max}$  – расстояние от наивысшей точки выступа до линии, параллельной средней линии;  $h_{min}$  – расстояние от наименьшей точки впадины до линии, параллельной средней линии.

Нормируются значения от 0,025 до 1600 мкм, как и  $R_z$ .

**Линия выступов профиля** – это линия, эквидистантная средней линии, проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины.

**Линия впадин профиля** – это линия, эквидистантная средней линии, проходящая через низшую точку профиля в пределах базовой длины.

Горизонтальные параметры.

**Средний шаг неровностей профиля ( $S_m$ )** – это среднее значение отрезков средней линии профиля, содержащего неровности профиля в пределах базовой длины.

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi} ,$$

где  $n$  – число шагов в пределах базовой длины;  $S_{mi}$  – шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии, пересекающей профиль в трех соседних точках, и ограниченный двумя крайними точками.

Нормируются значения от 0,002 до 12,5 мм.

**Средний шаг местных выступов профиля ( $S_i$ )** – это среднее значение отрезков средней линии между проекциями на неё наивысших точек соседних местных выступов профиля в пределах базовой длины.

$$S_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i ,$$

где  $n$  – число шагов неровностей по вершинам в пределах базовой длины;  $S_i$  – шаг неровностей профиля по вершинам, равный длине отрезка средней линии между проекциями на нее двух наивысших точек соседних выступов профиля;

Нормируются значения от 0,002 до 12,5 мм.

**Относительная опорная длина профиля ( $t_p$ )** – это отношение сумм длин отрезков, отсекаемых на заданном уровне в материале профиля линией, эквидистантной средней линии в пределах базовой длины, к базовой длине.

$$t_p = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i ,$$

где  $b_i$  – длина отрезка отсекаемого линией уровня сечения.

Значение уровня сечения нормируется в процентах от  $R_{\max}$ . Эти значения принимаются из ряда 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90% от  $R_{\max}$ .

Значения  $t_p$  также нормируются в процентах от базовой длины и выбираются из следующего ряда: 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50,

60, 70, 80, 90% базовой длины. Приведенными процентами нормируют ту часть сечения, которая должна проходить через материал.

Если при измерении какого-либо профиля плавно изменять уровень сечения  $p$  от 0 до 100%, то относительная опорная длина  $t_p$  будет также изменяться от 0 до 100%. В результате такого измерения получается кривая, изображающая зависимость относительной опорной длины от уровня сечения профиля.

Значения опорной длины могут совпадать для разных поверхностей, отличающихся эксплуатационными свойствами.

Параметр  $t_p$  условно отнесен к горизонтальным параметрам. Более точно этот параметр характеризует поверхностные неровности по форме этих неровностей.

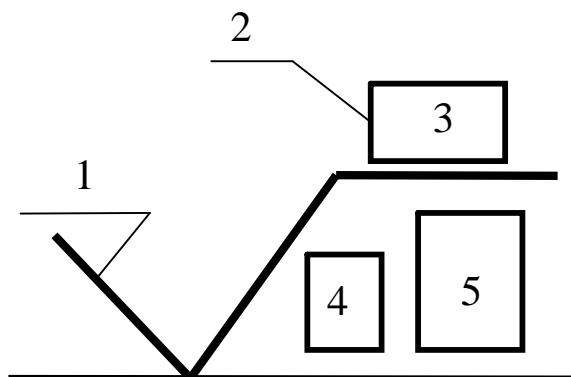
[Вернуться в оглавление](#)

### 4.12.3. Обозначение требований к поверхностным неровностям

Для указания на чертежах требований к поверхностным неровностям используют условные обозначения, так как они занимают мало места на чертеже, а также могут быть прочитаны без знания языка страны разработчика. Эти обозначения приняты практически во всех странах.

Структура обозначения шероховатости поверхности показана на рис. 4.24. Каждая позиция в структуре обозначения шероховатости должна содержать определенную информацию.

*Позиция 1.* Знак шероховатости. Зависит от требований к обработке поверхности.





При обозначении требований к поверхностным неровностям предусмотрено использовать три знака.

Знак  $\checkmark$  означает, что разработчиком не установлены требования в виду обработки. Для разработанной им детали можно применить

Рис. 4.24. Структура обозначения шероховатости поверхности

любой вид обработки – со снятием или без снятия материала.

Знак  используется в том случае, когда разработчик требует, чтобы деталь или элемент детали, изображенной на чертеже, были изготовлены с удалением слоя материала, без указания способа обработки.

Знак  используется, когда поверхность должна быть образована без удаления слоя материала или когда поверхность по данному чертежу не обрабатывается. Иногда говорят, что поверхность находится «в состоянии поставки».

*Позиция 2.* Полка знака.



*Позиция 3.* Указывают способ обработки поверхности и (или) другие дополнительные указания.

*Позиция 4.* Условное обозначение направления неровностей.

Для указания направления поверхностных неровностей используются условные знаки, приведенные в табл. 4.2.

Практически эти знаки используются очень редко, видимо, из-за незнания того, как эти направления могут влиять на эксплуатационные свойства поверхности элементов детали. Но возможность указать направление неровностей имеется.

Таблица 4.2.

Наименование направления неровностей	Обозначение направления неровностей
Параллельное	
Перпендикулярное	
Перекрещивающееся	
Произвольное	М
Кругообразное	С
Радиальное	Р
Точечное	Р

*Позиция 5.* Базовая длина. Параметр (параметры) шероховатости. Параметры шероховатости указываются в следующей последовательности:  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$ ,  $S_i$ ,  $t_p$ .

[Вернуться в оглавление](#)



## 4.13. Допуски формы и расположения поверхностей

### 4.13.1. Общие понятия о точности формы. Основные термины

Отклонение поверхностей деталей возникают в процессе обработки заготовок из-за неточности и деформации станка, неточности и износа режущего инструмента, неточности зажимных устройств, деформации заготовок во время обработки, неравномерности величины припуска на обработку, неодинаковой по длине и диаметру твердости заготовки и т.д.

Эти отклонения поверхностей детали в итоге влияют на характер соединения деталей, на износ их поверхностей в процессе эксплуатации, технологический процесс и погрешность измерения. Всё вышеперечисленное вынуждает ввести отдельное нормирование на допускаемые искажения формы. Этот параметр получил название отклонения формы.

**Номинальная поверхность** – это идеальная поверхность, номинальная форма которой задана чертежом или другой технической документации.

**Реальная поверхность** – это поверхность, полученная в результате обработки детали.

**Отклонением формы (профиля)** – называется отклонение реальной формы поверхности (профиля), полученное при обработке, от номинальной формы поверхности (профиля).

Отклонение формы реального элемента от номинальной формы оценивается наибольшим расстоянием от точек реального элемента по нормали к прилегающему элементу. Таким образом, требования к точности формы могут нормироваться как ко всей поверхности, так и к профилю поверхности.

**Профилем** – называется линия пересечения поверхности с плоскостью или заданной поверхностью. Наиболее часто в машиностроении профиль рассматривается в плоскости, перпендикулярной к поверхности.

Для количественной оценки отклонений формы необходимо иметь базу для отсчета этих отклонений, т.е. решить вопрос, связанный с измерением этих отклонений. Для такой оценки ис-

пользуется понятие о прилегающей поверхности (прилегающем профиле), от которой (которого) отсчитываются количественные значения отклонений от формы.

**Прилегающей поверхностью** – называется поверхность, имеющая форму номинальной поверхности и расположенная вне материала детали так, что отклонение от неё наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имеет минимальное значение.

Это понятие относится к прилегающей плоскости, прилегающему профилю, а также к частному случаю профиля – прилегающей прямой. Однако указанное условие минимального значения отклонения не распространяется на отклонения формы цилиндра и окружности.

**Прилегающим цилиндром** – называется цилиндр минимального диаметра, описанного вокруг реальной наружной поверхности, или максимального диаметра, вписанного в реальную внутреннюю поверхность. В тех случаях, когда расположение прилегающего цилиндра относительно реальной поверхности не однозначно, то оно принимается по условию минимального значения отклонения. Все сказанное относится и к прилегающей окружности.

**Средний элемент** – поверхность (профиль), имеющая номинальную форму и такие размеры и (или) расположение, чтобы сумма квадратов расстояний между реальным и средним элементами в пределах нормируемого участка имела минимальное значение.

Необходимо иметь в виду, что при количественной оценке отклонений формы от любой принятой базы шероховатость поверхности в общем случае не должна включаться в отклонение формы.

[Вернуться в оглавление](#)

#### **4.13.2. Допуски и отклонения формы поверхностей**

Нормируются пять видов отклонений формы. Два из них – отклонение от плоскостности и отклонение от прямолинейности относятся к плоским поверхностям. Три остальных – отклонение от цилиндричности, отклонение от круглости, отклонение про-

филя продольного сечения для элементов деталей цилиндрической формы.





Требования к форме поверхности разделяют на комплексные и частные.

*Комплексные требования* – это требования к поверхности, одновременно предъявляемые ко всем видам отклонений формы поверхностей

*Частные (дифференцированные) требования* – это требования к отклонениям, имеющим конкретную геометрическую форму.

Допускаемые искажения формы указываются на чертеже вместе с условным знаком (ГОСТ 2.308–79), относящимся к этому виду отклонений формы (табл. 4.3).

Таблица 4.3.

Вид отклонения формы	Знак допуска
Отклонение от прямолинейности	—
Отклонение от плоскостности	
Отклонение от круглости	
Отклонение от цилиндричности	
Отклонение профиля продольного сечения	

**Отклонение формы поверхности от прямолинейности в плоскости.** Отклонение от прямолинейности в плоскости есть наибольшее расстояние  $\Delta$  точки реального профиля поверхности до прилегающей прямой.

**Отклонение от плоскостности.** Комплексным отклонением от плоскостности считают наибольшее расстояние  $\Delta$  от реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка.

Частными отклонениями от плоскостности является выпуклость и вогнутость.

**Отклонение от круглости** (комплексное для поперечного сечения цилиндрической поверхности) – это наибольшее расстояние  $\Delta$  от точки реального профиля поперечного сечения от прилегающей окружности. Наиболее часто встречаются два варианта прилегающей окружности: внешняя окружность, прилегающая к валу, и внутренняя, прилегающая к отверстию.

Однако допуск круглости нельзя переносить на частные виды отклонений от круглости (овальность, огранку).

**Овальностью** называют частное отклонение формы поверхности от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях.

**Огранкой** называют отклонение от круглости, при котором реальный профиль цилиндрической поверхности представляет собой многогранник с тремя и более гранями. В результате обработки фигуры реального профиля огранки могут иметь как четное, так и нечетное число граней.

**Отклонение от цилиндричности** – это наибольшее отклонение  $\Delta$  точки реальной поверхности до поверхности прилегающего цилиндра. Для этого отклонения назначают допуск, который называется допуском цилиндричности.

**Отклонение профиля продольного сечения.** Это отклонение есть наименьшее расстояние  $\Delta$  точки реальной поверхности, лежащей в плоскости, проходящей через продольную ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля, определенное в пределах длины нормируемого участка. Это комплексный показатель отклонения формы цилиндрической поверхности, рассматриваемой в её продольном сечении.

Частными отклонениями профиля продольного сечения считают конусообразность, бочкообразность и седлообразность.

**Конусообразностью** называют такое частное отклонение  $\Delta_{\text{кон}}$  профиля продольного сечения реальной цилиндрической поверхности, при котором её образующие прямолинейны, но не параллельны.

**Бочкообразностью** называется такое отклонение  $\Delta_{\text{боч}}$  профиля продольного сечения реальной цилиндрической поверхно-

сти, при котором её образующие непрямолинейны, а её диаметры увеличиваются от торцов к середине продольного сечения.

*Седлообразностью* – называют такое частное отклонение  $\Delta_{\text{седл}}$  профиля продольного сечения реальной цилиндрической поверхности, при котором её образующие прямолинейны, а её диаметры уменьшаются от торцов к середине продольного сечения.

[Вернуться в оглавление](#)

### 4.13.3. Общие понятия о точности расположения элементов деталей

При изготовлении детали необходимо, чтобы составляющие её поверхности были абсолютно точно расположены относительно друг друга. Поэтому возникает необходимость нормировать требования к точности изготовления для правильного расположения поверхностей.

*Отклонением расположения* называется отклонение реального расположения поверхности рассматриваемого элемента детали от его номинального расположения.

Отклонения расположения рассматриваются и нормируются для одной детали. Точность расположения можно нормировать и для поверхностей нескольких деталей, если они неподвижны относительно друг друга. Точность расположения оказывает влияние, прежде всего на собираемость деталей, т.е. возможность соединения деталей по нескольким поверхностям, а также на точность расположения деталей в узле или механизме.

Отклонения формы должны исключаться из отклонения расположения. Для этого необходимо реальные поверхности заменять идеальными поверхностями, которые прилегают к реальным поверхностям (прилегающие поверхности).

Если требование к точности расположения нормируется относительно другой поверхности или набора поверхностей, то эти (другие) поверхности называются базами.

*Базой* называется поверхность, от которой задается по чертежу, обрабатывается и измеряется расположение поверхности элемента детали.

Если поверхность какого-то элемента выбирается при нормировании в качестве базы, то это означает, что у деталей эта поверхность является более важной для обеспечения эксплуатационных свойств этой детали. Иногда при нормировании и измерении точности расположения используется комплект баз.

**Комплект баз** – совокупность двух или трёх баз, образующих систему координат, по отношению к которой задается требование к точности расположения элемента или суммарный допуск отклонения формы и расположения.

Базами могут быть плоскости, оси, плоскости симметрии. Когда используется комплект баз, то в нем различают базы, которые ограничивают деталь в порядке убывания числа лишаемых ими степеней свободы.

[Вернуться в оглавление](#)

#### 4.13.4. Допуски и отклонения расположения поверхностей

Стандартом установлены семь видов отклонений расположения поверхностей. Вместо текста для указания требований к точности на чертеже приняты знаки допусков (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Наименование нормируемого параметра	Знак допуска
Отклонение от параллельности	//
Отклонение от перпендикулярности	⊥
Отклонение наклона	∕
Отклонение от соосности	◎
Отклонение от симметричности	≡
Позиционное отклонение	⊕
Отклонение от пересечения осей	⊗

**Отклонение от параллельности плоскостей или осей** – это разность между наибольшим и наименьшим расстоянием между плоскостями или осями на длине нормируемого участка

**Отклонение от перпендикулярности плоскостей** – это отклонение угла между плоскостями от прямого угла, выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка.

**Отклонение наклона плоскости или оси** – это отклонение угла между прилегающей плоскостью (или осью) и базовой плоскостью от номинального угла, выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка.

**Отклонение от соосности** – это наибольшее расстояние между осью рассматриваемой поверхности и осью базовой поверхности на длине нормируемого участка.

**Отклонение от симметричности** – это наибольшее расстояние между плоскостями симметрии рассматриваемого и базового элементов в пределах нормируемого участка.

**Позиционное отклонение** – это наибольшее расстояние между реально расположенным элементом (его оси или плоскости симметрии) и местом его номинального расположения в пределах нормируемого участка.

**Отклонение от пересечения осей** – это наименьшее расстояние между номинально пересекающимися осями.

Для параллельности, перпендикулярности и уклона допуском является наибольшее допускаемое значение отклонения заданного расположения.

Для соосности, симметричности, пересечения осей и позиционного допуска возможно задание допуска расположение двумя способами: в радиусном или в диаметральной выражении.

**Радиусное** выражение допуска расположения есть наибольшее допускаемое значение отклонения расположения. Обозначение – в рамке дополнительным знаком  $R$  или  $T/2$ .

**Диаметральное** выражение есть удвоенное наибольшее допускаемое значение отклонения расположения поверхности. Обозначение – в рамке дополнительным знаком  $T$ .

Для охватывающих и охватываемых поверхностей в ГОСТ установлены два вида допусков расположения – зависимые и независимые.

*Независимым допуском* называется допуск расположения, числовое значение которого не зависит от действительного размера нормируемого или базового элемента.

*Зависимым допуском* называется допуск расположения, который зависит от действительного размера нормируемого или базового элемента. Зависимый допуск указывается в обозначении расположения поверхности на чертеже. Этот допуск разрешается превышать на величину отклонения действительного размера измеряемого элемента от наибольшего размера вала или наименьшего размера отверстия. На чертеже зависимый допуск расположения поверхности обозначается знаком «М», который ставят в рамке после величины допуска расположения и после знака базы.

В условных обозначениях допусков расположения поверхностей кроме указанных выше знаков видов отклонений, зависимости допуска, знаков радиусного или диаметального выражения ещё указывается знак базы «А», определяющий базовую поверхность, от которой назначен допуск расположения поверхности рассматриваемого элемента.

[Вернуться в оглавление](#)

#### **4.13.5. Общие понятия о суммарных отклонениях формы и расположения поверхностей**

При изготовлении деталей машин реальные отклонения формы и расположения поверхностей в подавляющем большинстве случаев возникают одновременно, т.е. поверхность элемента детали оказывается изготовленной с отклонением, как по форме, так и по расположению

Во многих случаях точность расположения и точность формы совместно влияют на эксплуатационные свойства поверхностей элементов деталей и поэтому часто нецелесообразно их искусственно разъединять.

Отклонения, которые нормируются единым значением, но касаются одновременно и отклонения расположения, и отклонения формы, называются суммарными отклонениями, а нормируемый допуск – суммарным допуском (сумма допусков отклонений расположения и формы).



**Суммарными отклонениями расположения и формы** – называется отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения расположения и отклонения формы поверхности рассматриваемого элемента (поверхности или профиля) относительно баз.

В отличие от отклонений расположения суммарные отклонения определяются по точкам реальной нормируемой поверхности относительно прилегающих поверхностей элементов деталей. Если при этом не указан нормируемый участок, то суммарный допуск относится ко всей поверхности или к профилю любого сечения.

В качестве базовой поверхности, относительно которой определяется суммарное отклонение, принимается прилегающая поверхность или её ось.

Наиболее часто встречаются следующие сочетания отклонений. *Суммарные отклонения от параллельности и плоскостности* – разность наибольшего и наименьшего расстояния от точек реальной поверхности до базовой плоскости в пределах нормируемого участка. *Суммарное отклонение от перпендикулярности и плоскостности* – разность наибольшего и наименьшего расстояния от точек реальной поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой плоскости или базовой оси в пределах нормируемого участка. *Суммарное отклонение наклона и плоскостности* – разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной поверхности до плоскости, расположенной под заданным номинальным углом относительно базовой плоскости или базовой оси, в пределах нормируемого участка.

[Вернуться в оглавление](#)

#### **4.13.6. Виды суммарных отклонений формы и расположения элементов деталей и условные знаки их допусков**





Стандартом установлено семь видов суммарных отклонений.

Суммарный допуск можно указывать не только знаками, но и, как при отклонениях формы и расположения, текстом в технических требованиях, особенно если нормируется сочетание от-

клонений, для которых не установлены условные знаки вида допуска.

Для типовых суммарных отклонений формы и расположения поверхностей были установлены специальные знаки для указания допусков на чертеже (табл. 4.5).

Таблица 4.5.

Виды отклонений	Знак допусков
Радиальное биение Торцевое биение Биение в заданном направлении	
Полное радиальное биение Полное торцевое биение	
Отклонение формы заданного профиля	
Отклонение формы заданной поверхности	

**Радиальное биение** – это разность наибольшего и наименьшего расстояния от точки реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси.

Радиальное биение относится к суммарным параметрам точности потому, что оно является результатом совместного проявления отклонения от круглости (отклонение формы) профиля рассматриваемого сечения и отклонения от центра относительно базовой оси (отклонение расположения). В другой терминологии – отклонением расположения при нормировании радиального биения является эксцентриситет, когда ось вращения детали не совпадает с геометрической осью этой детали.

**Торцевое биение** – это разность наибольшего и наименьшего расстояния от точки реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой плоскости.

Торцевое биение относится к суммарным отклонениям потому, что оно является результатом совместного проявления отклонения от общей плоскости точек, лежащих на линии пересечения торцевой поверхности с секущим цилиндром, соосным с осью детали (отклонение формы), и отклонения от перпендику-

лярности торца относительно оси базовой поверхности (отклонение расположения) на длине, равной диаметру рассматриваемого сечения.

**Биение в заданном направлении** – это разность наибольшего и наименьшего расстояния от точек реального профиля поверхности вращения в сечении рассматриваемой поверхности конусом, ось которой совпадает с базовой осью, а образующая имеет заданное направление до вершины этого конуса.

Биение в заданном направлении относится к суммарным отклонениям потому, что является результатом совместного проявления в заданном направлении отклонений формы профиля рассматриваемого сечения и отклонения расположения оси рассматриваемой поверхности относительно базовой оси.

**Полное радиальное биение** – это разность наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка до базовой оси.

Это требование нормируется только для поверхностей с номинальной цилиндрической формой. Полное радиальное биение относится к суммарным отклонениям потому, что оно является результатом совместного проявления отклонения от цилиндричности рассматриваемой поверхности (отклонение формы) и отклонения от соосности поверхности относительно базовой оси (отклонение расположения).

Полное радиальное биение отличается от радиального биения тем, что оно относится ко всей цилиндрической поверхности, а не к одному сечению плоскостью, перпендикулярному оси.

**Полное торцевое биение** – это разность наибольшего и наименьшего расстояния от точек всей торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси.

Это требование относится к торцевым поверхностям с номинально плоской формой. Полное торцевое биение относится к суммарным отклонениям потому, что оно является результатом совместного проявления отклонения от плоскостности рассматриваемой поверхности (отклонение формы) и отклонения её от перпендикулярности относительно базовой оси (отклонение расположения). Полное торцевое биение относится ко всей плоскости торцевой поверхности.

**Отклонение формы заданного профиля** – это отклонение точек реального профиля от номинального профиля, определяемое по нормали к номинальному профилю в пределах нормируемого участка.

**Отклонение формы заданной поверхности** – это отклонение точек реальной поверхности от номинальной поверхности, определяемое по нормали к номинальной поверхности в пределах нормируемого участка.

Эти понятия идентичны и отличаются тем, что одно относится к профилю, а другое – к поверхности. Отклонения от заданной формы и заданной поверхности относятся к суммарным отклонениям потому, что они являются результатом совместного проявления отклонений размеров и формы профиля (поверхности), а также отклонений расположения этого профиля относительно заданных баз.

[Вернуться в оглавление](#)

## 4.14. Размерные цепи

### 4.14.1. Основные понятия о размерных цепях

Точности размера каждого из элементов детали не зависят друг от друга, если их рассматривать отдельно. Когда рассматривают совокупность размеров детали или сборочной единицы, то следует связать между собой размеры отдельных деталей или размеры отдельных элементов детали и решать вопрос о совместном нормировании точности требований к ним.

Взаимосвязь размеров элементов детали или отдельных деталей, входящих в конструкцию узла или всего механизма, составляет размерную цепь.

**Размерной цепью** называется совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи.

Для облегчения решений задач по обеспечению точности размерных цепей их удобнее представлять в виде графиков, образующих замкнутый контур. На рис.4.25, а показан эскиз простейшей детали, а на рис.4.25, б – изображение размерной цепи, состоящей из длин её элементов.

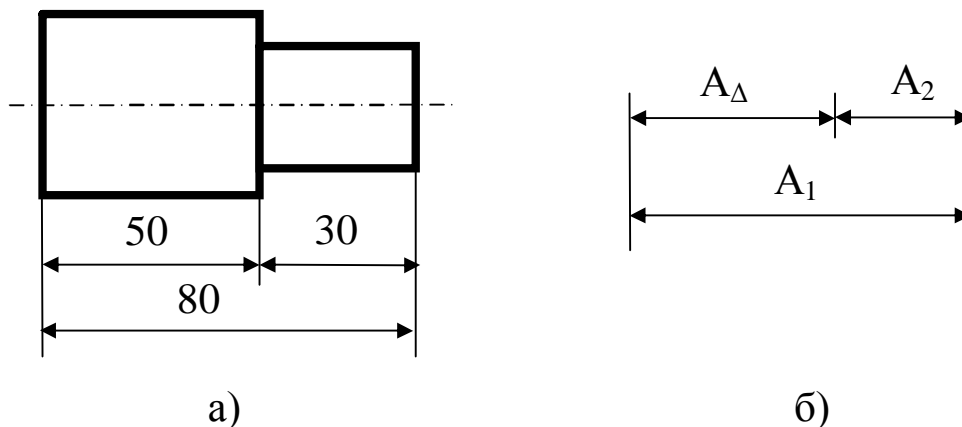


Рис. 4.25. Размерная цепь из элементов детали:  
а – эскиз детали; б – размерная цепь

Звенья размерной цепи обозначают заглавными буквами русского алфавита с индексом, обозначающим номер звена ( $A_1, A_2 \dots A_{n-1}, A_n$ ). Для замыкающего звена применяется знак « $\Delta$ » ( $A_{\Delta}$ ).

Размеры, входящие в размерную цепь называются составляющими и замыкающим.

**Составляющие звенья** – звенья, от размеров и точности которых зависит размер и точность замыкающего звена.

В размерной цепи всегда выделяют одно звено, которое называют замыкающим звеном, а при решении некоторых задач и исходным звеном.

**Замыкающим звеном** называется размер (звено), получаемый в размерной цепи последним при обработке или сборке.

Используя понятие о замыкающем звене, разработчик может влиять на последовательность обработки.

Составляющие звенья размерной цепи и замыкающее звено связаны между собой очень важной особенностью, которая позволяет разделить составляющие звенья на увеличивающие и уменьшающие звенья.

**Увеличивающим звеном** размерной цепи называется звено, с увеличением которого размер замыкающего звена увеличивается.

**Уменьшающим звеном** размерной цепи называется звено, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается.

Решение размерной цепи заключается, прежде всего, в обеспечении точности замыкающего звена. Необходимо так нор-

мировать точность составляющих звеньев и замыкающего звена, чтобы объекты, которые образуют размерную цепь в виде элементов отдельной детали или деталей узла или другой сборочной единицы, выполняли свое служебное и функциональное назначение.

Замкнутость размерного контура – необходимое условие для составления и анализа размерной цепи.

На рабочем чертеже размеры следует проставлять в виде незамкнутой цепи. Не проставляют размер замыкающего звена, так как для обработки он не требуется.

[Вернуться в оглавление](#)

#### 4.14.2. Виды размерных цепей

В зависимости от разных классификационных признаков можно указать несколько видов размерных цепей.

По взаимному расположению звеньев размерной цепи относительно друг друга выделяют следующие виды размерных цепей.

**Линейная размерная цепь** – это цепь, звеньями которой являются линейные размеры, расположенные на параллельных прямых линиях.

**Угловая размерная цепь** – это цепь, звеньями которой являются угловые размеры, расположенные в одной плоскости и имеющие общую вершину.

**Плоская размерная цепь** – это цепь, звеньями которой являются линейные и угловые размеры, расположенные в одной или нескольких параллельных плоскостях.

**Пространственная размерная цепь** – это цепь, звеньями которой являются линейные и угловые размеры, расположенные в пространстве произвольно.

При решении все виды размерных цепей приводят к линейному виду с параллельно расположенными звеньями (размерами).

По назначению выделяют следующие виды размерных цепей.

**Подетальные размерные цепи** позволяют устанавливать последовательность обработки размеров детали.

**Сборочные размерные цепи** определяют положение деталей в механизмах и машинах, величину смещения одной детали относительно другой, величины зазоров и натягов в соединении, смещение осей относительно друг друга и т.д.

**Конструкторские размерные цепи** обеспечивают точность изделий на стадии конструирования.

**Технологические размерные цепи** выражают связь размеров обрабатываемой детали по мере выполнения технологического процесса или размеров технологической системы (станок – приспособление – инструмент – деталь).

**Измерительные размерные цепи** решают задачи измерения величин, характеризующих точность изделия. Звеньями являются размеры системы измерительное средство – измеряемая деталь.

[Вернуться в оглавление](#)

#### **4.14.3. Расчет точности размерных цепей при обеспечении полной взаимозаменяемости**

При этом расчете необходимо нормировать точность размеров составляющих звеньев так, чтобы точность замыкающего звена была обеспечена даже тогда, когда размеры всех звеньев могут иметь только предельные допустимые значения (максимальные или минимальные).

**Задача 1.** Известны допуск замыкающего звена и номинальные размеры всех составляющих звеньев и требуется определить допуски и отклонения составляющих звеньев. Эта задача может быть решена двумя способами.

*Способ равных допусков.*

Этот способ используется в тех случаях, когда размеры всех составляющих звеньев примерно одинаковы, находятся в одном интервале размеров системы допусков и посадок, следовательно, могут быть изготовлены с примерно одинаковыми экономическими затратами. При этих условиях допуски всех составляющих звеньев принимают одинаковые, которые определяют делением допуска замыкающего звена на число составляющих звеньев, без замыкающего:

$$TA_i = \frac{TA_{\Delta}}{m - 1}$$

где  $TA_i$  – допуск любого звена размерной цепи;  $TA_{\Delta}$  – допуск замыкающего звена;  $m$  – количество звеньев размерной цепи.

После этого производится волевая корректировка допусков, поскольку в общем случае значение рассчитанного допуска может оказаться не целым числом. При корректировке следует назначать большие допуски на те звенья размерной цепи, которые в действительности сложнее для изготовления, чем остальные, а на другие звенья, более простые в изготовлении, назначают меньшие. После такой корректировки производится проверочный расчет, необходимо убедиться, что допуск замыкающего звена равен сумме допусков составляющих звеньев.

*Способ назначения допусков одного качества точности.*

При этом способе решения, в отличие от предыдущего, учитывается, что номинальные размеры составляющих звеньев не находятся в одном интервале размеров и необходимо на все звенья назначить допуски по одному качеству. Решение задачи сводится к нахождению того качества, по которому следует назначить допуски на составляющие звенья.

Порядок расчета следующий:

1. Определить среднее число единиц допуска.

$$a_m = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{j=1}^{m-1} i_j},$$

где  $a_m$  – среднее число единиц допуска;  $TA_{\Delta}$  – допуск замыкающего звена;  $i_j$  – единица допуска составляющих звеньев;  $m$  – количество звеньев размерной цепи.

2. В зависимости от среднего количества единиц допуска  $a_m$  выбрать ближайший стандартный допуск, по которому назначаются стандартные допуски в соответствии с номинальными размерами составляющих звеньев.

3. По ГОСТ 25346–89 найти допуски составляющих звеньев. Для увеличивающихся размеров отклонения назначаются как для



основных отверстий. Для уменьшающих размеров отклонения назначаются как для основных валов.

После этого производится корректировка. Если был принят более точный квалитет, чем получился по расчету, то сумма допусков составляющих звеньев будет меньше, чем допуск замыкающего звена, а если был взят более грубый квалитет, то сумма допусков будет больше, чем допуск замыкающего звена. Корректировка сводится к тому, что на более сложные в изготовлении звенья размерной цепи назначают большие допуски, а на относительно простые в изготовлении – меньшие. После корректировки опять необходимо провести проверочный расчет, убедиться, что сумма допусков размеров, составляющих размерную цепь, равна допуску замыкающего звена.

Правильность решения прямой задачи проверяют основным уравнением размерной цепи для метода максимума-минимума:

$$\sum_{j=1}^{m=1} TA_j \leq TA_{\Delta};$$

**Задача 2.** Известны предельные допустимые значения всех составляющих звеньев и требуется определить возможные предельные размеры замыкающего звена.

При решении задачи методом максимума-минимума порядок расчетов следующий:

1. Определить нормальный размер замыкающего звена

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n A_{jYB} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_{jYM},$$

где  $n$  – число увеличивающих размеров;  $p$  – число уменьшающих размеров.

2. Определить предельные размеры замыкающего звена

$$A_{\Delta \max} = \sum_{j=1}^n A_{jYB \max} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_{jYM \min};$$

$$A_{\Delta \min} = \sum_{j=1}^n A_{jYB \min} - \sum_{n+1}^{n+p} A_{jYM \max};$$

3. Определить предельные отклонения замыкающего звена

$$ES(A_{\Delta}) = A_{\Delta \max} - A_{\Delta};$$

$$EI(A_{\Delta}) = A_{\Delta \min} - A_{\Delta};$$

4. Определить допуск замыкающего звена

$$TA_{\Delta} = ES(A_{\Delta}) - EI(A_{\Delta}).$$

Правильность назначенного допуска определяют согласно основному уравнению размерной цепи

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^{n-1} TA_j.$$

[Вернуться в оглавление](#)

#### 4.14.4. Обеспечение точности размерных цепей при неполной взаимозаменяемости

Рассмотренный выше метод расчета для обеспечения полной взаимозаменяемости часто оказывается экономически невыгодными. Применение его оправдано при небольшом числе звеньев размерной цепи и относительно невысоких требований к точности (*IT16* и грубее). Поэтому часто точность размерной цепи обеспечивается при неполной взаимозаменяемости, когда сборка не может быть обеспечена с любыми заранее обусловленными размерами звеньев.

При крупносерийном и массовом производстве часто возможно устанавливать точностные требования к звеньям размерной цепи не по методу расчета на максимум-минимум.

*Методами обеспечения точности размерных цепей при неполной взаимозаменяемости* называют методы, при которых требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается не при любых размерах составляющих звеньев, а только у заранее обусловленной части звеньев.

Точность при неполной взаимозаменяемости может быть обеспечена следующими методами.

**Вероятностный метод расчета** позволяет решать те же задачи и в той же последовательности, что и расчет на максимум-минимум, но при этом учитывается вероятность неблагоприятных сочетаний размеров элементов (звеньев) размерной цепи, размеров с односторонними предельными отклонениями в одной сборочной единице.

При вероятностном методе расчета размерных цепей используются данные о законах распределения размеров элементов цепи и вероятность различных сочетаний отклонений составляющих звеньев в одной сборке.

Использование теории вероятностей при расчете размерных цепей позволяет расширить допуски на изготовление составляющих при небольшом риске нарушения значения замыкающего звена.

Алгоритм расчета такой же, как и при расчете, методом «максимума-минимума».

1. Определить среднее число единиц допуска.

$$a_m = \frac{TA_{\Delta}}{t_{\Delta} \sqrt{\sum_{j=1}^{m=1} i_j^2 \lambda_j^2}}.$$

где  $TA_{\Delta}$  – допуск замыкающего звена, мкм;  $m$  – общее число звеньев размерной цепи;  $\lambda^2$  – среднеквадратическое отклонение, зависящее от закона распределения;  $t_{\Delta}$  – коэффициент риска.

2. В зависимости от среднего количества единиц допуска  $a_m$  выбрать ближайший квалитет.

3. По ГОСТ 25346–89 определяют допуски составляющих звеньев. Для увеличивающих размеров отклонения назначаются как для основных отверстий. Для уменьшающих размеров отклонения назначаются как для основных валов.

Правильность решения прямой задачи проверяют основным уравнением размерной цепи.

$$t_{\Delta} \sqrt{\sum_{j=1}^{m=1} \lambda_j^2 \cdot TA_j^2} \leq TA_{\Delta}.$$

Основная трудность использования вероятностного метода расчета размерных цепей заключается в невысокой достоверности сведений о законах распределения размеров звеньев размерной цепи и параметров этих законов, которые не остаются постоянными для технологических процессов по многочисленным причинам, например, с износом оборудования.

**Метод групповой взаимозаменяемости (селективная сборка)** чаще применяется для получения посадок с малыми допусками из числа деталей, сопрягаемые элементы которых изготовлены по относительно большим допускам.

Для реализации такого метода назначают увеличенные допуски на размеры сопрягаемых элементов деталей, образующих размерную цепь. Затем изготавливают детали по этим допускам, все детали измеряют и распределяют на отдельные группы по действительным размерам. В ряде производств, например при изготовлении подшипников, таких групп бывает до 50. Для образования посадок сопрягают между собой только детали определенной группы. Измерение и распределение деталей на размерные группы чаще всего осуществляют с помощью контрольных автоматов.

Таким образом, принцип группой взаимозаменяемости заключается: в разделении изготовленных деталей на размерные группы по более узким допускам, чем допуск на изготовление; в использовании при сборке сочетания определенной группы валов и отверстий.

К достоинствам групповой взаимозаменяемости следует отнести возможность использовать расширенные допуски на изготовление и получать сопряжения высокой точности. Это обеспечивает более экономное производство по сравнению с тем, если бы производилась обработка по более узким допускам.

Недостатки групповой взаимозаменяемости:

введение 100%-го измерения деталей усложняет технологический процесс изготовления;

необходимы дополнительные площади и тара для размещения групп деталей;

усложняется техническая документация назначением дополнительных требований к точности;

отсутствует полная взаимозаменяемость;

ужесточаются требования к точности формы сопрягаемых поверхностей в пределах значений размеров группы;

необходимо, чтобы кривые распределения размеров валов и отверстий были идентичны по виду законов распределения и расположению центра группирования.

Последнее ограничение требует некоторого пояснения. Если законы распределения размеров валов и отверстий одинаковы и центры группирования располагаются симметрично, то это означает, что на сборку будет поступать равное количество деталей каждой размерной группы. А если центры группирования у вала и отверстия находятся в зонах разных размерных групп, то на сборку будет поступать разное количество валов и отверстий из одной размерной группы и создадутся условия для незавершенного производства, когда станет невозможным использовать все изготовленные детали. Групповая взаимозаменяемость решает, прежде всего, экономическую задачу в условиях крупносерийного и массового производства.

**Метод пригонки и совместной обработки (технологический).** Сущность метода практически изложена в названии. При единичном и мелкосерийном производстве крупных машин и механизмов, как правило, осуществляется метод пригонки.

Достоинством метода пригонки и совместной обработки является возможность обеспечить высокую точность сопряжения, чего невозможно добиться независимой механической обработкой.

Недостатком метода является большой объем ручных операций по пригонке (кроме использования приборов для измерения в процессе обработки), что делает производство более дорогим, поскольку требуются высококвалифицированные слесари-сборщики; отсутствует полная взаимозаменяемость, что создает определенные трудности при замене изношенных деталей и узлов.

**Метод регулирования (конструкторский).** При этом методе требуемая точность замыкающего звена достигается изменением (регулировкой) одного из звеньев, которое называется компенсационным.

Роль компенсатора обычно выполняют специальные звенья конструкторского плана в виде прокладок, упоров, клиньев, регулировочных винтов и т.д. При этом остальные звенья размерной цепи обрабатываются со сравнительно большими допусками.

Конструкторский метод весьма эффективен в условиях серийного и крупносерийного производства. В некоторых случаях, особенно когда необходимо обеспечить значение осевого зазора, допуски на все составляющие звенья рассчитываются таким образом, чтобы обеспечить определенные размеры компенсационных звеньев. Эти компенсационные звенья (чаще всего, прокладки) заранее изготавливают требуемых размеров, и они легко подбираются после сборки остальных звеньев для получения заданных размеров замыкающих звеньев. Область применения этого метода ограничена определенными конструкциями механизмов.

Достоинством метода является возможность относительно просто обеспечить точность замыкающего звена.

Недостаток метода – в необходимости дополнительных работ по установке, подбору или регулировке посредством компенсационных звеньев. Недостатком компенсационных звеньев, выполненных в виде резьбовых пар, клиньев заключается в том, что очень трудно зафиксировать размер таких звеньев после регулировки. Как бы тщательно не выполнялось это фиксирование, возможно смещение фиксируемых элементов при закреплении. Регулируемые звенья без фиксирования изменяют свой размер в процессе эксплуатации.

[Вернуться в оглавление](#)

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крылова, Г. Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: учебник для вузов. – Москва: ЮНИТИ – ДАНА, 2007. – 671 с.
2. Аристов, А. И. и др. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов. – Москва: Академия, 2006. – 384с.

3. Гугелев, А. В. Стандартизация, метрология и сертификация: конспект лекций. – Москва: Высшее образование, 2007. – 210 с.

4. Ганевский, Г. М., Гольдин, И. И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении: учеб. пособие для сред. проф. образования. – Москва: ПрофОбрИздат, 2002. – 288 с.

5. Марков, Н. Н., Осипов, В. В., Шабалина, М. Б. Нормирование точности в машиностроении: учебник для вузов. – Москва: Академия, 2001. – 335 с.

[Вернуться в оглавление](#)