



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Механика»

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
для студентов специальностей**

**1-42 01 01 «Металлургическое производство
и материалобработка (по направлениям)»,
6-05-0714-03 «Инженерно-техническое проектирование
и производство металлов и изделий из них»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2025

УДК 621.713+006.91+346.544.2+658.516(075.8)
ББК 30.10+30я73
М54

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 5 от 20.06.2023 г.)*

Составитель *А. И. Столяров*

Рецензент: декан механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук *И. Б. Одарченко*

Метрология, стандартизация и оценка соответствия : учеб.-метод. пособие для студентов специальностей 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)», 6-05-0714-03 «Инженерно-техническое проектирование и производство металлов и изделий из них» днев. и заоч. форм обучения / сост. А. И. Столяров. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2025. – 170 с. – Систем. требования: РС не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 2 Gb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; ALT Linux 10.1 ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены вопросы нормирования точности гладких цилиндрических соединений и типовых соединений деталей машин, основные понятия метрологии, основы системы обеспечения единства измерений и технического регулирования в области стандартизации, изложены основы Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь.

Для студентов специальностей 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)», 6-05-0714-03 «Инженерно-техническое проектирование и производство металлов и изделий из них» дневной и заочной форм обучения

УДК 621.713+006.91+346.544.2+658.516(075.8)
ББК 30.10+30я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2025

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Метрология, стандартизация и оценка соответствия» является одной из важнейших инженерных дисциплин, поскольку неразрывно связана с главной задачей современного машиностроения - обеспечением высокого качества выпускаемой продукции. Поэтому очень важна подготовка квалифицированных специалистов, способных решать задачи по обеспечению качества продукции машиностроения на этапах проектирования, производства и эксплуатации за счет высокой взаимозаменяемости, унификации и стандартизации деталей и сборочных единиц продукции, а также идентификации требуемых эксплуатационных свойств в конструкторской и технологической документации.

Цель изучения дисциплины «Метрология, стандартизация и оценка соответствия» – формирование у будущих инженеров знаний и практических навыков использования и соблюдения требований комплексных систем общетехнических стандартов, выполнения точностных расчетов и метрологического обеспечения при изготовлении, эксплуатации и ремонте техники, определение по установленной методике количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта оценки соответствия.

Задачи дисциплины – формирование у студентов прочных знаний: измерений и единообразия средств измерений, основ выбора требований к точности параметров и определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта оценки соответствия.

В результате изучения дисциплины «Метрология, стандартизация и оценка соответствия» студент должен знать:

- основы теории технических измерений;
- основные положения государственной системы стандартизации;
- правила указания норм точности при оформлении технической документации;
- методику расчета посадок и размерных цепей.

уметь:

- выбирать и использовать средства измерений;
- практически выбирать и назначать точностные параметры для деталей и соединений;
- рассчитывать посадки и размерные цепи.

владеть:

- навыками осуществления нормализационного контроля технической документации;
- методами разработки новых и пересмотра действующих стандартов, технических условий и других документов по стандартизации, метрологии;
- навыками осуществления систематической проверки применяемых на предприятии стандартов и других документов по стандартизации, метрологии;
- методами определения количественных и качественных характеристик свойств образца продукции;
- процедурами, проводимыми в рамках подтверждения соответствия.

Изучение дисциплины «Метрология, стандартизация и оценка соответствия» обеспечит формирование у студентов компетенции:

БПК-13: владеть информацией по организации технического контроля на металлургических предприятиях, сертификации продукции и технологических процессов, видам подтверждения соответствия.

А также развить и закрепить ряд профессиональных компетенций:

- владеть вопросами технического нормирования и стандартизации продукции литейно-металлургического производства, реализовывать на практике современные подходы к управлению качеством продукции;
- разрабатывать технологическую документацию, принимать участие в создании стандартов и нормативов в составе группы специалистов;
- работать с научной литературой, словарями, справочными материалами, рационально использовать справочную литературу по выбору материалов, технологий их обработки, обеспечивающие необходимые показатели свойств.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ТОЧНОСТИ И ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ. СТАНДАРТЫ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ.

1.1. Основные понятия о точности и взаимозаменяемости. Понятия о точности и ее разновидностях. Показатели точности.

Точность изделий машиностроения – это степень соответствия действительных параметров изделий их заранее установленным значениям.

Точность – комплексное понятие, характеризующее как геометрические параметры машин и их элементов, так и единообразие различных свойств изготавливаемых изделий, например упругости, электропроводности и др.

Под точностью деталей понимают степень приближения детали к геометрически правильному прототипу, изображенному на чертеже и описанному техническими требованиями.

Действительное (полученное) значение геометрического параметра детали отличается от номинального (заданного) на величину абсолютной погрешности, возникающей в результате действия различных факторов в процессе обработки заготовки, а также эксплуатации и хранения машины.

Различают конструкторскую, технологическую и эксплуатационную точность.

При проектировании машин рассматривают конструкторскую точность. При этом определяют погрешности, заложенные в рабочем принципе машин, и их влияние на стоимость и качество функционирования машины.

На технологическую точность в производстве изделий можно воздействовать тремя способами:

- устранить причины погрешностей, но это будет сопровождаться большими производственными затратами;
- компенсировать погрешности путем ужесточения точности, например, введением конструкции с кратчайшей размерной цепью;
- учесть погрешности, так чтобы они не превышали допустимых значений, если их устранение связано с большими затратами.

На эксплуатационную точность с течением времени влияет износ (механический, коррозионный, эрозионный). Повышение точно-

сти деталей, сборочных единиц и механизмов увеличивает долговечность и надежность эксплуатации механизмов и машин.

Абсолютная погрешность Δx выражается в единицах рассматриваемого параметра и рассчитывается по формуле:

$$\Delta x = |x_d - x_n|.$$

Относительная погрешность $\Delta_{отн}$, %, – это отношение абсолютной погрешности к номинальному заданному значению параметра:

$$\Delta_{отн} = \Delta x / x_n \cdot 100\%.$$

Точность параметра элемента детали можно оценивать непосредственно по результатам его измерения, сравнивая погрешность с заданным предельно допустимым разбросом значений или с допуском. Если погрешность меньше или равна допустимому значению, то точность параметра элемента детали обеспечена.

Систематические погрешности постоянны по величине и направлению или изменяются по определенному закону. Влияние систематических погрешностей можно учесть или даже устранить.

Случайные погрешности – это погрешности, величину и направление которых нельзя заранее предусмотреть. На их появление оказывают влияние большое число независимых друг от друга случайных факторов.

Возможно также появление грубых погрешностей, явно не соответствующих процессу обработки или измерения.

Абсолютной точности деталей достичь нельзя из-за возникновения погрешностей обработки и измерения, можно лишь уменьшить погрешность, применяя более совершенные технологические методы обработки и контроля.

Под точностью размера или другого геометрического параметра детали понимается степень приближения действительного размера к заданному. Таким образом, точность размера определяется погрешностью: чем меньше погрешность, тем выше точность.

Точность деталей характеризуется как действительной погрешностью (действительная точность), так и предельными отклонениями, ограничивающими погрешность (номинальная точность).

Кроме точности деталей, точность машин и механизмов обеспечивается точностью расположения деталей, сборочных единиц и механизмов. Зазоры, предельные размеры и другие параметры, координирующие взаимное положение собираемых объектов, устанавливаются с помощью расчетов, основанных на теории размерных цепей.

Точность параметров изделий обеспечивает их взаимозаменяемость.

1.2. Понятие о взаимозаменяемости и её видах. Функциональная взаимозаменяемость.

Взаимозаменяемостью называется свойство независимо изготовленных деталей (сборочных единиц) обеспечивать у механизмов и машин в условиях беспригоночной сборки или при ремонте работоспособное состояние и надежность.

Взаимозаменяемыми могут быть детали, составные части (сборочные единицы) и изделия в целом. В первую очередь такими должны быть те детали и сборочные единицы, от которых зависят надежность, долговечность и другие эксплуатационные показатели изделий.

Взаимозаменяемость может быть полной и неполной (ограниченной). Полная взаимозаменяемость обеспечивается при выполнении геометрических, электрических и других параметров деталей с точностью, позволяющей производить сборку (или замену при ремонте) любых сопрягаемых деталей и составных частей (сборочных единиц) без какой бы то ни было дополнительной их обработки, подбора или регулирования и получать изделия требуемого качества.

Полная взаимозаменяемость обладает следующими достоинствами:

- упрощается процесс сборки, он сводится к простому соединению деталей рабочими невысокой квалификации;
- сборочный процесс точно нормируется во времени, легко укладывается в устанавливаемый темп работы и может быть организован поточным методом; создаются условия для автоматизации процессов изготовления и сборки деталей;
- возможны широкая специализация и кооперирование заводов (т.е. изготовление заводом-поставщиком ограниченной номенклатуры унифицированных изделий, сборочных единиц и деталей и поставка их заводу, выпускающему основные изделия);
- упрощается ремонт изделий, так как любая износившаяся или поломанная деталь или сборочная единица могут быть заменены новыми (запасными).

Различают также внешнюю и внутреннюю взаимозаменяемость.

Внешняя взаимозаменяемость - это взаимозаменяемость покупных и кооперируемых изделий (монтируемых в другие более сложные

изделия) и составных частей (сборочных единиц) по эксплуатационным показателям, а также по размерам и форме присоединительных поверхностей. Например, в электродвигателях внешняя взаимозаменяемость осуществляется по числу оборотов вала и мощности, а также по размерам присоединительных поверхностей; в подшипниках качения - по наружному диаметру наружного кольца и внутреннему диаметру внутреннего кольца, а также по точности вращения.

Внутренняя взаимозаменяемость распространяется на детали, составляющие отдельные сборочные единицы, или на составные части и механизмы, входящие в изделие. Например, в подшипниках качения внутреннюю групповую взаимозаменяемость имеют тела качения и кольца.

Функциональными являются геометрические, электрические, механические и другие параметры, влияющие на эксплуатационные показатели изделий или служебные функции их деталей и составных частей (сборочных единиц). Например, от величины зазора между поршнем и цилиндром (функционального параметра) зависит мощность двигателя (эксплуатационный показатель), а в поршневых компрессорах – весовая и объемная производительность.

Достигается функциональная взаимозаменяемость при помощи соответствующих методов расчета точности машин и выполнения ее при изготовлении деталей.

1.3 Стандарты и стандартизация

1.3.1 Законодательная и правовая основа технического нормирования и стандартизации

Одним из эффективных средств управления экономикой, существенным звеном, соединяющим в единый процесс науку, технику и производство, является **стандартизация**.

Стандартизация – деятельность по установлению для всеобщего и многократного применения технических требований (технических норм, правил и характеристик) в отношении постоянно повторяющихся задач, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в области разработки, производства, реализации, транспортирования, хранения и утилизации продукции и оказания услуг.

Цель стандартизации – достижение оптимальной степени упорядочения в той или иной области посредством широкого и многократного использования установленных положений, требований, норм для решения реально существующих, планируемых или потенциальных задач. *Основными результатами деятельности по стандартизации* должны быть повышение степени соответствия продукта (услуги), процессов их функциональному назначению, устранение технических барьеров в международном товарообмене, содействие научно-техническому прогрессу и сотрудничеству в различных областях.

В соответствии с Законом Республики Беларусь № 262-З от 5 января 2004 г. «О техническом нормировании и стандартизации», целью технического нормирования и стандартизации является обеспечение:

- защиты жизни, здоровья и наследственности человека, имущества и охраны окружающей среды;
- предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей продукции, работ и услуг относительно их назначения, качества и безопасности;
- повышения конкурентоспособности продукции, работ и услуг, а также обеспечение соответствия их своему функциональному назначению, оптимизации и унификации их номенклатуры;
- устранения технических барьеров в торговле;
- единства измерений;
- технической и информационной совместимости, а также взаимозаменяемости продукции;
- энергоэффективности и рационального использования ресурсов (ресурсосбережения);
- научно-технологической, информационной и военной безопасности.

Стандартизации подлежит продукция, процесс, услуга, которые в равной степени относятся к любому материалу, компоненту, оборудованию, системе, их совместимости, правилу, процедуре, функции, методу или деятельности. Услуга является объектом стандартизации независимо от того, предоставляется ли она населению или предприятиям и организациям. Сюда же можно отнести и образовательные услуги. Объектами стандартизации являются также типовые технологические процессы, формы и методы организации труда и производства, правила выполнения производственных и контрольных опера-

ций, правила транспортирования и хранения продукции, правила оформления и обращения документации и т.д.

Стандартизация как наука о методах и средствах унификации выявляет, обобщает и формулирует закономерности деятельности в целом и по отдельным направлениям.

Стандартизация как *система управления* практической деятельностью осуществляется в Республике Беларусь на основе системы технического нормирования, являющейся частью системы планового государственного управления. Она опирается на комплекс технических нормативных правовых актов (ТНПА), устанавливающих взаимовязанные требования по организации и методике выполнения практических работ.

Региональная стандартизация – стандартизация, участие в которой открыто для соответствующих органов стран только одного географического, политического или экономического района. Международная и региональная стандартизации осуществляются уполномоченными представителями стран в соответствующих международных и региональных организациях, занимающихся стандартизацией.

Межгосударственная стандартизация – региональная стандартизация, проводимая на уровне Содружества Независимых Государств (СНГ).

Национальная стандартизация – стандартизация, которая проводится в рамках одной конкретной страны.

В свою очередь, национальная стандартизация может осуществляться на разных уровнях: государственном, отраслевом, на уровне организации (отдельного предприятия, фирмы, юридического лица или индивидуального предпринимателя).

Под **техническим нормированием** понимают деятельность по установлению обязательных для соблюдения технических требований, связанных с безопасностью продукции и ее жизненного цикла. Результатом проведения работ по техническому нормированию и стандартизации являются **технические нормативные документы и технические нормативные правовые акты**.

Технический нормативный документ (ТНД) – документ, подготовленный в установленном порядке, имеющий соответствующее обозначение, являющийся результатом технического нормирования или стандартизации.

Совокупность технических нормативных правовых актов (ТНПА), субъектов, а также правил и процедур функционирования

системы технического нормирования и стандартизации в целом составляют **Систему технического нормирования и стандартизации (систему ТНис)**.

Правовыми основами работ по стандартизации и техническому нормированию в Республике Беларусь являются международные нормативные документы; региональные нормативные акты и документы; законодательство Республики Беларусь о техническом нормировании и стандартизации (на основе Конституции и нормативных правовых актов). Основу законодательства Республики Беларусь составляют следующие нормативные правовые акты:

- Закон Республики Беларусь № 262-З от 5 января 2004 г. «О техническом нормировании и стандартизации»;

- Закон Республики Беларусь «О внесении изменений и дополнений в некоторые Законы Республики Беларусь по вопросам технического нормирования, стандартизации и оценки соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации»;

- Закон Республики Беларусь № 321-З от 1 ноября 2004 г. «О нормативных правовых актах Республики Беларусь»

- Указ Президента Республики Беларусь № 318 от 16 июля 2007 г. «О порядке доведения до всеобщего сведения технических нормативных правовых актов»;

- Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 981 от 31 июля 2006 г. «Положение о Государственном комитете по стандартизации Республики Беларусь»;

- Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 16 от 08 января 2008 г. «О Национальном фонде технических нормативных правовых актов».

Основополагающим в этом списке является Закон Республики Беларусь № 262-З от 5 января 2004 г. «О техническом нормировании и стандартизации».

Настоящий Закон, регулирует отношения, возникающие при разработке, утверждении и применении технических требований к продукции, процессам ее разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации или оказанию услуг, определяет правовые и организационные основы ТНис.

1.3.2 Классификация и виды технических нормативных правовых актов

На рисунке 1.1 представлена классификация ТНПА в широком смысле в соответствии с Законом Республики Беларусь «О нормативных правовых актах».

К ТНПА в области ТНиС относятся технические регламенты (ТР); технические кодексы установившейся практики (ТКП); государственные стандарты (СТБ, ГОСТ); стандарты организаций (СТП); технические условия (ТУ).

В свою очередь стандарты в зависимости от уровня их принятия можно разделить следующим образом:

- международные;
- региональные (включая межгосударственные);
- государственные (включая предварительные);
- стандарты предприятий.

Технический регламент – это утвержденный (принятый в установленном порядке ТНД, являющийся результатом технического нормирования, устанавливающий непосредственно и (или) путем ссылки на технические кодексы, государственные стандарты обязательные для соблюдения технические требования (технические нормы, правила и характеристики).

ТР разрабатываются **только** в следующих целях:

- защиты жизни, здоровья и наследственности человека;
- защиты имущества;
- охраны окружающей среды;
- предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей продукции и услуг относительно их назначения, качества или безопасности.

ТР должен содержать:

- обязательные для соблюдения технические требования, связанные с безопасностью на всех этапах жизненного цикла продукции;
- исчерпывающий перечень объектов технического нормирования, в отношении которых устанавливаются эти требования;
- административные положения, соответствие которым является обязательным.

ТР также может содержать:

- правила и формы подтверждения соответствия (включая методики контроля, испытаний, измерений) каждого объекта технического нормирования требованиям ТР;
- правила маркировки объектов технического нормирования, подтверждающие соответствие их ТР;
- требования к порядку осуществления государственного надзора за соблюдением положений, приведенных в ТР.

Технические нормативные правовые акты (ТНПА)		
В области ТНнС	В других областях	
Технические регламенты (ТР)	Авиационные правила	Формы государственных статистических наблюдений и указания по их заполнению Методики по формированию и расчету статистических показателей Инструкции по организации и проведению выборочных государственных статистических наблюдений
Технические кодексы установившейся практики (ТКП)	Зоологические, ветеринарные, ветеринарно-санитарные нормы и правила	
Государственные стандарты (СТ Б, ГОСТ)	Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы	
Стандарты организаций (СТП)	Нормы и правила пожарной безопасности	
Технические условия (ТУ)	Государственные классификаторы технико-экономической информации	

Рис.1.1. Классификация ТНПА.

ТР разрабатываются на укрупненные объекты технического нормирования, к которым отнесены следующие группы однородной продукции:

- машиностроительная продукция (механические транспортные средства, прицепы, тракторы, транспорт, оборудование, лифты, электромагнитная совместимость технических объектов, средства элек-

тросвязи, медицинское оборудование, средства индивидуальной защиты и т.п.);

- пищевая и сельскохозяйственная;
- химическая и фармацевтическая;
- продукция деревообработки;
- строительная продукция;
- потребительская (продукция легкой промышленности, парфюмерно-косметическая);
- упаковка;
- услуги;
- общетехническая группа (обеспечение единства измерений и подтверждения соответствия).

Разработка ТР осуществляется республиканскими органами государственного управления в пределах предоставленных им полномочий в соответствии с Программой разработки первоочередных ТР и взаимосвязанных с ними государственных стандартов.

ТР применяется одинаковым образом и в равной степени независимо от страны происхождения продукции. Требования утвержденного ТР являются **обязательными** для соблюдения всеми субъектами ТНис. Исключение составляет изготовление продукции на экспорт. Применение ТР осуществляется путем включения его требований в техническую документацию; ссылки на него; выполнения требований ТР с последующим заявлением об этом в технической документации.

Государственная регистрация ТР осуществляется Госстандартом, в процессе которой регламенту присваивают обозначение, состоящее из индекса «ТР», года утверждения регламента, порядкового регистрационного номера (три цифры), принадлежности к стране – ВУ. Каждая позиция отделена косой чертой. Например: ТР/2007/001/ВУ «Низковольтное оборудование. Безопасность».

Технический кодекс установившейся практики (ТКП) – утвержденный (принятый) в установленном порядке ТНД, являющийся результатом стандартизации и содержащий технические правила или процедуры проектирования (разработки), изготовления, монтажа, технического обслуживания, эксплуатации, утилизации, основанные на результатах установившейся практики.

ТКП разрабатываются с целью реализации требований ТР, а также повышения качества процессов на всех этапах жизненного цикла продукции или оказания услуг.

Разработка ТКП осуществляется республиканскими органами государственного управления либо по их поручению уполномоченными ими организациями, техническими комитетами по стандартизации. В разработке ТКП могут принимать участие юридические и физические лица, включая иностранных граждан. **Технические требования, содержащиеся в ТКП, не должны противоречить требованиям ТР.**

Обязательность применения ТКП устанавливают органы государственного управления.

В процессе государственной регистрации технического кодексу присваивают обозначение, состоящее из индекса «ТКП», порядкового регистрационного номера, года утверждения и в скобках кода республиканского органа государственного управления, утвердившего ТКП. Код органа государственного управления соответствует Общегосударственному классификатору ОКРБ 004-2001 «Органы государственной власти и управления». Например: ТКП 43-2004 (09170) или ТКП 11.05.01-2004 (02300).

Стандарт – это утвержденный (принятый) в установленном порядке ТНД, являющийся результатом стандартизации, разработанный на основе общего согласия, которое характеризуется отсутствием разногласий у большинства заинтересованных сторон, содержащий технические требования (технические нормы, правила, характеристики).

Государственный стандарт Республики Беларусь – это стандарт, утвержденный Госстандартом Республики Беларусь.

Государственные стандарты в зависимости от объекта стандартизации содержат

- требования к продукции (товару, услуге), деятельности и процессам, в результате которых она создается, эксплуатируется, утилизируется;
- требования к технологической и информационной совместимости, основные потребительские (эксплуатационные) характеристик продукции, методы их контроля, требования к упаковке, маркировке, транспортированию, хранению, применению и утилизации продукции;
- правила оформления технической документации, общие правила обеспечения качества продукции (услуг);

- термины и определения, условные обозначения, метрологические и другие общетехнические и организационно-методические правила и нормы.

Разработку государственных стандартов осуществляют, как правило, технические комитеты (ТК) по стандартизации, головные и базовые организации по стандартизации, ведущие научно-исследовательские институты, организации, любые заинтересованные юридические и физические лица, включая иностранные, имеющие опыт работы в стандартизируемой области деятельности.

Кроме этого, есть некоторые особенности применения государственных стандартов:

- если в ТР дана ссылка на государственный стандарт, то положения этого стандарта становятся обязательными для соблюдения всеми субъектами ТНисС;

- если производитель или поставщик продукции в добровольном порядке применил государственный стандарт и заявил о соответствии ему своей продукции, то соблюдение требований этого государственного стандарта для них становится обязательным;

- если продукция сертифицирована на соответствие требованиям государственного стандарта, в том числе добровольного, то соблюдение требований этого стандарта для производителя становится обязательным.

Совокупность стандартов, объединенных общей целевой направленностью и устанавливающих согласованные требования к объектам, называется **системой стандартов** (группой стандартов).

Утверждение и государственную регистрацию стандарта осуществляет Госстандарт. В результате регистрации стандарту присваивается обозначение, состоящее из индекса «СТБ», отделенного от него пробелом порядкового регистрационного номера, и через тире года утверждения стандарта (СТБ 1248-2000). Если государственный стандарт входит в систему стандартов, то первые цифры с точкой обозначают порядковый номер системы стандартов: СТБ 4.227-2003 или СТБ 50.13-2003.

Современное развитие стандартизации потребовало расширить категории ТНПА. С этой целью в международной практике предусмотрен предварительный стандарт. В соответствии с СТБ 1500 **предварительный государственный стандарт Республики Беларусь (СТБ П)** – ТНПА, который временно принят органом, занимающимся стандартизацией (Госстандартом), и доведен до широкого

круга потребителей с целью накопления в процессе его применения необходимого опыта.

СТБ П разрабатывается в следующих целях:

- ускорения внедрения в экономику Республики Беларусь международных, региональных и национальных стандартов промышленно развитых стран;

- ускорения внедрения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;

- устранения принципиальных разногласий при разработке проекта государственного стандарта;

- для накопления необходимого опыта и информации в процессе применения предварительной редакции стандарта.

Срок действия СТБ П не должен превышать двух лет и не подлежит продлению. Обозначение предварительного стандарта состоит из индекса «СТБ П», регистрационного номера и года утверждения (СТБ П ХХХХ-2001).

Для объектов стандартизации, область распространения которых ограничивается только одним юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем, разрабатываются стандарты организации. **Стандарт организации** – стандарт, утвержденный юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем, область распространения которого ограничивается сферой деятельности юридического лица или индивидуального предпринимателя.

Порядок разработки, утверждения, введения в действие, учета, изменения, отмены и издания стандартов организаций, а также опубликования информации о них устанавливается руководством организации. Технические требования, приведенные в СТБ, распространяются и являются обязательными только в пределах данного предприятия; они не должны противоречить требованиям ТР.

Технические условия (ТУ) – утвержденный юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем ТНД, содержащий комплекс требований, включая правила приемки и методы контроля, к конкретному типу, марке, модели, виду реализуемой продукции (оказываемой услуге). Объектом ТУ является конечный продукт, в отличие от стандарта, который может распространяться не только на конечный продукт, но и на отдельные его аспекты - маркировку, правила приемки, отдельные требования (требования безопасности и т. д.). В ТУ отражаются особенности конкретной марки, модели, вида продукции и конкретной технологии ее изготовления.

ТУ, как правило, появляются в результате разработки новой продукции, требования к которой еще не регламентированы в стандартах. Но впоследствии эти ТУ могут служить основой для разработки государственных стандартов.

В результате государственной регистрации, которую осуществляет Госстандарт, ТУ присваивается обозначение, включающее индекс вида ТНПА – «ТУ»; международный буквенный код Республики Беларусь «BY»; код держателя подлинника ТУ по Единому государственному регистру юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (девять знаков); порядковый регистрационный номер ТУ у держателя подлинника (три знака); четыре цифры года утверждения (ТУ BY 300393175.008-2005).

1.3.3 Международная стандартизация

В настоящее время процесс добровольной стандартизации на международном уровне координируют три организации:

- Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization) **ISO (ИСО)**;
- Международная электротехническая комиссия **IEC (МЭК)**;
- Международный союз электросвязи **ITU (МСЭ)**.

Эти три организации образуют обширную инфраструктуру, которая охватывает стандартизацию на национальном, региональном и международном уровнях. Эта глобальная система связана соглашениями о сотрудничестве между *ISO*, *IEC* и *ITU*.

ISO и *IEC* формируют специализированную систему международной стандартизации.

ISO (ИСО) (www.iso.org) представляет собой самое крупное объединение стандартизирующих организаций; в ее работе принимает участие 158 национальных органов по стандартизации промышленно развитых и развивающихся стран всех регионов мира. *ISO* является крупнейшей неправительственной организацией по разработке стандартов.

Основной задачей организации является повсеместное содействие развитию стандартизации и смежных видов деятельности с целью международного обмена товарами и услугами, укрепления сотрудничества в сфере Интеллектуальной, научной, технической и экономической деятельности.

Ближайшими партнерами ISO в разработке международных стандартов являются Международная электротехническая комиссия и Международный союз электросвязи. Все три организации тесно сотрудничают с Всемирной торговой организацией.

Международная электротехническая комиссия (International Electrotechnical Commission, IEC) - это неправительственная научно-техническая организация, ответственная за стандартизацию в области электротехники, электроники и телекоммуникаций, в том числе используемых для работы в сфере информационных технологий. В настоящее время в состав IEC входит 67 стран. Штаб-квартира IEC расположена в Швейцарии. Республика Беларусь является членом IEC с 1993 г. IEC основана в 1906 г. решением Международного электротехнического конгресса (Сент-Луис, США, 1904 г.).

Основная цель IEC определена ее уставом и заключается в содействии международному сотрудничеству путем разработки международных стандартов в областях электрорадиотехники и электроники; радиосвязи; приборостроении; производства и распределения энергии; терминологии и символов; электромагнитной совместимости; измерений; безопасности и защиты окружающей среды.

IEC сотрудничает с ISO, совместно разрабатывая Руководства ISO/IEC и Директивы ISO/IEC по актуальным вопросам и методам стандартизации, сертификации, аккредитации испытательных лабораторий. Объединенный программный комитет ISO/IEC занимается планированием и распределением ответственности двух организаций по вопросам, касающимся смежных областей деятельности.

По содержанию международные стандарты IEC содержат более конкретные требования, чем стандарты ISO. Обозначения стандартов IEC имеют вид, например IEC 60411 «Графические символы». Стандарты, созданные совместно с имеют обозначения, например ISO/IEC 7498-1:1994 Open Systems Interconnection: Basic Reference Model.

Международный союз электросвязи ITU (International Telecommunication Union, www.itu.int) - это организация, в рамках которой правительствами государств и частным сектором экономики координируются глобальные сети и услуги электросвязи. Основанный в Париже в 1865 г. как Международный телеграфный союз, ITU получил свое нынешнее название в 1934 г. Сейчас ITU является ведущим учреждением ООН в области информационно-коммуникационных технологий. Деятельность ITU призвана содействовать развитию и продуктивной эксплуатации средств телекоммуникаций в целях по-

вышения эффективности услуг электросвязи и их доступности для населения, распространению телекоммуникаций в глобальной информационной экономике и обществе, оказанию технической помощи развивающимся странам в сфере электросвязи, содействие расширению доступа к преимуществам новых технологий для населения всей Земли.

Кроме того, в международной стандартизации участвуют следующие организации: Международная организация мер и весов (МОМВ), Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ)

На европейском уровне координация работ по стандартизации осуществляется по существу тремя организациями, деятельность которых связана соглашениями о сотрудничестве:

- Европейский комитет по стандартизации CEN (СЕН);
- Европейский комитет по стандартизации в электротехнике CENELEC (СЕНЕЛЕК);
- Европейский институт телекоммуникационных стандартов ETSI (ЕТСИ).

К региональным организациям по стандартизации можно отнести Международную ассоциацию стран Юго-Восточной Азии (ASEAN), Панамериканский комитет стандартов (COPAN).

Стандартизация в рамках СНГ осуществляется Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС). МГС является межправительственным органом СНГ по формированию и проведению согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации. В соответствии с Резолюцией Совета ИСО 26/1996 МГС признан региональной организацией по стандартизации как Евразийский Совет по стандартизации, метрологии и сертификации (EASC).

В качестве государственных стандартов Республики Беларусь принимаются стандарты ISO, IEC, ЕЭК ООН (Правила ЕЭК ООН), CEN (EN), государственные стандарты Российской Федерации (ГОСТ Р).

1.3.4. Основные методы и виды стандартизации

Основными методами стандартизации являются: метод ограничения, типизации, агрегатирования, унификации и метод предпочтительных чисел.

Ограничение (симплификация) - метод стандартизации, заключающийся в отборе из существующей совокупности и рациональном ограничении номенклатуры объектов, разрешенных для применения в данной отрасли на данном предприятии или в каком-либо объекте (изделии). Применение метода ограничения сохраняет определенный ряд уже существующих объектов и резко сокращает общее количество их типов. Например, ГС могут быть ограничены отраслевыми, а отраслевые - стандартами предприятий.

Типизация - метод стандартизации, заключающийся в рациональном сокращении видов объектов путем установления некоторых типовых, выполняющих большинство функций объектов данной совокупности и применяемых за основу (базу) для создания других объектов, аналогичных или близких по функциональному назначению. Этот метод часто называют методом «базовой конструкции»

Эффективность метода заключается в следующем:

- при проектировании нового изделия используется проверенный путь, метод, конструкция или базовая модель, исключающая поиски и возможные ошибки;

- обеспечивается большая преемственность в производстве при смене моделей устройств, создаваемых на одной базе; значительно ускоряется подготовка производства и снижаются расходы на ее выполнение;

- значительно облегчаются условия эксплуатации и ремонта техники, имеющей много общих конструктивных элементов или принципов действия;

- вокруг типовых (базовых) изделий легко могут создаваться различные модификации (типоразмерные ряды).

Агрегатирование - метод стандартизации, заключающийся в создании объектов частного функционального назначения на основе функциональной взаимозаменяемости их составных частей.

Применение метода агрегатирование завершается разработкой стандартов соответствующего уровня, регламентирующих в ряде случаев полные характеристики объекта стандартизации.

Признаки агрегатирования:

- функциональная законченность составных частей (узлов, механизмов, отделочных деталей и т.д.);

- конструктивная обратимость, т.е. возможность повторного использования составных частей (агрегатов);

- изменение функциональных свойств изделия при перестановке составных частей внутри него.

Унификация - метод стандартизации, заключающийся в рациональном сокращении существующей номенклатуры объектов путем отбора или создание новых объектов широкого применения, выполняющих большинство функций объектов данной совокупности, но не исключающих использование других объектов аналогичного назначения.

Метод унификации обладает следующими признаками:

- единообразие в конструктивном оформлении изделий;
- функциональная законченность изделий;
- подчинение основных параметров изделий общим требованиям или подчинение основных параметров ряда определенному закону;
- возможность использования унифицированных изделий в составе различных устройств или систем различного функционального назначения, т.е. определенная универсальность.

Унификация приводит к сокращению количества видов изделий в пределах устройства, класса устройств или целых групп. Этот метод направлен на рациональное сокращение существующей номенклатуры объектов.

Виды стандартизации.

В зависимости от последующего влияния на развитие производства можно выделить три вида стандартизации принципиально отличающихся подходами к установлению в стандартах соответствующих норм:

- стандартизация по достигнутому уровню
- опережающая стандартизация
- комплексная стандартизация

Стандартизация по достигнутому уровню - стандартизация, устанавливающая показатели, отражающие свойства существующей и освоенной в производстве продукции и таким образом фиксирующая достигнутый уровень производства. Такой подход характерен при стандартизации показателей качества продукции массового производства межотраслевого применения.

Опережающая стандартизация заключается в установлении повышенных, по отношению к уже достигнутому на практике уровню, норм, требований к объектам стандартизации, которые согласно прогнозам будут оптимальными в последующее время. При этом, в зависимости от реальных условий, в стандартах могут устанавливаться

ся ступени качества, имеющие дифференциальные показатели, нормы, характеристики и сроки их введения.

Комплексная стандартизация - стандартизация, при которой для оптимального решения конкретной проблемы осуществляется целенаправленное и планомерное установление и применение системы взаимосвязанных требований как к самому объекту стандартизации в целом, так и к его основным элементам. При этом комплексная стандартизация призвана обеспечивать разработку и внедрение комплексов взаимосвязанных и согласованных стандартов, охватывающих совокупность требований к объектам стандартизации: изделиям в целом, их составным частям, сырью, материалам, покупным изделиям, технологии изготовления, к упаковке, транспортировке и хранению, эксплуатации и ремонту.

Принцип предпочтительности является теоретической базой современной стандартизации и используется при проведении унификации, типизации и при разработке стандартов на изделия широкого применения, решении задач рационального выбора и установления градации количественных значений параметров изделий. Этот принцип основывается на использовании рядов предпочтительных чисел, которые используются для выбора типоразмеров деталей и типовых соединений, рядов допусков, посадок и других параметров, стандартизуемых одновременно для многих отраслей промышленности.

2. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Основные требования по обеспечению взаимозаменяемости включают с себя требования к исходным материалам, деталям и сборочным единицам, а также требования к работам, выполняемым на различных стадиях от проектирования до производства. Одним из важнейших показателей, обеспечивающим взаимозаменяемость производства изделий является точность геометрических параметров деталей и сборочных единиц.

Геометрическую точность изготовления изделия характеризуют четыре параметра:

- отклонение размера;
- отклонение формы поверхности;
- отклонение взаимного расположения поверхностей;
- шероховатость поверхности.

2.1 Понятие о размерах, отклонениях, допусках и посадках. Графическое изображение полей допусков и посадок. Обозначение предельных отклонений на машиностроительных чертежах

2.1.1. Понятие о номинальном, действительном и предельном размерах, предельных отклонениях, допусках

При конструировании и изготовлении деталей различают номинальный, действительный и предельный размеры.

Номинальный размер - размер, который указывают на чертеже на основании инженерных расчетов, опыта проектирования, обеспечения конструктивного совершенства или удобства изготовления детали (изделия). Относительно номинального размера определяют предельные размеры, он служит также началом отсчета отклонений.

Наиболее целесообразными рядами предпочтительных чисел являются ряды, построенные по арифметическим или геометрическим прогрессиям.

Для сужения сортамента материалов, сокращения числа типоразмеров заготовок и деталей, режущего и измерительного инструмента, штампов, приспособлений, а также для облегчения типизации технологических процессов размеры, полученные расчетом, нужно округлять (как правило, в большую сторону); они должны соответствовать значениям ГОСТ 6636-69 "Нормальные линейные размеры" (этот стандарт соответствует рекомендациям ISO). Ряды нормальных линейных размеров (диаметров, длин, высот и др.) построены на базе рядов предпочтительных чисел, но с некоторым округлением их значений.

Установлено четыре ряда нормальных линейных размеров, построенных по геометрическим прогрессиям и обозначаемых соответственно: Ra5, Ra10, Ra20, Ra40. При выборе предпочтения нужно отдавать нормальным размерам из ряда с более крупной градацией (5 ряд следует предпочитать 10-му, 10 – 20-му, 20 – 40-му).

В производстве невозможно выполнить абсолютно точно требуемые размеры деталей. Некоторая погрешность вносится также при измерении, поэтому существует понятие *действительный размер* детали. Таким называется размер, установленный измерением с допустимой погрешностью. Действительный размер детали в работающей машине вследствие ее износа, упругой, остаточной, тепловой деформации и других причин отличается от размера, определенного в ста-

тическом состоянии при сборке. Это обстоятельство необходимо учитывать при точностном анализе механизма в целом

Для определения допускаемого диапазона требуемых размеров устанавливают предельные размеры детали. Такими называются наибольшее и наименьшее допустимые значения размера, между которыми должен находиться действительный размер годной детали. Большой из них называется *наибольшим предельным размером*, меньший – *наименьшим предельным размером*. Обозначим D_{max} и D_{min} - предельные размеры для отверстия, d_{max} и d_{min} – для вала. Действительный размер годной детали должен находиться между предельными размерами или может быть равен им.

Для упрощения чертежей пользуются не предельными размерами, а введенными специально для этого предельными отклонениями от номинального размера, проставляемыми рядом с этим размером со знаком «+» или «-».

Верхним предельным отклонением ES , es называется алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами.

Нижним предельным отклонением EI , ei называется алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

Для отверстия:

верхнее отклонение $ES = D_{max} - D$,

нижнее отклонение $EI = D_{min} - D$;

для вала:

верхнее отклонение $es = d_{max} - d$,

нижнее отклонение $ei = d_{min} - d$.

Действительным отклонением называется алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами. Отклонение является положительным, если предельный или действительный размеры больше номинального, и отрицательным, если указанные размеры меньше номинального.

На машиностроительных чертежах номинальные и предельные линейные размеры проставляют в миллиметрах без указания размерности.

Предельные отклонения в таблицах допусков проставляют в микрометрах, а на чертежах – в миллиметрах более мелким шрифтом (например, $42^{+0.005}_{-0.015}$). При равенстве абсолютных величин отклонений их величину указывают один раз со знаком «±» рядом с номинальным

размером и одинаковым с ним шрифтом (например, $70 \pm 0,3$). Отклонение равное 0, на чертежах не ставят.

Допуском T – называется разность между наибольшим и наименьшим допустимыми значениями того или иного параметра.

Допуск T размера – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями. Допуск величина всегда положительная. Он представляет собой величину допустимого рассеяния действительных размеров годных деталей в партии, т.е. заданную точность изготовления.

Для упрощения допуски можно изображать графически в виде полей допусков. При этом ось изделия всегда располагают под схемой.

Поле допуска определяется величиной допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии.

Нулевая линия - линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладывают отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок. Будем ее обозначать $0-0$. Если нулевая линия расположена горизонтально, то положительные отклонения откладывают вверх от нее, а отрицательные вниз.

На рисунке 2.1 приведены номинальный и предельные размеры, предельные отклонения и допуски для отверстия и вала.

2.1.2. Поверхности свободные и сопрягаемые, охватывающие и охватываемые. Классификация соединений по форме сопрягаемых поверхностей деталей и по степени свободы относительного перемещения

Две или несколько подвижно или неподвижно соединяемых деталей называются сопрягаемыми.

Поверхности, по которым происходит соединение деталей, называются сопрягаемыми поверхностями. Остальные поверхности называются несопрягаемыми или свободными. В соответствии с этим различают размеры сопрягаемых и несопрягаемых (свободных) поверхностей.

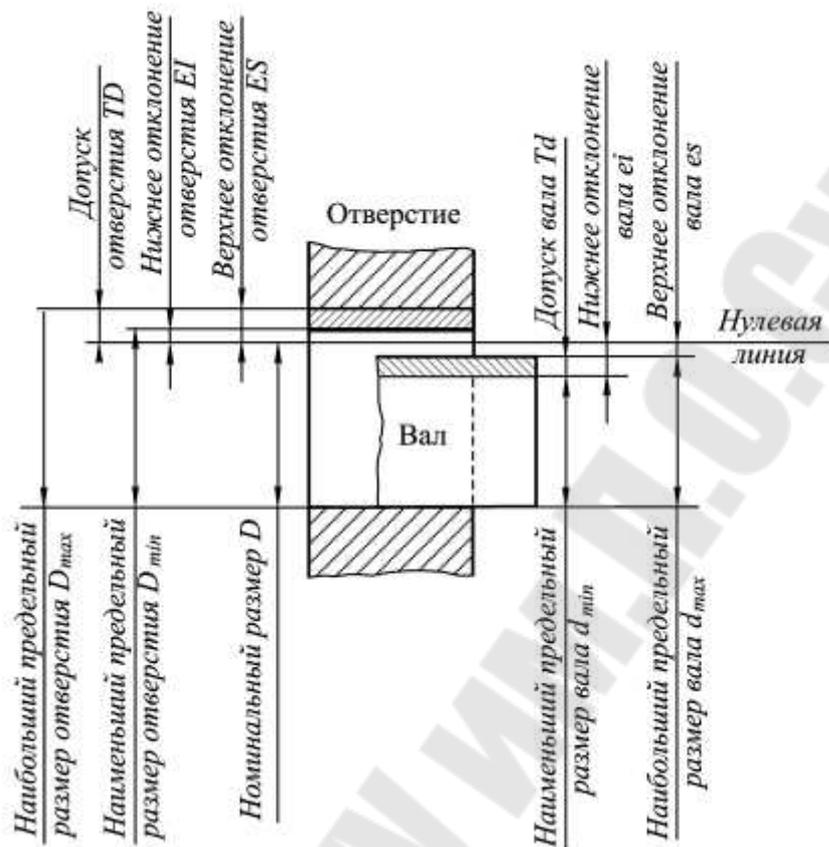


Рис.2.1. Номинальный размер, предельные размеры, предельные отклонения и допуски для отверстия и вала в посадке с зазором

В соединении деталей, входящих одна в другую, есть охватывающие и охватываемые поверхности. Для гладких цилиндрических и конических деталей охватывающая поверхность называется отверстием, охватываемая – валом, а соответствующие размеры – диаметром отверстия и диаметром вала. Допускается условно применять термины «отверстие» и «вал» также и к другим охватывающим и охватываемым поверхностям, например к плоским (паз и шпонка).

Допуски размеров охватывающей и охватываемой поверхностей принято сокращенно называть соответственно допуском отверстия (TD) и допуском вала (Td).

Разнообразные виды соединений деталей, применяемые в машиностроении, целесообразно для удобства рассмотрения классифицировать как группы:

- по форме сопрягаемых поверхностей деталей различают:
 - а) гладкие цилиндрические и конические соединения;
 - б) плоские соединения;

в) резьбовые и винтовые соединения (цилиндрические, конические);

г) зубчатые цилиндрические, конические, волновые, винтовые и гипоидные передачи;

д) шлицевые соединения;

е) сферические соединения,

- по степени свободы взаимного перемещения деталей различают:

а) неподвижные неразъемные соединения, в которых одна соединяемая деталь, неподвижна относительно другой в течение всего времени работы механизма: соединения деталей сваркой, клепкой, клеем, соединения с гарантированным натягом (например, бронзового венца червячного колеса со стальной ступицей); первые три вида этих соединений разборке не подвергаются, а четвертое может разбираться лишь при крайней необходимости;

б) неподвижные разъемные соединения, отличающиеся от предыдущих тем, что в них возможно перемещение одной детали относительно другой при регулировке и разборке соединения при ремонте (например, крепежные резьбовые, шлицевые, шпоночные, клиновые и штифтовые соединения);

в) подвижные соединения, в которых одна соединяемая деталь во время работы механизма перемещается относительно другой в определенных направлениях.

2.1.3. Понятие о посадках. Три группы посадок. Допуск посадки

Посадкой называется характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Посадка характеризует большую или меньшую свободу относительного перемещения или степень сопротивления взаимному смещению соединяемых деталей. Тип посадки определяется величиной и взаимным расположением полей допусков отверстия и вала.

Посадки разделяются на три группы: с зазором, с натягом и переходные посадки.

Зазор – разность между размером отверстия и вала до сборки $S = D - d$, если размер отверстия больше размера вала $D > d$. **Зазор** характеризует большую или меньшую свободу относительного перемещения деталей в соединении. Посадки с зазором применяются в под-

вижных соединениях, в которых детали в процессе работы перемещаются в продольном (осевом) направлении или вращаются относительно друг друга. Для посадок с зазором поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала (рис. 2.2,а).

Натяг – разность размеров вала и отверстия до сборки $N = d - D$, если действительный размер вала больше действительного размера отверстия $d > D$. **Натяг** характеризует степень сопротивления взаимному смещению деталей в соединении. Посадки с натягом предназначены для получения неразъемных соединений, в которых неподвижность деталей обеспечивается за счет сил трения на контактных поверхностях. Посадки с натягом преимущественно выполняются тепловым способом (нагрев втулки или охлаждение вала), а при малых натягах используется силовой способ (сборка под прессом). Для посадок с натягом поле допуска вала расположено над полем допуска отверстия (рис. 2.2,б).

В **переходных посадках** может получиться или зазор или натяг в зависимости от действительных размеров отверстия и вала. Они обеспечивают точное центрирование (соосность) втулки относительно вала, применяются для неподвижных (вдоль оси) соединений с дополнительным креплением. Для этих посадок поля допусков отверстия и вала частично или полностью перекрываются (рис. 2.2,в)

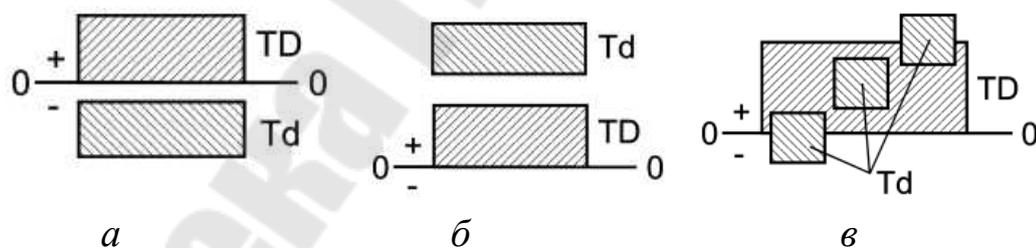


Рис.2.2. Схема расположения полей допусков в посадках с зазором (а), натягом (б) и переходной посадке (в).

Различают предельные наибольшие и наименьшие зазоры и натяги, а также средние зазоры и натяги. Определяются они по следующим формулам:

для посадок с зазором:

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = |EI - es|,$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = |ES - ei|,$$

$$S_c = (S_{\max} + S_{\min})/2 = D_c - d_c;$$

для посадок с натягом:

$$\begin{aligned}N_{\min} &= d_{\min} - D_{\max} = |ei - ES|, \\N_{\max} &= d_{\max} - D_{\min} = |es - EI|, \\N_c &= (N_{\max} + N_{\min})/2 = d_c - D_c;\end{aligned}$$

для переходных посадок:

переходные посадки характеризуются наибольшими значениями натяга и зазора:

$$\begin{aligned}N_{\max} &= d_{\max} - D_{\min} = |es - EI|, \\S_{\max} &= D_{\max} - d_{\min} = |ES - ei|.\end{aligned}$$

Наибольший зазор переходной посадки часто представляют в виде отрицательного наименьшего натяга, т.е.

$$S_{\max} = -N_{\min} = -(ei - ES).$$

Предельные, средние зазоры и натяги у различных типов посадок приведены на рисунке 2.3.

Допуск посадки – это разность между наибольшим и наименьшим зазорами (допуск зазора TS в посадках с зазорами) или наибольшим и наименьшим допустимыми натягами (допуск натяга TN в посадках с натягами):

$$\begin{aligned}TS &= S_{\max} - S_{\min} = TD + Td \\TN &= N_{\max} - N_{\min} = Td + TD\end{aligned}$$

Переходные посадки характеризуются наибольшими значениями натяга N_{\max} и зазора S_{\max} .

$$TS(TN) = TD + Td = N_{\max} + S_{\max}.$$

Для любой посадки, допуск посадки всегда равен сумме допусков отверстия и вала.

В переходной посадке средний натяг (зазор) рассчитывается по формуле:

$$N_c(S_c) = d_c(D_c) - D_c(d_c) = (N_{\max} - S_{\max})/2.$$

Результат со знаком минус будет означать, что среднее значение для посадки соответствует S_c .

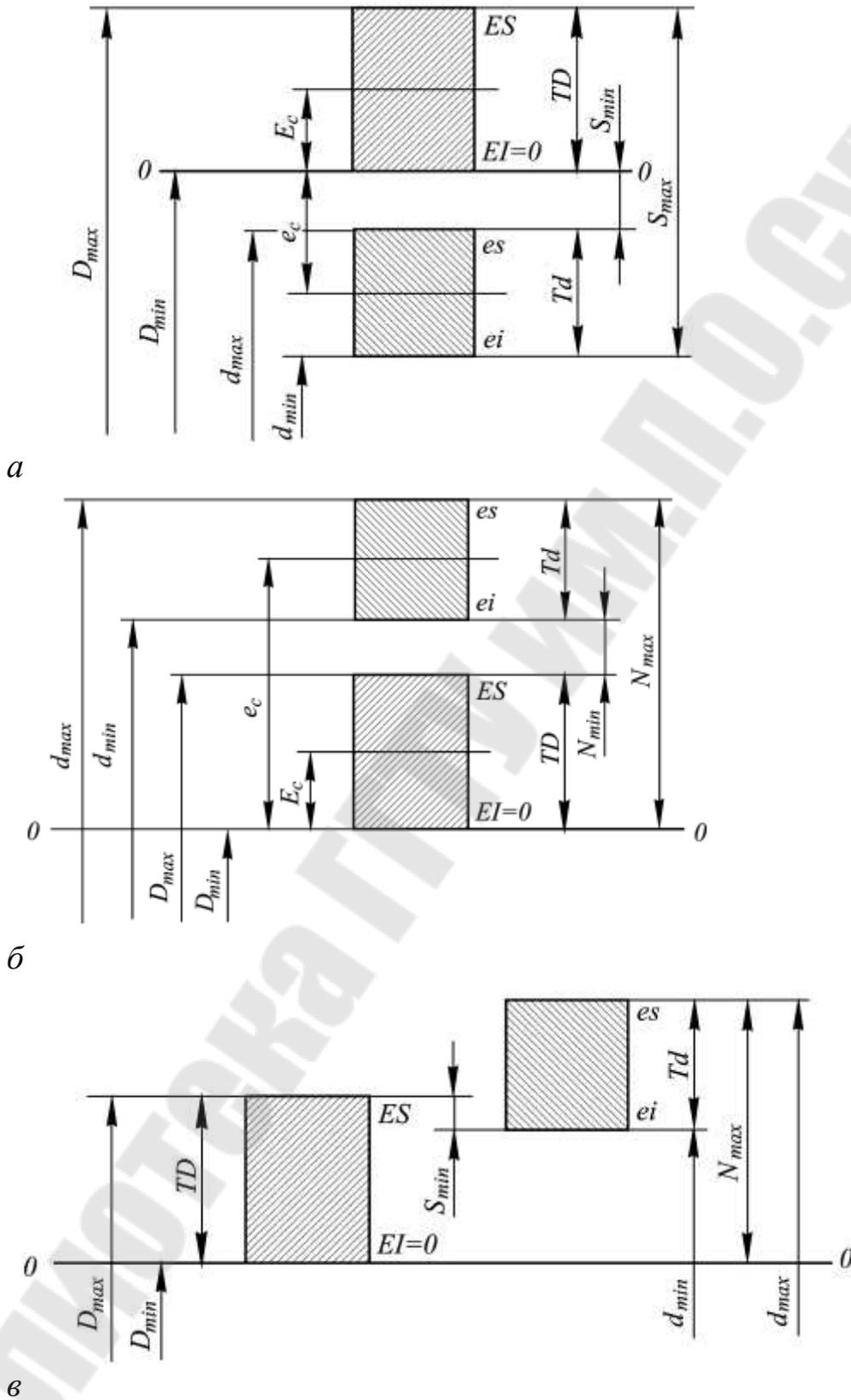


Рис. 2.3. Предельные, средние зазоры и натяги у посадок с зазором (а), с натягом (б) и переходных (в)

2.2 Единая система допусков и посадок (ЕСДП) для гладких цилиндрических соединений

2.2.1. Посадки в системе отверстия и в системе вала. Единица допуска. Квалитеты точности.

Системой допусков и посадок называется совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов. Система предназначена для выбора минимально необходимых, но достаточных для практики вариантов допусков и посадок типовых соединений деталей машин. Она создает возможность стандартизации режущих инструментов и калибров, облегчает конструирование, производство и достижение взаимозаменяемости изделий и их частей, а также повышает их качество.

Поля допусков и рекомендуемые посадки регламентированы ГОСТ 25347-82, а общие положения, ряды допусков и основных отклонений изложены в ГОСТ 25346-89.

Согласно ГОСТ 25346-89 предусмотрены посадки в системе отверстия и в системе вала.

2.2.2. Посадки в системе отверстия и системе вала

Посадки в системе отверстия – посадки, в которых различные зазоры и натяги получают соединением различных валов с основным отверстием, обозначаемым буквой **H**. Схемы расположения полей допусков для посадок в системе отверстия приведены на рисунке 2.4.

Посадки в системе вала – посадки, в которых различные зазоры и натяги получают соединением различных отверстий с основным валом, обозначаемым буквой **h**. Схемы расположения полей допусков для посадок в системе вала представлены на рисунке 2.5.

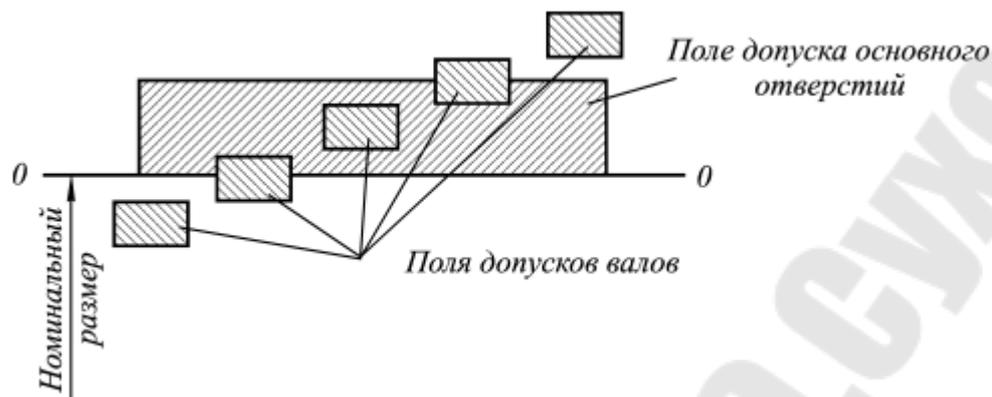


Рис.2.4. Схемы расположения полей допусков для посадок в системе отверстия

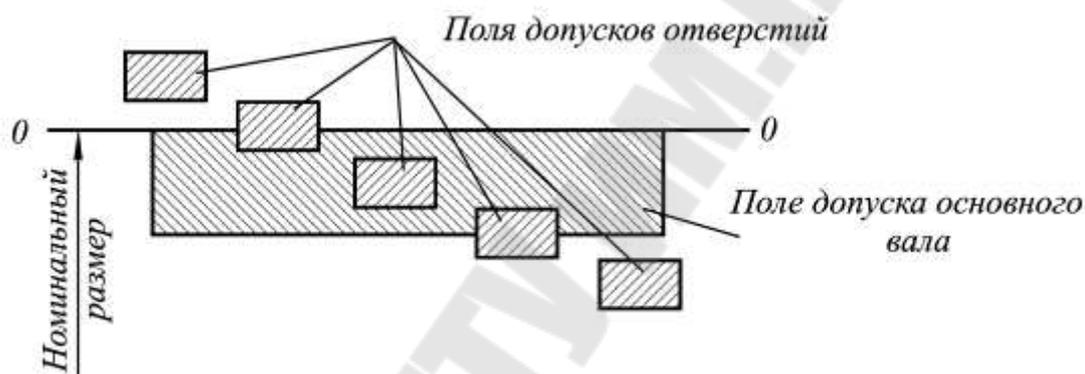


Рис.2.5. Схемы расположения полей допусков для посадок в системе вала

Для всех посадок в системе отверстия нижнее отклонение отверстия $EI = 0$. Для всех посадок в системе вала верхнее отклонение вала $es = 0$. Поле допуска основного отверстия откладывают вверх, а основного вала – вниз от нулевой линии, т.е. в материал детали. Таковую систему допусков называют односторонней (асимметричной). Характер одноименных посадок (т.е. предельные величины зазоров и натягов) в системе отверстия и в системе вала примерно одинаков.

2.2.3. Единица допуска. Квалитеты точности.

Для построения системы допусков устанавливают единицу допуска $i(I)$, которая выражает зависимость допуска от номинального размера и является мерой точности. На основе исследований и систематизации опыта механической обработки цилиндрических деталей из металлов с размерами от 1 до 500 мм было установлено, что по-

грешность их изготовления Δ в одинаковых технологических условиях меняется в зависимости от диаметра D деталей следующим образом:

$$\Delta = c\sqrt{x}D$$

где c - коэффициент, зависящий от вида обработки; $2,5 \leq x \leq 3,5$. На основании указанных исследований для систем ISO и ЕСДП установлены следующие единицы допуска: - для размеров до 500 мм

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

- для размеров свыше 500 до 10000 мм

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

где D - среднее геометрическое крайних размеров каждого интервала, мм; $i(I)$ - единица допуска, мкм.

Допуск для любого качества (степени точности) можно определить по формуле

$$T=ai,$$

где a - коэффициент, равный числу единиц допуска, зависящий от качества и независящий от номинального размера.

Для нормирования требуемых уровней точности установлены качества (степени точности) изготовления деталей и изделий. Под *качеством* понимают совокупность допусков, характеризующих постоянную относительную точностью (определяемой коэффициентом a) для номинальных размеров данного диапазона. Точность в пределах одного качества изменяется только в зависимости от номинального размера.

В ЕСДП предусмотрено 20 качеств: 01; 0; 1; 2; 3; ...; 18. Точность убывает от IT01 к IT18. Качества IT01; IT0 и IT1 предназначены для оценки точности плоскопараллельных концевых мер длины, IT2, IT3 и IT4 – для гладких калибров пробок и скоб; IT5 IT17 – производственные качества для металлических деталей. Для высокоточных деталей используются IT4...IT6; для деталей ответственных соединений в машиностроении и приборостроении применяются IT7, IT8, а IT9, IT10 – для деталей неответственных соединений (сельскохозяйственное машиностроение, грузовой автомобиль, подъемно-транспортное оборудование и т.д.). Качества IT11, IT12 используются также для неответственных соединений, в которых требуются большие зазоры (при значительных температурных перепадах, при работе в запыленных условиях). Качества IT12...IT17 назначаются для размеров металлических деталей с неуказанными допусками (об-

щими допусками), т.е. для размеров, не образующих соединения; IT18 используется для деталей из пластмасс.

2.3. Основные отклонения валов и отверстий. Поля допусков. Посадки. Методика построения посадок. Отклонения размеров с неуказанными допусками, имеющие общие допуски. Обозначение полей допусков и посадок на чертежах

Каждое поле допуска представлено сочетанием двух независимых характеристик – величины допуска и его положения относительно номинального размера (основного отклонения). Под основным отклонением понимается одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии. В системах ISO и ЕСДП таким отклонением является отклонение, ближайшее к нулевой линии. Для всех полей допусков, расположенных ниже нулевой линии, основным (ближайшим) является верхнее отклонение (*es* или *ES*), для полей допусков, расположенных выше нулевой линии, основным (ближайшим) – нижнее отклонение (*ei* или *EI*). Основные отклонения отверстий обозначаются прописными буквами латинского алфавита, валов – строчными.

Для образования посадок с различными зазорами и натягами в системах ISO и ЕСДП для размеров до 500 мм предусмотрено 27 вариантов основных отклонений валов и отверстий. Основные отклонения отверстий и валов, принятые в системах ISO и ЕСДП приведены на рисунке 2.6.

Буквой *h* обозначается верхнее отклонение вала равное нулю (основной вал), буквой *H* – нижнее отклонение отверстия равное нулю (основное отверстие). В системе отверстия основные отклонения от *a* до *h* предназначены для образования полей допусков валов в посадках с зазором, от *p* до *zc* – в посадках с натягом, переходные посадки получают при основных отклонениях *js* – *n*. Аналогично в системе вала основные отклонения от *A* до *H* предназначены для образования полей допусков отверстий в посадках с зазором, от *P* до *ZC* – в посадках и натягом, переходные посадки получают при основных отклонениях *Js* – *N*.

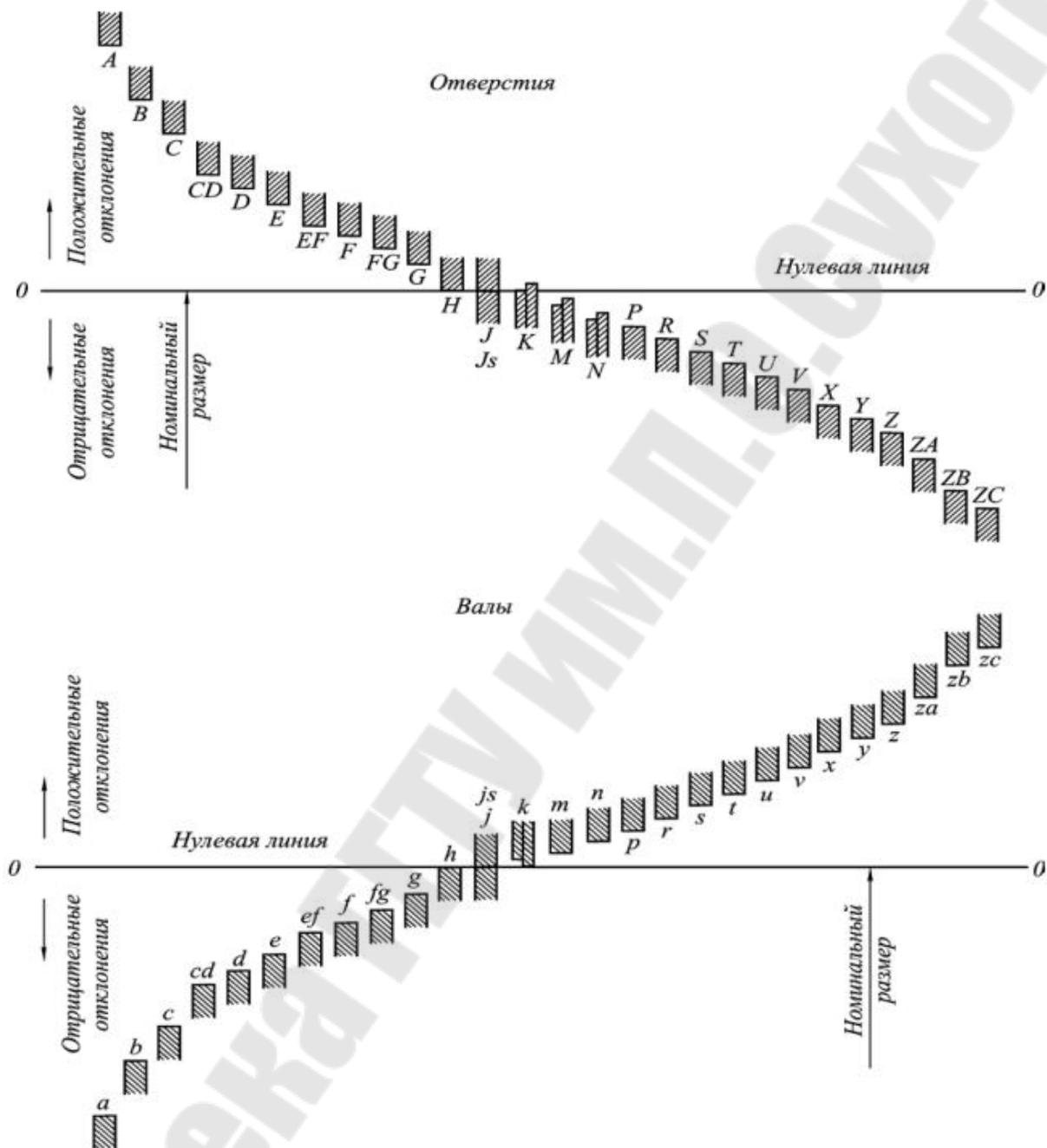


Рис.2.6. Основные отклонения валов и отверстий

Величина основного отклонения не зависит от качества. При одном и том же буквенном обозначении числовое значение основного отклонения изменяется в зависимости от номинального размера.

Значения основных отклонений валов и отверстий для размеров до 500 мм и основных отклонений валов и отверстий для размеров свыше 500 до 3150 мм приведены в ГОСТ 25346-89.

2.3.1. Поля допусков

Поле допуска в ЕСДП образуется сочетанием основного отклонения (характеристика расположения) и качества (характеристика допуска). Условное обозначение поля допуска состоит из буквы основного отклонения и числа – номера качества:

Например.

Поля допусков валов: $h6$; $d10$; $js5$.

Для вала $\varnothing 40h8$ – вал с номинальным размером диаметра 40 мм, полем допуска $h8$ (основным отклонением h ($es=0$), качество – 8);

Поля допусков отверстий: $H6$; $D10$; $Js5$.

Для отверстия $\varnothing 50S7$ – отверстие с номинальным размером диаметра 50 мм, полем допуска $S7$ (основное отклонение – S , качество – 7).

Поля допусков, разрешенные для применения в ЕСДП в ГОСТ 25347, ГОСТ 25348 и представляют собой ограничительные отборы из всей совокупности полей допусков. Отборы в ЕСДП содержат поля допусков для сопрягаемых и несопрягаемых размеров.

В ГОСТ 25347 поля допусков для сопрягаемых размеров разделены на два ряда: основной и дополнительный.

Основной ряд содержит поля допусков, необходимые для обеспечения всех общих потребностей машиностроения.

Дополнительные поля допусков применяются ограниченно и только в технически и экономически обоснованных случаях.

Для несопрягаемых размеров в ГОСТ 25347 и ГОСТ 25348 в каждом из качеств предусмотрены поля допусков с односторонним (в «тело» материала) расположением относительно номинального размера (H и h) или симметричные (Js и js).

2.3.2. Посадки. Методика построения посадок

Посадка в ЕСДП образуется сочетанием поля допуска отверстия и поля допуска вала. Условное обозначение в виде дроби, в числителе которой указывается поля допуска отверстия, а в знаменателе – поле допуска вала.

Например: $\frac{H8}{f7}$; $\frac{H7}{k6}$; $\frac{D9}{js6}$.

Посадки могут быть назначены в системе отверстия (CH) или в системе вала (Ch). Выбор системы диктуется конструктивными, технологическими или экономическими соображениями.

В **системе отверстия** посадки производятся между отверстием с основным отклонением H ($H6$; $H7$; $H8$ и т.д.) и валами с различными основными отклонениями от a до z ($f7$; $m6$; $n5$; $p6$; $u7$ и другие).

В **системе вала** посадки осуществляются между валом с основным отклонением h ($h6$; $h7$; $h8$ и т.д.) и отверстиями с различными основными отклонениями от A до Z ($F8$; $M7$; $N6$; $P6$; $U5$ и другие).

Из двух систем предпочтительной является CH , поскольку стоимость обработки точного отверстия выше, чем точного вала, так как для производства разных по точности отверстий в системе Ch требуется множество мерных режущих инструментов (сверл, зенкеров, разверток, протяжек и т.д.) и средств контроля.

Система вала применяется реже, только в экономически обоснованных случаях:

- на валах, изготовленных из калиброванного холодотянутого прутка без обработки резанием посадочных поверхностей;
- в соединении длинного участка вала одного номинального размера с отверстиями в разных деталях с различными характеристиками посадки;
- в соединениях стандартных деталей и узлов, выполненных в системе вала (наружное кольцо подшипника, шпонка по ширине и др.).

Посадки могут быть основными и комбинированными (внесистемными).

Признаки основной посадки:

- 1) поля допусков отверстия и вала принадлежат одной системе;
- 2) экономическая точность отверстия и вала должна быть одинаковой (номера квалитетов одинаковы или квалитет отверстия на единицу больше, чем квалитет вала для посадок с натягом и переходных).

Комбинированной будет называться посадка, в которой не выполняются оба признака основной посадки или один из них. Назначаться комбинированные посадки могут в случае, если поле допуска одной из сопрягаемых деталей определяется соединением с третьей, чаще всего стандартной деталью или узлом. Например, в соединении гладкого вала с распорной втулкой, поле допуска вала ($k6$) зависит от характера его соединения с подшипником ($L0/k6$). Тогда для образо-

вания зазора, обеспечивающего легкость сборки в соединении вал – распорная втулка, на отверстие во втулке требуется назначить, например, поле допуска $F8$. Таким образом, получится посадка $F8/k6$ – внесистемная (основное отклонение отверстия $-F$ из системы вала, основное отклонение вала $-k$ из системы отверстия) и комбинированная по квалитетам $IT8$ для отверстия, $IT6$ – для вала.

2.3.3. Отклонения размеров с неуказанными допусками, имеющие общие допуски.

Предельные отклонения, не указанные непосредственно после номинальных размеров на чертеже, а оговоренные общей записью в технических требованиях чертежа, называются неуказанными предельными отклонениями.

Такие отклонения используются для размеров низкой точности, то есть размеров несопрягаемых поверхностей в неотчетственных соединениях, нормирование которых определяется межгосударственным стандартом ГОСТ 30893.1-2002 «ОНВ. Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками».

Общий допуск размера определяется предельными отклонениями линейных или угловых размеров, указанными на чертеже общей записью, то есть когда предельные отклонения (допуски) не указаны индивидуально у соответствующих номинальных размеров.

Неуказанные предельные отклонения допускается назначать односторонними «в тело» материала: для валов от нуля в минус $-t, (h)$; для отверстий – от нуля в плюс $+t, (H)$.

Для длин, глубин, межосевых расстояний, радиусов общие допуски – симметричные $\pm t/2, (\pm IT/2)$.

Классификация конструктивных элементов деталей по трем группам показана на рисунке 2.7.

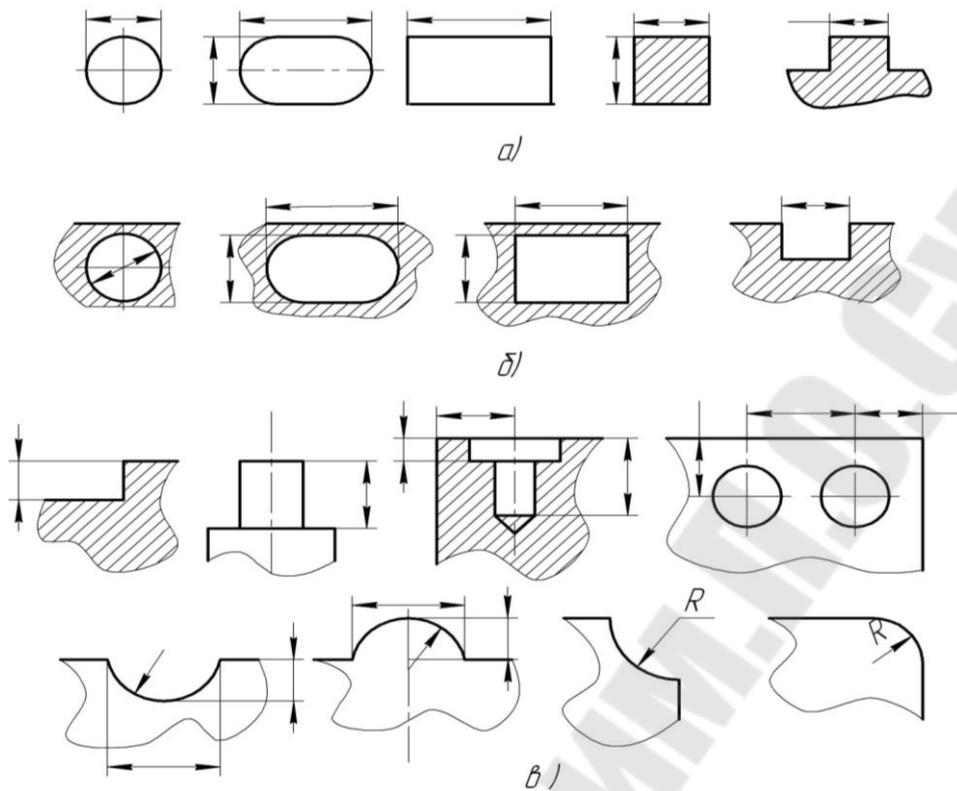


Рис.2.7. Классификация конструктивных элементов деталей:
a – валы; *б* – отверстия; *в* – элементы деталей, не относящиеся к отверстиям и валам

Общие допуски применяются:

- для линейных размеров (наружных, внутренних, межосевых расстояний,
- уступов, наружных радиусов закруглений, размеров фасок);
- угловых размеров, включая прямые углы 90^0 ;
- линейных и угловых размеров, получаемых при обработке деталей в сборе.

Общие допуски не применяются для:

- для справочных размеров;
- номинальных (теоретически точных) размеров, заключенных в прямоугольные рамки.

Общие допуски установлены по четырем классам точности: точный (*f*), средний (*m*), грубый (*c*), очень грубый (*v*). При выборе класса точности следует учитывать обычную (экономическую) точность соответствующего производства и функциональные требования к детали.

В машиностроении получил широкое применение средний класс (*m* или 14 квалитет); в приборостроении и авиации – точный (*f* или 12

квалитет), для крупногабаритных изделий – грубый (с или 16 квалитет), а также очень грубый (v или 17 квалитет).

Ссылка на общие допуски должна содержать номер настоящего стандарта и буквенное обозначение класса точности по данному стандарту.

Варианты задания общих допусков по среднему классу точности:

Основные варианты:

1. Общие допуски по ГОСТ 30893.1-*m*;
2. ГОСТ 30893.1-*m*.

Дополнительные варианты:

3. Общие допуски по ГОСТ 30893.1: $H14; h14; \pm t_2/2$;
4. Общие допуски по ГОСТ 30893.1: $H14; h14; \pm IT14/2$;
5. Общие допуски по ГОСТ 30893.1: $+ t_2; - t_2; \pm t_2/2$.

Предпочтение следует отдавать основным вариантам 1 и 2.

Преимущества применения общих допусков:

- легче читаются чертежи;
- сокращается время работы конструктора;
- облегчается управление качеством, так как размеры с общими допусками контролируются только выборочно.

2.3.4. Назначение посадок с зазором, переходных и натягом для гладких цилиндрических соединений

Посадки с зазором могут быть образованы сопряжением отверстий и валов как одного, так и разных квалитетов. Кроме основных посадок с зазором подбором различных сочетаний полей допусков отверстий и валов можно образовать большое число комбинированных посадок с зазором.

Посадки с зазором применяются в механизмах, сопряженные детали которых имеют относительное перемещение. Условия работы подвижных соединений чрезвычайно разнообразны, они определяются характером взаимного перемещения сопрягаемых деталей, величиной и направлением действующей нагрузки, способом подачи смазки, температурным режимом и т.д.

Переходные посадки применяются в неподвижных разъемных соединениях деталей, когда требуется обеспечить центрирование и возможность сборки и разборки соединения в процессе эксплуатации и ремонта. Неподвижность деталей в соединении обеспечивается до-

полнительными средствами крепления: шпонками, штифтами, стопорными винтами и кольцами и другими крепежными деталями. Сочетание высокой точности центрирования с относительной легкостью сборки и разборки соединения возможно лишь при небольших зазорах и натягах.

Поэтому рекомендуемые переходные посадки предусмотрены только в 4-8 квалитетах.

Посадки с натягом предназначены для неподвижных неразъемных или редко разбираемых соединений. Неподвижность соединений при этих посадках достигается, как правило, лишь за счет сил трения, возникающих на сопрягаемых поверхностях деталей вследствие их деформации при сборке. В ряде случаев при передаче очень больших нагрузок в соединениях с натягом дополнительно могут использоваться крепежные детали: винты, штифты, шпонки и т.п.

3. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ

Отклонения формы и расположения поверхностей деталей машин и механизмов снижают точность взаимного расположения составных частей, точность их относительного перемещения при работе, повышают износ из-за нарушения целостности смазочного слоя и местного возрастания контактных напряжений, отрицательно влияют на прочность соединений с натягом. Поэтому все отклонения формы и расположения поверхностей ограничиваются допусками. Нормирована также и шероховатость поверхности. Отклонения формы и расположения поверхностей принято обозначать буквой Δ , а допуск формы и расположения поверхностей – T . Участок поверхности или линии, к которому относится допуск или отклонения формы или расположения поверхностей называют нормированным участком. Нормированный участок обозначают буквой L .

3.1. Виды нормируемых отклонений формы поверхностей и знаки, используемые при указании на чертеже допускаемых отклонений.

Под отклонением формы поверхности (или профиля) понимают отклонение формы реальной поверхности (реального профиля) от формы номинальной поверхности (номинального профиля). Реальная

поверхность – поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды. Реальный профиль – профиль, получаемый при сечении реальной поверхности плоскостью. Номинальная поверхность – идеальная поверхность, номинальная форма которой задана чертежом или другой технической документацией. Номинальный профиль – это профиль сечения номинальной поверхности плоскостью. Шероховатость поверхности не включается в отклонение формы, а волнистость включается и нормируется дополнительно, если допуск волнистости меньше допуска формы. Отсчет отклонений формы поверхности осуществляется от прилегающей поверхности, имеющей форму номинальной поверхности, соприкасающейся с реальной поверхностью и расположенной вне материала детали так, что отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение. Аналогично оценивается отклонение формы профиля.

Для нормирования отклонения формы устанавливаются как дифференцированные (поэлементные), так и комплексные (суммарные) показатели. Параметром для количественной оценки отклонения формы по ГОСТ 24642 является наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности до прилегающей поверхности по нормам и последней в пределах нормируемого участка L .

Допуском формы называется наибольшее допускаемое значение отклонения формы.

Требования, определяемые допуском формы, геометрически могут быть представлены в виде поля допуска.

Поле допуска формы – это область в пространстве или на плоскости, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности или реального профиля в пределах нормируемого участка.

3.1.1. Отклонения формы плоских поверхностей

Точность изготовления плоских поверхностей определяется комплексными показателями – отклонением от прямолинейности в плоскости (сечении) и отклонением от плоскостности. Отклонение от прямолинейности в плоскости – наибольшее расстояние Δ от точек реального профиля до прилегающей прямой (рис.3.1). Примеры обозначения допуска на отклонение от прямолинейности приведены на рисунке 3.2.

Отклонение от плоскостности – наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости (рис.3.3).

Примеры обозначения допуска на отклонение от плоскостности приведены на рисунке 3.4.

Частными видами отклонения от прямолинейности в плоскости и отклонения от плоскостности являются выпуклость и вогнутость.

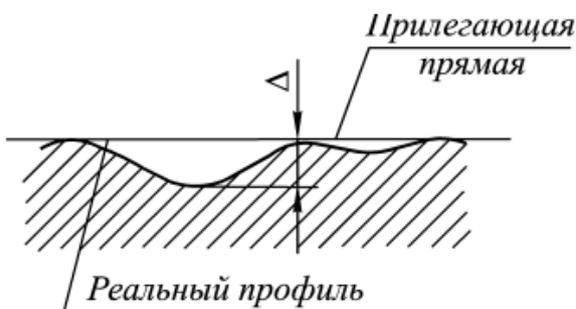
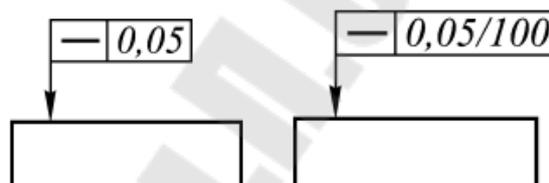


Рис.3.1. Отклонение от прямолинейности в плоскости



а б

Рис.3.2. Обозначение допуска на отклонение от прямолинейности: а – на всей длине; б – на 100 мм

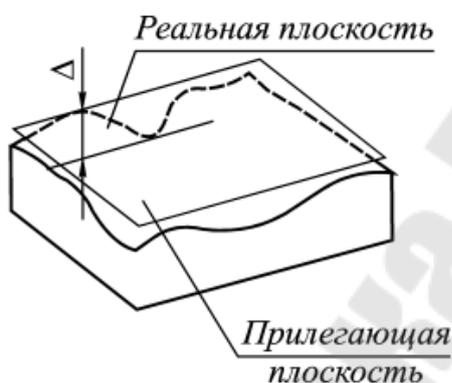
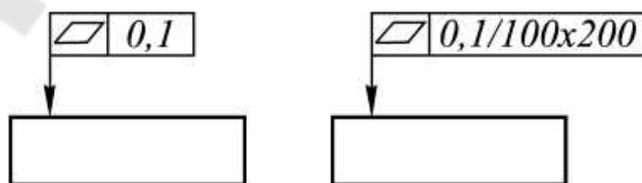


Рис.3.3. Отклонение от плоскостности



а б

Рис.3.4. Обозначение допуска на отклонение от плоскостности: а – на всей длине; б – на 100x200 мм

3.1.2. Отклонения формы цилиндрических поверхностей

Точность формы цилиндрических поверхностей определяется отклонением контура в поперечном сечении и отклонением образующей цилиндра в продольном сечении.

Комплексным показателем отклонения формы в поперечном сечении является отклонение от круглости, определяемое как наибольшее расстояние Δ от точек реального профиля до прилегающей окружности (рис.3.5). Частными видами отклонения от круглости являются овальность (рис. 3.5,б) и огранка (рис. 3.5,в). На рисунке 3.6 представлено обозначение допуска на отклонение от круглости.

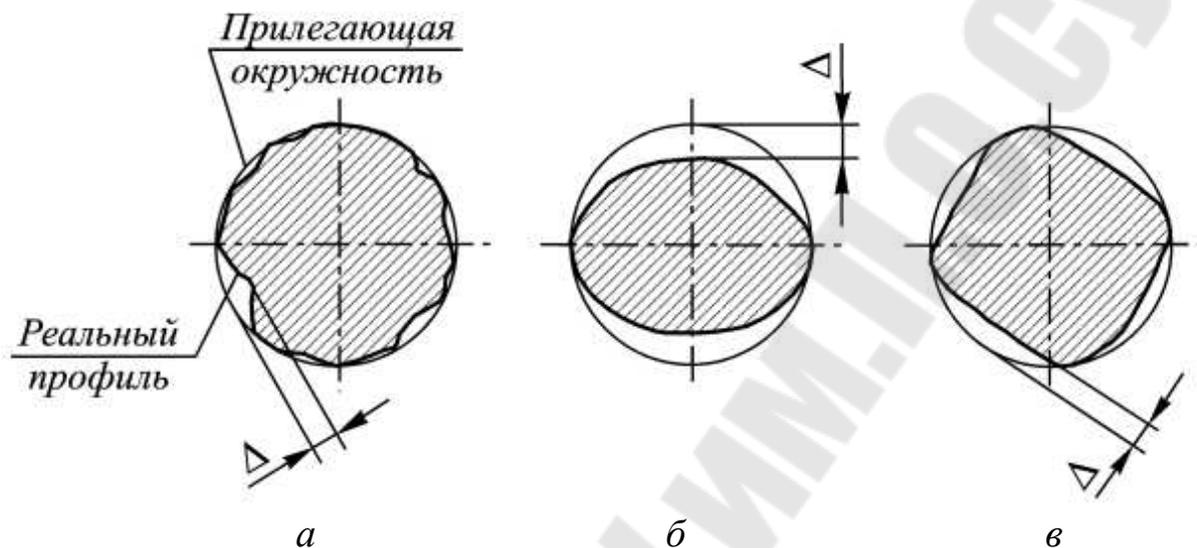


Рис. 3.5. Отклонение от круглости и ее частые виды:
a – общий случай; частные виды: *б* – овальность; *в* – огранка

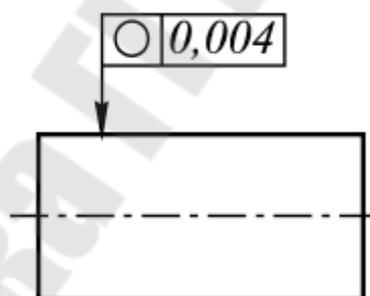


Рис.3.6. Обозначение допуска на отклонение от круглости

Комплексным показателем отклонения формы в продольном сечении является отклонение профиля продольного сечения, определяемое как наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности, лежащих в плоскости продольного сечения, до соответствующей стороны прилегающего профиля (рис.3.7).

Частными видами отклонения профиля продольного сечения являются конусообразность (рис. 3.7, б), бочкообразность (рис. 3.7,в) и седлообразность (рис. 3.7,г). На рисунке 3.8 показано обозначение допуска на отклонение профиля продольного сечения.

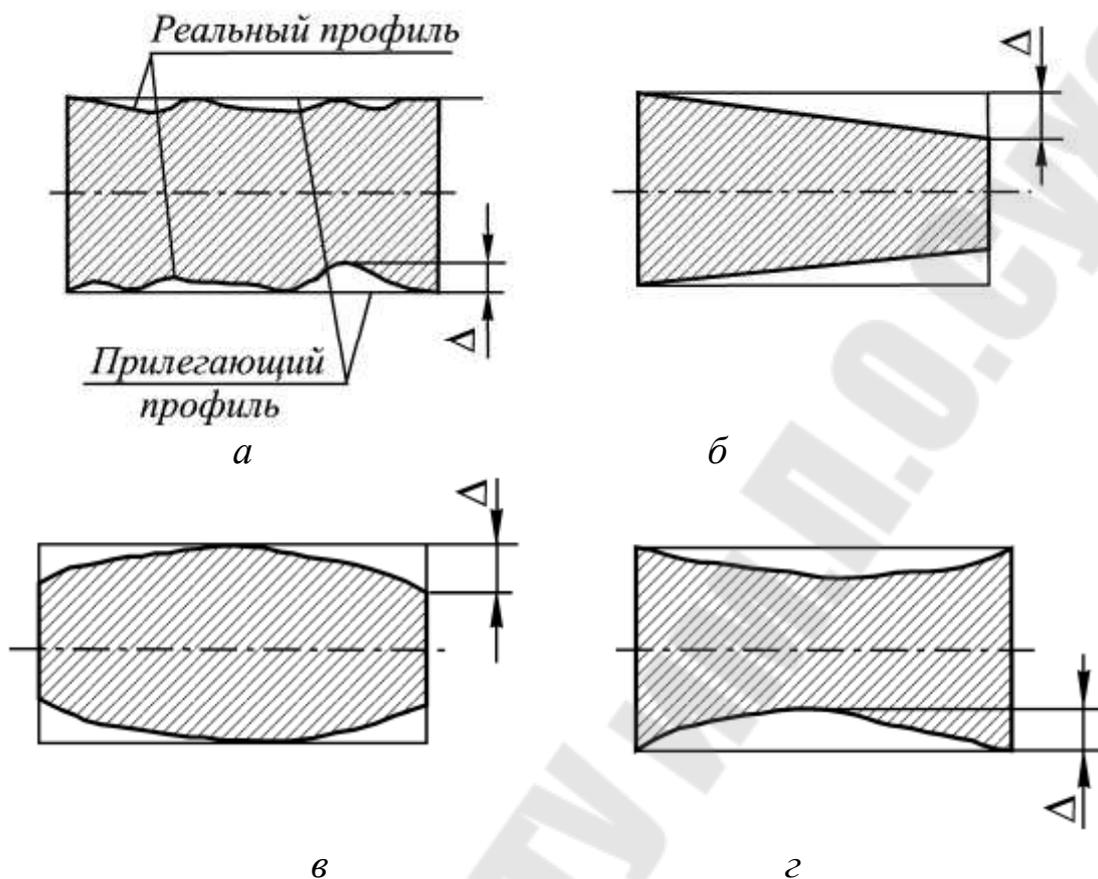


Рис. 3.7. Отклонение профиля продольного сечения и его частные виды: *a* – общий случай; частные виды: *б* – конусообразность; *в* – бочкообразность; *г* – седлообразность

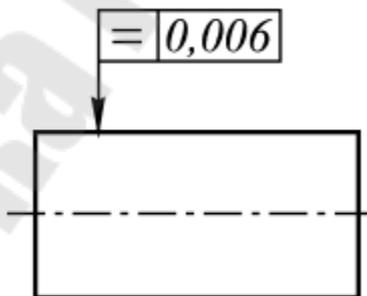


Рис. 3.8. Обозначение допуска на отклонение профиля продольного сечения

Наиболее полно отклонения формы цилиндрической поверхности от прямого круглого цилиндра определяются комплексным показателем – отклонением от цилиндричности, включающим все виды отклонений в поперечном и продольном сечениях и определяющимся как наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности до при-

легающего цилиндра (рис.3.9). На рисунке 3.10 показано обозначение допуска на отклонение от цилиндричности.

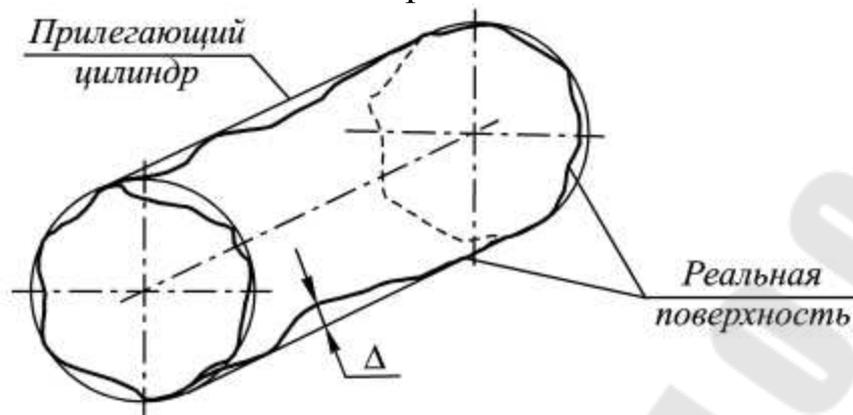


Рис. 3.9. Отклонение от цилиндричности

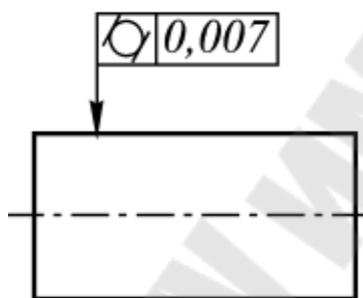


Рис.3.10. Допуск на отклонение от цилиндричности

3.1.3. Определение числовых значений допусков формы поверхности

Для каждого вида допуска установлено 16 степеней точности в порядке возрастания величины допуска по ГОСТ 24643. Для плоских деталей длина поверхности детали принята за номинальный размер, так как допуск формы зависит от длины поверхности детали.

При установлении соотношения между допуском размера и допуском формы для цилиндрических деталей принят диаметр рассматриваемой поверхности, а для плоских деталей – допуск на толщину детали, так как наибольшая погрешность равна этому допуску (100 %).

Для цилиндрических деталей допуск формы задан в радиусном выражении, поэтому наибольшая погрешность формы принята равной 50 % от допуска на диаметр.

Числовые значения допусков формы поверхности могут быть определены расчетным методом и методом подобия.

Расчетный метод основан на соотношении допусков размеров с допусками формы и шероховатостью поверхности.

Для деталей жесткой конструкции ($L \leq 2d$) по соотношению допусков размера (T) и формы (T_f) установлены три уровня относительной геометрической точности:

A – нормальный, используемый для поверхностей без особых требований к точности формы при низкой скорости вращения или перемещения; нормальная относительная геометрическая точность применяется наиболее часто в машиностроении;

B – повышенный, используемый для поверхностей, работающих при средних нагрузках и скоростях до 1500 об/мин, при оговоренных требованиях к плавности хода и герметичности уплотнений. Примеры применения: коренные шейки коленчатого вала и шейки распределительного вала, в подшипниках автомобильных двигателей; поверхности, образующие соединения с натягом или по переходным посадкам при воздействии больших скоростей и нагрузок, при наличии ударов и вибраций;

C – высокий, рекомендуемый для поверхностей в подвижных соединениях при высоких нагрузках и скоростях свыше 1500 об/мин, при высоких требованиях к плавности хода, герметичности уплотнения и при необходимости трения малой величины. Примеры применения: приводной вал в подшипниках круглошлифовальных станков, впускные клапаны в направляющих автомобильного двигателя; поверхности в соединениях с натягом и при переходных посадках при высоких требованиях к точности центрирования, прочности соединения в условиях воздействия больших нагрузок, ударов и вибраций.

Допуски формы и расположения по особо высокой геометрической точности могут назначаться для рабочих поверхностей измерительных инструментов и приборов (например, поверхности наконечников микрометров, плоскости концевых мер длины; поверхностей деталей, сортируемых на размерные группы, в этом случае суммарный допуск формы и расположения поверхностей может быть равен или меньше допуска размерной группы).

3.2. Отклонения и допуски расположения поверхностей деталей. Обозначение допусков расположения на чертежах

Отклонением расположения называется отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от номинального его расположения.

Под номинальным понимается расположение, определяемое номинальными линейными и угловыми размерами между рассматриваемым элементом и базами.

Допуском расположения называется предел, ограничивающий допустимое значение отклонения расположения поверхностей.

Полем допуска расположения называется область в пространстве или на заданной плоскости, внутри которой должны находиться прилегающая поверхность нормируемого элемента или ось, центр, плоскость симметрии нормируемого элемента.

Для оценки точности расположения поверхностей назначают базы. Базой может быть поверхность, её образующая или точка. Если базой является поверхность вращения или резьба, то в качестве базы рассматривают их ось.

Базы подразделяются на конструкторские, определяющие расположение детали в сборочной единице или механизме, технологические, определяющие расположение заготовки на станке в процессе обработки, и измерительные, определяющие расположение детали при измерении. Для повышения точности изготовления деталей необходимо стремиться к принципу совмещения баз.

Отклонение от параллельности – разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний между плоскостями (рис. 3.11,*а*), между плоскостью и осью (рис. 3.11,*б*) или между осями в одной плоскости (рис. 3.11,*в*).

Пример обозначения допуска на отклонение от параллельности приведен на рисунке 3.12.

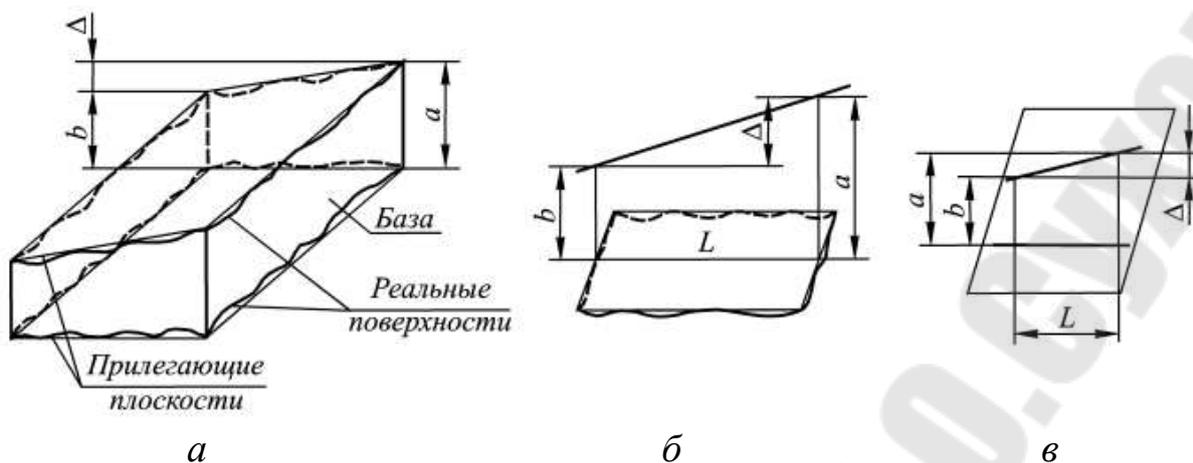


Рис. 3.11. Отклонение от параллельности: *a* – между плоскостями, *б* – между плоскостью и осью, *в* – между осями в одной плоскости

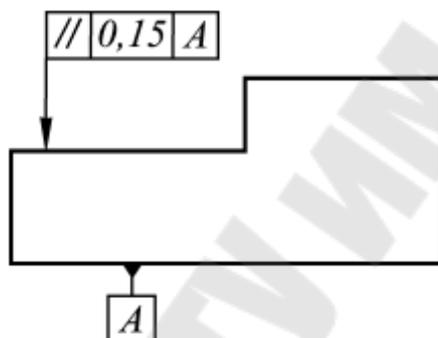


Рис. 3.12. Допуск на отклонение от параллельности

Отклонение от перпендикулярности плоскостей – отклонение угла между плоскостями от прямого угла, выраженное в линейных величинах Δ на длине нормируемого участка L (рис.3.13) .

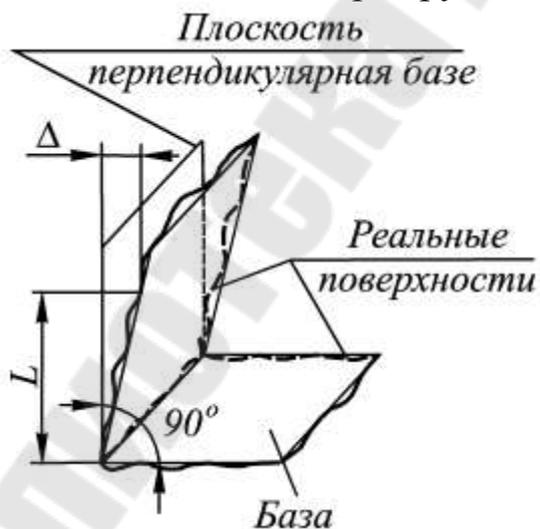


Рис. 3.13. Отклонение от перпендикулярности

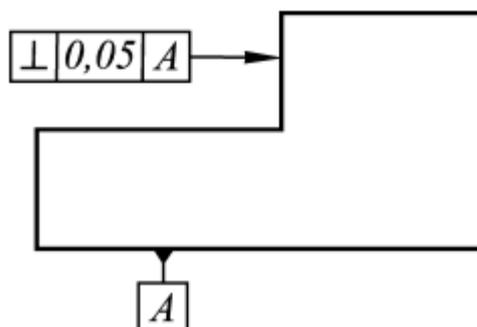


Рис. 3.14. Допуск на отклонение от перпендикулярности

На рисунке 3.14 представлено обозначение допуска на отклонение от перпендикулярности.

Отклонение от симметричности – наибольшее расстояние Δ между базовой плоскостью симметрии и плоскостью симметрии рассматриваемого элемента (рис.3.15). Пример обозначения допуска на отклонение от симметричности приведен на рисунке 3.16.

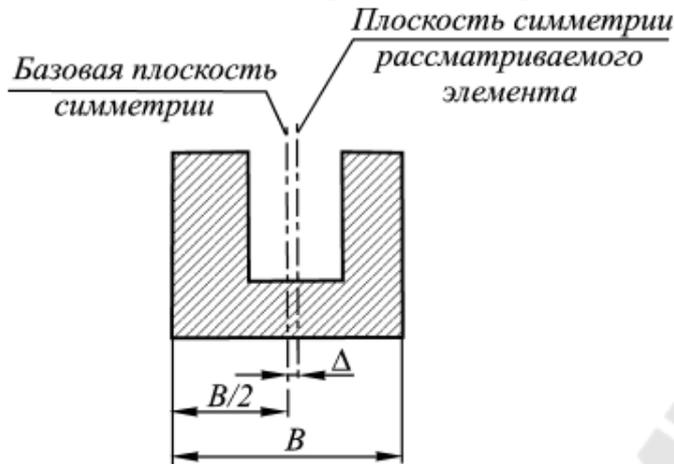


Рис. 3.15. Отклонение от симметричности

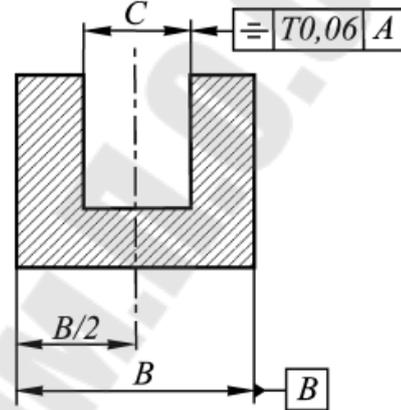


Рис. 3.16. Допуск на отклонение от симметричности

Отклонение от соосности – наибольшее расстояние Δ между осью рассматриваемой поверхности вращения и осью базовой поверхности вращения или между общей осью и осями двух или нескольких поверхностей вращения (рис.3.17).

На рисунке 3.18 представлено обозначение допуска на отклонение от соосности.

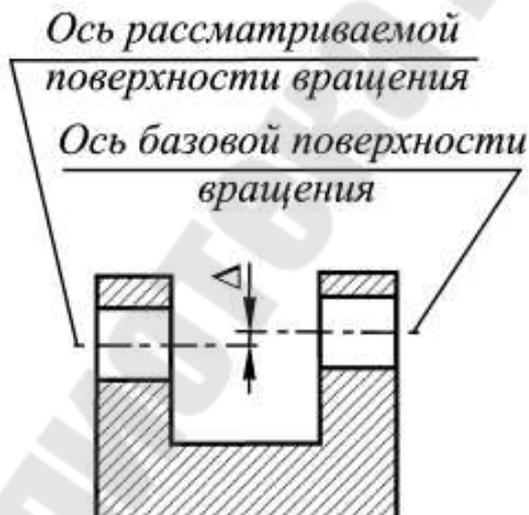


Рис.3.17. Отклонение от соосности

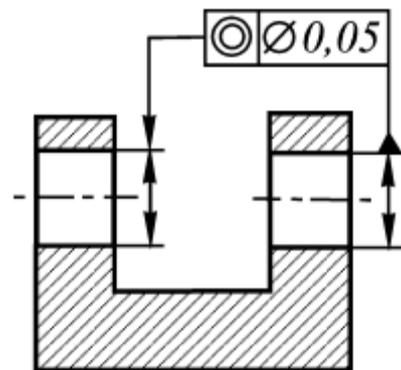


Рис.3.18. Допуск на отклонение от соосности

Отклонение от пересечения осей – наименьшее расстояние Δ между рассматриваемой и базовой осями (рис.3.19). Пример обозначения допуска на отклонение от пересечения осей приведен на рисунке 3.20.

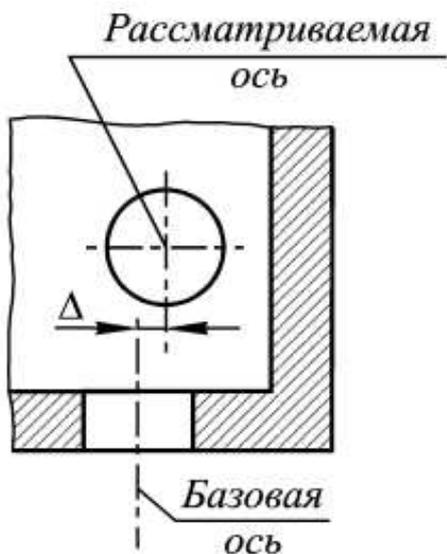


Рис.3.19. Отклонение от пересечения осей

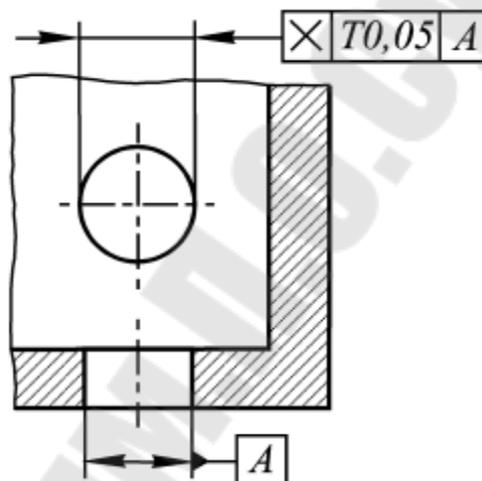


Рис.3.20. Допуск на отклонение от пересечения осей

Позиционное отклонение – наибольшее отклонение Δ реального расположения элемента (его центра оси или плоскости симметрии) от его номинального расположения в пределах нормируемого участка (рис.3.21). На рисунке 3.22 представлено обозначение допуска на позиционное отклонение

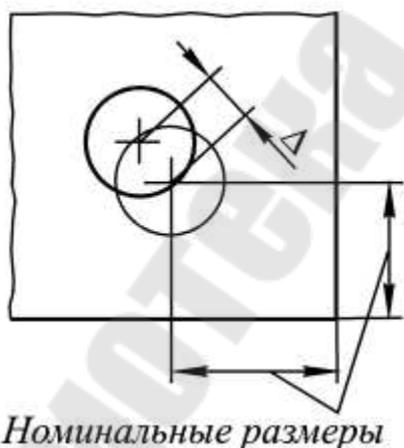


Рис.3.21. Позиционное отклонение

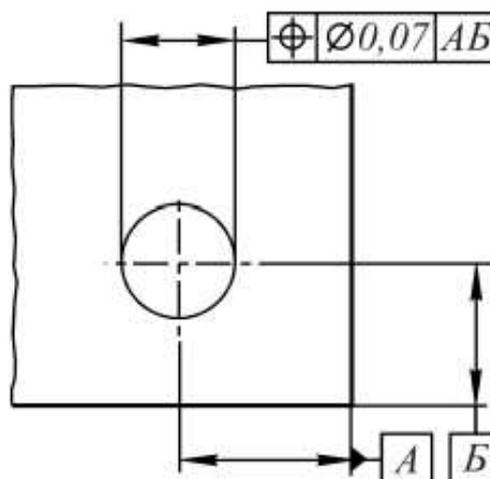


Рис.3.22. Допуск на позиционное отклонение

3.3. Суммарные отклонения и допуски формы и расположения поверхностей деталей

Суммарным отклонением формы и расположения называется отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонений формы и расположения рассматриваемой поверхности или рассматриваемого профиля относительно заданных баз.

Радиальное биение – разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси (рис.3.23). Оно является результатом совместного проявления отклонения от круглости профиля рассматриваемого сечения и отклонения его центра относительно базовой оси и не включает в себя отклонений формы и расположения образующей поверхности вращения. Радиальное биение выявляется при повороте изделия вокруг базовой оси на 360° .

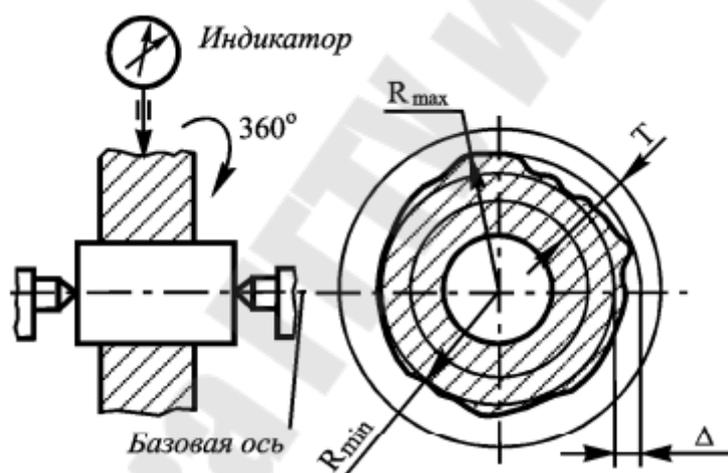


Рис.3.23. Радиальное биение

Торцовое биение – разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси (рис.3.24). Профиль расположен в сечении торцевой поверхности цилиндром заданного диаметра d , соосным с базовой осью, а если диаметр не задан, то в сечении наибольшего диаметра. Это биение при плоской форме торца является результатом совместного проявления отклонения от общей плоскости точек, лежащих на линии пересечения торцевой поверхности с секущим цилиндром, и отклонения от перпендикулярности торца относительно базовой оси на длине, равной диаметру рассматриваемого сечения. Торцовое биение не включает в себя всего отклонения от пло-

скостности рассматриваемой поверхности. Данное биение выявляется при повороте изделия на 360° .

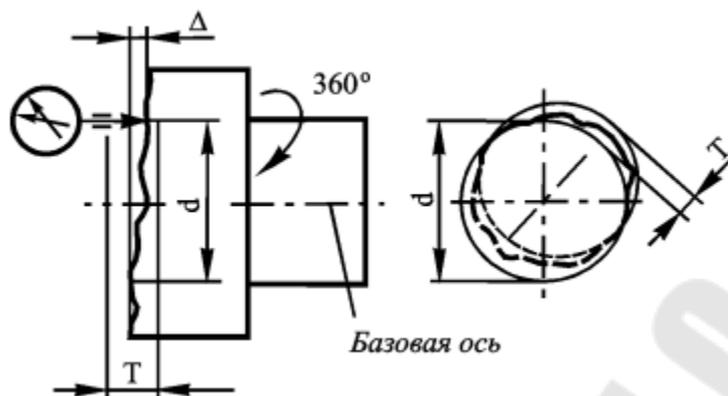


Рис.3.24. Торцовое биение

Примеры обозначения допусков радиального и торцового биений на чертежах показаны на рисунке 3.25.

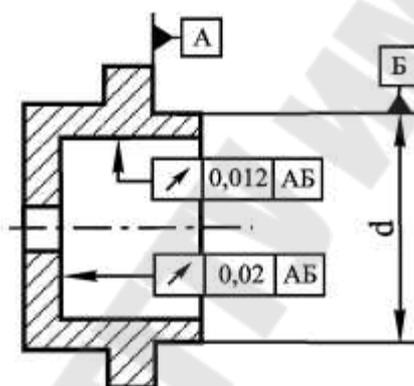


Рис.3.25. Примеры обозначения радиального и торцового биений

Полное радиальное биение – разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка до базовой оси. Это биение является результатом совместного проявления отклонения от цилиндричности рассматриваемой поверхности и отклонения от ее соосности относительно базовой оси.

Полное торцовое биение – разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси. Это биение является результатом совместного проявления отклонения от плоскостности рассматриваемой поверхности и отклонения от перпендикулярности относительно базовой оси.

На рисунке 3.26 представлены примеры обозначения полного радиального и полного торцового биений на чертежах

Биение в заданном направлении – разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения в сечении рассматриваемой поверхности конусом, ось которого совпадает с базовой осью, а образующая имеет заданное направление, до вершины этого конуса (рис.3.27).

Биение в заданном направлении является результатом совместного проявления в заданном направлении отклонений формы профиля рассматриваемого сечения и отклонений расположения оси рассматриваемой поверхности относительно базовой оси. Направление рекомендуется задавать по нормали к рассматриваемой поверхности.

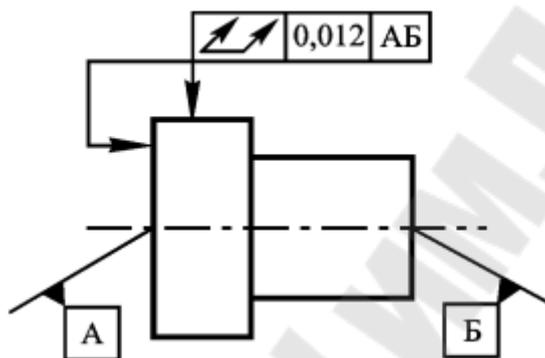


Рис.3.26. Примеры обозначения полного радиального и полного торцевого биений

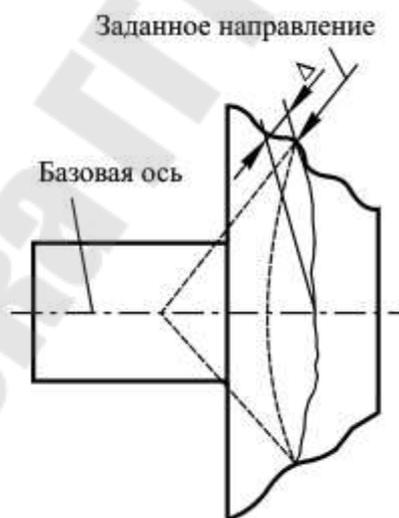


Рис.3.27. Биение в заданном направлении

3.4. Независимые и зависимые допуски отклонений расположения и формы элементов деталей

Стандартами установлены два вида допусков расположения: зависимые и независимые.

Зависимый допуск имеет переменное значение и зависит от действительных размеров базового и рассматриваемого элементов. Зависимый допуск более технологичный.

Зависимыми могут быть следующие допуски расположения поверхностей: позиционные допуски, допуски соосности, симметричности, перпендикулярности, пересечение осей.

Зависимыми могут быть допуски формы: допуск прямолинейности оси и допуск плоскостности для плоскости симметрии.

Зависимые допуски устанавливаются для деталей, сопрягаемых одновременно по двум или более поверхностям, для которых взаимозаменяемость сводится к обеспечению собираемости по всем сопрягаемым поверхностям (соединение фланцев с помощью болтов).

Зависимые допуски должны быть обозначены символом \textcircled{M} или оговорены текстом в технических требованиях.

Символ \textcircled{M} помещают:

- после числового значения допуска, если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого элемента (рис. 3.28, а);

- после буквенного обозначения базы (рис. 3.28, б) и без буквенного обозначения базы (рис. 3.28, в, в третьем поле рамки), если зависимый допуск связан с действительными размерами базового элемента;

- после числового значения допуска и буквенного обозначения базы (рис. 3.28, г) или без буквенного обозначения базы (рис. 3.28, д), если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элемента.

Независимый допуск имеет постоянное числовое значение для всех деталей и не зависит от их действительных размеров.

Допуск параллельности и наклона может быть только независимый.

Независимые допуски используются для ответственных соединений, когда их величина определяется функциональным назначением детали.

Независимые допуски также используются в мелкосерийном и единичном производстве, а их контроль производится универсальными измерительными средствами.

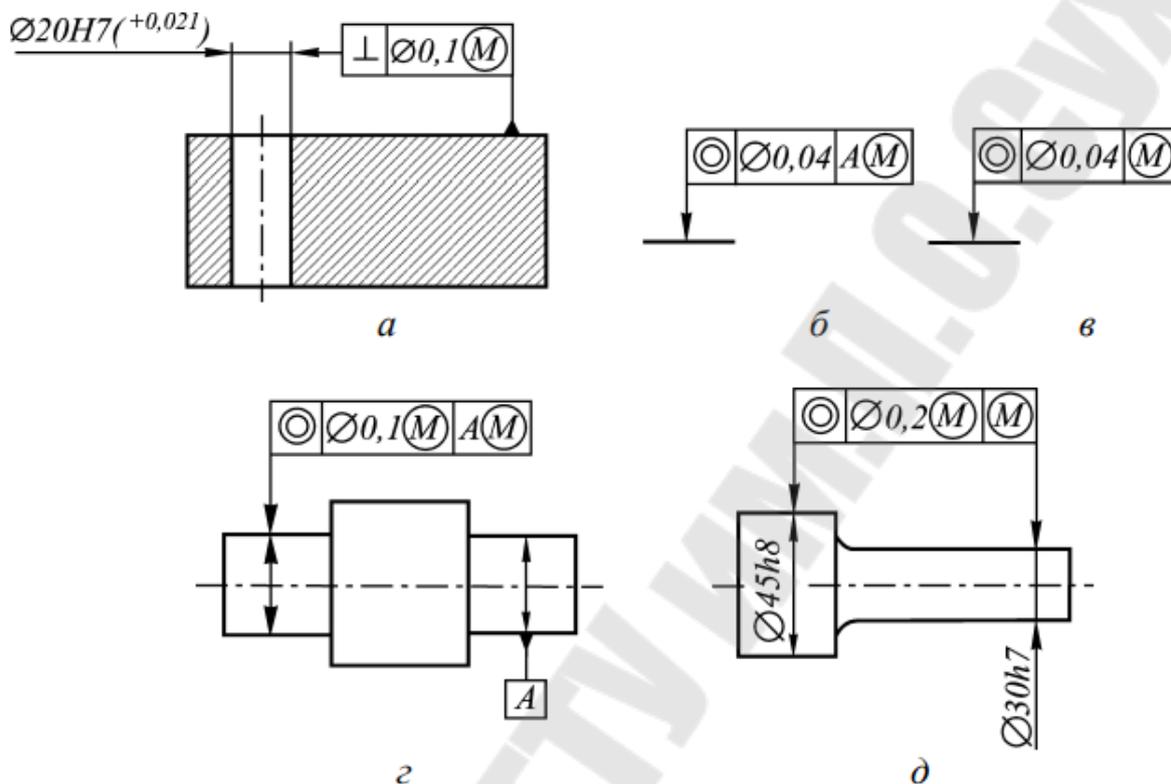


Рис.3.28. Обозначение на чертежах зависимых допусков формы и расположения поверхностей

3.5. Выбор вида допуска, базы и определение числовых значений допусков расположения

Выбор вида допуска расположения зависит от конструктивных особенностей детали (ее геометрической формы) и от функционального назначения. Указанные на чертеже допуски расположения подлежат обязательному контролю, поэтому для неответственных поверхностей допуск расположения может быть отнесен к разряду общих (неуказанных) допусков.

У корпусных деталей (станина, плита, корпус и т. д.) необходимо обратить внимание на расположение плоских поверхностей и отверстий.

Для плоских поверхностей с номинальным углом между ними 90° задается допуск перпендикулярности, если номинальный угол 180° , то

- допуск параллельности, при других значениях угла - допуск наклона. Допуск симметричности используется для поверхностей, имеющих симметричное расположение элементов (отверстий, плоскостей, пазов и т. д.) относительно общей оси.

Для отверстий под крепеж задается допуск позиционный или предельные отклонения межосевых расстояний. Позиционное отклонение - это комплексное указание положения элементов детали (смещение центра отверстия в различных направлениях).

Для отверстий в разных плоскостях задается допуск параллельности или пересечения осей. Для отверстий на общей оси (смежное или разнесенное расположение) задается допуск соосности.

Для деталей типа тела вращения (валы, втулки, зубчатые колеса, диски, гильзы, цилиндры и т. д.) назначаются следующие виды допусков: допуск соосности поверхностей вращения, который учитывает параллельное и угловое смещение осей рассматриваемых поверхностей; допуск радиального биения, который может быть задан в виде полного радиального биения или в виде радиального биения в заданном направлении.

Допуски соосности могут быть вписанными (для втулок, цилиндров), смежными (для ступенчатых валов и отверстий) и разнесенными (шейки вала под подшипники, отверстия в разных стенках корпуса).

Для деталей, не имеющих вращательного движения (корпуса, стойки и т. д.), целесообразно задавать допуск соосности, что обеспечивается технологией изготовления (одновременная обработка наружных и внутренних поверхностей, расточка смежных или разнесенных отверстий резцами, расположенными на общей борштанге). Для деталей, имеющих вращательное движение (валы, гильзы, зубчатые колеса и т.д.) целесообразно задавать суммарные допуски радиального или торцового биения, которые наиболее полно характеризуют эксплуатационные свойства деталей. Допуск радиального биения будет влиять на величину зазора в соединении.

Выбор базовой поверхности (базы) определяется назначением детали и ее геометрической формой. Различают следующие виды баз: эксплуатационные (определяющие положение детали в машине, механизме); конструкторские (заданные на чертеже); технологические (используемые для установки деталей в процессе обработки); измерительные (используемые для установки детали в операциях контроля, измерения). С целью уменьшения погрешности установки (базирования) целесообразно соблюдать принцип единства баз, т.е. эксплуата-

ционную базу принимать как конструкторскую, технологическую и измерительную. Например, отверстие в зубчатом колесе является эксплуатационной базой, его необходимо принять за конструкторскую, технологическую и измерительную базы. В корпусных деталях используется комплект баз: установочная (лишает деталь 3-х степеней свободы), направляющая (2-х степеней), опорная (1-й степени).

При выборе реальной поверхности в качестве базовой необходимо учитывать следующее:

- поверхность должна быть достаточной протяженности, позволяющей разнести точки установочной базы для удобства установки на нее;

- точность обработки должна быть выше (или равна) точности обработки контролируемой поверхности (более точный качество, меньше шероховатость поверхности, оговорены требования к допуску формы поверхности).

При задании допусков наклона, параллельности, перпендикулярности за базу целесообразно принимать поверхность основания корпусной детали.

При выборе конструкторской базы для допусков симметричности и радиального биения могут быть следующие варианты в зависимости от эксплуатационной базы:

- для вписанного или смежного расположения поверхностей за базу принимается поверхность (или ее ось), по которой выполняется более точное центрирование (посадка с натягом, переходная посадка или с наименьшим зазором);

- общая ось двух или более поверхностей при разнесенном их расположении, когда обе они определяют центрирование детали (отверстия в стенках корпуса и шейки вала под подшипники);

- общая ось центровых отверстий, когда они служат эксплуатационной базой (оправки для установки втулки при обработке и контроле).

Центровые отверстия обычно являются технологической базой, а не эксплуатационной. Однако они могут использоваться, как измерительные базы, тогда их целесообразно принять за конструкторские базы, хотя и нарушается принцип единства баз. Базирование валов в центрах упрощает конструкции станочных и контрольных приспособлений. Погрешность базирования определяется точностью выполнения и расположения центровых бабок (совпадение центров по горизонтали и вертикали).

Для допуска пересечения осей за конструкторскую базу необходимо принять более точное отверстие.

Позиционные допуски могут быть с базовой поверхностью (более точная поверхность) или без нее.

Определение числового значения допусков расположения.

Для каждого вида допуска расположения установлено 16 степеней точности в порядке возрастания величины допуска по ГОСТ 24643. На чертежах задаются допуски расположения точнее 10-й степени, а степени с 10-й по 16-ю относятся к неуказанным допускам расположения (общим допускам).

В большинстве случаев числовые значения допусков расположения определяются методом подобия, т.е. выбирается степень точности в зависимости от назначения детали и рассматриваемой поверхности. Затем по номинальному размеру поверхности и степени точности определяется числовое значение. Для плоских деталей длина детали принята за номинальный размер, так как погрешности формы и расположения поверхностей зависят от длины детали.

Числовые значения допусков расположения (соосности, симметричности, позиционные допуски, допуски пересечения осей) предпочтительно задавать в диаметральном выражении со значками \varnothing или T , ранее эти допуски указывались в радиусном выражении, что учитывается соотношением 2:1. Если требуется задать допуск в радиусном выражении, то должны быть проставлены знаки R или $T/2$.

Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей производится согласно требованиям стандартов ЕСКД (ГОСТ 2.308) в прямоугольной рамке, разделенной на две или три части: в первой – графический символ; во второй – числовое значение в мм, в третьей – буквенное обозначение базы. Располагается рамка всегда горизонтально.

Текстовая запись допускается только при отсутствии символа вида допуска. Рамку соединяют линией со стрелкой с контурной линией поверхности или ее продолжением, если допуск относится к поверхности или ее профилю (допуски формы и суммарные допуски).

Соединительная линия должна быть продолжением размерной линии, если допуск относится к оси или плоскости симметрии (соосность, симметричность), стрелку размерной линии допускается совмещать со стрелкой соединительной линии.

Надпись «Ось центров» делать рядом с обозначением базовой оси.

3.6. Общие допуски формы и расположения поверхностей.

Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей должны задаваться по ГОСТ 30893.2-02 “ОНВ. Общие допуски. Допуски формы и расположение поверхностей, неуказанные индивидуально”.

Общие допуски круглости и цилиндричности равны допуску на диаметр, но не должны превышать допуски на диаметр и общего допуска на радиальное биение. Для частных видов отклонений формы (овальность, конусообразность, бочкообразность, седлообразность) общие допуски считать равными допуску на радиус, т.е. $0,5 Td (TD)$.

Общие допуски параллельности, перпендикулярности, наклона равны общему допуску плоскостности или прямолинейности. Базовая поверхность рассматривается как прилегающая, и ее погрешность формы не учитывается.

Неуказанные допуски расположения поверхностей относятся к неотчетственным поверхностям деталей машин и в чертежах специально не оговариваются, а должны обеспечиваться технологически (обработка с одной установки, от одной базы, одним инструментом и т.д.).

Неуказанные допуски расположения условно можно разделить на три группы:

- первая – показатели, отклонения которых допускаются в пределах всего поля допуска размера рассматриваемого элемента или размера между элементами;
- вторая – показатели, отклонения которых не ограничиваются полем допуска размера и не являются его составной частью (ГОСТ 30893.2-2002);
- третья – показатели этих параметров косвенно ограничиваются допусками других размеров (предельные отклонения межосевых расстояний при позиционной системе задания осей отверстий, допуск наклона и допуск угла в линейном выражении).

Выбор вида допуска определяется конструктивной формой детали.

Выбор базовой поверхности производится следующим образом:

- неуказанные допуски должны определяться от ранее выбранных баз для указанных одноименных допусков расположения или биения;

- если база ранее не выбрана, то за базовую поверхность принимается поверхность наибольшей протяженности, обеспечивающая надежную установку детали при измерении (например, для допуска соосности базой будет ступень вала большей длины, а при одинаковых длинах и квалитетах – поверхность большого диаметра).

Значения общих допусков формы и расположения (ориентации) установлены по трем классам точности, которые характеризуют различные условия обычной производственной точности, достигаемой без применения дополнительной обработки повышенной точности.

Обозначения классов для общих допусков расположения стандарт установил следующие: *H* – точный, *K* – средний, *L* – грубый. Выбор класса точности осуществляется с учетом функциональных требований к детали и возможностей производства.

Ссылки на общие допуски формы и расположения производить следующим образом: “Общие допуски формы и расположения – ГОСТ 30893.2-*K*” или

- “ГОСТ 30893.2-*K*”;
- “Общие допуски ГОСТ 30893.2-*mK*”;
- “ГОСТ 30893.2-*mK*”.

4. НОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К НЕРОВНОСТЯМ НА ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ (ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ)

4.1. Основные понятия и определения. Параметры для нормирования значений поверхностных неровностей.

Шероховатостью поверхности называется совокупность неровностей с относительно малыми шагами, выделенная на базовой длине (*L*). Шероховатость поверхностей влияет на эксплуатационные свойства деталей машин и механизмов. В подвижных посадках за счет износа поверхностей увеличивается зазор. В соединениях с натягом ослабляется прочность соединения и величина натяга за счет смятия гребешков. Шероховатость влияет на герметичность соединения, коррозионную стойкость, усталостную прочность и другие качественные показатели изделия.

Шероховатость поверхности оценивается по неровностям профиля, получаемого путем сечения реальной поверхности плоскостью в нормальном сечении.

Для определения шероховатости поверхности от других неровностей с относительно большими шагами (отклонения формы и волнистость) её рассматривают в пределах ограниченного участка, длина которого называется базовой длиной l .

Базой для отсчета отклонений профиля является средняя линия профиля (m) – линия, имеющая форму номинального профиля и приведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение измеряемого профиля до этой линии было минимальным.

Для нормирования шероховатости поверхностей по ГОСТ 2789 установлено (рис. 4.1) шесть параметров: три высотных (R_a ; R_z ; R_{max}), два шаговых (S_m ; S) и параметр относительной опорной длины профиля (t_p).

Параметры шероховатости, связанные с высотными свойствами неровностей.

Среднее арифметическое отклонение профиля (R_a) – это среднее арифметическое отклонение профиля от средней линии в пределах базовой длины.



Рис.4.1. Профилограмма к определению основных параметров шероховатости поверхности

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

где y_i – расстояние между любой точкой профиля и средней линией m , средняя линия имеет форму номинального профиля и проводится так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклоне-

ние профиля до этой линии минимально; n – количество рассматриваемых точек профиля на базовой длине L ;

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.

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

где y_{pi} , y_{vi} – высота наибольшего выступа и глубина наибольшей впадины, мкм;

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

Параметры шероховатости, связанные со свойствами неровностей в направлении длины профиля.

Средний шаг неровностей профиля (S_m) – это среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины.

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

где S_{mi} – шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии, пересекающей профиль в трех соседних точках и ограниченной двумя крайними точками.

Средний шаг местных выступов профиля (S) – это среднее значение шага местных выступов профиля в пределах базовой длины.

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

где S_i – шаг неровностей профиля по вершинам, равный длине отрезка средней линии между проекциями на неё двух наивысших точек соседних выступов профиля.

Числовые значения выше перечисленных параметров приведены в ГОСТ 2789-73.

Параметры шероховатости, связанные с формой неровностей профиля.

Опорная длина профиля (η_p) – сумма длин отрезков (b_i), отсекаемых на заданном уровне (p) в материале профиля линией, параллельной средней линии в пределах базовой длины.

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i.$$

Относительная опорная длина профиля (t_p) – это отношение опорной длины профиля к базовой длине

$$t_p = \frac{\eta_p}{l}.$$

Относительная опорная длина профиля t_p в процентах от базовой длины l выбирается из ряда: 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90.

Числовые значения уровня сечения профиля p выбирают из ряда: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 процентов от R_{\max} .

Направления неровностей обработки зависят от метода и технологии изготовления, влияют на работоспособность, износостойкость и долговечность изделия. Условные обозначения направления неровностей (табл.4.1) указывают на чертеже при необходимости.

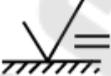
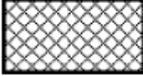
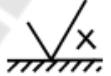
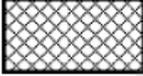
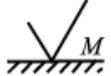
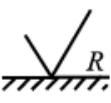
4.2. Выбор параметров шероховатости и их величины в зависимости от требований к поверхности

Выбор параметров производится с учетом эксплуатационных свойств поверхности. Предпочтительным принят параметр R_a – среднее арифметическое отклонение профиля, так как он определяет шероховатость по всем точкам профиля. Средняя высота неровностей по 10 точкам R_z используется в тех случаях, когда нельзя измерить R_a на приборах типа профилометр путем ощупывания поверхности алмазной иглой. Шаговые параметры S_m и S влияют на виброустойчивость, сопротивление в волноводах и электропроводность в электротехнических деталях. Параметр t_p необходимо учитывать при высоких требованиях к контактной жесткости и герметичности.

При нормировании параметров R_a и R_z следует применять в первую очередь предпочтительные значения. Выбор числовых значений параметров шероховатости должен производиться в соответствии с условиями работы изделия.

Таблица 4.1.

Условное обозначение направлений неровностей

Типы направления неровностей	Схематическое изображение	Обозначение направления неровностей
Параллельное		
Перпендикулярное		
Перекрещивающееся		
Произвольное		
Кругообразное		
Радиальное		

Для каждого допуска размера (T_d) и формы (T_f) можно установить минимальные требования к шероховатости:

$$\text{если } T_f = 0,6T_d \Rightarrow R_a \leq 0,05T_d;$$

$$\text{если } T_f = 0,4T_d \Rightarrow R_a \leq 0,025T_d;$$

$$\text{если } T_f = 0,25T_d \Rightarrow R_a \leq 0,012T_d.$$

4.3. Обозначение шероховатости поверхности на чертежах

На чертежах шероховатость поверхности обозначают по ГОСТ 2.309-73 для всех получаемых по данному чертежу поверхностей детали независимо от метода их образования. Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рисунке 4.2.

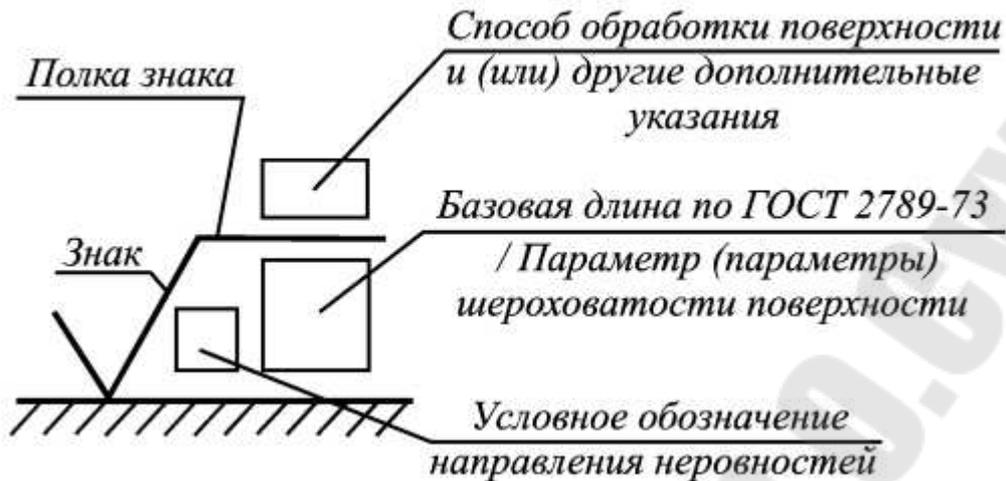


Рис.4.2. Структура обозначения шероховатости поверхности

Шероховатость поверхности, обрабатываемой по данному чертежу, обозначают одним из знаков ∇ , ∇ и ∇ . Знак ∇ применяют для поверхности, метод обработки которой не устанавливается; знак ∇ – для поверхности, обрабатываемой со снятием слоя материала; ∇ – для поверхности, обрабатываемой без снятия слоя материала. Этим же знаком без указания числового значения обозначают поверхности, не подлежащие обработке по данному чертежу, шероховатость поверхности которых обеспечивается состоянием поставки (например, изготовлением детали из сортамента). Условные обозначения направления неровностей должны соответствовать обозначениям, приведенным в таблице 4.1, их приводят на чертеже при необходимости. Базовую длину в обозначении шероховатости поверхности не указывают, если требования к шероховатости нормируют указанием параметра R_a или R_z и определение параметра производится в пределах базовой длины, соответствующей значению параметра в таблице ГОСТ 2789-73. Значение параметра шероховатости по ГОСТ 2789-73 указывают в обозначении шероховатости после соответствующего символа: $R_a 1,25$; $R_{max} 6,3$; $S_m 0,63$; $S 0,032$; $t_{50} 70$.

При указании диапазона значений параметра шероховатости поверхности в обозначении шероховатости приводят пределы значений параметра, размещая их в две строки, например:

R_a 1,00	R_z 0,080	R_{max} 0,80	t_{50} 50		
0,63	0,032	0,32	70		и т.п.

Причем, в верхней строке приводят значение параметра соответствующее более грубой шероховатости.

При указании номинального значения параметра шероховатости в обозначении приводят это значение с предельными отклонениями по ГОСТ 2789-73, например: $R_a 1,25 \pm 20 \%$; $R_z 80_{-10\%}$; $S_m 0,63^{+20\%}$; $t_{50} 70 \pm 40 \%$.

При указании двух и более параметров шероховатости поверхности в обозначении шероховатости значения параметров записывают сверху вниз в следующем порядке (рис.4.3):

- параметр высоты неровностей профиля,
- параметр шага неровностей профиля,
- относительная опорная длина профиля.

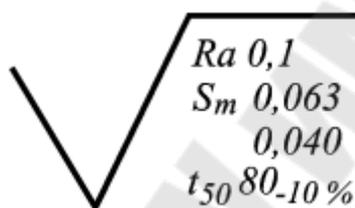


Рис.4.3. Обозначение шероховатости поверхности

Способ обработки поверхности указывают в обозначении шероховатости только в том случае, если он является единственным для данной поверхности.

5. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

5.1. Нормирование точности метрической резьбы

5.1.1. Резьбовые соединения, используемые в машиностроении.

Соединения деталей с помощью резьбы являются одними из старейших и наиболее распространенных видов разъемных соединений. Более 60% всех деталей современных машин имеют резьбы. Сюда относятся соединения с помощью болтов, винтов, шпилек, винтовых стяжек и т.д.

По эксплуатационному назначению различают резьбы общего применения и специальные. К первой группе относятся:

- крепежные (метрическая, круглая дюймовая), применяемые для разъёмного соединения деталей машин. Такие резьбы должны обладать высокой прочностью и большим трением, предохраняющим детали от самоотвинчивания.
 - кинематические (прямоугольная, трапецеидальная, упорная). Применяется для ходовых винтов, винтов суппортов станков, столов измерительных приборов. Такие размеры должны обеспечивать точное применение при минимальном трении. Упорные резьбы обеспечивают преобразование вращательного движения в поступательное (домкраты, прессы).
 - трубные – для герметичного соединения труб и арматуры.
- Общим для всех резьб требованием являются: долговечность и свинчиваемость.

5.1.2. Профиль и основные параметры метрической резьбы

Профиль и основные параметры метрической резьбы регламентируют ГОСТ 9150-81 и ГОСТ 24705-81. Номинальный профиль общий для наружной и внутренней резьб, т.е. для гайки и болта представлен на рисунке 5.1.

Основными элементами метрической резьбы являются: D и d – наружный диаметр соответственно для гайки и болта; D_2 и d_2 – средний диаметр; D_1 и d_1 – внутренний диаметр; P – шаг резьбы; $\alpha = 60^\circ$ – угол профиля; l – длина свинчивания, равная длине соприкосновения винтовых поверхностей наружной и внутренней резьбы в осевом направлении. Для метрических резьб с крупным шагом длина свинчивания составляет $0,8d$, она принята в качестве высоты стандартных гаек.

Номинальный профиль метрической резьбы представляет собой равносторонний треугольник с плоскими срезами, выполненными по наружному и внутреннему диаметрам соответственно на расстоянии $H/8$ и $H/4$ от вершин исходного треугольника.

Форма впадины резьбы болта не регламентируется и может выполняться как плоскосрезанной, так и закругленной с номинальным радиусом закругления $R = H/6$, что более предпочтительно, поскольку способствует повышению циклической прочности болта.

Метрические резьбы с диаметрами от 0,25 до 600 мм согласно ГОСТ 8724-81 подразделяются на резьбы с крупными и мелкими шагами.

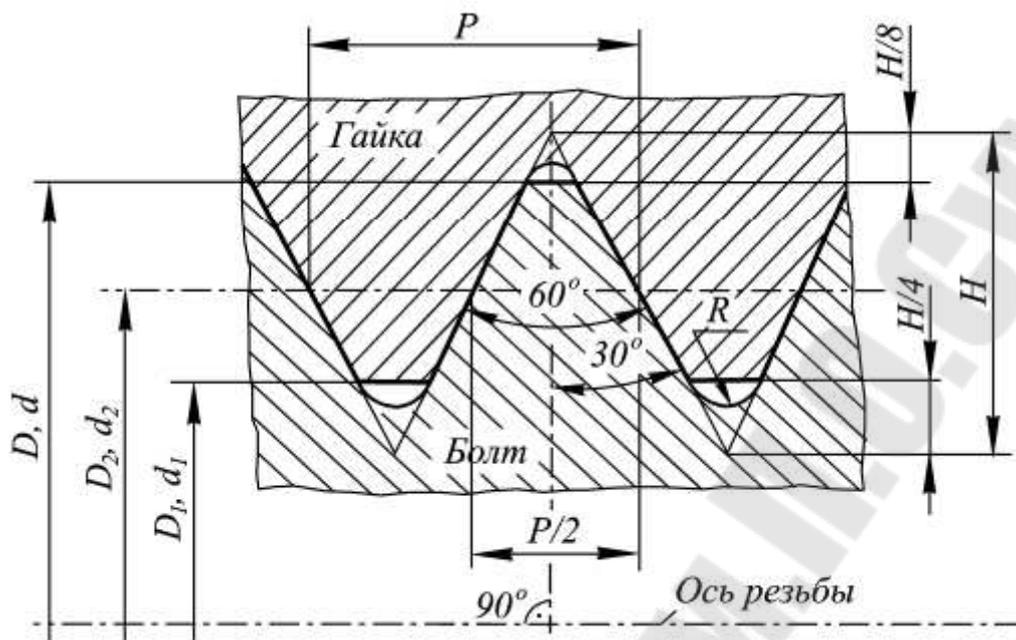


Рис.5.1. Профиль и основные элементы метрической резьбы

У резьб с крупными шагами каждому наружному диаметру соответствует определенный шаг в соответствии с зависимостью $D = d = 6P^{1,3}$. Например, для резьбы с крупным шагом М24 – $P = 3$ мм. У резьб с мелкими шагами одному и тому же наружному диаметру могут соответствовать различные шаги, например: резьбы М18х1; М18х1,5; М18х2. Такие резьбы применяют при соединении тонкостенных деталей, малой длине свинчивания и повышенных требованиях к прочности соединений, особенно при переменных нагрузках.

5.1.3. Общие принципы нормирования точности цилиндрических резьб

Реальные резьбовые поверхности имеют отклонения профиля и размеров по сравнению с теоретическими (идеальными). Нормирование точности любых цилиндрических резьб с прямолинейными боковыми сторонами, таких как метрической, трапецеидальной, упорной и др., построено по единым принципам.

Для обеспечения взаимозаменяемости болта и гайки на длине свинчивания устанавливают предельные контуры резьбы свинчиваемых деталей.

Действительные контуры свинчиваемых деталей определяются действительными размерами наружных d (D), средних d_2 (D_2) и внут-

ренных d_1 (D_1) диаметров, шага P и угла профиля α . Таким образом, резьбовое соединение будет надежным, если действительные размеры резьбы болта и гайки не будут выходить за предельные контуры резьбы на длине свинчивания.

Погрешности шага и угла профиля на длине свинчивания можно скомпенсировать соответствующим изменением среднего действительного диаметра резьбы.

Отклонение шага резьбы ΔP – это разность действительных и номинальных расстояний между одноименными сторонами профиля, измеренных в осевом направлении на расстоянии, равном половине среднего диаметра от оси резьбы, в пределах длины свинчивания или заданной длины. Отклонения шага могут быть местными периодически повторяющимися или прогрессивно возрастающими, пропорциональными числу витков резьбы на длине свинчивания. Прогрессирующие погрешности шага обычно превышают погрешности других видов.

Для вывода зависимости **диаметральной компенсации от погрешности шага** наложим на осевое сечение номинальной резьбы гайки с контуром 1 (рис.5.3), а осевое сечение реальной наружной резьбы болта с контуром 2, имеющей прогрессивно возрастающее отклонение шага ΔP , совместив левую сторону боковых профилей гайки и болта. При этом не учитываем отклонение угла профиля у контура 2. При одинаковых средних диаметрах резьбы ($d_2 = D_2$) и одном угле профиля α эти детали не свинчиваются из-за перекрытия контуров. При этом $\Delta P = P_{вз} - P_z$.

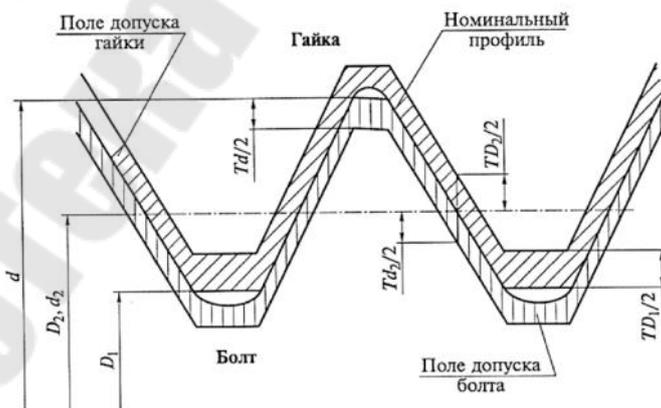
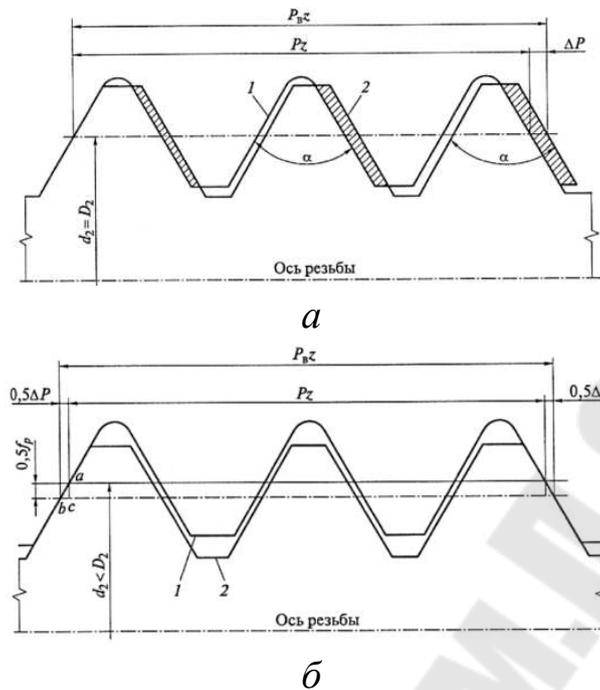


Рис.5.2. Предельные контуры резьбового соединения при посадке с зазором



1 – профиль резьбы гайки, 2 – профиль резьбы болта
 Рис.5.3. Схема диаметровой компенсации f_p погрешности шага резьбы:
 а – для несвинчивающейся резьбы; б – для свинчивающейся резьбы

Для обеспечения возможности свинчивания резьбовых деталей нужно компенсировать отклонение шага ΔP , т.е. уменьшить средний диаметр d_2 у болта или увеличить средний диаметр у гайки на величину f_p , сохранив соприкосновение (на заданной длине) сторон профилей наружной и внутренней резьб (рис.5.3,б). При этом отклонение шага ΔP расположится симметрично относительно номинальной длины свинчивания P_z . В результате из прямоугольного треугольника abc , показанного на рисунке 5.3, б, получим зависимость

$$f_p = \Delta P \operatorname{ctg}(\alpha/2),$$

где f_p и ΔP заданы в микрометрах.

Для метрических резьб $\alpha = 60^\circ$, следовательно $\operatorname{ctg}30^\circ = 1,732$, тогда формула примет вид:

$$f_p = 1,732\Delta P.$$

Абсолютное значение погрешности шага ΔP (накопленной или местной) при диаметровой компенсации может быть как положительным, так и отрицательным.

Отклонение угла профиля резьбы $\Delta\alpha/2$ и его диаметровая компенсация f_α . Отклонением угла профиля симметричной резьбы (или отклонениями углов наклона боковых сторон профиля для резьб

с несимметричным профилем) называется разность между действительными $\alpha_d/2$ и номинальными $\alpha/2$ значениями половины данного угла профиля ($\Delta\alpha/2$) $=\alpha_d/2 - \alpha/2$.

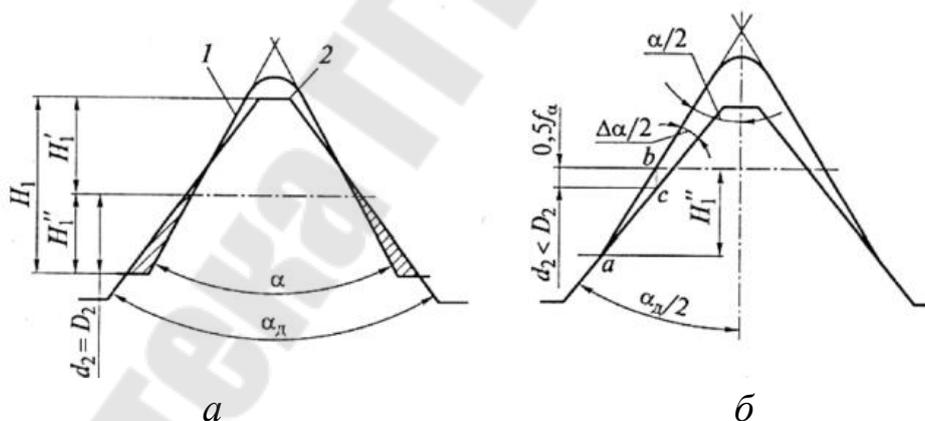
Компенсировать отклонение угла профиля резьбы можно также увеличением среднего диаметра внутренней резьбы или уменьшением среднего диаметра наружной резьбы.

Рассмотрим схему совмещения номинального профиля 1 резьбы гайки с углом профиля α и реального профиля 2 резьбы болта с углом профиля α_d при одинаковых значениях среднего диаметра $d_2 = D_2$ (рис.5.4,а). Свинтить эти резьбы нельзя из-за наличия перекрытых заштрихованных участков.

Для обеспечения свинчивания (рис.5.4,б), нужно увеличить средний диаметр болта на величину f_α , при которой сохранится контакт профилей в точке a , а перекрытия профилей не будет. Из треугольника abc после упрощений и преобразований получим формулу связи диаметральной компенсации f_α с отклонением угла профиля резьбы:

$$f_\alpha = 0,29P \frac{\Delta\alpha}{2},$$

где f_α указано в микрометрах, P – в миллиметрах, а $\Delta\alpha/2$ – в угловых минутах.



1 – профиль резьбы гайки, 2 – профиль резьбы болта
 Рис.5.4. Схема диаметральной компенсации f_α угла профиля резьбы $\Delta\alpha$: a – для несвинчивающейся резьбы; b – для свинчивающейся резьбы.

Приведенный средний диаметр резьбы – это измеренное (действительное) значение среднего диаметра резьбы, уменьшенное у внутренней и увеличенное у наружной резьбы на суммарную диаметраль-

ную компенсацию отклонений угла наклона боковой стороны профиля и шага резьбы.

Приведенный средний диаметр:

для внутренней резьбы $D_{2пр} = D_{2изм} - (f_p + f_\alpha)$;

для наружной резьбы $d_{2пр} = d_{2изм} + (f_p + f_\alpha)$,

где $d_{2изм}$, $D_{2изм}$ - измеренные (действительные) значения среднего диаметра наружной и внутренней резьбы.

Условие свинчиваемости резьб: $D_{2пр} > d_{2пр}$.

5.1.4. Допуски и посадки метрической резьбы с зазором.

Обозначение допусков и посадок метрических резьб на чертежах.

Система допусков должна обеспечивать как свинчиваемость, так и прочность резьбового соединения. Основным параметром, определяющим точность и характер резьбового соединения (характер посадки), является средний диаметр. Поля допусков на наружный и внутренний диаметр гайки и болта построены таким образом, чтобы обеспечить гарантированный зазор.

В зависимости от характера сопряжения по боковым сторонам профиля (т.е. по среднему диаметру) различают посадки с зазором (ГОСТ 16093), натягом (ГОСТ 4608) и переходные (ГОСТ 24834).

Из нескольких разновидностей метрических резьб наиболее широко применяется и действительно является универсальной только резьба с зазорами. Для получения различных посадок с зазором ГОСТ 16093 предусматривает четыре основных отклонения для резьбы гаек – H , G , F , E и пять основных отклонений для болтов – h , g , f , e , d .

Схемы расположения полей допусков приведены на рисунке 6.5.

Расположение полей допусков относительно номинального профиля резьбы определяется величиной основных отклонений: нижнего EI – для внутренней резьбы (гайки) и верхнего – es для наружной резьбы (болта), которые для данного шага не зависят от диаметра резьбы. Величины основных отклонений H и h соответственно для гаек и болтов равны нулю, а их сочетание характерно для посадки с наименьшим зазором, равным нулю.

Верхние отклонения для внутренней резьбы (по D_2 и D_1 и нижние – для наружной резьбы (по d_2 и d) зависят от величин допусков: TD_2 , TD_1 , Td_2 и Td , величина которых определяется в соответствии с принятой степенью точности. Установленные стандартом степени точности приведены в таблице 6.1.

Степень точности выбирается в зависимости от длин свинчивания резьбы и требований, предъявляемых к точности резьбового соединения. Длины свинчивания резьбовых деталей подразделяются на три группы: *S* – короткие, *N* – нормальные и *L* – длинные (ГОСТ 16093). Длины свинчивания свыше $2,24Pd^{0,2}$ до $6,7Pd^{0,2}$ относятся к группе *N*; длины свинчивания меньше нормальных относятся к группе *S*, а больше – к группе *L*.

Вернее отклонение наружного диаметра гайки и нижнее отклонение внутреннего диаметра болта не устанавливаются.

Таблица 5.1.

Степени точности метрических резьб

Резьба	Диаметр резьбы	Степень точности
Внутренняя	D_2	4, 5, 6, 7, 8, 9*
	D_1	4, 5, 6, 7, 8
Наружная	d_2	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10*
	d	4, 6, 8

*только для резьб на деталях из пластмасс

Поле допуска метрической резьбы состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра (d_2 или D_2), указанного на первом месте, и обозначения поля допуска наружного диаметра для болта d и поля допуска внутреннего диаметра для гайки D_1 : например: $7g6g$; $5H6H$.

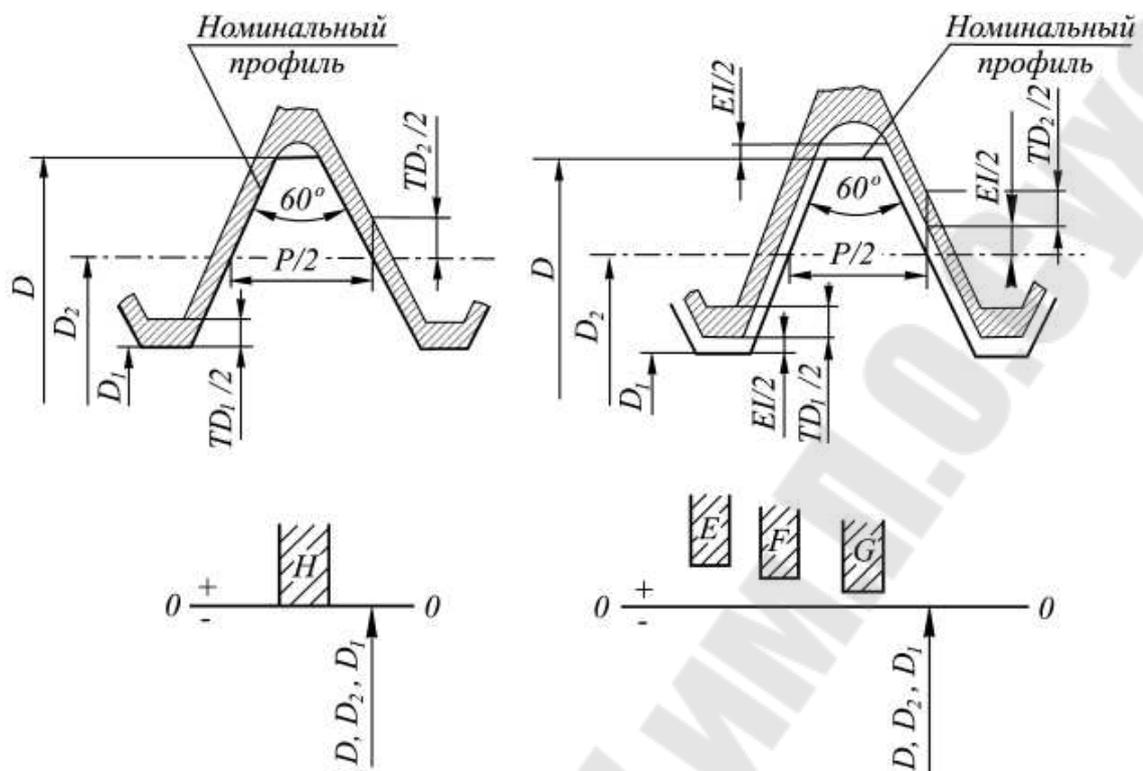
Если обозначение поля допуска диаметра выступов совпадает с обозначением поля допуска среднего диаметра, то оно в обозначении поля допуска резьбы не повторяется: $6g$; $6H$.

Нормальная длина свинчивания в обозначении резьбы не указывается, в остальных случаях необходимо указывать длину свинчивания, например:

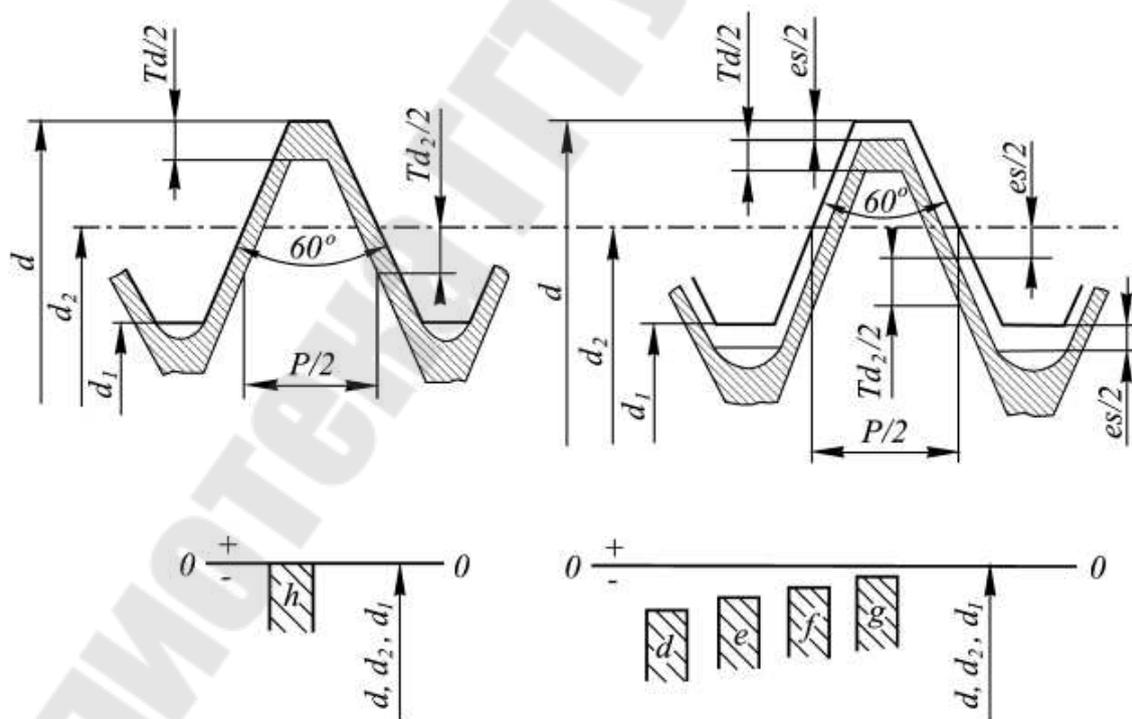
– $M18 \times 1,5-4H5H-LH$ – гайка, шаг $p = 1,5$; $D = 18$; TD_2 по $4H$, TD_1 по $5H$, резьба левая; (завинчивают против часовой стрелки);

– $M18-6H$ – гайка с крупным шагом $p = 2,5$, 6-й степени точности, с основным отклонением H для среднего и внутреннего диаметров;

– $M18-6g-40$ – болт с крупным шагом $p = 2,5$, 6-й степени точности с основным отклонением g для среднего и наружного диаметров, длина свинчивания - 40 мм.



a



б

Рис.5.5. Схемы расположения полей допусков наружной (а) и внутренней (б) резьбы

В соответствии со сложившейся ранее практикой поля допусков условно сгруппированы в три класса точности и рекомендованы к применению в зависимости от длины свинчивания.

Точный класс применяется для резьбы с мелким шагом, для точной кинематической резьбы приборов и для резьбообразующего инструмента.

Средний класс получил наибольшее применение. В машиностроении наиболее часто для резьбы с мелким шагом используют поля допусков: для болтов – $5g6g$, а для гайки – $5H$.

Грубый класс применяется для резьбы в длинных глухих отверстиях, при пониженных требованиях к точности.

5.1.5. Допуски и посадки метрической резьбы с натягами и переходными посадками.

Посадки с натягом для метрической резьбы назначаются по ГОСТ 4608, а переходные посадки – по ГОСТ 24834. Применяют эти виды посадок для резьбовых шпилек, которые ввинчиваются в корпус. Переходные посадки обеспечивают полную взаимозаменяемость и облегчают процесс сборки. Однако они требуют дополнительного элемента заклинивания (контакт по коническому сбегу резьбы; упор в плоский бурт шпильки; упор цилиндрической цапфы шпильки в дно гнезда). Соединения с натягом не обеспечивают полной взаимозаменяемости. Требуется 100%-ный контроль среднего диаметра и рассортировка на группы. Число сортировочных групп (2 или 3) указывается после обозначения степени точности в скобках. Натяги образуются только по среднему диаметру, по наружному и внутреннему диаметрам предусмотрены зазоры.

Длина свинчивания зависит от материала корпуса: для стали от $1d$ до $1,25d$; для чугуна от $1,25d$ до $1,5d$; для алюминиевых и магниевых сплавов от $1,5d$ до $2d$.

Выбор полей допусков и посадок производят в зависимости от материала корпуса, диаметра и шага резьбы. Допуски среднего диаметра резьб с натягом (сортируемых на группы) не включают диаметральных компенсаций погрешностей шага и угла профиля. Погрешности шага и угла профиля ограничиваются своими допусками (T_p и T_a). Допуски среднего диаметра резьбы с переходными посадками являются суммарными, как для резьб с зазором. Значения допусков и основных отклонений определять по стандартам и справочникам.

Схемы расположения полей допусков для резьб с натягом даны на рисунке 5.6, а для резьбовых соединений по переходным посадкам – на рисунке 5.7.

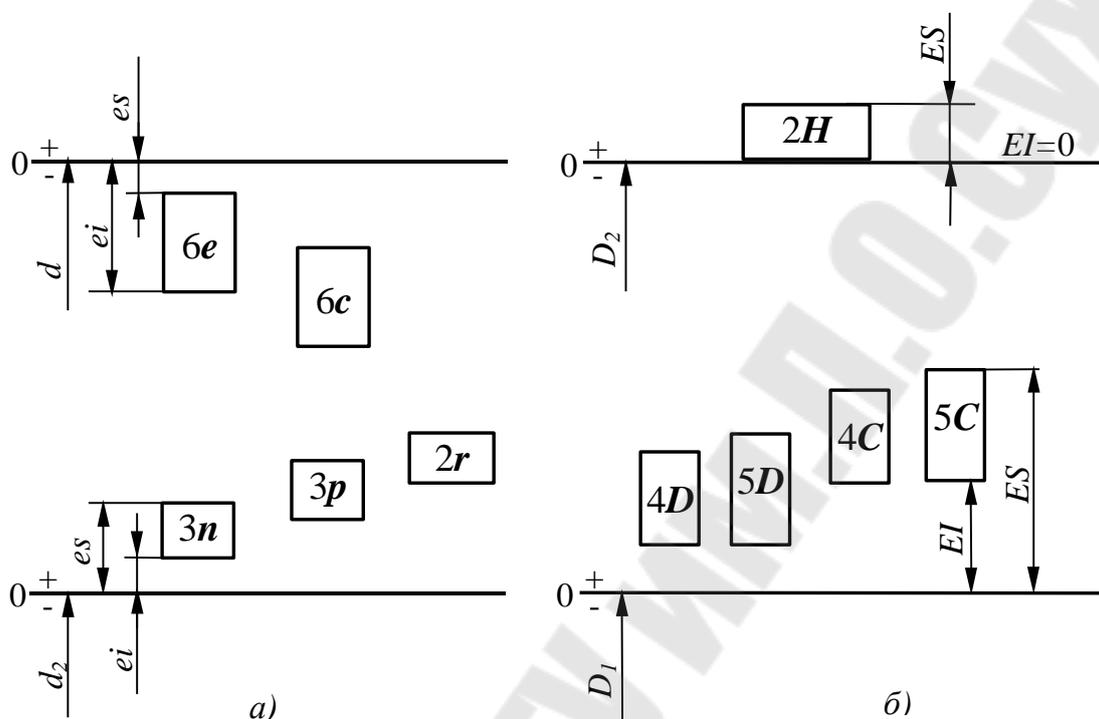


Рис. 5.6. Расположение полей допусков метрической резьбы с натягом: а – для наружной; б – для внутренней.

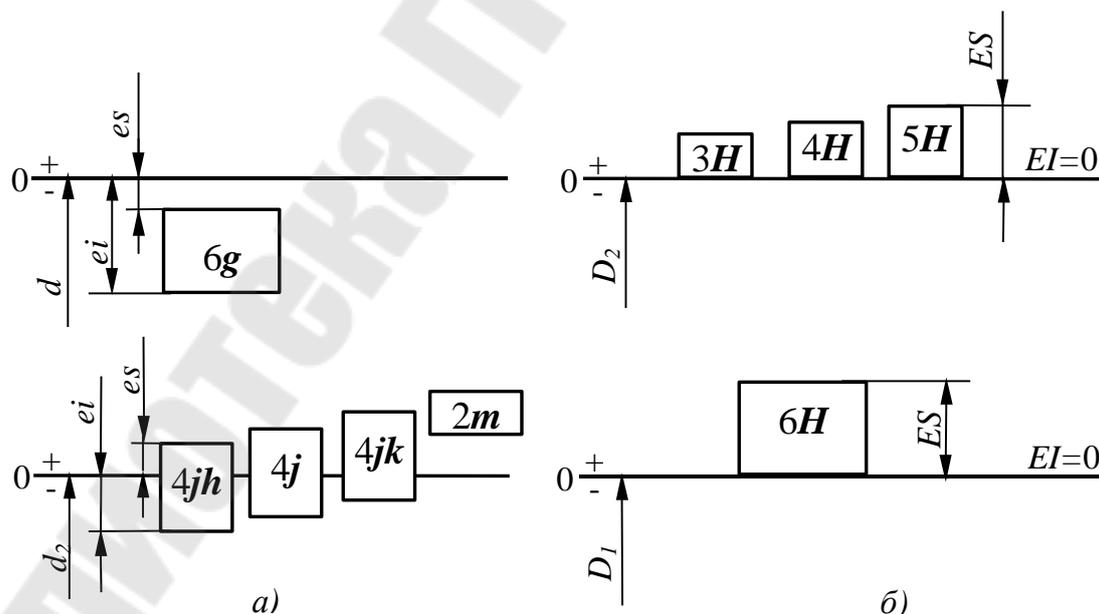


Рис. 5.7. Схемы расположения полей допусков метрической резьбы с переходными посадками: а – для наружной; б – для внутренней.

5.2. Нормирование точности шпоночных соединений

Шпоночные и шлицевые соединения предназначены для получения разъемных неподвижных соединений, передающих крутящие моменты. Они позволяют при необходимости осуществлять относительное осевое перемещение сопряженных деталей, например, при включении и выключении муфт или зубчатых колес.

Шпоночные соединения выполняют обычно по одной из переходных посадок. Их применяют в малонагруженных тихоходных передачах (кинематические цепи подач станков), в крупногабаритных соединениях (шестерни, маховики кузнечно-прессовых машин), во всех ответственных неподвижных соединениях (маховики двигателей внутреннего сгорания, центрифуги и т.д.), в единичных (опытных) экземплярах машин.

Размеры допуски и посадки шпоночных соединений с призматическими шпонками устанавливает ГОСТ 23360–78, с сегментными шпонками ГОСТ 24071–80.

Работоспособность шпоночных соединений определяется в основном точностью посадок по ширине шпонки b . Остальные размеры задают так, чтобы исключить возможность защемления шпонки по высоте или чрезмерное занижение поверхностей соприкосновения боковых сторон.

На рисунке 5.8 приведены параметры призматических и сегментных шпонок. Для шпоночных пазов втулок на чертежах проставляют размер $d + t_2$ как единственно удобный для контроля. На валах предпочтительно указывать t_1 , но допускается и размер $d - t_1$.

Шпонки обычно соединяются с пазами валов неподвижно, а с пазами втулок – с зазором. Натяг необходим для того, чтобы шпонки не перемещались при эксплуатации, а зазор – для компенсации неточности размеров и взаимного расположения пазов. Шпонки вне зависимости от посадок изготавливаются по размеру b с допуском $h9$, что делает возможным их централизованное изготовление. Остальные размеры менее ответственны: высота шпонки h – по $h11$, длина шпонки l – по $h14$, длина паза под шпонку L – по $H15$.

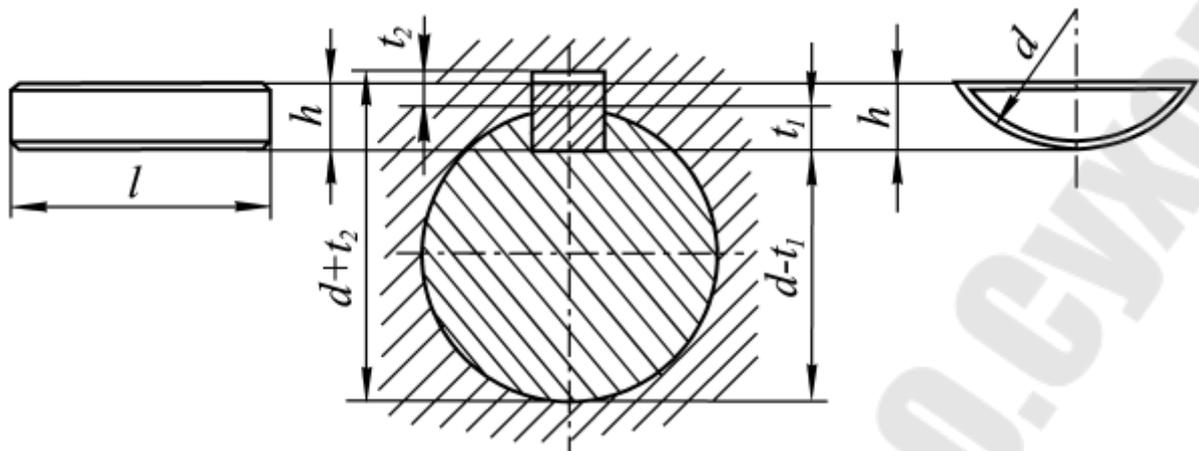


Рис.5.8. Параметры призматических и сегментных шпонок

По ширине призматических шпонок предусмотрено три варианта соединений: свободное, нормальное и плотное (рис.5.9). Для сегментных применяют только нормальное и плотное. Поля допусков для обоих типов шпонок одинаковы. Посадки выполняют только в системе вала, так как основной деталью является шпонка.

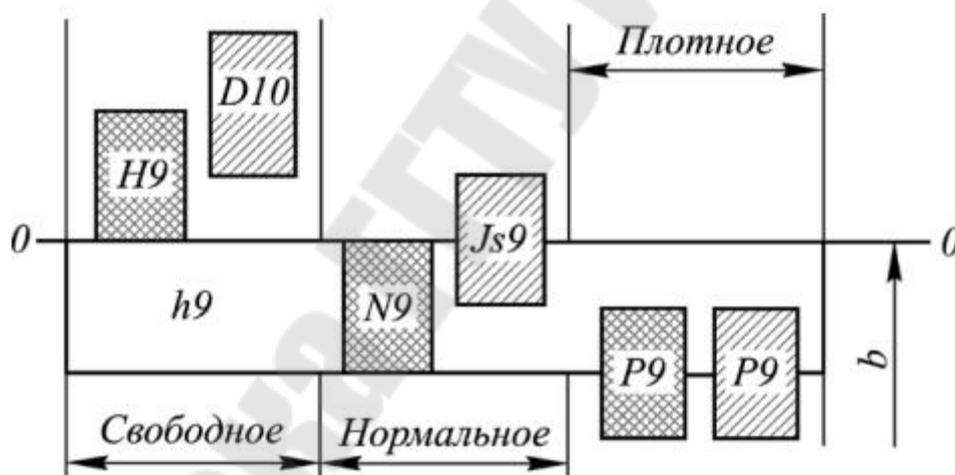


Рис.5.9. Поля допусков для шпоночных соединений:

□ - поле допуска на ширину шпонки; ▨ - поле допуска на ширину паза втулки; ▩ - поле допуска на ширину паза вала

Выбор полей допусков рекомендуется выполнять по таблице 5.2.

Наибольшее распространение имеет нормальное соединение, когда втулка (зубчатое колесо) расположена посередине вала.

Свободное соединение применяется для направляющих шпонок (зубчатое колесо перемещается вдоль вала) или при объемной термообработке сопрягаемых деталей.

Плотное соединение используется в случае реверсивного вращения вала или при расположении шпонки на конце вала.

Таблица 5.2.

Рекомендации по выбору полей допусков по ширине шпонки b

Элементы соединения	Плотное	Нормальное	Свободное
Ширина шпонки	$h9$		
Ширина паза на валу	$P9$	$N9$	$H9; N9$
Ширина паза на втулке	$P9; Js9$	$D10; Js9$	$D10$

5.3 Шлицевые соединения

5.3.1. Назначение, краткая характеристика и классификация шлицевых соединений

Шлицевые соединения предназначены для передачи больших крутящих моментов, они имеют большую усталостную прочность, высокую точность центрирования и направления. Достигается это высокой точностью размеров, формы и расположения зубьев (шлицев) по окружности.

В зависимости от профиля зубьев шлицевые соединения делятся на прямобочные, эвольвентные и треугольные. Наибольшее распространение получили шлицевые соединения с прямобочным профилем зуба, имеющие четное число зубьев (6, 8, 10, 16, 20). Выполняются прямобочные шлицевые соединения по ГОСТ 1139, в котором устанавливаются три градации высот и чисел зубьев для одного и того же диаметра. В соответствии с этим соединения делятся на легкую, среднюю и тяжелую серии. Выбор серии зависит от величины передаваемой нагрузки.

Шлицевые соединения с эвольвентным профилем зубьев по сравнению с прямобочными передают большие крутящие моменты, имеют меньшую (на 10...40%) концентрацию напряжений у основания зубьев, повышенную циклическую прочность и долговечность, обеспечивают лучшее центрирование и направление деталей, просты в изготовлении, так как их можно фрезеровать методом обкатки.

Шлицевые соединения с треугольным профилем не стандартизированы, они имеют мелкие зубья. Угол профиля характеризуется углом впадины на валу 2β . Основными параметрами соединений этого типа являются: $m = 0,3 \dots 0,8$ мм; $z = 15 \dots 70$; $2\beta = 90^\circ$ или 72° .

Шлицевые соединения с треугольным профилем применяются чаще всего вместо посадок с натягом, когда последние нежелательны, а также при тонкостенных втулках для передачи небольших крутящих моментов.

Выбор типа шлицевых соединений связан с их конструктивными и технологическими особенностями. Для точных соединений, которые предназначены для передачи значительных крутящих моментов и имеют реверсивное движение, целесообразнее применять соединения с эвольвентным профилем при центрировании по боковым сторонам зубьев.

5.3.2. Способы центрирования шлицевых соединений с прямым профилем зуба

Допуски и посадки шлицевых соединений зависят от их назначения и принятой поверхности центрирования втулки относительно вала. Стандартом предусматриваются три способа центрирования: по поверхностям диаметрами d или D и по боковым поверхностям зубьев, т. е. по размеру b (рис. 5.11).

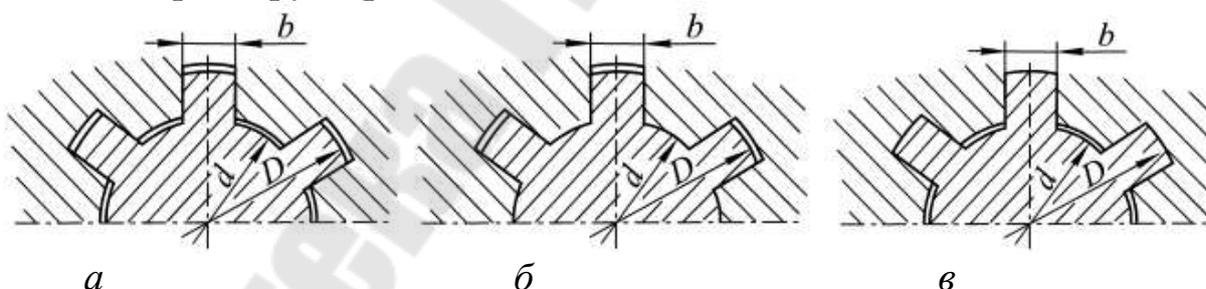


Рис.5.11. Способы центрирования шлицевых соединений с прямым профилем: *a* – по боковым сторонам шлиц; *б* – по внутреннему диаметру; *в* – по наружному диаметру.

Диаметры D и по d обеспечивают примерно одинаковую точность центрирования осей вала и отверстия втулки. При центрировании по D и d обязательно дополнительное центрирование по b .

Центрирование по наружному диаметру D является наиболее простым и экономичным, применяется, когда втулка термически не обрабатывается (сырая) или когда твердость ее материала после тер-

мообработки допускает калибровку протяжкой, а вал фрезеруется до окончательных размеров зубьев и по наружному диаметру шлифуется на обычном круглошлифовальном станке.

Применяется наиболее часто в крупносерийном производстве для незакаленных, неподвижных соединений.

Центрирование по внутреннему диаметру d применяется для закаленных, подвижных соединений, когда после операции протягивания отверстие втулки закаливается до высокой твердости (свыше 40 HRC), ее внутренний диаметр (отверстие) шлифуется на внутришлифовальном станке. Окончательно диаметр d вала обрабатывается на шлицешлифовальном станке.

Центрирование по боковой поверхности шлиц b применяется для передачи больших крутящих моментов, при знакопеременных нагрузках (при работе с реверсом). Этот метод центрирования широко используется в автомобилестроении. Пазы вала шлифуют по боковым сторонам. Отверстие во втулке обеспечивается протягиванием шлицевой протяжкой. Протяжка дорогой, но высокопроизводительный режущий инструмент.

5.3.3. Посадки и условные обозначения прямобочных шлицевых соединений

Посадки для центрирующих диаметров шлицевых прямобочных соединений назначаются по системе отверстия. По ширине шлиц применяются внесистемные посадки, обеспечивающие соединения с гарантированными зазорами для компенсации погрешностей углового расположения зубьев.

Посадки назначают в зависимости от способа центрирования:

$$\frac{H7}{e8}; \frac{H7}{f7}; \frac{H7}{g6}; - \text{ для } d;$$

$$\frac{F8}{js7}; \frac{D9}{h9}; \frac{F8}{f7} - \text{ для } b;$$

$$\frac{H7}{e8}; \frac{H7}{f7}; \frac{H7}{g6} - \text{ для } D - \text{ дают соединения с зазором}$$

$$\frac{H7}{n6}; \frac{H7}{js6} - \text{ для } d \text{ и } D - \text{ дают соединения с переходными посадками.}$$

ками.

По нецентрирующим диаметрам предусматриваются зазоры при любом виде центрирования. Поля допусков нецентрирующих диаметров: d – у вала $a11$ ($b12$), у втулки – $H11$; D – у вала $a11$, у втулки – $H12$.

Предельные отклонения размеров d , D и b следует определять по таблицам ГОСТ 25347.

Условное обозначение шлицевого соединения включает букву, обозначающую поверхность центрирования, число зубьев, номинальные размеры d , D , b , обозначение посадок (указываются после соответствующих размеров).

Пример условного обозначения шлицевого соединения легкой серии с числом зубьев $z = 8$, внутренним диаметром $d = 36$ мм, наружным диаметром $D = 40$ мм, шириной зуба $b = 7$ мм, с центрированием по наружному диаметру, с посадкой по диаметру центрирования $\frac{H7}{f7}$ и по размеру $b - \frac{F8}{f7}$:

$$D - 8 \times 36 \frac{H11}{b12} \times 40 \frac{H7}{f7} \times 7 \frac{F8}{f7}.$$

Втулка (отверстие) этого соединения имеет вид:

$$D - 8 \times 36 H11 \times 40 H7 \times 7 F8,$$

а вал:

$$D - 8 \times 36 b12 \times 40 f7 \times 7 f7.$$

Допускается не указывать в обозначениях поля допусков и посадки нецентрирующих диаметров.

1. Пример условного обозначения неподвижного шлицевого соединения средней серии с центрированием по внутреннему диаметру с числом шлиц 6:

$$D - 6 \times 28 \frac{H7}{js6} \times 34 \times 7 \frac{D9}{k7}.$$

2. Пример условного обозначения подвижного шлицевого соединения тяжелой серии с центрированием по боковой поверхности шлиц с числом шлиц 10, работающего в условиях реверса:

$$b - 10 \times 28 \times 35 \times 4 \frac{D9}{e8}.$$

Шлицевые соединения контролируют комплексными проходными калибрами и поэлементными непроходными калибрами.

Допуски калибров для контроля шлицевых прямобочных соединений регламентированы ГОСТ 7951-80.

5.4. Нормирование точности цилиндрических зубчатых колес и передач

5.4.1. Требования, предъявляемые к зубчатым колесам и передачам.

В зависимости от расположения и формы зубьев зубчатые колеса подразделяют на прямозубые, косозубые, шевронные и с криволинейными зубьями.

По эксплуатационному назначению зубчатые передачи можно разделить на отсчетные, скоростные, силовые и общего назначения.

Отсчетные передачи входят в состав точных кинематических цепей измерительных приборов, следящих систем, делительных механизмов приспособлений, станков и т. п. Обычно указанные передачи работают при малых скоростях. Основное эксплуатационное требование – высокая кинематическая точность. Зубчатые колеса таких передач характеризуются малым модулем и небольшой длиной зуба.

Скоростные передачи входят в состав кинематических цепей различных коробок передач, редукторов, двигателей. Такие передачи работают при высоких скоростях (до 150 м/с) и достаточно больших мощностях.

Основным требованием к скоростным передачам является требование обеспечения плавности работы, т. е. бесшумность и отсутствие вибраций. В основном это передачи с зубчатыми колесами средних размеров.

Силовые передачи передают большие усилия при небольших скоростях. Основное требование – полнота контакта зубьев, особенно по длине зуба. Обычно такие передачи характеризуются большими модулями и большой длиной зуба.

Показатели работы зубчатых передач зависят от окружных скоростей колес, от величины окружных скоростей. Зубчатые передачи делятся на тихоходные, среднескоростные и быстроходные. К тихоходным передачам можно отнести кинематические передачи, а также силовые. К среднескоростным относятся передачи общего назначения. К быстроходным – передачи с большими окружными скоростями колес (до 150 м/с).

К передачам общего назначения не предъявляются повышенные эксплуатационные требования ни по одному из трех рассмотренных выше.

Взаимозаменяемость зубчатых передач возможна лишь с учетом зависимостей между погрешностями колес и передач и вызванными ими отклонениями кинематических и динамических характеристик.

Для регламентации точности отдельных видов зубчатых передач (цилиндрических, конических и др.) созданы системы допусков именно на передачи, так как точность зубчатых передач как самостоятельных звеньев машины зависит не только от точности входящих в зацепление зубчатых колес, но и от точности расположения осей в корпусах.

5.4.2. Нормы точности колес и виды сопряжений цилиндрических зубчатых колес и передач. Нормы бокового зазора.

Зубчатые колеса, как и любые другие детали, изготавливают с погрешностями, вызываемыми погрешностями профиля зубообрабатывающих инструментов (фрез, долбяков), их установки на станке, отклонениями размеров и формы заготовки, а также неточностью установки заготовки на станке, неточностями в кинематических цепях станка. Совместное действие перечисленных погрешностей приводит к кинематической погрешности колеса, неплавности его работы и нарушению прилегания поверхностей зубьев как по длине, так и по высоте зуба. Предельные отклонения параметров зубчатого колеса ограничены системой допусков (ГОСТы: 1643-81, 9178-81, 1758-81 и т.д.).

По точности изготовления зубчатые колеса разделяют на двенадцать степеней точности, с 1-й по 12-ю – в порядке убывания точности. Степень точности – заданный уровень допустимого несоответствия значений действительных параметров зубчатых колес расчетным (номинальным) значениям. В настоящее время допуски предусмотрены для степеней точности от 3-й до 12-й. Для 1-й и 2-й степеней точности допуски будут вводиться по мере надобности. В машиностроении, например, применяют зубчатые передачи следующих степеней точности: 3-5-й – в измерительных механизмах (образцовые колеса); 6-9-й – в ответственных передачах станков, редукторах и приводах авиационных двигателей; 8-10-й – в сельхозмашиностроении; 11-12-й – в неответственных передачах.

В каждой степени выделены три нормы точности согласно эксплуатационным группам: **кинематическая точность, плавность работы и контакт зубьев**. В каждой норме определены независимые, равноправные показатели точности и допуски на них.

Кинематическая точность оценивается нормами кинематической погрешности зубчатой передачи и кинематической погрешностью колеса. Кинематическая погрешность передачи есть разность между действительным и номинальным углами поворота ведомого зубчатого колеса, выраженная в линейных величинах длиной дуги делительной окружности. Все показатели кинематической точности оцениваются за один оборот колеса.

Кинематическая погрешность зубчатого колеса определяется погрешностью кинематической цепи деления зубообрабатывающего станка. Кинематическая погрешность оценивается следующими показателями: накопленной погрешностью шага, радиальным биением зубчатого венца, колебанием длины общей нормали, колебанием измерительного межосевого расстояния за оборот колеса.

Плавность работы передачи характеризуется циклическими погрешностями при повороте колеса на один зуб. Наличие циклически повторяющихся погрешностей (шага, профиля зуба и др.) вызывает в процессе работы передачи шум и вибрацию. Чистовая обработка боковой поверхности зубьев (шлифованием, шевингованием и др. методами) позволяет повысить плавность работы передачи, так как улучшается профиль зуба. Отклонение шага зацепления, зависящее от погрешности зуборезного инструмента, также влияет на плавность передачи.

Контакт зубьев характеризуется размерами пятна контакта на боковых поверхностях зубьев при работе передачи и определяет величину передаваемой нагрузки. Пятно контакта зависит от погрешностей самих колес и от погрешностей их монтажа в корпус.

Независимо от степени точности выбирается **вид сопряжения**, который характеризуется нормой бокового зазора между нерабочими профилями зубьев колес, находящихся в зацеплении.

Для передач с $m \geq 1$ мм установлено **шесть видов сопряжений**: *A, B, C, D, E* и *H*, которые характеризуются величиной гарантированного наименьшего бокового зазора $j_{n \min}$ между нерабочими профилями. Вид сопряжения *A* имеет наибольшее значение $j_{n \min}$, далее идет уменьшение значения бокового зазора, в итоге вид сопряжения *H* дает $j_{n \min} = 0$.

На каждый вид сопряжения установлен допуск бокового зазора T_{jn} , который для соответствующего вида сопряжения обозначается *a, b, c, d, h* (последний соответствует сопряжениям *E* и *H*); для передач с

$m \geq 1$ при необходимости можно использовать увеличенные допуски x , y , z .

Для передач с $m < 1$ мм предусмотрено пять видов сопряжений D , E , F , G , H в порядке убывания $j_{n \min}$.

Для **нерегулируемых** передач с модулем свыше 1 мм установлено в порядке убывания точности шесть **классов отклонений межосевого расстояния** от I до VI, при соблюдении которых обеспечивается гарантированный боковой зазор. При этом сопряжения H и E обеспечиваются при II классе, а сопряжения D , C , B и A – при III, IV, V и VI классах. В обоснованных случаях это соответствие можно изменять.

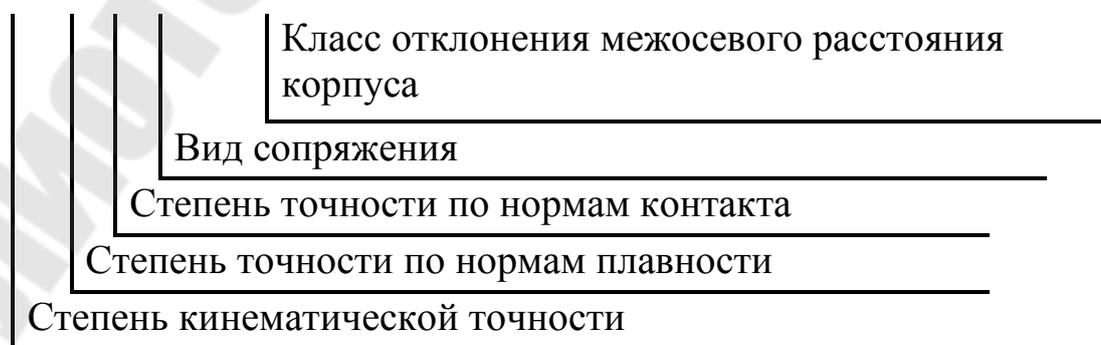
Некоррегированные зубчатые передачи на операциях зубонарезания имеют коэффициент смещения исходного контура равный нулю, то есть для них обеспечивается номинальное межосевое расстояние между исходной рейкой и зубчатым колесом. Коррегирование зубчатых колес (смещение исходного контура) производится при малом числе зубьев ($z < 17$), чтобы исключить подрезание ножки зуба при зацеплении. Если передача некоррегированная ($x=0$), то вид сопряжения соответствует виду допуска на боковой зазор (a ; b ; c ; d ; h) и классу отклонений межосевого расстояния (II...VI).

Если допуск на межосевое расстояние требуется назначить больше, чем по нормам VI класса, то указывают его числовое значение в обозначении точности колеса.

Если вид допуска бокового зазора и класс отклонений межосевого расстояния соответствуют виду сопряжения, то они не указываются в условном обозначении точности колеса.

Точность зубчатых колес и передач на чертеже обозначают степенью точности и видом сопряжения по нормам бокового зазора:

8 - 7 - 7 – $Ba/$ VI ГОСТ 1643



Пример, когда в указанной точности передачи виду сопряжения *B* соответствует вид допуска бокового зазора *b*, и V классу межосевого расстояния:

8-7-7-*B* ГОСТ 1643.

Если по всем нормам назначены одинаковые степени точности, условное обозначение точности колеса должно быть указано следующим образом:

7-*B* ГОСТ 1643.

Когда на одну из норм не задается степень точности, то взамен цифры указывается буква *N*, так как параметры этой нормы контролю не подлежат.

N – 8 – 8 ГОСТ 1643.

Вид сопряжения для отсчетных передач рекомендуется принимать *H* или *E*, так как требуется уменьшать «мертвый ход».

Пример обозначения **отсчетной** передачи:

6-7-7-*E* ГОСТ 1643.

Скоростная передача может иметь следующее комбинирование степеней точности:

7-6-6-*C* ГОСТ 1643.

Комбинированные нормы точности позволяют не выдерживать высокую точность по тем показателям, по которым условия работы передачи этого не требуют.

Силовая передача может обозначаться:

N-7-6-*A* ГОСТ 1643,

при этом требования к показателям кинематической точности не нормируются, нормы плавности работы назначаются по 7-й степени, а нормы контакта – по 6-й степени, вид сопряжения принят - *A*.

Пример обозначения точности зубчатой передачи **общего назначения**:

9-*A* ГОСТ 1643.

Для каждого вида норм определены показатели точности и допуски на эти показатели.

5.4.3. Выбор степени точности и вида сопряжений в зависимости от эксплуатационных требований к цилиндрической зубчатой передаче.

Выбор степени точности производится конструктором на основе конкретных условий работы передачи и требований, предъяв-

ляемых к ней. Используются методы – **расчетный, опытный и табличный**.

Расчетный метод применяется для особо ответственных передач. Конкретные методики расчета приводятся в отраслевых стандартах.

При **опытном методе** степень точности проектируемой передачи принимают по прототипу работающего механизма.

Выбор степени точности табличным методом **по нормам плавности** работы производится в зависимости от области применения и заданной скорости в соответствии с рекомендациями, далее необходимо учесть характер эксплуатационной группы.

В зависимости от эксплуатационной группы разрешается комбинировать степени точности выполняя более жесткие требования только по тем параметрам, которые влияют на конкретные эксплуатационные свойства.

С технологической точки зрения нормы **плавности** могут быть не более чем на одну степень грубее или на две степени точнее нормы **кинематической точности**. Степень точности по **нормам контакта** может быть любой более точной, равной или на одну степень грубее, чем нормы **плавности**.

Для **кинематических (отсчетных)** передач наиболее важной является **кинематическая** точность, она назначается на одну степень точнее, чем нормы плавности и контакта зубьев.

Для **силовых** передач, работающих при малых и средних скоростях (прокатные станы), степень точности **по контакту** зубьев должна быть выше, чем по кинематической точности и по плавности (на одну степень). Для **среднескоростных** (автомобили) и **высокоскоростных** передач (турбины) степень точности по нормам **плавности** целесообразно назначать на одну точнее, чем по нормам кинематической точности.

Для передач **общего назначения** для всех норм точности назначают одинаковую степень точности.

Вид сопряжения, гарантирующий необходимую величину наименьшего бокового зазора j_{\min} , назначается независимо от степени точности.

Боковой зазор определяется величиной межосевого расстояния и толщиной зубьев колес и зависит от температурного режима работы передачи, способа подачи смазки и окружной скорости V .

Ориентировочно для размещения смазки боковой зазор можно принять в зависимости от модуля.

Для тихоходных и кинематических передач $j_{n1} = 0,01 m$, а для высокоскоростных и тяжело-нагруженных $-j_{n1} = 0,03 m$ (мм), для среднескоростных можно принять $0,02 m$.

Гарантированный боковой зазор получается как сумма температурных и силовых деформаций:

$$j_{n \min} \geq j_{n1} + j_{n2}.$$

Боковой зазор, соответствующий температурной компенсации, определяется по формулам:

$$j_{n2} = a [\alpha_1 \cdot (t_1 - 20^\circ) - \alpha_2 \cdot (t_2 - 20^\circ)] \cdot 2 \sin \alpha \text{ (мм);}$$

$$\text{при } \alpha = 20^\circ \quad j_{n2} = 0,684 \cdot a [\alpha_1 \cdot (t_1 - 20^\circ) - \alpha_2 \cdot (t_2 - 20^\circ)],$$

где a – межосевое расстояние в передаче, мм; α_1 и α_2 – коэффициенты линейного расширения для материалов зубчатых колес и корпуса; t_1 и t_2 – предельные температуры зубчатых колес и корпуса, для которых рассчитывается боковой зазор.

Рассчитав минимальный гарантированный зазор, можно определить вид сопряжения с учетом межосевого расстояния в передаче (см. табл. 6.4).

Сопряжение вида B применяется наиболее часто, так как исключает заклинивание стальной или чугунной зубчатой передачи от нагрева при разности температур колес и корпуса в 25°C .

Наибольший боковой зазор не регламентируется. Это вызвано тем, что боковой зазор является замыкающим звеном размерной цепи, в которой допусками ограничены отклонения всех составляющих размеров (межцентровое расстояние и смещение исходных контуров на шестерне и колесе, непараллельность и перекося осей). Поэтому величина наибольшего зазора не может превзойти значения, получающегося при определенном сочетании составляющих размеров.

Назначив степени точности зубчатого колеса и вид сопряжения, можно записать полное обозначение точности зубчатой передачи (см. п. 5.4.2.).

6. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ

6.1. Нормальные углы и допуски на угловые размеры. Нормальные конусности и углы конусов.

При конструировании различных изделий широко используются: нормальные углы общего назначения, нормальные конусности и углы конусов для стандартизированных деталей (штифты, инструментальные конусы, арматура и т.п.), а также специальные углы. Специальные углы допускаются, когда их значения связаны расчетными зависимостями с другими размерами и их нельзя округлять до значений нормальных углов.

Конические соединения обеспечивают высокую точность центрирования, при неподвижных посадках обеспечивают передачу больших крутящих моментов с возможной частой и легкой «сборкой – разборкой», при плотных посадках обеспечивают газо-, водо- и маслонепроницаемость, при любых посадках путем осевого смещения конических деталей друг относительно друга можно получить нужный характер сопряжения (зазор или натяг).

Передача значительных крутящих моментов от шпинделей металлообрабатывающих станков режущим инструментам (свёрлам, зенкерам, развёрткам) осуществляется с помощью конических хвостовиков с малой конусностью. При этом используются две системы конусов: Морзе и метрическая

На рисунках 6.1 и 6.2 представлены основные размеры призматических элементов деталей, конусов и конических сопряжений. Для призматических элементов деталей, конусов и конических сопряжений установлены следующие основные термины и обозначения:

α - угол призматического элемента детали, угол конуса;

$\alpha/2$ – угол уклона;

L – длина стороны конуса;

L_1 – длина стороны угла, длина образующей конуса;

L_p – длина конического сопряжения;

L_s – осевое расстояние от большого основания конуса до заданного сечения;

L_x – осевое расстояние от большого основания конуса до произвольно расположенного сечения;

D – диаметр поперечного сечения большого основания конуса;

d – диаметр поперечного сечения малого основания конуса;

d_x – диаметр произвольно расположенного поперечного сечения;
 D_s – диаметр заданного поперечного сечения (в котором задан допуск);

$Z_e; Z_i$ – базорасстояния конусов, наружного и внутреннего;

Базорасстояние – это расстояние между базовой и основной плоскостью между базовыми плоскостями.

Z_p – базорасстояние соединения.

1 – основная плоскость поперечного сечения (в ней задается номинальный диаметр);

2 – базовая плоскость поперечного сечения (определяет осевое положение сопряженных конусов).

Конус (наружный или внутренний) характеризуется: диаметром большого основания D , диаметром малого основания d , углом конуса α , углом уклона $\alpha/2$, длиной конуса L , что видно из рисунка 9.2.

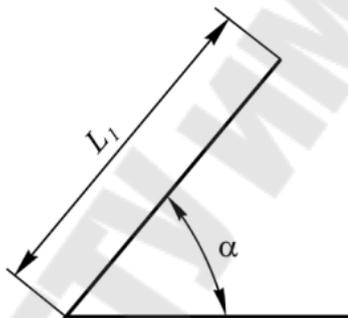


Рис.6.1. Основные размеры призматических элементов деталей

Угол уклона $\alpha/2$ связан с размерами D , d и L следующим соотношением:

$$\frac{(0,5D - 0,5d)}{L} = \operatorname{tg} \alpha / 2 \text{ или } \frac{D - d}{L} = 2 \operatorname{tg} \alpha / 2 = C,$$

где $2 \operatorname{tg} \alpha / 2 = C$ – конусность; $\operatorname{tg} \alpha / 2 = \frac{C}{2}$ – уклон i .

Конусность C – это отношение разности диаметров двух поперечных сечений к расстоянию между ними. Конусность часто указывают в виде отношения $1:x$, где x – расстояние между поперечными сечениями конуса, разность диаметров которых равна 1 мм, например, $C - 1: 20$.

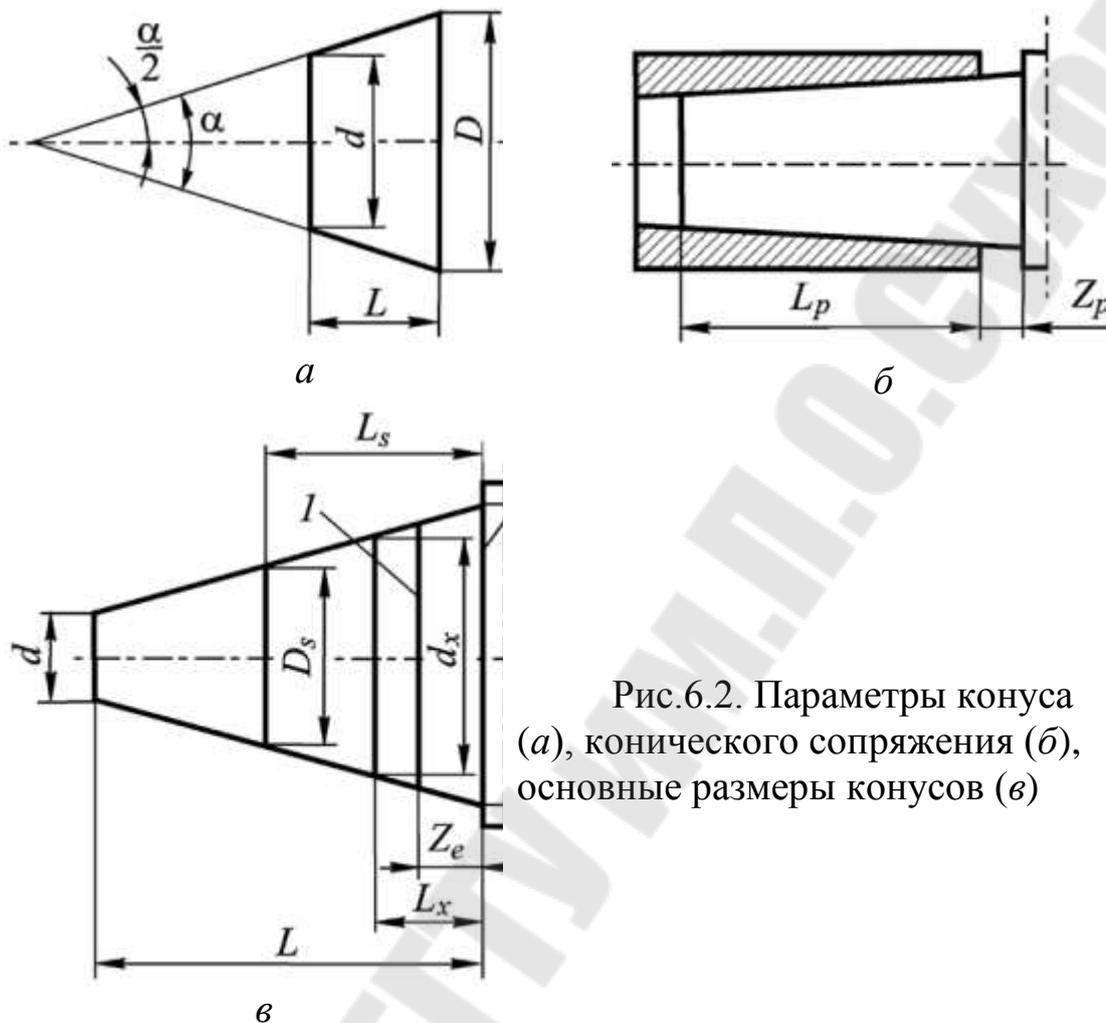


Рис.6.2. Параметры конуса (а), конического сопряжения (б), основные размеры конусов (в)

Для облегчения достижения взаимозаменяемости установлены ряды нормальных конусностей ГОСТ 8593-81. ГОСТ 8908-81 устанавливает 17 степеней точности допусков углов в порядке убывания точности: 1, 2, ..., 17. Допуск угла – это разность между наибольшим и наименьшим предельными углами.

Допуск угла обозначается – AT . Степени точности $AT1 \div AT5$ применяются для углов измерительных средств и калибров и требуют тонкого шлифования с последующей доводкой. Степени точности $AT4 \div AT12$ используются для сопрягаемых углов и конусов, остальные – для углов с неуказанными допусками.

Допуски углов назначаются в зависимости от номинальной длины меньшей стороны угла, так как чем меньше длина, тем труднее изготовить и измерить угол (рис.6.3):

- AT_{α} – в угловых единицах рад; мкрад;

- AT'_α – округлённое значение допуска угла в градусной мере; ($360^\circ = 2\pi = 6,2831\text{рад}$; $1^\circ = 2\pi/360 = 0,01743\text{рад}$; $1\text{рад} = 360/2\pi = 57^\circ 17'43''$);
- AT_h ; AT_D – допуски угла в метрической системе единиц (мкм);
- AT_h – длина противолежащего отрезка на перпендикуляре к стороне угла на расстояние L от вершины угла (рис. 6.3, а и рис. 6.3, в);
- AT_D – разность диаметров в двух сечениях конуса на расстоянии L между ними (рис. 6.3, б).

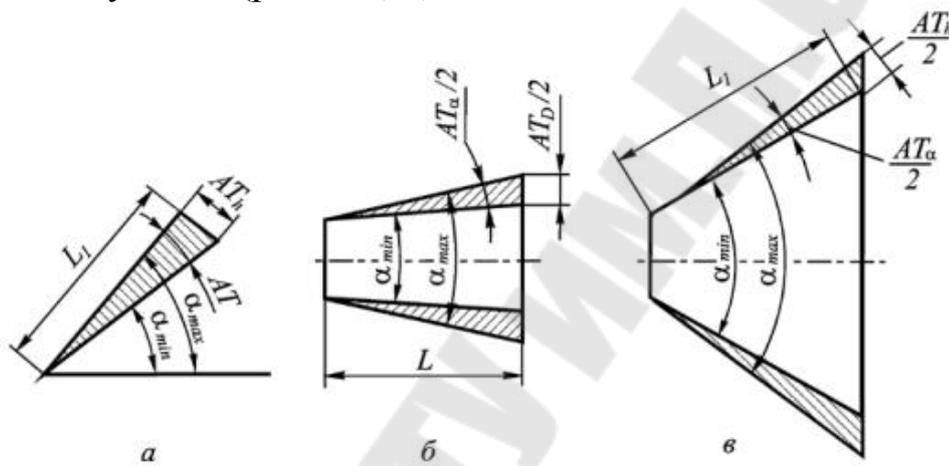


Рис.6.3. Виды допусков углов:

а – допуск угла; б – конусность $C \leq 1:3$; в – конусность $C > 1:3$

Допуск угла может располагаться относительно номинального размера угла в «плюс» – ($+ AT$), в «минус» – ($- AT$) или симметрично – ($\pm AT/2$) (рис.4).

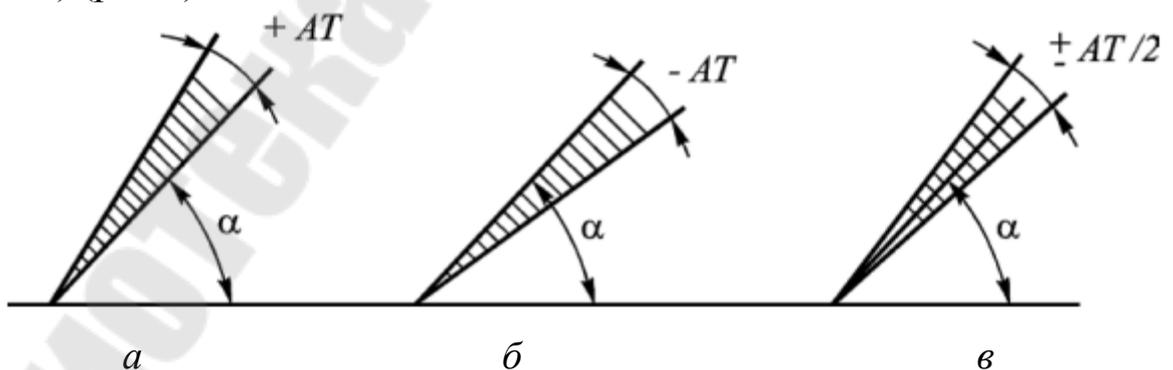


Рис.6.4. Варианты расположения поля допуска угла относительно номинального размера угла: а – в «плюс» ($+AT$) ; б – в «минус» ($- AT$); в – симметрично ($\pm AT/2$).

6.2. Система допусков и посадок конических соединений.

Широкое распространение конических соединений объясняется целым рядом их достоинств, к которым относятся:

- герметичность;
- высокая прочность и напряженность соединения;
- возможность легкого регулирования зазора или натяга с помощью изменения осевого расположения деталей;
- способность конической пары к быстрой разборке и сборке;
- самоцентрируемость.

Конические соединения можно разделить на следующие виды:

- неподвижные соединения (с натягом);
- плотные (с возможностью скольжения);
- подвижные (с зазором).

Область применения.

а) Предназначены для исключения взаимного перемещения деталей или передачи крутящего момента. Работу соединения обеспечивает сила трения. Натяг обеспечивается затяжкой или запрессовкой наружного конуса во внутренний. Например, соединения фланцевых муфт с валами; конические фрикционные муфты; конические штифты.

б) применяются для обеспечения газо-, водо- и маслонепроницаемости по сопрягаемым поверхностям, т.е. для герметизации соединения путем притирки поверхностей. Например, в двигателях для посадки клапана в седло.

в) применяются для обеспечения относительного вращения или зазора между элементами пары. Обеспечивают точное центрирование и компенсацию износа рабочих поверхностей перемещением деталей вдоль оси. Например, в точных приборах; конических подшипниках станков; дозирующих и регулирующих устройствах.

При обработке реальной конической детали возникают различные отклонения от номинального конуса. Для нормальной эксплуатации соединения необходимо, чтобы отклонения действительных размеров конуса находились в пределах заданных допусков.

Допуски и посадки для конических соединений устанавливает ГОСТ 25307.

Для конусов различают:

T_D – допуск диаметра конуса в любом сечении; равен разности предельных диаметров конуса в одном и том же поперечном сечении;

T_{D_s} – допуск диаметра конуса в заданном сечении; равен разности предельных диаметров конуса в заданном сечении;

AT_α – допуск угла конуса;

T_{FR} – допуск круглости конуса (допуск формы конуса в поперечном сечении);

T_{FL} – допуск прямолинейности образующей (допуск формы конуса в продольном сечении).

Допуски T_D и T_{D_s} выбираются по ГОСТ 25346 и ГОСТ 25347. Допуски AT_α должны соответствовать ГОСТ 8908, а допуски формы конусов – ГОСТ 25643.

Все точки реальной поверхности конуса, должны находиться в поле допуска, под которым понимают область пространства, ограниченную предельными конусами (рис.6.5).

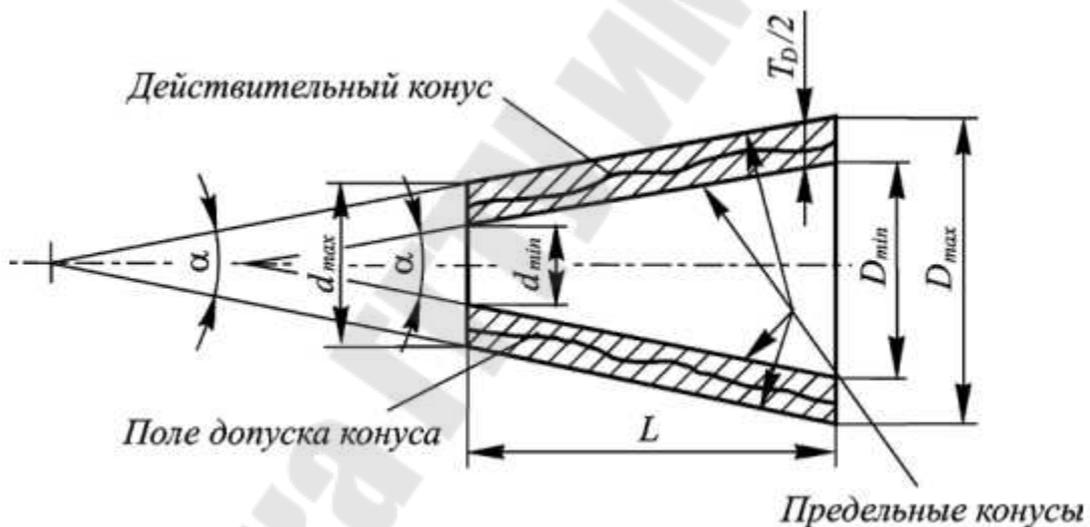


Рис.6.5. Действительный и предельные конусы

Допуски конусов назначают одним из двух способов:

- совместным нормированием всех видов допусков одним допуском T_D диаметра конуса в любом сечении. Допуск T_D определяет поле допуска конуса, ограниченное двумя предельными конусами, между которыми должны находиться все точки реальной поверхности конуса. Поле допуска конуса ограничивает не только отклонения диаметра, но и отклонения угла и формы конуса;

- раздельным нормированием каждого вида допуска, а именно допуска T_{D_s} диаметра конуса в заданном сечении, допуска AT_α угла конуса, допуска T_{FR} круглости и допуска T_{FL} прямолинейности образующей конуса.

Допуски угла AT_α конуса и допуски формы конуса T_{FR} и T_{FL} назначают в том случае, если отклонения угла конуса ограничены более узкими пределами, чем это возможно при более полном использовании допуска T_D .

Посадки подразделяются в зависимости от следующих способов фиксации взаимного осевого положения наружного и внутреннего конусов:

- путем совмещения конструктивных элементов сопрягаемых конусов (базовых плоскостей);
- по заданному базорасстоянию соединения (z_p);
- по заданному осевому смещению сопрягаемых конусов от их начального положения;
- по заданному усилию запрессовки, прилагаемому в начальном положении сопрягаемых конусов.

Первые два типа посадок назначают в системе отверстия с полями допусков, сопрягаемых конусов одного качества. Соединения с зазором применяют в соединениях, в которых необходимо регулировать зазор между сопрягаемыми деталями (например, соединения конусной шейки шпинделя станка с конусными вкладышами подшипника скольжения). К ним относят также соединения, обеспечивающие герметичность и разобщение одного пространства от другого как в покое, так и при взаимном перемещении соединяемых деталей (например, арматурные краны). Соединения с натягом могут быть получены путем приложения осевой силы, создающей соответствующий натяг, необходимый при передаче крутящего момента. Под влиянием осевой силы происходит самоцентрирование деталей (оси сопрягаемых деталей совпадают). Конусные соединения обеспечивают более легкую по сравнению с цилиндрическими соединениями разборку, позволяют регулировать натяг в процессе работы.

Для получения различных посадок (с зазором, с натягом и переходных) используют основные отклонения $d, e, f, q, h, js, k, m, n, p, r, s, t, u, x, z$ для наружных конусов и H, Js, N – для внутренних конусов в качествах с 4 по 12-й.

Обозначения допусков конусов и гладких конических соединений на чертежах регламентирует ГОСТ 2.320-82.

Обозначение допусков конусов:

- если конус определяется конусностью, то предельные отклонения необходимо указывать под обозначением числовыми значе-

ниями AT , как показано на рисунке 6.6, *а*, либо условными (рис.6.6, *в*), либо смешанными (рис. 6.6, *з*);

- если конус определен углом конуса, то предельные отклонения следует указывать числовыми значениями непосредственно после номинального размера (рис.6.6, *б*);

- при условии назначения допуска T диаметра конуса в любом сечении значение конусности или угла конуса необходимо заключить в прямоугольную рамку, Таким же образом обозначается и расстояние от базовой плоскости до плоскости в заданном сечении, (рис.6.6, *б*).

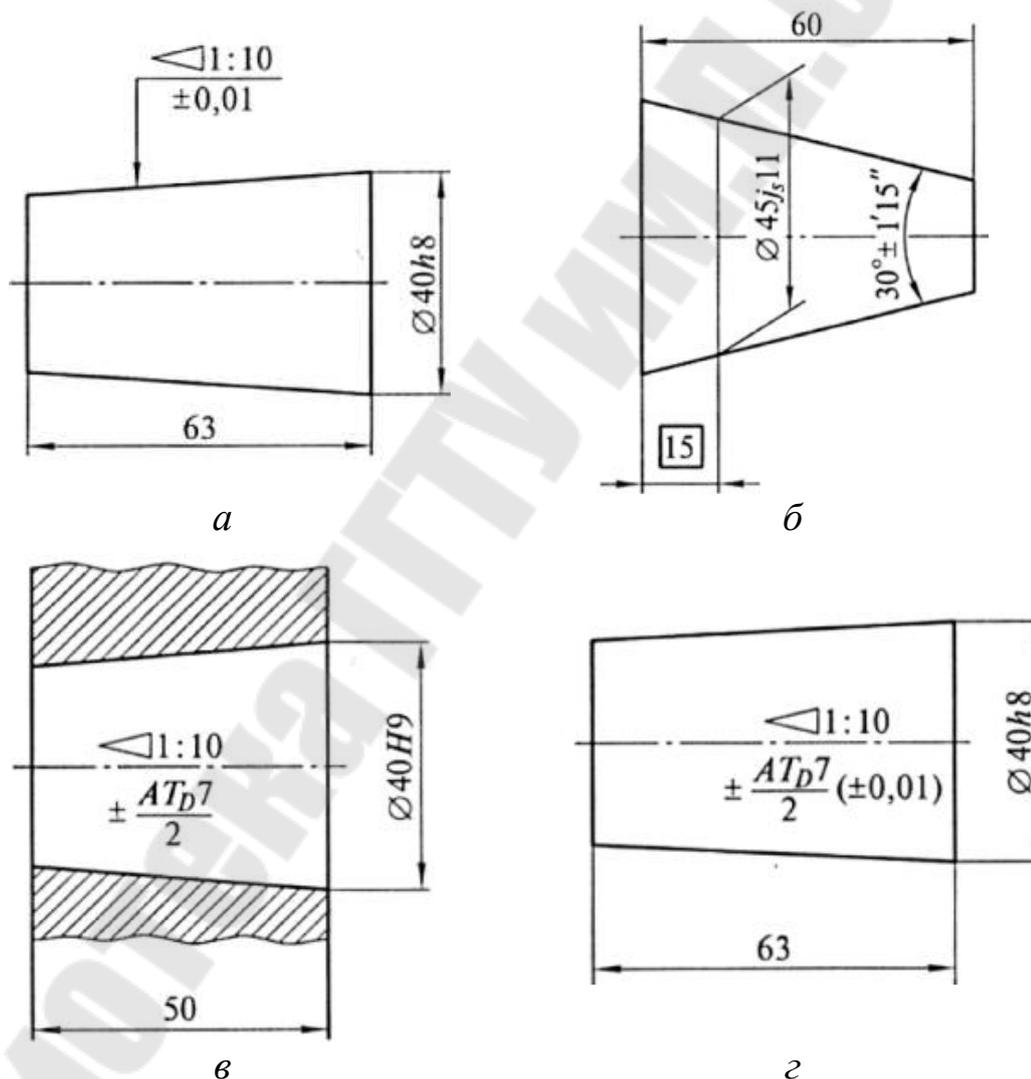


Рис.6.6. Числовой (*а, б*), условный (*в*) и смешанный (*з*) способы обозначения допусков конусов на чертежах

Обозначение гладких конических соединений на чертежах:

– при посадке с фиксацией путем совмещения конструктивных элементов сопрягаемых конусов размеры, определяющие характер

соединения на сборочном чертеже, могут быть указаны только как справочные (рис.6.7, а);

– при посадке с фиксацией по заданному осевому расстоянию Z_{pf} между базовыми плоскостями сопрягаемых конусов должен быть нанесен размер, определяющий расстояние между базовыми плоскостями, заключенный в прямоугольную рамку (рис.6.7, б);

– при посадке с фиксацией по заданному взаимному осевому смещению сопрягаемых конусов от их начального положения должен быть указан размер осевого смещения, а начальное положение конусов отмечается штрихпунктирной линией с двумя точками (рис.6.7, в);

– при посадке с фиксацией по заданному усилию запрессовки, прилагаемому в начальном положении сопрягаемых конусов, заданное усилие запрессовки указывается в технических требованиях «Усилие запрессовки $F_s = \dots$ Н».

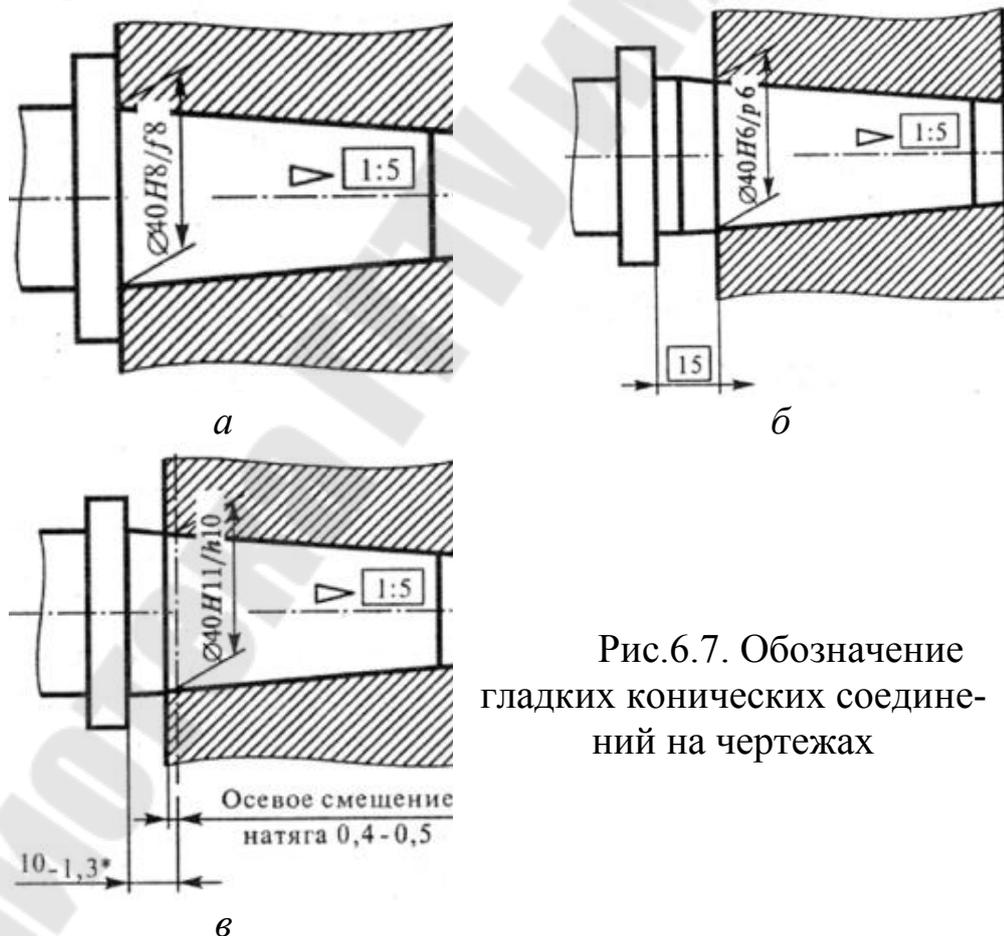


Рис.6.7. Обозначение гладких конических соединений на чертежах

7. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ И ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

7.1. Основные положения. Ряды точности подшипников качения.

Подшипники качения являются стандартными изделиями с полной внешней взаимозаменяемостью, но ограниченной внутренней между телами и дорожками качения наружного и внутреннего колец. Применяются подшипники качения в машинах и механизмах, где требуется высокая скорость и точность вращения при КПД = 0,99.

По ГОСТ 3395 обозначаются типы и конструктивные исполнения подшипников.

Технические требования на шариковые и роликовые подшипники качения должны соответствовать ГОСТ 520-2002. Стандарт распространяется на подшипники с отверстиями во внутренних кольцах от 0,6 до 2000 мм и устанавливает следующие классы точности подшипников, указанные в порядке повышения точности: 8; 7; 0; нормальный; 6; 6X; 5; 4; T; 2.

Классы точности подшипников характеризуются значениями предельных отклонений размеров, формы и расположения поверхностей подшипников.

Классы точности 8 и 7 используются для изготовления подшипников по заказу потребителей и применяются в неответственных узлах. Класс 6X применяется только для роликовых конических подшипников. Для всех подшипников, кроме конических, для обозначения нормального класса точности применяют знак "0". Для конических подшипников нулевого класса используют знак "0", а для нормального класса – "N", класс точности 6X обозначают знаком – "X". Знак "0" маркируют только в том случае, если слева от него имеются знаки маркировки.

Наиболее часто в машиностроении используются подшипники классов 0; 6, в категории C. Подшипники 4-го и 5-го классов применяются при значительных скоростях вращения (шпиндели шлифовальных и прецизионных станков и в других высокооборотных механизмах). Подшипники 2-го и T классов применяются для гироскопических и других прецизионных приборов.

В зависимости от наличия требований (по уровню вибрации или уровню других дополнительных технических требований) установле-

ны три категории подшипников – *A*; *B*; *C* в порядке ослабления требований:

- к категории *A* относятся подшипники классов точности – 5; 4; Т; 2;
- к категории *B* – подшипники классов точности – 0; 6Х; 6; 5;
- к категории *C* – подшипники классов точности – 8; 7; 0; нормально-го; 6.

Упрощенные изображения подшипников на сборочных чертежах допускается выполнять по ГОСТ 2.420 – 69.

7.2. Поля допусков колец подшипников качения

Для сокращения номенклатуры подшипники изготавливают с отклонениями размеров наружного и внутреннего диаметров не зависимо от посадки, по которой их будут монтировать. Для всех классов точности подшипников верхнее отклонение присоединительных диаметров принято равным нулю. Таким образом, диаметры наружного D_m и внутреннего d_m колец приняты соответственно за диаметры основного вала и основного отверстия, а следовательно, посадку соединения наружного кольца подшипника с корпусом назначают в системе вала, а посадку соединения внутреннего кольца подшипника с валом – в системе отверстия. Однако поле допуска на диаметр отверстия внутреннего кольца расположено в «минус» от номинального размера, а не в «плюс», как у обычного основного отверстия, т.е. не в «тело» кольца, а вниз от нулевой линии (рис.7.1).

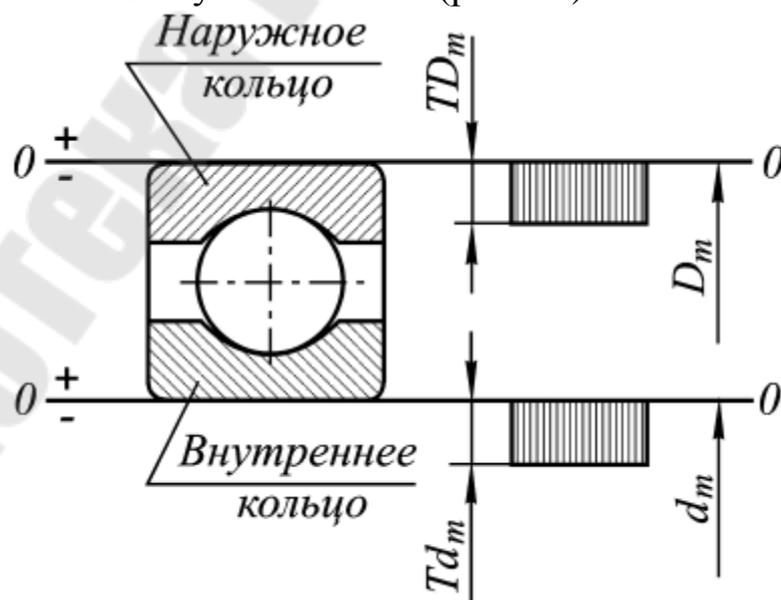


Рис.7.1. Расположение полей допусков посадочных диаметров колец подшипников

Такое расположение поля допуска установлено с целью обеспечения сравнительно небольшого натяга в соединении внутреннего кольца подшипника с валом при использовании имеющихся в ЕСКД полей допусков на валы под переходные посадки.

Вследствие овальности, конусообразности и других отклонений формы при измерении могут быть получены различные значения диаметра колец подшипников в разных сечениях. В связи с этим стандартом установлены предельные отклонения номинальных d , D и средних d_m , D_m диаметров колец. Средние диаметры d_m и D_m определяют расчетом как среднее арифметическое наибольшего и наименьшего диаметров, измеренных в двух крайних сечениях кольца.

7.3. Выбор посадок колец подшипников

Выбор посадок колец подшипников на вал и в корпус осуществляется согласно ГОСТ 3325, исходя из условий работы сборочной единицы, в которую входят подшипники. При этом учитываются: схема работы сборочной единицы (вращается вал с внутренним кольцом или корпус с наружным кольцом); вид нагружения колец и режим работы подшипника. Практически чаще всего сборочные единицы, содержащие подшипники, работают по схеме, когда вращается внутренне кольцо с валом, а наружное кольцо и корпус неподвижны. Поля допусков посадок колец подшипников на вал и в корпус для данной схемы приведены на рисунке 7.2.

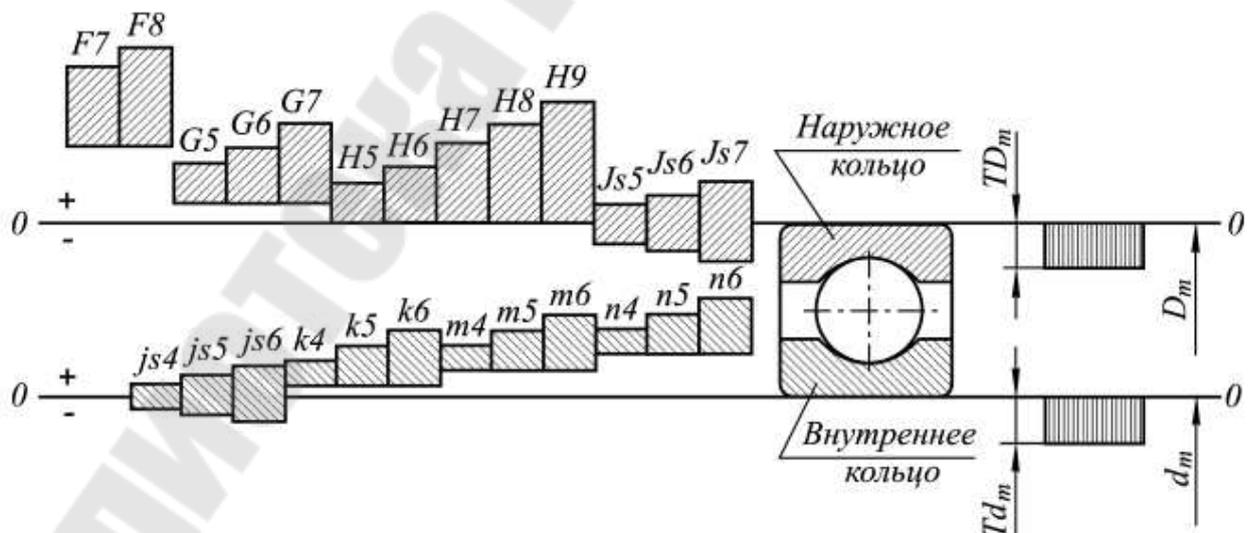


Рис.7.2. Схемы полей допусков посадок колец подшипников на вал и в корпус при вращении вала с внутренним кольцом подшипника

В этом случае необходимо обеспечить неподвижность соединения внутреннего кольца подшипника с валом. Это достигается за счет использования полей допусков валов под переходные посадки (основные отклонения j_s, k, m, n), что, благодаря специфическому расположению поля допуска внутреннего кольца (вниз от нулевой линии), позволяет получить в соединении небольшой, чаще всего гарантированный натяг. Исключение представляет случай, когда предельные отклонения вала расположены симметрично относительно нулевой линии. Однако в этом случае вероятность получения натяга в соединении достаточно велика (96...98 %).

Поля допусков валов, как видно из рисунка 7.2, выбирают по системе основного отверстия:

- для подшипников класса точности 0 и 6 – $j_s6, k6, m6, n6$;
- для подшипников класса точности 5 и 4 – $j_s5, k5, m5, n5$;
- для подшипников класса точности 2 – $j_s4, k4, m4, n4$.

Наружное кольцо подшипника в корпус при рассматриваемой схеме работы сборочной единицы должно устанавливаться свободно. Поля допусков отверстий корпусов выбирают по системе основного вала:

- для подшипников класса точности 0 и 6 – $J_s7, H7, H8, H9, G7, F7, F8$;
- для подшипников класса точности 5 и 4 – $J_s6, H6, G6$;
- для подшипников класса точности 2 – $J_s5, H5, G5$.

Если вращается наружное кольцо с корпусом, а внутреннее кольцо и вал неподвижны, то в этом случае необходимо обеспечить неподвижность соединения наружного кольца с корпусом. Соединение внутреннего кольца с валом в рассматриваемом случае должно быть свободным. Поля допусков для отверстий корпусов и поля допусков на валы приведены в справочной литературе по нормированию точности подшипников.

7.4. Виды нагружения колец подшипников качения

Выбор посадок колец подшипников определяется также видом нагружения и режимом работы. В случае, если сборочная единица работает по схеме, когда вращается вал с внутренним кольцом, а корпус с наружным кольцом неподвижны, то возможны две типовые схемы нагружения подшипника.

Первая типовая схема нагружения представлена на рисунке 7.3, *а*. Радиальная нагрузка P_r постоянна по величине и направлению. В этом случае внутреннее кольцо подшипника испытывает циркуляционное нагружение, а наружное кольцо – местное нагружение.

При **местном** нагружении (рис.7.3, *б*) кольцо подшипника воспринимает радиальную нагрузку P_r , постоянную по направлению, лишь ограниченным участком беговой дорожки и передает ее ограниченному участку корпуса. Поэтому сопряжение наружного кольца подшипника с корпусом должно быть осуществлено по посадке с небольшим средневероятным зазором. За счет наличия зазора данное кольцо в процессе работы под действием отдельных толчков, сотрясений и других факторов будет периодически проворачиваться в корпусе, вследствие чего износ беговой дорожки станет более равномерным и долговечность подшипника существенно возрастет.

Циркуляционное нагружение создается на кольце при постоянно направленной радиальной нагрузке, когда место нагружения последовательно перемещается по окружности кольца со скоростью его вращения (рис.7.3, *в*). Посадка вращающегося циркуляционно-нагруженного кольца должна обеспечивать гарантированный натяг, который исключает возможность относительного смещения или проскальзывания кольца и вала. Наличие вышеуказанных процессов приведет к развальцовке сопрягаемых поверхностей, потере точности, перегреву и быстрому выходу сборочной единицы из строя.

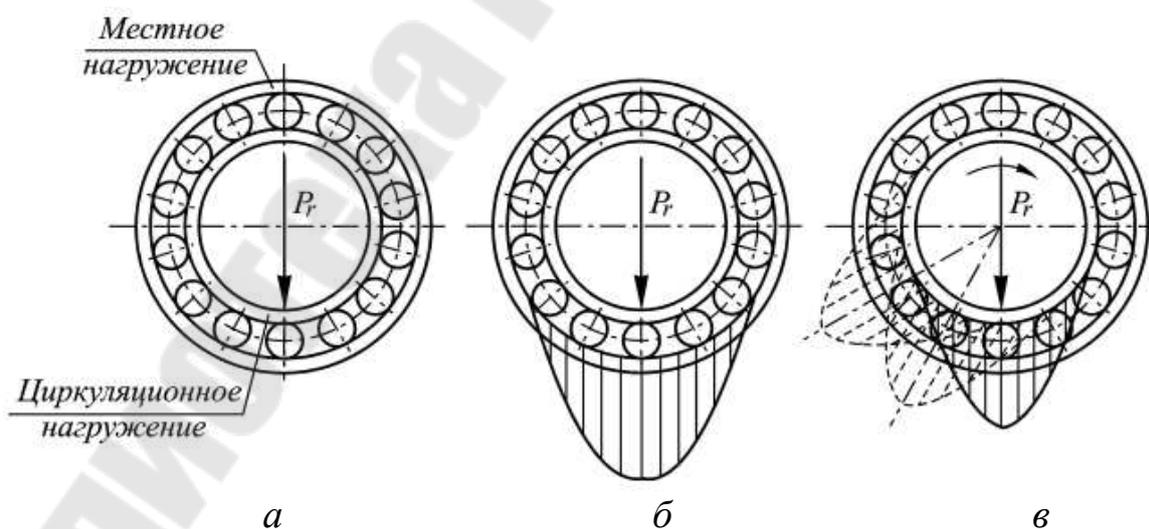


Рис.7.3. Первая типовая схема нагружения подшипника и виды нагружения колец: *а* – типовая схема нагружения; *б* – местное нагружение наружного кольца; *в* – циркуляционное нагружение внутреннего кольца.

Вторая типовая схема нагружения показана на рисунке 7.4, *a*. На кольца действуют две радиальные нагрузки, одна из которых P_r постоянна по величине и направлению, а другая, центробежная P_v , вращающаяся вместе с валом. При такой схеме нагружения внутреннее кольцо испытывает циркуляционное нагружение, а наружное кольцо – колебательное.

Равнодействующая сил P_r и P_v сила P_{r+v} совершает периодическое колебательное движение, симметричное относительно действия силы P_r (рис.7.4,*б*). Такой вид нагружения кольца называется колебательным.

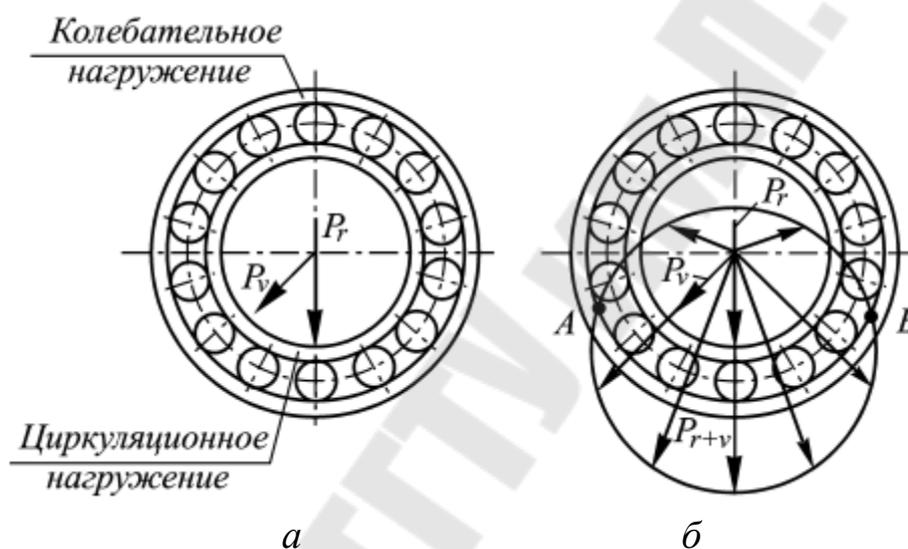


Рис.7.4. Вторая типовая схема нагружения подшипника и виды нагружения колец: *a* – типовая схема нагружения; *б* – колебательное нагружение наружного кольца

Внутреннее кольцо воспринимает суммарную радиальную нагрузку последовательно всей контактной поверхностью дорожки качения, т. е. имеет циркуляционное нагружение, схема которого, аналогична схеме, представленной на рисунке 7.3, *в*.

7.5. Обозначение посадок подшипников на чертежах

Поля допусков внутреннего и наружного колец подшипника принято обозначать соответственно буквами L и l с указанием класса точности подшипника, например, $L6$ и $l6$.

Для соединения колец подшипников с валами и корпусами применяют так называемые «подшипниковые» посадки, отличающиеся

от посадок ГОСТ 25347-82 значениями зазоров и натягов. Это вызвано тем, что предельные отклонения размеров колец, выбираемых по ГОСТ 520-89, отличны от отклонений, установленных ГОСТ 25347-82. Посадки подшипников качения на сборочных чертежах, в соответствии с общими правилами, обозначаются в виде дроби. Пример обозначения посадок подшипника на чертежах показан на рисунке 7.5. Допускается при обозначении посадок подшипника на вал и в корпус указывать только поля допусков вала и отверстия в корпусе.

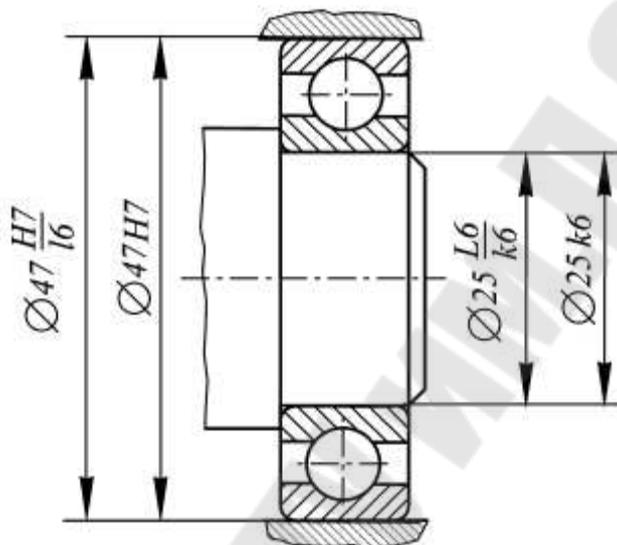


Рис.7.5. Обозначение посадок подшипников на чертежах

Если сборочная единица работает по схеме, вращается вал с внутренним кольцом подшипника (например, класса точности б), а корпус с наружным кольцом подшипника – неподвижны, то циркуляционно нагруженное кольцо можно установить на вал по одной из посадок – $L6/js6$, $L6/k6$; кольцо подшипника, испытывающее местное нагружение, по посадкам – $H7/l6$, $G7/l6$;

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ.

Машины и механизмы состоят из множества различных деталей, взаимно связанных между собой и имеющих линейные и диаметрально-размерные размеры. Для обеспечения правильной работы любой сборочной единицы и машины в целом, взаимозаменяемости деталей и сборочных единиц, необходимо выдержать эти размеры в определенных пределах, поскольку изменение размера любой из множества деталей вызовет нарушение положения других деталей, составляющих эту

сборочную единицу или машину. Вышеуказанные требования обеспечиваются за счет расчета размерных цепей, проводимых на стадии конструирования машин и проектирования технологических процессов.

8.1. Основные понятия о размерных цепях. Классификация размерных цепей. Основные термины и определения.

Основные термины и определения теории размерных цепей. (ГОСТ 16319-80).

Размерной цепью называют совокупность геометрических размеров, расположенных по замкнутому контуру и определяющих взаимное расположение деталей и их поверхностей.

Звеньями размерной цепи называются размеры, составляющие размерную цепь.

Классификация размерных цепей.

По области применения:

- конструкторская – решается задача обеспечения точности при конструировании изделий.
- технологическая – решается задача обеспечения точности при изготовлении изделий.
- измерительная – решается задача измерения величин, характеризующих точность изделий.

По месту в изделии:

- детальная – определяет точность относительного положения поверхностей или осей одной детали.
- сборочная – определяет точность относительного положения поверхностей или осей деталей, входящих в сборочную единицу.

По расположению звеньев:

- линейная – звенья цепи являются линейными размерами и расположены на параллельных прямых.
- угловая – звенья цепи представляют собой угловые размеры.
- плоская – звенья расположены произвольно в одной или нескольких параллельных плоскостях.
- пространственная – звенья расположены произвольно в пространстве.

Любая размерная цепь имеет одно исходное (замыкающее) звено и два или более составляющих звеньев.

Исходным называют звено, которое определяет функционирование механизма. Размер этого звена указывают в специальных технических требованиях на сборочных чертежах. Это понятие используется при проектном расчете размерной цепи.

В процессе обработки или при сборке изделия исходное звено получается обычно последним, замыкая размерную цепь. Такое звено называется замыкающим A_{Δ} .

Его величина и допуск зависят от величины и точности всех остальных звеньев, называемых составляющими A_i .

Составляющие звенья, с увеличением которых замыкающее звено также увеличивается, называются увеличивающими и обозначаются \overrightarrow{A}_i . Звенья, с увеличением которых уменьшается, называют уменьшающими и обозначают \overleftarrow{A}_i .

8.2. Составление размерных цепей.

При проведении размерного анализа рекомендуется выделять звенья и составлять размерные цепи, руководствуясь следующими рекомендациями:

1. Должна быть четко сформулирована задача, для решения которой рассчитывается размерная цепь.

2. Для выявления исходного звена необходимо установить требования к точности, которым должно удовлетворять изделие или сборочная единица.

Правильно составленная размерная цепь должна иметь:

- минимум звеньев;
- замкнутый контур;
- при мысленной разборке звенья сохраняться как размеры конкретных деталей.

Составление и расчет размерных цепей является обязательной частью конструирования и позволяют:

- установить количественную связь между размерами деталей машин;
- уточнить номинальные значения и допуски взаимосвязанных размеров;
- добиться наиболее правильной простановки размеров на чертежах;

- определить наиболее рентабельный вид взаимозаменяемости;
- определить операционные (промежуточные) размеры.

Построим сборочную размерную цепь для сопряжения шпонки с валом (рис.8.1). Размерную цепь изображают в виде примыкающих отрезков произвольного масштаба. В одном ряду откладывают увеличивающие звенья, а в другом – уменьшающие и замыкающие звенья. Направление стрелок должно образовывать замкнутый контур.

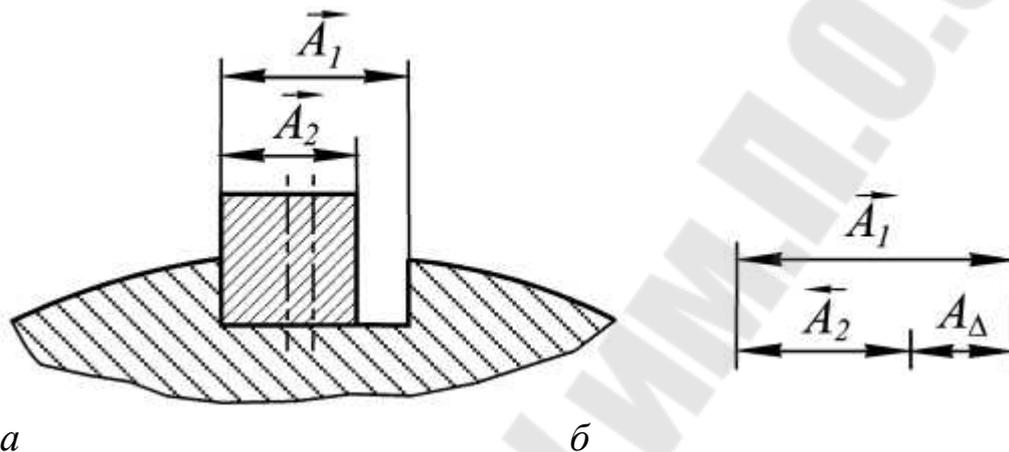


Рис.8.1. Сопряжение шпонки с валом (а) и сборочная размерная цепь для данного сопряжения (б)

На рисунке 8.1,б показана сборочная размерная цепь для вышеуказанного сопряжения, в которой замыкающее звено A_Δ определяет зазор. При определении увеличивающих и уменьшающих звеньев остальные звенья полагаются неизменными. В данной схеме $\overline{A_1}$ является увеличивающим звеном, $\overline{A_2}$ - уменьшающим.

При решении размерных цепей различают прямую и обратную задачи.

Прямая задача – определение допусков и предельных отклонений составляющих звеньев по предельным значениям исходного звена. Это конструкторская задача.

Обратная задача – определение номинального размера, предельных отклонений и допуска замыкающего звена по допускам и предельным отклонениям составляющих звеньев. Это технологическая задача.

8.3. Методы решения размерных цепей

Существуют следующие методы достижения заданной точности исходного звена (решения размерных цепей):

1. Метод полной взаимозаменяемости (максимума – минимума).
2. Теоретико-вероятностный метод.
3. Метод групповой взаимозаменяемости.
4. Метод регулирования.
5. Метод пригонки.

Метод максимума-минимума обеспечивает полную взаимозаменяемость всех деталей и сборочных единиц и исходит из допущения, что в процессе изготовления или сборки возможны сочетания наибольших увеличивающих и наименьших уменьшающих размеров или наоборот.

Вероятностный метод допускает вероятность несоблюдения требуемых зазоров или натягов у незначительной части изделий, т.е. обеспечивает неполную взаимозаменяемость, при которой эта часть изделий требует дополнительной доработки. Зато этот метод позволяет несколько расширить допуски на изготовление деталей и сборочных единиц.

При выборе метода решения размерных цепей необходимо учитывать:

- функциональное назначение изделия;
- его конструктивные и технологические особенности;
- стоимость изготовления и сборки;
- эксплуатационные требования;
- тип производства и другие факторы.

Заданная точность исходного звена должна достигаться с наименьшими технологическими и эксплуатационными затратами.

Для проведения размерного анализа кроме размерной схемы необходимо составить уравнение размерной цепи, вытекающее из условия замкнутости. Если в размерную цепь входит m увеличивающих звеньев и n уменьшающих звеньев, то уравнение линейной размерной цепи имеет вид:

$$A_0 = \sum_{j=1}^m \overrightarrow{A_j} - \sum_{j=1}^n \overleftarrow{A_j} \quad (1)$$

При выборе метода расчета цепей можно ориентироваться на среднюю величину допуска составляющих звеньев или среднюю степень точности (калитет) составляющих звеньев.

$$T_c A_j = \frac{TA_0}{m+n} \quad (2)$$

$$A = \frac{TA_0}{\sum_{j=1}^{m+n} i_j} = \frac{TA_0}{\sum_1^{m+n} (0,45\sqrt[3]{D_m} + 0,001D_m)} \quad (3)$$

8.3.1. Метод полной взаимозаменяемости.

После составления уравнения размерной цепи (1) и решения его относительно A_0 можно определить предельные размеры замыкающего звена:

$$A_0^{\max} = \sum_{j=1}^m \overrightarrow{A_j^{\max}} - \sum_{j=1}^n \overleftarrow{A_j^{\min}} \quad (4)$$

$$A_0^{\min} = \sum_{j=1}^m \overleftarrow{A_j^{\min}} - \sum_{j=1}^n \overrightarrow{A_j^{\max}} \quad (5)$$

Вычитая почленно из (4) выражение (5) получим формулу для определения допуска замыкающего звена:

$$TA_0 = \sum_{j=1}^m T \overrightarrow{A_j} + \sum_{j=1}^n T \overleftarrow{A_j} \quad (6)$$

$$TA_0 = \sum_{j=1}^{m+n} TA_j \quad (7)$$

Анализируя формулу (7) можно сделать следующие выводы:

1. В качестве замыкающего звена при сборке или изготовлении необходимо принимать наименее ответственный размер.
2. Точность замыкающего звена увеличивается с уменьшением допусков составляющих звеньев.
3. Сокращение числа звеньев приводит к повышению точности замыкающего звена; чем меньше число составляющих, тем больше допуски на составляющие звенья при той же величине допуска на исходное (замыкающее) звено, тем меньше стоимость изготовления.

Если из уравнений (4) и (5) вычесть последовательно уравнение (1), получим

выражения для определения предельных отклонений замыкающего (исходного) звена:

$$ES(A_0) = \sum_{i=1}^m ES(\overline{A_i}) - \sum_{i=1}^n EI(\overline{A_i}) \quad (8)$$

$$EI(A_0) = \sum_{i=1}^m EI(\overline{A_i}) - \sum_{i=1}^n ES(\overline{A_i}) \quad (9)$$

При расчете размерных цепей часто оказывается удобным оперировать не предельными отклонениями ES и EI, а средними отклонениями E_c

$$E_c = \frac{ES + EI}{2} \quad (10)$$

Сложив почленно уравнения (8) и (9) и учитывая (10) получим среднее отклонение поля замыкающего звена.

$$E_c(A_0) = \sum_{i=1}^m E_c(\overline{A_i}) - \sum_{i=1}^n E_c(\overline{A_i}) \quad (11)$$

Решение прямой задачи.

Такая задача встречается гораздо чаще. Она наиболее важна, поскольку конечная цель расчета допусков составляющих размеров при заданной точности сборки (заданном допуске исходного звена) – обеспечить выполнение машиной ее функционального назначения. Эту задачу можно решать одним из следующих способов.

Способ равных допусков.

Применяется, если составляющие размеры входят в один интервал размеров и могут быть выполнены с примерно одинаковой экономической точностью.

Допуски всех составляющих звеньев принимаются одинаковыми.

$$TA_1 = TA_2 = \dots = TA_{m+n} = T_c A_i \quad (12)$$

Используя уравнение (7) и равенство (12) получим выражение (2):

$$TA_0 = (m + n)T_c A_i$$

$$T_c A_i = \frac{TA_0}{m + n} \quad (2)$$

Полученный средний допуск $T_c A_i$ корректируют для всех или некоторых составляющих звеньев в зависимости от их номинальных размеров, технологических возможностей изготовления, конструктивных требований. При этом должно выполняться условие:

$$TA_0 \geq \sum_{i=1}^{m+n} TA_i \quad (13)$$

При этом выбирают стандартные поля допусков, желательно предпочтительного применения.

Способ равных допусков прост, но недостаточно точен, т.к. корректировка допусков произвольна. Его можно рекомендовать для предварительного назначения допусков составляющих размеров.

Способ допусков одного качества.

Применяется, если все составляющие размеры могут быть выполнены с допуском одного качества и допуски составляющих размеров зависят от их номинального значения.

Известны номинальные размеры всех звеньев и предельные отклонения исходного (замыкающего звена).

Требуемый качество определяют следующим образом:

Допуск составляющего размера:

$$TA_i = a_i i_i,$$

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

Используя формулу (7):

$$TA_0 = a_1 i_1 + a_2 i_2 + \dots + a_{m+n} \cdot i_{m+n}$$

По условию $a_1 = a_2 = \dots = a_c$. Тогда

$$TA_0 = a_c \sum_{i=1}^{m+n} i_i$$

Откуда получаем формулу (3):

$$a_c = \frac{TA_0}{\sum_{i=1}^{m+n} i_i} \quad (3)$$

По значению a_c выбирают ближайший качество. Найдя по таблицам ГОСТа 25347 допуски составляющих размеров, корректируют их значения. Допуски для охватывающих размеров рекомендуется определять как для основного отверстия, а для охватываемых – как для основного вала. При этом должно соблюдаться условие (13).

Найдя допуски $TA_1, TA_2, \dots, TA_{m+n}$ по заданным отклонениям $ES(A_0)$ и $EI(A_0)$ определяют значения и знаки верхних и нижних отклонений составляющих размеров так, чтобы они удовлетворяли уравнениям (8) и (9).

8.3.2. Теоретико–вероятный метод.

При расчете размерных цепей методом максимума-минимума предполагалось, что в процессе обработки и сборки деталей возможно одновременное сочетание наибольших увеличивающих и наименьших уменьшающих размеров или обратное их сочетание, что приводит к снижению точности замыкающего звена или к уменьшению допуска составляющих звеньев. Но такое сочетание маловероятно, так как отклонения размеров в основном группируются около середины поля допуска. Если допустить ничтожно малую вероятность (0,27 %) несоблюдения предельных значений замыкающего размера, то можно значительно расширить допуски составляющих размеров и тем самым снизить себестоимость изготовления деталей. На этом принципе и основан теоретико-вероятный метод (ТВМ) расчета размерных цепей.

Этот метод базируется на основных зависимостях метода максимума – минимума. Однако он учитывает более реальное распределение размеров в пределах поля допуска. В теории размерных цепей наиболее часто применяются следующие основные законы рассеивания размеров деталей: а) нормальный закон (закон Гаусса); б) закон треугольника (закон Симсона).

Уравнение (7) для определения допуска замыкающего (исходного) звена при расчете ТВМ принимает вид:

$$TA_0 = t \sqrt{\sum_{j=1}^{m+n} \lambda_j^2 (TA_j)^2} \quad (14)$$

где λ_j - коэффициент относительного рассеивания, зависящий от закона рассеивания.

При расчетах коэффициент λ_j принимают равным:

$$\lambda_j = \frac{1}{\sqrt{3}} (\lambda_j^2) = \frac{1}{3}, \text{ если ничего не известно о характере кривой}$$

рассеивания размеров деталей (мелкосерийное и индивидуальное производство);

$$\lambda_j = \frac{1}{\sqrt{6}} (\lambda_j^2) = \frac{1}{6}, \text{ если предполагается, что рассеивание размеров}$$

деталей близко к закону треугольника;

$\lambda_j = \frac{1}{\sqrt{9}} \left(\lambda_j^2 = \frac{1}{9} \right)$, если кривая рассеивания имеет нормальный

характер (крупносерийное и массовое производство);

t – коэффициент, зависящий от % риска.

Рассмотрим пример. Для линейной размерной цепи, состоящей из 5 звеньев:

По методу *max – min*:

$$TA_0 = TA_1 + TA_2 + TA_3 + TA_4 = 4T_c A_j \Rightarrow T_c A_j = \frac{TA_0}{4}$$

По методу ТВМ:

$$0,27\%: TA_0 = 3\sqrt{\frac{1}{9} \sum (TA_j)^2} = \sqrt{4(T_c A_j)^2} = 2T_c A_j \Rightarrow TA_{jc} = \frac{TA_0}{2}$$

$$0,01\%: TA_0 = 3,89\sqrt{\frac{1}{9} \sum (TA_j)^2} = 2,6TA_{jc} \Rightarrow TA_{jc} = \frac{TA_0}{2,6}$$

$$32\%: TA_0 = 1\sqrt{\frac{1}{9} \sum (TA_j)^2} = \frac{2}{3}TA_{jc} \Rightarrow TA_{jc} = \frac{3}{2}TA_0$$

Таким образом, для линейных цепей при нормальном законе распределения размеров деталей ($P = 0,27\%$)

$$TA_0 = \sqrt{\sum_1^{m+n} (TA_j)^2} \quad (15)$$

$$T(A_0) = t\sqrt{\lambda_j^2 \sum T(A_j)^2}.$$

Способ равных допусков.

$$T(A_0) = 3\sqrt{\frac{1}{9} \sum T(A_j)^2} = 3 \cdot \frac{1}{3} \sqrt{T_c (A_j)^2 (m+n)} = T_c (A_j) \sqrt{m+n}$$

$$T_c (A_j) = \frac{T(A_0)}{\sqrt{m+n}} \quad (16)$$

Способ допусков одного качества.

$$T(A_0) = 3\sqrt{\frac{1}{9} \cdot \sum T(A_j)^2} = 3 \cdot \frac{1}{3} \sqrt{\sum (a_j i_j)^2} = \sqrt{a_{jc}^2 \sum i_j^2} = a_{jc} \sqrt{\sum i_j^2}$$

$$a_{jc} = \frac{T(A_0)}{\sqrt{\sum i_j^2}} \quad (17)$$

Теоретико-вероятностный метод позволяет назначить более широкие допуски на составляющие звенья, чем метод *max – min*.

8.3.3. Методы достижения требуемой точности замыкающего звена.

Метод групповой взаимозаменяемости (метод селективной сборки) – это изготовление деталей со сравнительно широкими допусками, сортировка сопрягаемых деталей на равное число групп с более узкими групповыми допусками и сборка деталей из одноименных групп. При селективной сборке наибольшие зазоры (в подвижных посадках) и наибольшие натяги (в неподвижных посадках) уменьшаются, а наименьшие увеличиваются, приближаясь с увеличением числа групп сортировки к средней величине зазора или натяга посадки (рис.8.2). В переходных посадках наибольшие зазоры и натяги уменьшаются, приближаясь с ростом числа групп к тому натягу или зазору, который соответствует серединам полей допусков деталей. Производственный и эксплуатационный опыт показал, что максимальное число групп сортировки $n_{max} = 4...5$ и лишь в подшипниковой промышленности n достигает 10 и более.

Селективная сборка позволяет в n раз увеличить точность сборки без уменьшения допусков на изготовление деталей. Однако этот вид сборки имеет и недостатки: усложненный контроль, увеличение трудоемкости разборки деталей на группы, увеличение незавершенного производства из-за разного количества деталей в парных группах, неполная взаимозаменяемость. Поэтому применение селективной сборки целесообразно только в массовом и крупносерийном производстве, где затраты на сортировку окупаются высоким качеством изделий.

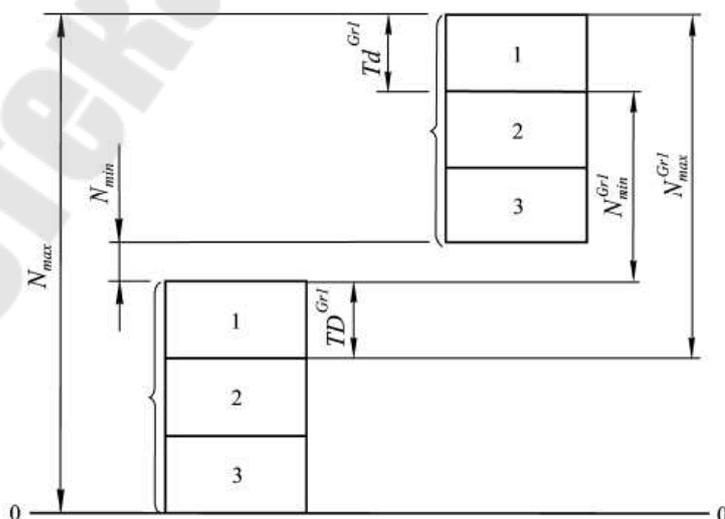


Рис.8.2. Схема, поясняющая селективную сборку

Метод регулирования предполагает такой расчет размерных цепей, при котором заданная точность замыкающего звена достигается изменением (регулированием) одного заранее выбранного составляющего размера, называемого компенсатором. Роль компенсатора обычно выполняет специальное звено в виде прокладки, регулируемого упора, клина и т.д. При этом все остальные составляющие размеры цепи изготавливаются с расширенными, экономически целесообразными допусками.

Номинальный размер компенсирующего звена K определяется из уравнения

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \vec{A}_i - \sum_{i=n+1}^{n+p} \overleftarrow{A}_i \pm K.$$

Значение K берется со знаком "плюс", когда он является увеличивающим размером, и со знаком "минус", когда он уменьшающий.

Метод регулирования позволяет достигнуть высокой точности соединений и поддерживать эту точность в процессе эксплуатации, но приводит к увеличению числа деталей в машине, что усложняет конструкцию, процесс сборки и эксплуатацию.

Метод пригонки - при этом методе предписанная точность замыкающего размера достигается дополнительной обработкой при обработке детали по одному из заранее выбранному размеру цепи. Остальные размеры выполняются с расширенными экономически целесообразными допусками. Для того чтобы пригонка всегда осуществлялась за счет выбранного размера, необходимо по этому размеру оставлять припуск, достаточный для пригонки, но вместе с тем он должен быть минимальным для сокращения объема пригоночных работ.

Способ пригонки применяется в единичном и мелкосерийном производстве, когда нельзя использовать другие средства достижения требуемой точности.

9. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О МЕТРОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ

9.1. Объект и предмет метрологии

Метрология (от греч. «metron» – мера, «logos» – учение) – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства измерений и методах и средствах обеспечения их требуемой точности. Предметом метрологии является измерение свойств объектов (длины, массы, плотности и т.д.) и процессов (скорость протекания, интенсивность протекания и др.) с заданной точностью и достоверностью. Объектом метрологии является физическая величина. Метрологию разделяют на три основных раздела: «Теоретическая метрология», «Прикладная (практическая) метрология» и «Законодательная метрология». Важнейшей задачей метрологии является обеспечение единства измерений.

Единство измерений – состояние измерений, при котором их результаты выражены в единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы.

Закон Республики Беларусь № 3848-ХІІ от 5 сентября 1995г. «Об обеспечении единства измерений» определяет правовые и организационные основы обеспечения единства измерений в Республике Беларусь и направлен на регулирование отношений, возникающих при обеспечении единства измерений, а также на определение и проведение единой государственной политики в области обеспечения единства измерений.

9.2. Физическая величина, ее свойства и характеристики.

Физическая величина – одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них. Например, свойство "прочность" в качественном отношении характеризует такие материалы, как металл, дерево, стекло и т.д.; в то время как степень (количественное значение) прочности – величина для каждого из них разная.

Единица физической величины – физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение,

равное 1, и применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин.

В 1960 г. XI Международная конференция по мерам и весам приняла Международную систему единиц физических величин, получившую у нас в стране сокращённое название СИ (от начальных букв System Internationale d'Unites – Международная система единиц). В нашей стране Международная система мер является обязательной с 1 января 1980 г.

Физические величины принято делить на основные и производные.

Основные физические величины не зависимы друг от друга, но они могут служить основой для установления связей с другими физическими величинами, которые называют производными от них. Например, в формуле Эйнштейна $E = mc^2$ (m – масса, c – скорость света) масса – основная единица, которая может быть измерена взвешиванием; энергия (E) – производная единица. Основным величинам соответствуют основные единицы измерений, а производным – производные единицы измерений.

Таким образом, система единиц физических величин (система единиц) – совокупность основных и производных единиц физических величин, образованная в соответствии с принципами, положенными в основу данной системы физических величин.

Первой системой единиц считается метрическая система.

9.3. Системы единиц физических величин.

Основные единицы Международной системы единиц были выбраны в 1954 г. X Генеральной конференцией по мерам и весам. При этом исходили из того, чтобы:

- 1) охватить системой все области науки и техники;
- 2) создать основу образования производных единиц для различных физических величин;
- 3) принять удобные для практики размеры основных единиц, уже получившие широкое распространение;
- 4) выбрать единицы таких величин, воспроизведение которых с помощью эталонов возможно с наибольшей точностью.

Международная система единиц включает в себя две дополнительные единицы – для измерения плоского и телесного углов.

Основные и дополнительные единицы СИ приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1.

Основные и дополнительные единицы СИ

Величина	Единица измерения	Сокращённое обозначение единицы	
		Русское	Международное
Основные			
Длина	метр	м	m
Масса	килограмм	кг	kg
Время	секунда	с	s
Сила электрического тока	ампер	А	A
Термодинамическая температура	кельвин	К	K
Сила света	кандела	кд	cd
Количество вещества	моль	моль	mol
Дополнительные			
Плоский угол	радиан	рад	rad
Телесный угол	стерадиан	ср	sr

Метр – длина пути, которую проходит свет в вакууме за $1 / 299\,792\,458$ долю секунды.

Килограмм – масса, равная массе международного прототипа килограмма (платиновая цилиндрическая гиря, высота и диаметр которой равны по 39 мм).

Секунда – продолжительность 9 192 631 770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома цезия-133 при отсутствии возмущения со стороны внешних полей.

Ампер – сила не изменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, создал бы между этими проводниками силу, равную 2×10^{-7} Н на каждый метр длины.

Кельвин – $1/273,16$ часть термодинамической температуры тройной точки воды.

Моль – количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько атомов содержится в нуклиде углерода-12 массой 0,012 кг.

Кандела – сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой 540×10^{12} Гц.

Производные единицы Международной системы единиц образуются с помощью простейших уравнений между величинами, в которых числовые коэффициенты равны единице.

Например, для линейной скорости в качестве определяющего уравнения можно воспользоваться выражением для скорости равномерного прямолинейного движения $v = l/t$. Тогда при длине пройденного пути l (в метрах) и времени t (в секундах) скорость выражается в метрах в секунду (м/с). Поэтому единица скорости СИ – метр в секунду – это скорость прямолинейно и равномерно движущейся точки, при которой она за время 1 с перемещается на расстояние 1 м.

Различают кратные и дольные единицы физической величины.

Кратная единица – единица физической величины, в целое число раз большая системной или внесистемной единицы.

Дольная единица – единица физической величины, в целое число раз меньшая системной или внесистемной единицы.

Наиболее прогрессивным способом образования кратных и дольных единиц является принятая в метрической системе мер десятичная кратность между большими и меньшими единицами. В соответствии с резолюцией XI Генеральной конференции по мерам и весам десятичные кратные и дольные единицы от единиц СИ образуются путём присоединения приставок.

Например, единица длины километр равна 10^3 м, т.е. кратна метру, а единица длины миллиметр равна 10^{-3} м, т.е. является дольной.

Внесистемные единицы – единицы физических величин, которые не входят в принятую систему единиц. Они подразделяются на:

- допускаемые к применению наравне с единицами СИ;
- допускаемые к применению в специальных областях;
- временно допускаемые;
- устаревшие (не допускаемые).

10. ИЗМЕРЕНИЕ. ВИДЫ ИЗМЕРЕНИЙ. КАЧЕСТВО И ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ.

10.1. Классификация средств и методов измерений.

Измерительные средства - это технические средства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические свойства.

Измерительные средства подразделяются на эталоны, меры, инструменты и приборы.

Эталоны - это средства, официально утвержденные и обеспечивающие воспроизведение и (или) хранение единицы физической величины с целью передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений.

Меры - средства измерения, воспроизводящие единицу измерения, либо дробное или кратное ее значение. Меры подразделяются на штриховые, концевые, меры массы, меры индуктивности (образцовая катушка индуктивности) и т.п.

Измерительный прибор - средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. В зависимости от формы представления информации различают аналоговые и цифровые приборы. Аналоговым называют измерительный прибор, показания которого являются непрерывной функцией измеряемой величины, например, стрелочный вольтметр, ртутно-стеклянный термометр, гладкий микрометр и т.д. В цифровом приборе осуществляется преобразование аналогового сигнала измерительной информации в цифровой код, и результат измерения отражается на цифровом табло: цифровые штангенинструменты, цифровые вольтметры, частотомеры и т.д.

Измерительные приборы классифицируются:

1) по конструкции: на штриховые инструменты с нониусом, микрометрические (основаны на принципе действия винтовой пары); рычажно-механические (с зубчатыми, рычажно-зубчатыми и пружинными механизмами); оптико-механические; пневматические (расходомерные, манометрические); электрические (электро-контактные, электро-индуктивные, емкостные, фотоэлектрические); лазерные; приборы и устройства технического зрения; бесшкальные контрольные инструменты,

2) по назначению: на универсальные (предназначенные для измерения одноименных физических величин различных изделий); специализированные (для измерения изделий определенного типа, например, зубчатых колес); либо определенных параметров изделия, например, шероховатости,

3) по степени механизации: ручного действия; механизированные, полуавтоматы и автоматы.

Все приборы содержат чувствительный элемент, находящийся под воздействием измеряемой величины, измерительный механизм и отсчетное устройство.

Измерением называется нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Существуют различные виды и методы измерений.

Виды измерений классифицируют по следующим признакам:

- физическая сущность измеряемых физических величин;
- характеристика точности (измерения равноточные, неравноточные);
- число измерений случайной величины (измерения однократные, многократные);
- измерение определяемой величины во времени (измерения статические, динамические);
- метрологическое назначение (измерения технические, метрологические); - способ получения числового значения физической величины (прямые, косвенные, совместные, совокупные);
- выражение результатов измерений (измерения абсолютные, относительные).

Равноточные измерения – ряд измерений какой-либо величины, выполненными одинаковыми по точности средствами измерений и в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью. Например, измерение у детали одного и того же размера разными микрометрами одинаковой точности при одинаковой температуре и влажности помещения, в котором производят измерения.

Неравноточные измерения – ряд измерений какой-либо величины, выполненными различающимися по точности средствами измерений и (или) в разных условиях. В этом случае размер одной и той же детали определяется в разных условиях (например, в разных цехах) или разными средствами измерений (например, в одном цехе штангенциркулем, а в другом микрометром), разными операторами.

Однократное измерение – измерение, выполненное один раз.

Многokратное измерение – измерение одной и той же физической величины, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений (наблюдений), т.е. измерение, состоящее из ряда однократных измерений.

Метрологические измерения – измерения, выполненные при помощи рабочих эталонов и образцовых средств измерения.

Технические измерения – измерения, выполненные при помощи рабочих средств измерения.

При прямом измерении искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных. Примерами прямых измерений являются измерения длины с помощью линейных мер или температуры термометром. Прямые измерения составляют основу более сложных – косвенных.

При косвенном измерении искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям, например тригонометрические методы измерения углов, при которых острый угол прямоугольного треугольника определяют по измеренным длинам катетов и гипотенузы.

Совместные измерения – одновременные измерения двух или нескольких разнородных величин для установления зависимости между ними (ряд одновременных, прямых измерений электрического сопротивления проводника и его температуры для установления зависимости сопротивления от температуры).

Совокупные измерения – проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомое значение величин находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин (нахождение значений массы отдельных гирь набора по известному значению массы одной из гирь: сравнивая массы различных сочетаний гирь, получают систему уравнений, из решения которой находят массу одной из гирь, входящих в набор).

Абсолютные измерения основаны на прямых измерениях одной или нескольких основных величин, то есть по шкале прибора определяется полное значение измеряемой величины.

Относительные измерения основаны на измерении отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную.

Методом измерений называют совокупность приемов использования принципов и средств измерений. Различают: метод непосредственной оценки, в котором значение искомой величины определяют непосредственно по отчетному устройству измерительного средства; метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

Метод сравнения с мерой имеет несколько разновидностей: нулевой метод, дифференциальный метод, метод замещения и метод совпадений.

Нулевой метод (или метод полного уравнивания) – это метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и встречного воздействия меры на сравнивающее устройство сводят к нулю (рис. 10.1,а).

При дифференциальном методе полное уравнивание не производят, а разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, отсчитывается по шкале прибора (рис.10.1,б).

Метод замещения – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой (рис.10.1,в).

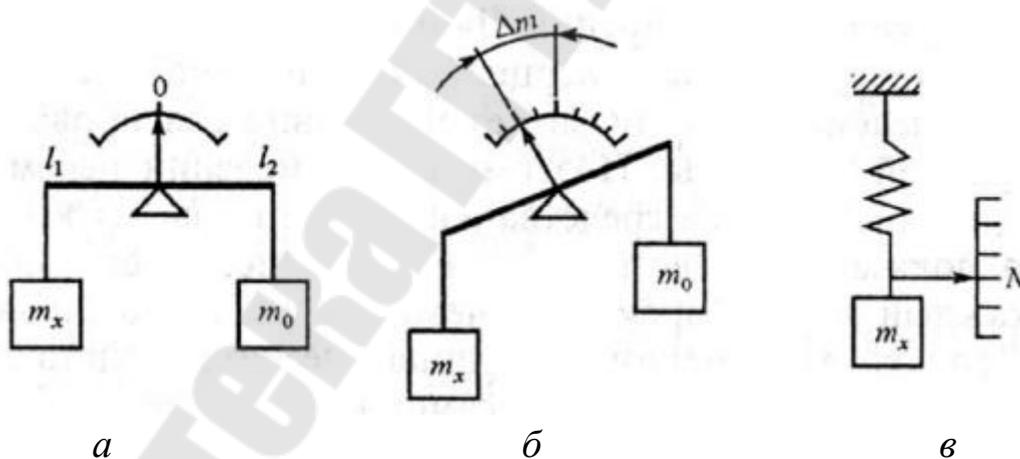


Рис.10.1. Методы сравнения с мерой:

а – нулевой; б – дифференциальный; в – замещения

В методе совпадений разность между измеряемой величиной и величиной воспроизводимой мерой измеряют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов. Например, измерение числа оборотов вала с помощью стробоскопа – вал периодически освещают вспышками света, и частоту вспышек подбирают так, чтобы метка нанесенная на вал, казалась наблюдателю неподвижной.

Методы измерений подразделяются на контактные и бесконтактные. При контактном методе измерения чувствительный элемент измерительного средства приводится в контакт с измеряемым объектом, при бесконтактном – чувствительный элемент измерительного средства не контактирует с объектом измерения.

10.2. Метрологические показатели средств измерений.

Важнейшими показателями средств измерений являются такие показатели, от которых зависит качество получаемой с помощью этих средств измерительной информации.

Метрологический показатель средства измерений – это показатель одного из свойств средства измерений, влияющий на результат измерения и его погрешность.

ГОСТ 8.009-84 устанавливает комплекс нормируемых метрологических показателей средств измерений.

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся метрологические показатели средств измерений, которые обеспечиваются определенными конструктивными решениями средств измерений и их отдельных узлов. Графическая иллюстрация некоторых метрологических показателей средств измерений представлена на рисунке 10.2.

1. Длина деления шкалы – расстояние между осями (центрами) двух соседних отметок шкалы, измеренное вдоль воображаемой линии, проходящей через середины самых коротких отметок шкалы.

2. Цена деления шкалы – разность значений измеряемой величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

3. Диапазон показаний шкалы – область значений шкалы, ограниченная конечным и начальным значениями шкалы, т.е. наибольшим и наименьшим значениями измеряемой величины.

4. Диапазон измерений – область значений измеряемой величины, которые могут быть получены данным измерительным средством с нормированной для него погрешностью.

5. Порог чувствительности средства измерений – показатель средства измерений, выражаемый наименьшим значением изменения физической величины, начиная с которой может осуществляться ее измерение данным средством.

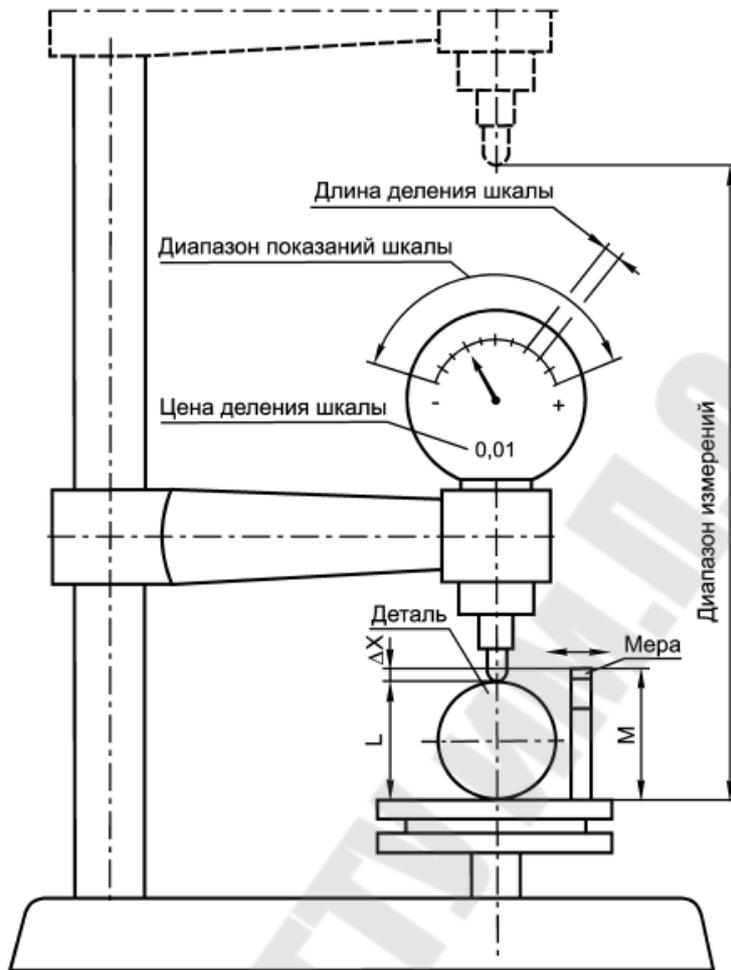


Рис.10.2. Схема, поясняющая некоторые метрологические показатели средств измерений и относительный метод измерения.

6. Вариация показаний измерительного прибора – разность показаний прибора в одной и той же точке диапазона измерений при плавном подходе к этой точке со стороны меньших и больших значений измеряемой величины.

7. Чувствительность – отношение изменения показаний прибора к вызвавшему его изменению измеряемой величины.

8. Стабильность средства измерения - качество средства измерения, отражающее неизменность во времени его метрологических свойств.

9. Измерительное усилие прибора - сила, создаваемая прибором при контакте с изделием и действующая по линии измерения.

10. Предел допустимой погрешности средства измерений – наибольшее значение погрешности средства измерений, устанавливаемое

нормативным документом для средств измерений данного типа, при котором оно признается годным к применению.

10.3. Погрешности и выбор измерительных средств.

Погрешности измерения зависят от субъективных и объективных причин.

Субъективные погрешности зависят от оператора, его квалификации, навыка работы, его утомляемости и других факторов. Различают субъективные погрешности профессиональные, а также субъективные от присутствия оператора (теплоизлучение оператора), погрешности действия, обусловленные настройкой прибора и перемещением подвижных частей, погрешности параллакса (кажущееся смещение стрелки прибора при неправильном расположении оператора).

Большинство субъективных погрешностей относится к случайным, хотя они могут быть систематическими (например, погрешности неправильной настройки прибора).

Объективные погрешности измерений могут быть как систематическими, так и случайными. Правильность измерения определяется стремлением к нулю систематических погрешностей. Точность измерения оценивается стремлением к нулю случайных погрешностей. Поэтому необходимо выявлять источники систематических погрешностей и устранять их до начала измерения.

Источники систематических объективных погрешностей:

– инструментальные погрешности, зависящие от конструкции (когда нарушен принцип Аббе, требующий, чтобы измеряемый размер и шкала отсчета находились на одной прямой), точности изготовления и износа измерительного средства, которые определяются при их аттестации;

– погрешности установочных мер при относительном методе измерения, зависящие от формы контактных наконечников приборов (контакт должен быть точечный, а не плоскостной);

– погрешности базирования, обусловленные погрешностями поверхностей контакта детали и измерительного средства, для их исключения необходимо соблюдать принцип единства баз конструкторских и измерительных;

– температурные погрешности, вызванные колебанием температуры при измерении и отклонением ее от нормальной;

– погрешности, зависящие от измерительного усилия при контактных методах измерения, когда пониженная жесткость детали, стоек и других устройств;

– погрешности, зависящие от измерительного усилия при контактных методах измерения, когда пониженная жесткость детали, стоек и других устройств;

– методические погрешности или теоретические, которые зависят от метода измерения, выбранной схемы измерения, алгоритма обработки результатов. Могут быть и другие источники погрешностей.

Способы исключения систематических погрешностей следующие:

– до начала измерения (профилактика измерений);

– в процессе измерения (экспериментальное исключение);

– по окончании выполнения измерений;

– перевод систематической погрешности в случайную и выполнение многократных измерений.

При измерении линейных размеров может проявиться систематическая **температурная погрешность**, которая зависит от температурного режима процесса измерения. Нормальные условия для выполнения линейных измерений установлены ГОСТ 8.050.

Наиболее существенными при измерении являются систематические инструментальные погрешности, которые должны быть меньше допускаемых погрешностей измерения, указанных в ГОСТ 8.051 и 8.549. В этих стандартах погрешности измерений даны для выполнения однократных измерений, при устранении известных источников систематических погрешностей до начала измерения. Допускаемая инструментальная погрешность (Δ) должна всегда регламентировать выбор средств измерений.

При выполнении технических измерений систематическая погрешность Δ является доминирующей, т.е. она существенно больше случайной, присущей данному методу. Поэтому эти измерения достаточно производить один раз.

При выполнении метрологических измерений (поверке и калибровке) случайная погрешность является доминирующей, поэтому необходимо осуществлять многократные измерения и производить обработку полученных результатов. Число измерений n следует выбрать таким образом, чтобы ошибка среднего арифметического была меньше систематической инструментальной погрешности, т.е. чтобы последняя опять определяла точность результата измерения, так как по-

грешность среднего арифметического убывает в \sqrt{n} раз. Окончательный результат измерения должен содержать:

- числовое значение среднего арифметического,
- возможный интервал его рассеивания (доверительный интервал),
- доверительную вероятность, соответствующую доверительному интервалу по таблицам нормального закона распределения случайных величин.

Выбор СИ для однократных измерений по метрологическим факторам заключается в сравнении допускаемой погрешности измерения δ с инструментальной погрешностью Δ , в установлении приемочных границ и приемочного процента риска. Необходимо соблюдать условие $\Delta \leq \delta$.

Если необходимые по точности средства измерения отсутствуют, то более грубые должны быть индивидуально аттестованы, т.е. следует определить их систематическую погрешность и учитывать ее путем введения поправки в результат измерения.

Допускаемая погрешность измерения δ включает случайные и неучтенные систематические погрешности (погрешность СИ).

Допускаемые погрешности измерения δ для сопрягаемых размеров даны в ГОСТ 8.051-81. Расчет допускаемых погрешностей δ в этом стандарте производится в зависимости от допуска по следующей зависимости:

$$\delta = (0,2 \dots 0,35)IT.$$

Меньшее значение относится к более грубым квалитетам, а большее – к точным квалитетам.

В 1986 году был принят ГОСТ 8.549-86, который узаконил применение грубых СИ для размеров с неуказанными (общими) допусками. Теперь для размеров с неуказанными допусками (12...17 квалитеты) допускаемая погрешность измерения по ГОСТ 8.549-86 равна половине допуска размера $\delta = 0,5IT$. Это необходимо учитывать, чтобы не усложнять процесс измерения грубых (неответственных) размеров, особенно в приборостроении и авиации (здесь 12 квалитет используется для свободных размеров с общими допусками). Если же по 12-му квалитету выполняется соединение (посадка), то СИ необходимо выбирать по ГОСТ 8.051-81.

11. ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ. ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ОСНОВЫ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ В ОБЛАСТИ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ.

11.1. Законодательство Республики Беларусь в области оценки соответствия.

Закон Республики Беларусь "Об оценке соответствия требованиям технических нормативных актов в области технического нормирования и стандартизации", первая редакция которого была принята и введена в действие в 2004 году, направлен на совершенствование механизма оценки соответствия в области подтверждения соответствия и аккредитации с учетом международных принципов и требований Соглашения по техническим барьерам в торговле Всемирной торговой организации (ВТО).

В настоящее время правовые и организационные основы оценки соответствия техническим требованиям, обеспечение единой государственной политики в этой области определяет Закон Республики Беларусь от 24 октября 2016г. № 437-3 «Об оценке соответствия техническим требованиям и аккредитации органов по оценке соответствия».

С 1 июля 2020 г. вступил в силу Закон Республики Беларусь от 18 декабря 2019 г. № 278-3 «Об изменении законов».

Оценка соответствия – это деятельность по определению соответствия объектов оценки соответствия требованиям технических нормативных правовых актов (ТНПА) в области технического нормирования и стандартизации.

Цели оценки соответствия:

- обеспечение защиты жизни, здоровья и наследственности человека, имущества и охраны окружающей среды;
- повышение конкурентоспособности продукции (услуг);
- создание благоприятных условий для обеспечения свободного перемещения продукции на внутреннем и внешнем рынках, а также для участия в международном экономическом, научно-техническом сотрудничестве и международной торговле.

Принципы оценки соответствия:

- гармонизация с международными и межгосударственными (региональными) подходами в области оценки соответствия;
- обеспечение идентичности правил и процедур подтверждения соответствия продукции отечественного и иностранного производства;
- соблюдение требований конфиденциальности сведений, полученных при выполнении работ по оценке соответствия.

Преимущества оценки соответствия.

Оценка соответствия дает некоторые преимущества изготовителям, поставщикам, организациям сферы услуг, потребителям, государственным службам.

Производителям и организациям сферы услуг, продукция которых прошла оценку на соответствие международным стандартам ИСО, позволяет выделиться из числа менее респектабельных производителей. Когда здравоохранение, безопасность или окружающая среда находятся под угрозой, оценка соответствия обычно становится обязательной согласно законодательным актам. Без проведения оценки соответствия товары могут быть запрещены к продаже, поставщики могут быть дисквалифицированы от участия в государственных заказах.

Потребители извлекают выгоду из оценки соответствия, потому что это создает основу для выбора продукции или услуг. Потребители имеют больше доверия к продукции или услугам, на которых имеется знак соответствия, подтверждающий качество, безопасность или другие характеристики.

Органы власти также извлекают выгоду из оценки соответствия, которая дает им дополнительную базу для развития государственного законодательства в сфере здравоохранения, безопасности и охраны окружающей среды.

Гармонизация процедуры оценки соответствия выгодна для международной торговли в целом. Соглашения на международном или региональном уровне по взаимному признанию требований, методов оценки, результатов испытаний и т. д. могут способствовать уменьшению или ликвидации так называемых технических барьеров в торговле.

Виды оценки соответствия:

- аккредитация;

- подтверждение соответствия.

Аккредитация - вид оценки соответствия, результатом осуществления которого является официальное признание компетентности юридического лица в выполнении работ по подтверждению соответствия и (или) проведению испытаний продукции.

Подтверждение соответствия - вид оценки соответствия, результатом осуществления которого является документальное удостоверение соответствия объекта оценки соответствия требованиям ТНПА в области технического нормирования и стандартизации.

Согласно Закону подтверждение соответствия может носить обязательный или добровольный характер (рис. 1). Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в формах обязательной сертификации или декларирования соответствия. Добровольное подтверждение соответствия осуществляется только посредством добровольной сертификации.

Обязательному подтверждению соответствия подлежат объекты оценки соответствия, в отношении которых установлены требования технических регламентов, а также объекты оценки соответствия, в отношении которых требования технических регламентов не установлены и которые включены в перечень продукции, работ, услуг и иных объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия в Республике Беларусь. Перечень действует в отношении конкретного объекта оценки соответствия до вступления в силу технического регламента на этот объект оценки соответствия.

Критериями при формировании перечня продукции, услуг, персонала и иных объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия в Республике Беларусь, являются:

- степень потенциальной опасности продукции, услуг, деятельности персонала и функционирования иных объектов оценки соответствия для жизни, здоровья и наследственности человека, имущества и окружающей среды;
- несовместимость технических средств отечественного и иностранного производства.



Рис.11.1. Формы подтверждения соответствия

Сертификация - форма подтверждения соответствия, осуществляемого аккредитованным органом по сертификации.

Декларирование соответствия - форма подтверждения соответствия, осуществляемого изготовителем (продавцом). Декларирование соответствия осуществляется путем принятия декларации о соответствии на основании собственных доказательств и (или) доказательств, полученных с участием аккредитованного органа по сертификации и (или) аккредитованной испытательной лаборатории (центра).

Схема подтверждения соответствия продукции при декларировании соответствия и порядок принятия декларации о соответствии устанавливаются соответствующим техническим регламентом, а в случаях, если они в нем не установлены либо технический регламент отсутствует, – правилами подтверждения соответствия или иным нормативным правовым актом, утверждаемым Госстандартом Республики Беларусь.

Принципы подтверждения соответствия:

- открытость и доступность правил и процедур подтверждения соответствия;
- независимость аккредитованных органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров) от заявителей на подтверждение соответствия;
- минимизация сроков исполнения и затрат заявителей на подтверждение соответствия нахождение процедур подтверждения соответствия;
- защита имущественных интересов заявителей на подтверждение соответствия, в том числе путем соблюдения кон-

фиденциальности в отношении сведений, полученных в процессе прохождения процедур подтверждения соответствия

- недопустимость ограничения конкуренции при выполнении работ по подтверждению соответствия и проведении испытаний продукции.

Форма, правила и процедуры обязательного подтверждения соответствия, а также правила и процедуры добровольной сертификации устанавливаются в документах Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь.

Помимо закона «Об оценке соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации», в Республике Беларусь данная деятельность регулируется так же законами «О техническом нормировании и стандартизации», «Об обеспечении единства измерений». Предусмотрена возможность привлечения к ответственности за нарушение требований действующего законодательства в области технического нормирования, оценки соответствия и единства измерений. В качестве принудительных мер, которые направлены на обеспечение качества продукции, применяется гражданская, административная и уголовная ответственность производителей и торговых организаций, их должностных лиц за выпуск некачественной продукции, а также применение экономических санкций.

Гражданская ответственность поставщиков не качественной продукции, продукции, изготовленной с нарушениями ТНПА в области стандартизации и сертификации, регулируется нормами Гражданского кодекса Республики Беларусь, а также оговаривается в договорах на поставку товаров. Так Гражданский кодекс устанавливает, что если недостатки товара не были оговорены продавцом, покупатель, которому передан товар ненадлежащего качества, вправе по своему выбору потребовать от продавца:

- соразмерного уменьшения покупной цены;
- безвозмездного устранения недостатков товара в разумный срок;
- возмещения своих расходов на устранение недостатков товара.

В случае существенного нарушения требований к качеству товара (обнаружения неустранимых недостатков, а так же тех, которые не могут быть устранены без несоразмерных расходов или затрат

времени или выявляются неоднократно либо проявляются вновь после их устранения) покупатель вправе:

- отказаться от исполнения договора купли-продажи и потребовать возврата уплаченной за товар денежной суммы;
- потребовать замены товара ненадлежащего качества на товар, соответствующий договору.

Административная ответственность регулируется Кодексом об административных правонарушениях. Данным Кодексом предусмотрена ответственность за реализацию товаров без документов, которые подтверждают качество товаров (например, сертификатов соответствия и т.п.).

Уголовная ответственность регулируется Уголовно-процессуальным кодексом (УПК) и Уголовным кодексом Республики Беларусь (УК). Уголовный кодекс Республики Беларусь устанавливает ответственность за обман потребителей, производство и реализацию некачественной продукции, изготовленной с нарушениями нормативных правовых актов в области стандартизации и сертификации.

Юридические лица и ИП, осуществляющие свою деятельность без образования юридического лица, независимо от форм собственности, должны соблюдать требования, предъявляемые к продукции (работам, услугам), установленные в актах законодательства, обязательные требования действующих ТНПА, правила по обязательному подтверждению соответствия, а также обеспечивать показатели качества продукции (работ, услуг), указанные в маркировке и в сопроводительной документации. При этом налагается штраф, например, за следующие нарушения:

- реализацию продукции, выполнение работ, оказание услуг, не соответствующих требованиям ТНПА по показателям безопасности, технической и информационной совместимости, взаимозаменяемости, а так же маркировки;
- реализацию продукции (работ, услуг), подлежащей обязательной сертификации, без сертификата соответствия и (или) знака соответствия;
- реализацию продукции (работ, услуг) по поддельным сертификатам;
- неправомерное использование знака соответствия;
- нарушение запрета органов государственного надзора на выпуск, реализацию продукции (работ, услуг).

11.2. Международные подходы к оценке соответствия. Основные понятия в области оценки соответствия.

Международные организации ИСО (ISO) и МЭК (IEC) разработали ряд международных стандартов и руководств для содействия на международном уровне сопоставимости и достоверности деятельности по оценке соответствия – так называемые «инструментальные средства оценки соответствия». Содержащиеся в них критерии представляют собой международный консенсус в отношении того, что является установившейся практикой в области оценки соответствия. Применение этих документов способствует сопоставимости на международном уровне и дает возможность избежать технических барьеров в торговле (ТБТ). В настоящее время серия 17000 «Оценка соответствия» представляет собой систему нормативных документов разного уровня и характера:

- 1) в зависимости от характера норм:
 - документы общего характера;
 - документы на отдельные формы и процедуры оценки соответствия, отражающие их специфику;
- 2) в зависимости от статуса нормативного документа:
 - стандарты (standards);
 - руководства (guide);
 - публично доступные спецификации (PAS);
- 3) в зависимости от стороны, выполняющей оценку соответствия:
 - стандарты, ориентированные на оценку 1-й стороной (декларирование соответствия);
 - стандарты, которые могут быть применены в оценке соответствия 2-й стороной;
 - стандарты и руководства, предназначенные для оценки соответствия 3-й стороной (сертификации).

Документы серии ISO/IEC 17000 разрабатываются в рамках Комитета ИСО по оценке соответствия КАСКО. Все нормативные документы серии имеют горизонтальный (межотраслевой) характер и применимы к объектам оценки соответствия любой отрасли и вида продукции (услуг). Стандарты вертикального (отраслевого) характера разрабатывают другие технические комитеты ИСО, обеспечивая при этом согласованность подхода и терминологию КАСКО и допуская расхождения лишь в аспектах, характерных для конкретной отрасли

(для отдельных видов продукции). Региональные и национальные организации по стандартизации ряда стран также издают специальные стандарты и руководства по оценке соответствия различных объектов.

В соответствии с СТБ ISO/IEC 17000-2008 оценка соответствия (conformity assessment) – доказательство того, что заданные требования к продукции, процессу, системе, лицу или органу выполнены. Область оценки соответствия включает такие виды деятельности, как испытание, контроль и сертификация, а также аккредитация органов по оценке соответствия. Выражение «объект оценки соответствия» или «объект» используется для обозначения конкретного материала, продукции, установки, процесса, системы, лица или органа, к которым применима оценка соответствия. Как видно, в определении термина «оценка соответствия» не фигурирует определение понятия «соответствие» («conformity»). Понятие «оценка соответствия» связано с выражением «выполнение заданных требований», а не с более широким понятием «соответствие». В английском языке термин «соответствие» («compliance») используется для выражения действия «выполнять то, что требуется». Например, организация «соответствует» («complies») потому, что обеспечивает соответствие (conformity) чего-либо или выполняет обязательное требование.

Термин «объект («object») оценки соответствия» относится к продукции, процессу, системе, лицу или органу, к которым применима оценка соответствия. «Субъектом» («subject») в данном случае является орган, проводящий оценку.

Термин «аккредитация» используется только для подтверждения (оценки) соответствия органов по оценке соответствия. Для того чтобы избежать неоднозначности, термин «орган» применяется в ISO/IEC 17000 только при ссылке на органы по оценке соответствия или органы по аккредитации.

Система оценки соответствия (conformity assessment system) – правила, процедуры и руководство для выполнения оценки соответствия. Системы оценки соответствия могут действовать на международном, региональном, национальном или местном уровнях.

Схема оценки соответствия, программа оценки соответствия (conformity assessment scheme conformity assessment program) – система оценки соответствия, относящаяся к определенным объектам оценки соответствия, к которым применяются одни и те же заданные требования, определенные правила и процедуры. Схемы оценки соот-

ветствия могут действовать на международном, региональном, национальном или местном уровнях.

Одобрение (approval) – разрешение на выход на рынок продукции или процесса или на их использование по заданному назначению или в заданных условиях. Одобрение может основываться на выполнении заданных требований или завершении установленных процедур.

Функциональный подход к оценке соответствия

Оценка соответствия – это последовательность трех видов деятельности (функций), которые подтверждают, что заданные требования выполнены:

выбор;

оценка;

верификация и подтверждение соответствия.

Оценка соответствия может применяться к продукции (включая услуги), процессам, системам и персоналу, а также к органам, которые предоставляют услуги по оценке соответствия.

У различных категорий пользователей по оценке соответствия свои конкретные требования. В результате имеет место многообразие различных видов деятельности по оценке соответствия. В основе всех видов деятельности по оценке соответствия лежит общий подход (рис. 11.2).

Деятельность по оценке соответствия можно охарактеризовать как деятельность «первой стороны», «второй стороны» или «третьей стороны».

Деятельность по оценке соответствия первой стороной (first-party conformity assessment activity) – деятельность по оценке соответствия, которую осуществляет лицо или организация, представляющие объект (оценки соответствия). Описания «первая сторона», «вторая сторона», «третья сторона», используемые для характеристики видов деятельности по оценке соответствия в отношении указанного объекта, нельзя путать с идентификацией юридических сторон какого-либо контракта.

Деятельность по оценке соответствия второй стороной (second-party conformity assessment activity) – деятельность по оценке соответствия, которую осуществляет лицо или организация, заинтересованные в объекте (оценки соответствия) как пользователи. Лицами или организациями, осуществляющими деятельность по оценке соответствия второй стороной, являются, например, покупатели, или пользо-

ватели продукции, или потенциальные потребители, желающие довериться системе менеджмента поставщика или организации, представляющие их интересы.

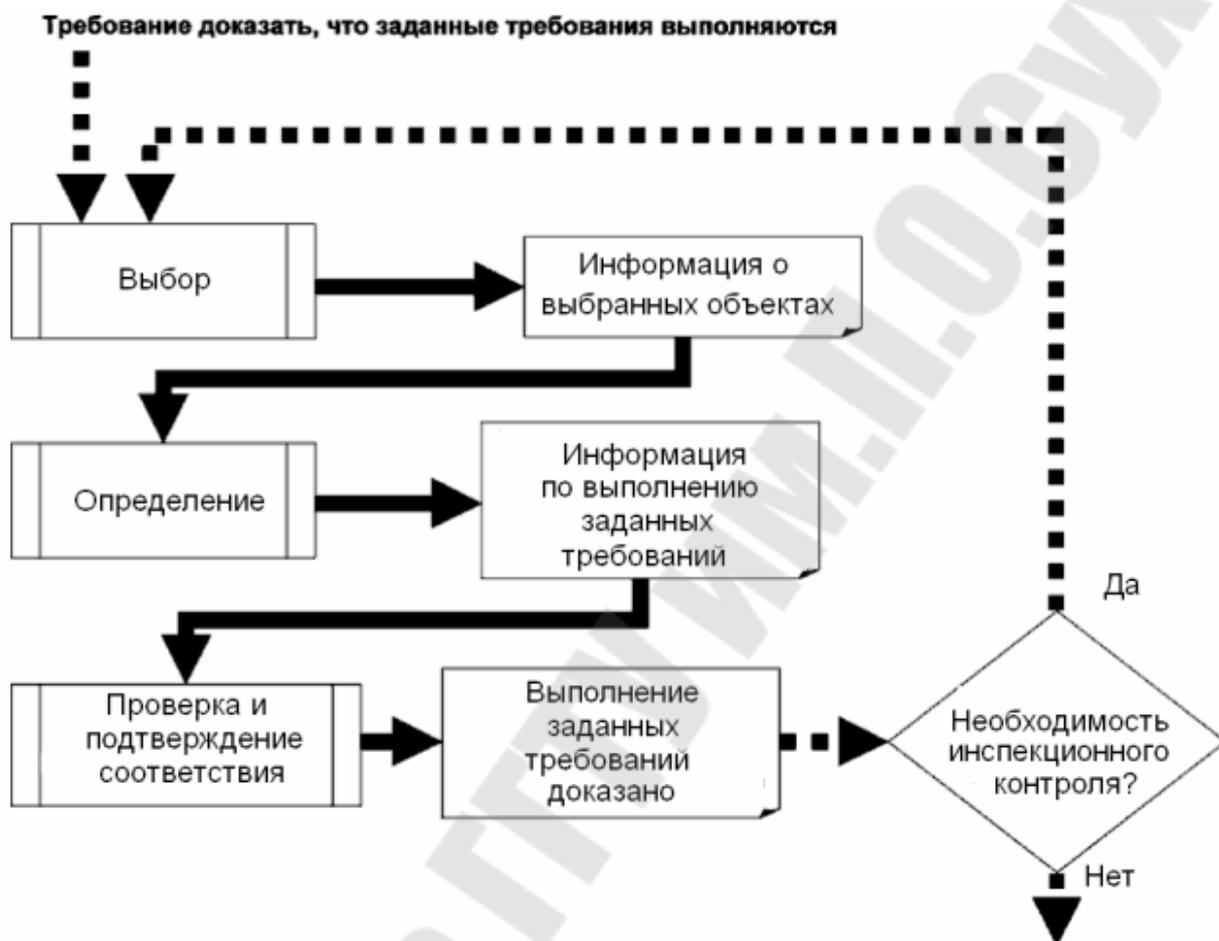


Рис.11.2. Функциональный подход к оценке соответствия

Деятельность по оценке соответствия третьей стороной (third-party conformity assessment activity) – деятельность по оценке соответствия, которую осуществляет лицо или орган, независимые от лица или организации, представляющих объект (оценки соответствия), и от пользователя, заинтересованного в этом объекте. Критерии независимости органов по оценке соответствия и органов по аккредитации представлены в документах, применяемых при соответствующей деятельности.

Для каждой из этих категорий деятельность по оценке соответствия находится под контролем или руководством отдельного лица или органа, указанного в заявке. Решение, которое лежит в основе

оценки соответствия, выносятся отдельным лицом или органом, указанным в заявке.

Подтверждение соответствия первой стороной называется декларированием (declaration).

Подтверждение соответствия третьей стороной, относящееся к продукции, процессам, системам или персоналу, называется сертификацией (certification). Сертификация применима ко всем объектам оценки соответствия, за исключением самих органов по оценке соответствия, к которым применим термин «аккредитация».

Аккредитация (accreditation) – подтверждение (оценка) соответствия третьей стороной, относящееся к органу по оценке соответствия, служащее официальным доказательством его компетентности для выполнения конкретных задач по оценке соответствия.

Положительные результаты декларирования соответствия, сертификации и аккредитации подтверждаются выдачей соответственно зарегистрированной декларации о соответствии, сертификата соответствия и аттестата аккредитации.

Выбор

Выбор включает планирование и подготовку действий для сбора или предоставления всей информации и вход, необходимый для перехода к следующей функции оценки.

Часто объектом оценки соответствия может быть большое количество идентичных изделий, действующее производство, непрерывный процесс или система, или он может предполагать многочисленные точки отбора. В таких случаях может возникнуть необходимость учитывать требования относительно порядка отбора образцов.

Например, правительственный орган, принимающий регламенты, может потребовать установления недопустимого предела требований безопасности (общее требование) для продукции и ожидать от органа по сертификации установления специальных требований к отдельным видам продукции, подлежащих сертификации, или может возникнуть необходимость в том, чтобы больше внимания уделялось требованиям системы менеджмента (общие требования), если эта система менеджмента направлена на выполнение конкретных эксплуатационных требований.

Выбор может также включать отбор наиболее подходящих процедур (например, методов испытания или контроля), применяемых для осуществления функции оценки.

Для надлежащего осуществления функций оценки может потребоваться дополнительная информация. Например, область аккредитации лаборатории должна быть определена до осуществления соответствующей деятельности по оценке. Может потребоваться описание порядка оказания услуги для осуществления соответствующих действий по оценке. Кроме того, действием по оценке может являться только анализ информации и для этого указанную информацию необходимо идентифицировать и собрать. Например, могут потребоваться копии инструкций по эксплуатации изделия или информация о предупредительных знаках (маркировка).

Оценка.

Действия по оценке предпринимаются с целью получения полной информации о выполнении заданных требований объектом оценки соответствия или выбранным представительным образцом.

Термины «испытания», «контроль», «аудит» и «экспертная оценка», которые определяются только как виды действий по оценке, применяются в рамках «системы» или «схемы», которые включают порядок и виды указанных действий по оценке. Таким образом, «система экспертной оценки» – это система оценки соответствия, которая включает экспертную оценку в качестве деятельности по оценке.

Аудит (audit) – систематический, независимый и документированный процесс получения записей, фиксирования фактов или другой соответствующей информации и их объективной оценки с целью установления степени выполнения заданных требований. В то время как «аудит» относится к системам менеджмента, «оценка» применима к органам по оценке соответствия, а также используется в более общем смысле.

Различные виды деятельности по оценке не имеют специального названия или обозначения. Примером является изучение или анализ проектной документации или другой информации, касающейся заданных требований. Отдельные виды оценки соответствия (например, испытания, сертификация, аккредитация) могут иметь термины, установленные для оценки, которые являются единственными для данного вида. На практике нет общего термина для представления всех действий по оценке.

Следует четко различать действия по оценке, идентифицированные как испытания и контроль.

Выходные данные процесса оценки (информация по выполнению заданных требований) – информация, полученная в результате

оценки соответствия входным данным. Выходные данные обычно формируются таким образом, чтобы облегчить последующие действия анализа и принятия решения по оценке соответствия.

Верификация и подтверждение соответствия

Верификация (review) – проверка пригодности, адекватности и эффективности выбора и оценки, а также их результативности с учетом выполнения заданных требований объектом оценки соответствия.

Верификация является завершающей стадией сопоставления полученных результатов оценки перед принятием решения о том, в полном ли объеме было доказано выполнение заданных требований объектом оценки соответствия. Если да, то результатом подтверждения соответствия является «заключение о соответствии», которое доводится до всех потенциальных пользователей. «Заключение о соответствии» – это общепринятое выражение, которое включает все средства сообщения о том, что выполнение заданных требований было продемонстрировано.

Если выполнение заданных требований не было доказано, то в отчете может содержаться заключение о несоответствии.

Термины «декларирование соответствия», «сертификация» и «аккредитация» могут применяться только в рамках «системы» или «схемы» оценки соответствия, которые включают вид деятельности по подтверждению соответствия как завершающий этап оценки соответствия. Таким образом, «система сертификации» – это система оценки соответствия, которая включает выбор, оценку, верификацию и, наконец, сертификацию (присвоение статуса сертификации) в качестве деятельности по подтверждению соответствия.

Необходимость инспекционного контроля

Оценка соответствия может завершиться, когда принято решение по оценке соответствия. Однако в большинстве случаев требуется систематическое повторение функций для поддержания достоверности заключения, сделанного в результате принятия решения по оценке соответствия. Например, объект оценки соответствия может со временем изменяться, что может отрицательно повлиять на поддержание выполнения заданных требований, или пользователи могут потребовать дальнейших доказательств того, что заданные требования выполнены; например, при непрерывном (серийном, массовом) производстве продукции.

Инспекционный контроль (surveillance) – систематическое наблюдение за деятельностью по оценке соответствия как основа для поддержания правомерности заключения о соответствии.

Действия по инспекционному контролю планируются с целью подтверждения обоснованности действующего заключения о соответствии, оформленного в результате принятия решения по оценке. Для этого при каждом повторном инспекционном контроле не требуется проведения оценки в полном объеме (как при первичной оценке). Таким образом, действия для каждой функции во время инспекционного контроля могут быть сокращены или отличаться от действий при первичной оценке.

В процессе инспекционного контроля может быть проведена проверка с целью определения, являются ли характеристики продукции такими же, как и у первоначально испытанного образца. Действия по выбору могут время от времени меняться, основываясь на информации о результатах анализа предыдущих проверок и других входных данных. Текущий анализ рисков или анализ ответной реакции рынка относительно реального выполнения заданных требований может быть частью действий для планирования выбора при подготовке к инспекционному контролю.

Верификация и подтверждение соответствия также применяются как при первичной оценке, так и при инспекционном контроле. При инспекционном контроле проверка всех входных и выходных данных ведет к принятию решения о том, все ли еще действительно заключение о соответствии, сделанное по результатам принятого решения по первичной (вторичной) оценке соответствия.

11.3. Подходы к оценке соответствия в рамках Таможенного Союза и других государственных интеграционных образований.

11.3.1 Формы оценки соответствия

Применительно к продукции, требования к которой установлены техническими регламентами Таможенного союза (ТР ТС), оценка соответствия проводится в формах:

- подтверждения соответствия (декларирования соответствия и сертификации),

- регистрации, в том числе государственной, экспертизы, оценки пригодности, испытаний, государственного контроля (надзора) и иных формах.

Формы оценки соответствия устанавливаются с учетом специфики продукции, объекта технического регулирования (например, электромагнитная совместимость и др.) и степени риска причинения вреда. В других государственных интеграционных образованиях – ЕврАзЭС и ЕЭП – применяются аналогичные подходы к оценке соответствия.

11.3.2. Государственная регистрация

Государственная регистрация продукции проводится органами и учреждениями, уполномоченными в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения с оформлением свидетельства о государственной регистрации. Государственной регистрации подлежит продукция, включенная в раздел II Единого перечня товаров, подлежащих санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), впервые изготавливаемая или впервые ввозимая на таможенную территорию ТС. Для продукции, подлежащей государственной регистрации, преимущественной формой подтверждения соответствия является декларирование соответствия. Типовые схемы государственной регистрации продукции приведены в таблице 11.1.

Таблица 11.1.

Схема государственной регистрации продукции

Комбинация форм			Примечание	Документ, подтверждающий безопасность
Испытания продукции	Оценка производства	Производственный контроль		
Испытания образцов продукции и экспертиза документации	-	Осуществляет изготовитель	Заявитель - изготовитель (производитель), поставщик (импортер)	Свидетельство о государственной регистрации
	Анализ состояния производства		Заявитель - изготовитель (производитель)	

Дополнительную информацию о государственной регистрации продукции можно найти на официальных сайтах Комиссии ТС (www.tsouz.ru), Министерства здравоохранения Республики Беларусь (www.minzdrav.by), ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемио-

логии и общественного здоровья» (www.rcchph.by), УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении» (www.rceth.by).

Государственная регистрация производственных объектов осуществляется уполномоченным органом государства-члена ТС на основании заявления о государственной регистрации производственного объекта.

11.3.3. Оценка пригодности.

Оценка пригодности применяется, например, для импортируемых строительных материалов и изделий, от которых зависят надежность и безопасность зданий и сооружений.

Объекты оценки соответствия в области архитектуры и строительства, а так же виды документов по оценке (подтверждению) соответствия, несколько отличаются от тех, которые имеют место в сфере машино- и приборостроения и т.п.

Пригодность материалов и изделий для применения в строительстве удостоверяется техническим свидетельством, выдаваемым органом государственного управления в области архитектуры и строительства. Не требуется получение технического свидетельства на материалы и изделия, которые подлежат обязательному подтверждению соответствия в Республике Беларусь; на сырье, полуфабрикаты, комплектующие изделия, используемые для изготовления строительных материалов и изделий, выпуск и приемка которых осуществляется по действующим в Республике Беларусь ТНПА при условии проведения входного контроля поступающей продукции.

Техническое свидетельство выдается по результатам изучения представленной заявителем документации проверки системы контроля производства, технических характеристик материалов изделий, подтвержденных испытаниями, расчетами, заключениями экспертов с учетом обязательных требований действующих в республике законодательных актов и ТНПА в области строительства.

Заявителями на получение технического свидетельства могут быть изготовители материалов и изделий; продавцы, в том числе иностранные, осуществляющие сбыт материалов и изделий на территории Республики Беларусь; потребители, приобретающие материалы и изделия для применения в строительстве.

11.3.4. Экспертиза

Под экспертизой объектов оценки понимается специальное исследование объекта, проводимое по установленным правилам и требующее специальных знаний в определенной области. Экспертиза осуществляется экспертами (от латинского *expertus* – опытный), т.е. специалистами, имеющими высокую квалификацию в конкретной области, которые обладают необходимыми знаниями и, при необходимости, удовлетворяют требованиям независимости. Экспертиза заканчивается выдачей экспертного заключения установленного образца.

Для целей технического регулирования проводится таможенная, товарная, технологическая, экологическая, экономическая, судебно-правовая и другие виды экспертиз.

По результатам экспертизы можно установить соответствие продукции (товара) условиям договоров поставки или купли-продажи, соответствие маркировке и товаросопроводительным документам, характер и причины возникновения дефектов и пр.

Непосредственно в процедурах подтверждения соответствия экспертиза применяется, например, при идентификации продукции. Результатом идентификации является установление тождественности характеристик продукции ее существенным признакам или отсутствие такой тождественности. Главной задачей подобной экспертизы является определение необходимого и достаточного множества существенных признаков продукции, на основании которых при минимальных затратах можно правильно идентифицировать продукцию.

11.4. Модульный подход к подтверждению соответствия продукции на основе Директив ЕС Нового и Глобального подхода.

Обязательное подтверждение соответствия в ЕС возникло в рамках реализации Нового подхода к технической гармонизации и стандартам (1985 г.), который был дополнен Глобальным подходом в области испытаний и сертификации (1989 г.). При этом Новый подход предусматривает создание единой общеевропейской нормативной базы, определяющей требования к продукции, а Глобальный подход развивает положения Нового подхода в части оценки соответствия продукции этим требованиям.

Основные принципы Нового подхода сводятся к следующему:

- в Директивах устанавливаются обязательные для выполнения основополагающие требования безопасности;
- конкретные характеристики регламентируются гармонизированными с Директивой европейскими стандартами, которые добровольны для применения (доказательная база);
- продукция, удовлетворяющая данным стандартам, считается соответствующей основополагающим требованиям Директивы (презумпция соответствия);
- если изготовитель не применяет для доказательства основополагающим требованиям Директив гармонизированные европейские стандарты, то он доказывает соответствие продукции непосредственно основополагающим требованиям с помощью третьей стороны.

Оценка соответствия в рамках Глобального подхода базируется на следующих принципах:

- процедуры подтверждения соответствия основываются на модульном подходе;
- конкретные Директивы устанавливают несколько процедур (на выбор заявителя), являющихся равноценными с точки зрения доказательства соответствия;
- документальным подтверждением соответствия является декларация о соответствии и СЕ-маркировка;
 - процедуры подтверждения соответствия в зависимости от требований Директивы осуществляют изготовитель (первая сторона) и орган, уполномоченный на проведение работ по этой Директиве органами власти государства – члена ЕС (третья сторона);
 - уполномоченный орган должен соответствовать требованиям европейских стандартов.

Модульный подход (рис. 11.4) предусматривает различные процедуры, в зависимости от следующих факторов:

- стадий разработки и изготовления изделия (проектирование, создание опытного образца, производство);
- вида контроля (проверка документации, испытания опытных образцов, обеспечение качества, контроль готовой продукции и т. д.);
- стороны, осуществляющей контроль (изготовитель или независимый орган – третья сторона).

В соответствии с РЕШЕНИЕМ № 768/2008/ЕС ЕВРОПЕЙСКОГО ПАРЛАМЕНТА И СОВЕТА от 9 июля 2008 года, определяющим общие условия реализации продукции и отменяющим Решение 93/465/ЕЭС Совета (в котором было больше вариантов модулей – с индексами bis, + и др.) , применяются следующие основные модули и их варианты:

Модуль А. Внутренний контроль производства;

Модуль А1. Внутренний контроль производства и контролируемые испытания продукции;

Модуль А2. Внутренний контроль производства и контролируемые испытания продукции через случайные интервалы времени;

Модуль В. Исследование «СЕ» типового образца;

Модуль С. Соответствие типовому образцу на основе внутреннего контроля производства;

Модуль С1. Соответствие типовому образцу на основе внутреннего контроля производства и контролируемых испытаний продукции;

Модуль С2. Соответствие типовому образцу на основе внутреннего контроля производства и контролируемых проверок продукции через случайные интервалы времени;

Модуль D. Соответствие типовому образцу на основе обеспечения качества производственного процесса (СМК – на стадиях производства и испытаний) ;

Модуль D1. Обеспечение качества производственного процесса (СМК – на стадиях производства и испытаний) ;

Модуль E. Соответствие типовому образцу на основе обеспечения качества продукции (СМК – на стадиях окончательного контроля и испытаний) ;

Модуль E1. Обеспечение качества окончательного контроля продукции и испытаний (СМК – на стадиях окончательного контроля и испытаний) ;

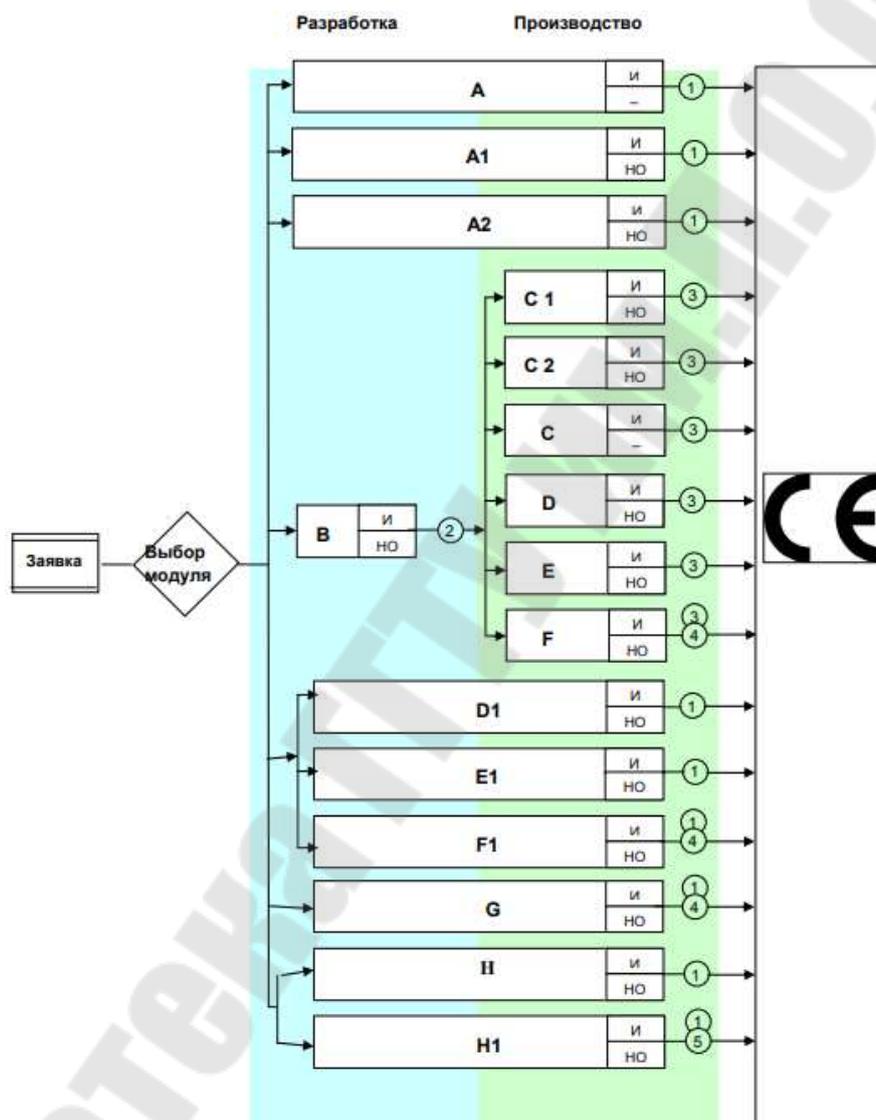
Модуль F. Соответствие типовому образцу на основе верификации продукции (каждого изделия или с применением статистических методов) ;

Модуль F1. Соответствие на основе верификации продукции;

Модуль G. Соответствие на основе верификации единицы продукции;

Модуль Н. Соответствие на основе полного обеспечения качества (СМК – на стадиях проектирования/разработки, производства, окончательного контроля и испытаний);

Модуль Н1. Соответствие на основе полного обеспечения качества и контроля проектирования (СМК – на стадиях проектирования/разработки, производства, окончательного контроля и испытаний).



- И – изготовитель; НО – нотифицированный орган (уполномоченный орган)
- 1 – декларация о соответствии основополагающим требованиям Директивы ЕС,
- 2 – сертификат соответствия типа CE,
- 3 – декларация о соответствии утвержденному типу CE,
- 4 – сертификат соответствия, относящийся к проведенным испытаниям,
- 5 – сертификат соответствия CE на проект.

Рис.11.4. Структура подтверждения соответствия на основе модульного подхода.

12. НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.

12.1. Структура и правила функционирования.

Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь – совокупность уполномоченных государственных органов, аккредитованных органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров), нормативных правовых актов (НПА), ТНПА в области технического нормирования и стандартизации, определяющих процедуры подтверждения соответствия и функционирование системы в целом.

Целями Системы являются:

удостоверение соответствия объектов оценки соответствия требованиям ТНПА;

обеспечение защиты жизни, здоровья и наследственности человека, имущества и охраны окружающей среды;

предупреждение действий, вводящих в заблуждение потребителей продукции (работ, услуг) относительно их назначения, качества и безопасности;

повышение конкурентоспособности продукции (работ, услуг);

обеспечение энерго- и ресурсосбережения;

создание благоприятных условий для обеспечения свободного перемещения продукции на внутреннем и внешнем рынках, а также для участия в международном экономическом, научно-техническом сотрудничестве и международной торговле.

Общее руководство Системой, организацию и координацию работ по реализации целей Системы осуществляет Госстандарт Республики Беларусь, выступающий в качестве Национального органа по оценке соответствия Республики Беларусь.

Объектами оценки соответствия при подтверждении соответствия в рамках Системы являются:

продукция, процессы разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации продукции;

выполнение работ;

оказание услуг;

профессиональная компетентность персонала в выполнении определенных работ, оказании определенных услуг, в том числе экспертов-аудиторов аккредитованных органов по сертификации;

системы управления:

система управления качеством (системы менеджмента качества в соответствии с требованиями СТБ ISO 9001, СТБ ИСО 13485 – для организаций, производящих медицинские изделия, а также предоставляющих связанные с ними услуги, СТБ ISO/TS 16949 – для организаций, производящих составные и запасные части, используемые в автомобилестроении);

система обеспечения качества на основе принципов надлежащей производственной практики (GMP) в соответствии с требованиями СТБ 1435 – для организаций, производящих фармацевтическую продукцию;

система управления энергопотреблением в соответствии с требованиями СТБ 1777;

система управления окружающей средой в соответствии с требованиями СТБ ИСО 14001;

система управления безопасностью продукции (система менеджмента безопасности пищевых продуктов в соответствии с требованиями СТБ ИСО 22000, система менеджмента безопасности пищевых продуктов на основе анализа опасностей и критических контрольных точек (НАССР) в соответствии с требованиями СТБ 1470);

система менеджмента информационной безопасности в соответствии с требованиями СТБ ISO/IEC 27001;

система управления охраной труда в соответствии с СТБ 18001;

система лесопользования и лесопользования в соответствии с требованиями СТБ 1708.

Субъектами оценки соответствия при подтверждении соответствия в рамках Системы являются:

Национальный орган по оценке соответствия;

уполномоченные государственные органы;

аккредитованные органы по сертификации;

аккредитованные испытательные лаборатории (центры);

эксперты-аудиторы;

методические центры по подтверждению соответствия;

центр подготовки экспертов-аудиторов;

заявители на подтверждение соответствия;

заявители на проведение испытаний;

изготовители (продавцы);
исполнители работ, услуг.
Системой предусматриваются следующие виды работ:
сертификация объектов оценки соответствия;
декларирование соответствия продукции;
инспекционный контроль сертифицированных объектов оценки соответствия;
методическая помощь в области подтверждения соответствия;
подготовка экспертов-аудиторов;
ведение реестра Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь;
ведение Государственного кадастра служебного и гражданского оружия и боеприпасов.

Структура Системы приведена на рисунке 12.1, а структура ТНПА Системы – на рисунке 12.2.

12.2. Органы Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь и их функции.

Национальный орган по оценке соответствия.

Руководителем Национального органа по оценке соответствия является Председатель Госстандарта.

Основными функциями Национального органа по оценке соответствия в Системе являются:

проведение единой государственной политики в области оценки соответствия и осуществление регулирования и управления в этой сфере;

участие в разработке и согласовании проектов НПА и ТНПА по вопросам оценки соответствия;

обеспечение создания, функционирования и развития Системы;

разработка и актуализация правил и процедур Системы;

установление схем подтверждения соответствия, если в техническом регламенте такие схемы не установлены, либо технический регламент отсутствует;

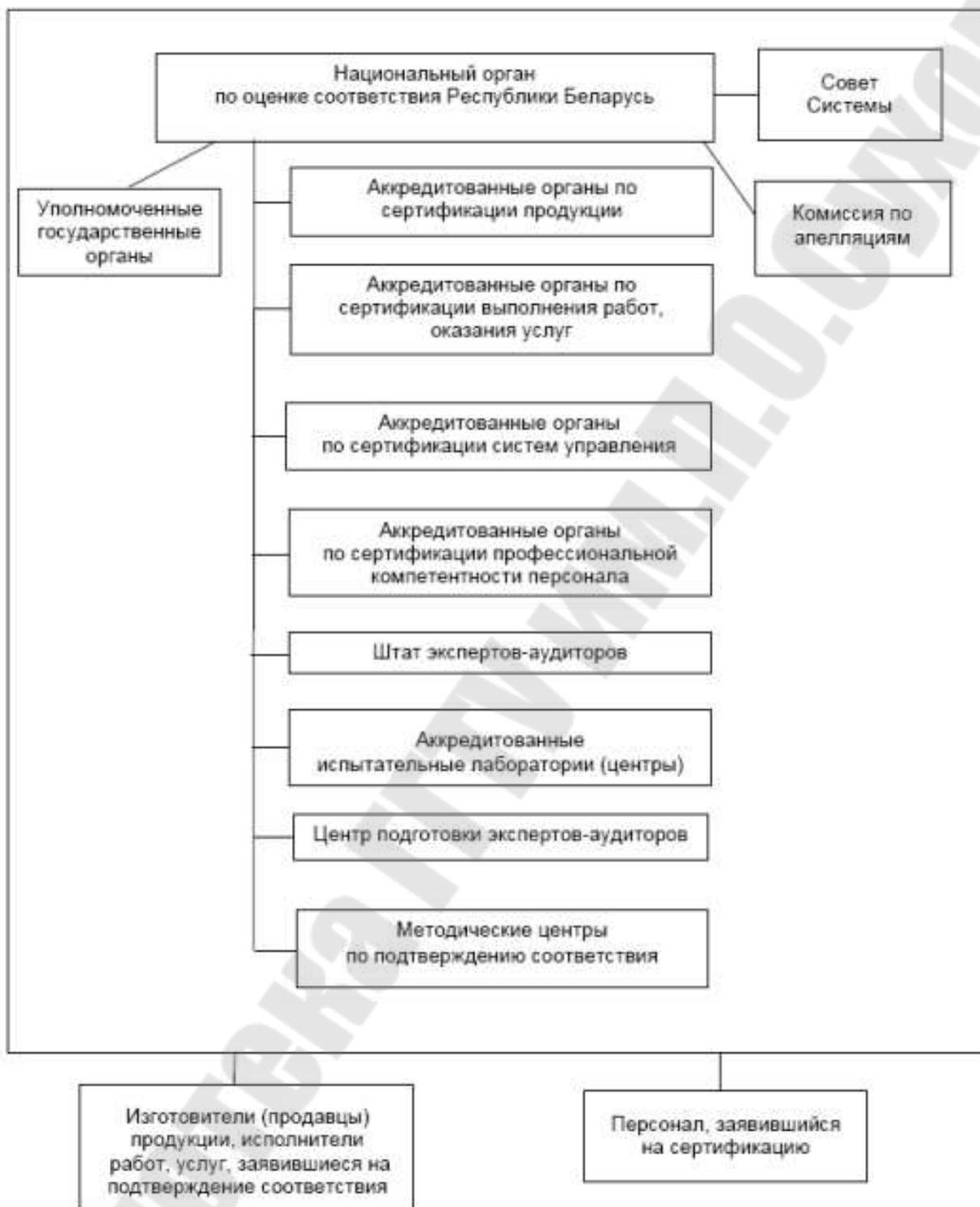


Рис.12.1. Структура Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь

Государственные стандарты по оценке соответствия, идентичные международным стандартам или учитывающие требования международных стандартов ISO/IEC серии 17000



Рис. 12.2. Структура ТНПА в области технического нормирования и стандартизации Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь.

разработка и актуализация на основе предложений государственных органов проекта Перечня;

установление с учетом предложений государственных органов номенклатуры показателей, контролируемых при выполнении работ по подтверждению соответствия объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия;

представление Республики Беларусь в международных и межгосударственных (региональных) организациях, занимающихся вопросами оценки соответствия;

взаимодействие с национальными органами по оценке соответствия других государств, заинтересованными государственными органами, иными государственными организациями, местными исполнительными и распорядительными органами по вопросам оценки соответствия;

организация и проведение обучения и повышения квалификации экспертаудиторов;

организация ведения реестра Системы, ведения и издание кадастра;

координация работ по подтверждению соответствия продукции, выполнения работ, оказания услуг, систем управления и профессиональной компетентности персонала, и иных объектов, в отношении которых установлены требования ТНПА;

рассмотрение жалоб и апелляций сторон, принимающих участие в подтверждении соответствия;

информационное обеспечение в области подтверждения соответствия.

Совет Системы

Совет Системы обеспечивает оценку функционирования, мониторинг реализации целей и выработку рекомендаций по вопросам развития Системы. Совет Системы является совещательным органом. Совет Системы состоит из руководителей и специалистов Госстандарта, руководителей методических центров по подтверждению соответствия и представителей уполномоченных государственных органов. Возглавляет Совет Системы руководитель Национального органа по оценке соответствия. Для участия в работе Совета Системы могут привлекаться представители аккредитованных органов по сертификации, аккредитованных испытательных лабораторий (центров), обществ защиты прав потребителей, общественных объединений производителей и предпринимателей и другие заинтересованные стороны.

Комиссия по апелляциям

Комиссия по апелляциям рассматривает апелляции по вопросам подтверждения соответствия, ее заседания проводятся по мере необходимости.

Комиссия по апелляциям формируется из руководителей и специалистов Госстандарта в соответствии с тематикой рассматриваемого вопроса. Возглавляет комиссию по апелляциям заместитель председателя Госстандарта, ведущий вопросы подтверждения соответствия. Для участия в ее работе могут привлекаться представители уполномоченных государственных органов, методических центров по подтверждению соответствия, аккредитованных органов по сертификации, аккредитованных испытательных лабораторий (центров), обществ защиты прав потребителей, общественных объединений производителей и предпринимателей.

Функции уполномоченных государственных органов.

Основными функциями уполномоченных государственных органов в области подтверждения соответствия являются:

участие в реализации единой государственной политики в области подтверждения соответствия;

участие в разработке ТНПА, на соответствие требованиям которых осуществляется подтверждение соответствия;

разработка предложений по включению объектов оценки соответствия в Перечень и обоснование к таким предложениям;

осуществление взаимодействия с Национальным органом по оценке соответствия;

внесение в Национальный орган по оценке соответствия предложений по номенклатуре показателей, контролируемых при выполнении работ по подтверждению соответствия объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия.

Функции аккредитованных органов по сертификации

Основные функции аккредитованных органов по сертификации: предоставление заявителю информации о процедурах подтверждения соответствия;

проведение подтверждения соответствия в соответствии с областью аккредитации;

выдача заявителям зарегистрированных сертификатов соответствия (сертификатов компетентности), их дубликатов (при необходимости) на сертифицированные объекты оценки соответствия, изготовление их копий;

осуществление регистрации и отмена регистрации деклараций о соответствии в соответствии с областью аккредитации (для аккредитованного органа по сертификации продукции);

проведение работ по признанию сертификатов соответствия (сертификатов компетентности), протоколов испытаний, полученных за пределами Республики Беларусь на основании международных договоров;

ведение учета выданных сертификатов соответствия (сертификатов компетентности), их копий, дубликатов;

ведение учета зарегистрированных деклараций о соответствии;

осуществление инспекционного контроля за сертифицированными объектами оценки соответствия, если это предусмотрено схемой сертификации;

приостановление либо отмена в установленном порядке действия выданных сертификатов соответствия (сертификатов компетентности) в случае выявления несоответствия объектов оценки соответствия требованиям ТНПА и НПА;

возобновление действия приостановленных сертификатов соответствия (сертификатов компетентности) по положительным результатам корректирующих мероприятий по устранению выявленных несоответствий, проведенных заявителем;

внесение изменений и (или) дополнений в выданные сертификаты соответствия (сертификат компетентности);

продление сроков действия выданных сертификатов соответствия (сертификатов компетентности);

предоставление в уполномоченную организацию данных о выданных сертификатах соответствия (сертификатах компетентности) и зарегистрированных декларациях о соответствии, о внесении в них изменений и (или) дополнений, приостановлении, возобновлении, отмене, продлении срока их действия, выдаче дубликатов для внесения в реестр Системы;

осуществление взаимодействия с Национальным органом по оценке соответствия, органами государственного надзора за соблюдением требований технических регламентов и стандартов, аккредитованными органами по сертификации и аккредитованными испытательными лабораториями (центрами).

Функции методических центров по подтверждению соответствия.

Основные функции методических центров по подтверждению соответствия в закрепленной области деятельности:

- разработка и актуализация ТНПА, методических документов и оказание методической помощи;
- подготовка предложений по совершенствованию ТНПА Системы;
- взаимодействие с Национальным органом по оценке соответствия и заинтересованными организациями по вопросам подтверждения соответствия.

Функции центра подготовки экспертов-аудиторов

Основные функции центра подготовки экспертов-аудиторов:

- организация и проведение обучения экспертов-аудиторов;
- организация и проведение повышения квалификации экспертов-аудиторов, специалистов аккредитованных органов по сертификации;
- разработка учебно-программной документации.

Общие подходы к процедурам подтверждения соответствия

Сертификацию проводят аккредитованные органы по сертификации в соответствии с их областью аккредитации. При наличии нескольких органов по сертификации, в область аккредитации которых включены сертифицируемые объекты, заявитель на сертификацию вправе обратиться в один из них.

Работы по сертификации осуществляются экспертами-аудиторами органов по сертификации, включенными в реестр Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь, профессиональная компетентность которых сертифицирована.

Положительные результаты осуществления процедур сертификации или декларирования соответствия удостоверяются сертификатом соответствия (сертификатом компетентности), выдаваемым заявителю аккредитованным органом по сертификации, или зарегистрированным аккредитованным органом по сертификации декларацией о соответствии, принятой изготовителем (продавцом).

Сертификаты соответствия (сертификаты компетентности) и декларации о соответствии вступают в силу с даты их регистрации в реестре Системы.

Выданные сертификаты соответствия и зарегистрированные декларации о соответствии действительны для выпущенной в период их действия продукции, при ее реализации в течение срока годности

(хранения), установленного в соответствии с актами законодательства Республики Беларусь.

Сертификаты соответствия и декларации о соответствии на продукцию серийного производства распространяются на данную продукцию, изготовленную с даты выпуска испытанных образцов до даты регистрации сертификата соответствия или декларации о соответствии в реестре Системы.

Сертификация продукции отечественного и иностранного производства проводится по одним и тем же процедурам.

12.3. Знаки соответствия.

12.3.1. Виды и описание знаков соответствия системы

В рамках Системы устанавливаются следующие знаки соответствия Системы, за исключением знака соответствия техническому регламенту Республики Беларусь:

знак соответствия (рис.12.1, *а*), применяемый для продукции, выполнения работ, оказания услуг, компетентности персонала, соответствие которых установленным техническим требованиям подтверждено при обязательном подтверждении;

знак соответствия (рис.12.1, *б*), применяемый для продукции, выполнения работ, оказания услуг, компетентности персонала, соответствие которых установленным техническим требованиям подтверждено при добровольной сертификации;

знак соответствия (рис.12.2, рис.12.3), применяемый для систем управления (менеджмента), соответствие которых техническим требованиям государственных стандартов Республики Беларусь подтверждено при добровольной сертификации.

При наличии в организации нескольких сертифицированных систем управления (менеджмента) может использоваться комбинированный знак соответствия (рис.12.4), применяемый при сертификации систем управления (менеджмента). На рисунке XXX XXXX – обозначение документа, на соответствие которому проведена сертификация систем управления (менеджмента).

Надписи на знаках соответствия располагаются симметрично относительно вертикальной оси изображения символа.

Размеры знака соответствия определяет владелец сертификата или лицо, принимающее декларацию, получившие право на его применение.

Размеры знака соответствия должны гарантировать четкость его элементов и их различимость невооруженным глазом на общем цветном фоне объекта.

Изображение знака соответствия должно быть одноцветным и контрастировать с цветом поверхности, на которую оно нанесено. Знак соответствия должен быть выполнен любым методом, обеспечивающим четкое и ясное его изображение в течение всего срока службы (годности, хранения) продукции.



Рис. 12.1. Знаки соответствия, применяемые при обязательной (а) и при добровольной (б) сертификациях продукции, выполнения работ, оказания услуг



Рис.12.2 Изображение знака соответствия, применяемого при сертификации систем управления (менеджмента)



Рис.12.3 Изображение знака соответствия, применяемого при сертификации систем менеджмента качества на соответствие требованиям СТБ ISO/TS 16949

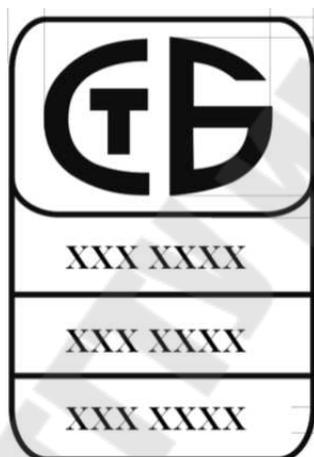


Рис.12.4 Изображение комбинированного знака соответствия, применяемого при сертификации систем управления (менеджмента).

12.3.2. Порядок применения знаков соответствия системы.

Знаки соответствия предназначаются для информирования потребителя и других заинтересованных сторон о проведении всех необходимых процедур подтверждения соответствия продукции, выполнения работ, оказания услуг, компетентности персонала, систем управления (менеджмента) и иных объектов оценки, а также о соответствии маркированных ими объектов оценки соответствия техническим требованиям всех документов, распространяющихся на эти объекты оценки, указанных в документах об оценке соответствия.

Знаки соответствия наносятся органом по сертификации на бланки документов об оценке соответствия в соответствии с требованиями Правил подтверждения соответствия.

Если владелец сертификата или лицо, принимающее декларацию, после проведения всех необходимых процедур оценки соответствия и при наличии документального подтверждения соответствия объекта оценки соответствия установленным техническим требованиям принимает решение о нанесении знака соответствия, то он наносится в соответствии с требованиями Правил подтверждения соответствия. Применение знаков соответствия осуществляется на добровольной основе.

Владелец сертификата или лицо, принимающее декларацию, обеспечивает соответствие объекта оценки соответствия, маркированного знаком соответствия, требованиям документов, устанавливающих технические требования, на соответствие которым проводилось подтверждение соответствия, а также правомерное применение знака соответствия.

Знак соответствия для продукции, если иное не установлено частью второй настоящего пункта, размещается непосредственно на сертифицированной продукции вблизи информации об изготовителе, как правило, на несъемной части изделия.

Допускается нанесение знака соответствия для продукции на наименьшую потребительскую упаковку (тару) и указание в прилагаемых к продукции эксплуатационных документах при невозможности нанесения его непосредственно на продукцию (если размер продукции или ее тип не позволяют нанести знак соответствия). В случае отсутствия упаковки на такую продукцию знак соответствия приводится в прилагаемых к ней эксплуатационных документах.

Знак соответствия для продукции также может размещаться в сопроводительных документах, на бланках официальных документов и в целях рекламы: в печатных изданиях, на вывесках и сайтах в глобальной компьютерной сети Интернет, при демонстрации экспонатов на выставках и ярмарках и т.д.

В случае, если на продукцию наносятся иные знаки соответствия, то они не должны ухудшать видимость, четкость и читаемость знака соответствия.

Нанесение знака соответствия на изделие, являющееся составной частью другого изделия, должно обеспечивать однозначное отнесение изображения знака соответствия к данной составной части изделия, а не к изделию в целом.

Не допускается нанесение маркировки, знаков и надписей, способных ввести в заблуждение потребителей и заинтересованных лиц относительно значения и изображения знака соответствия.

Знаки соответствия для выполнения работ, оказания услуг при необходимости размещаются на бланках официальных документов, в сопроводительных документах и в целях рекламы: в печатных изданиях, на вывесках и сайтах в глобальной компьютерной сети Интернет.

Знаки соответствия, применяемые при сертификации систем управления (менеджмента), при необходимости указываются в сопроводительных документах, на бланках официальных документов и в целях рекламы: в печатных изданиях, на вывесках и сайтах в глобальной компьютерной сети Интернет.

Знаки соответствия, применяемые при сертификации систем управления (менеджмента), не должны размещаться на продукции, упаковке продукции или быть использованы таким образом, чтобы их можно было истолковать как указывающие на соответствие продукции.

Допускается приводить вместо изображения знака соответствия следующую формулировку: «Система управления (менеджмента) сертифицирована на соответствие требованиям (с указанием государственного стандарта на систему управления (менеджмента))».

Знаки соответствия, применяемые при сертификации компетентности персонала, при необходимости размещаются в целях рекламы в печатных изданиях и на сайтах в глобальной компьютерной сети Интернет.

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	3
1	ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ТОЧНОСТИ И ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ. СТАНДАРТЫ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ.	5
1.1	Основные понятия о точности и взаимозаменяемости. Понятия о точности и ее разновидностях. Показатели точности.	5
1.2.	Понятие о взаимозаменяемости и её видах. Функцио- нальная взаимозаменяемость.	7
1.3	Стандарты и стандартизация	8
1.3.1.	Законодательная и правовая основа технического нор- мирования и стандартизации	8
1.3.2	Классификация и виды технических нормативных пра- вовых актов	12
1.3.3	Международная стандартизация	18
1.3.4.	Основные методы и виды стандартизации	20
2	НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ	23
2.1	Понятие о размерах, отклонениях, допусках и посад- ках. Графическое изображение полей допусков и поса- док. Обозначение предельных отклонений на машино- строительных чертежах	24
2.1.1.	Понятие о номинальном, действительном и предель- ном размерах, предельных отклонениях, допусках	24
2.1.2.	Поверхности свободные и сопрягаемые, охватываю- щие и охватываемые. Классификация соединений по форме сопрягаемых поверхностей деталей и по степе- ни свободы относительного перемещения	26
2.1.3.	Понятие о посадках. Три группы посадок. Допуск по- садки	28
2.2	Единая система допусков и посадок (ЕСДП) для глад- ких цилиндрических соединений	32
2.2.1.	Посадки в системе отверстия и в системе вала. Едини- ца допуска. Качества точности. Ряды допусков и ин- тервалы размеров.	32
2.2.2.	Посадки в системе отверстия и системе вала	32
2.2.3.	Единица допуска. Качества точности.	33

2.3.	Основные отклонения валов и отверстий. Поля допусков. Посадки. Методика построения посадок. Отклонения размеров с неуказанными допусками, имеющие общие допуски. Обозначение полей допусков и посадок на чертежах	35
2.3.1.	Поля допусков	37
2.3.2.	Посадки. Методика построения посадок	37
2.3.3.	Отклонения размеров с неуказанными допусками, имеющие общие допуски	39
2.3.4.	Назначение посадок с зазором, переходных и натягом для гладких цилиндрических соединений	41
3.	НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ	42
3.1.	Виды нормируемых отклонений формы поверхностей и знаки, используемые при указании на чертеже допускаемых отклонений.	42
3.1.1.	Отклонения формы плоских поверхностей	43
3.1.2.	Отклонения формы цилиндрических поверхностей	44
3.1.3.	Определение числовых значений допусков формы поверхности	47
3.2.	Отклонения и допуски расположения поверхностей деталей. Обозначение допусков расположения на чертежах	49
3.3.	Суммарные отклонения и допуски формы и расположения поверхностей деталей	53
3.4.	Независимые и зависимые допуски отклонений расположения и формы элементов деталей	56
3.5.	Выбор вида допуска, базы и определение числовых значений допусков расположения	57
3.6.	Общие допуски формы и расположения поверхностей.	61
4.	НОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К НЕРОВНОСТЯМ НА ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ (ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ)	62
4.1.	Основные понятия и определения. Параметры для нормирования значений поверхностных неровностей.	62
4.2.	Выбор параметров шероховатости и их величины в зависимости от требований к поверхности	65
4.3.	Обозначение шероховатости поверхности на чертежах	66

5.	НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ	68
5.1.	Нормирование точности метрической резьбы	68
5.1.1.	Резьбовые соединения, используемые в машиностроении	68
5.1.2.	Профиль и основные параметры метрической резьбы	69
5.1.3.	Общие принципы нормирования точности цилиндрических резьб	70
5.1.4.	Допуски и посадки метрической резьбы с зазором. Обозначение допусков и посадок метрических резьб на чертежах.	74
5.1.5.	Допуски и посадки метрической резьбы с натягами и переходными посадками.	77
5.2.	Нормирование точности шпоночных соединений	79
5.3.	Шлицевые соединения	81
5.3.1.	Назначение, краткая характеристика и классификация шлицевых соединений	81
5.3.2.	Способы центрирования шлицевых соединений с прямобочным профилем зуба	82
5.3.3.	Посадки и условные обозначения прямобочных шлицевых соединений	83
5.4.	Нормирование точности цилиндрических зубчатых колес и передач	85
5.4.1.	Требования, предъявляемые к зубчатым колесам и передачам.	85
5.4.2.	Нормы точности колес и виды сопряжений цилиндрических зубчатых колес и передач. Нормы бокового зазора.	86
5.4.3.	Выбор степени точности и вида сопряжений в зависимости от эксплуатационных требований к цилиндрической зубчатой передаче.	89
6.	НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ	92
6.1.	Нормальные углы и допуски на угловые размеры. Нормальные конусности и углы конусов.	92
6.2.	Система допусков и посадок конических соединений.	96

7.	НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ И ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ	101
7.1.	Основные положения. Ряды точности подшипников качения.	101
7.2.	Поля допусков колец подшипников качения	102
7.3.	Выбор посадок колец подшипников	103
7.4.	Виды нагружения колец подшипников качения	104
7.5.	Обозначение посадок подшипников на чертежах	106
8.	ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ.	107
8.1.	Основные понятия о размерных цепях. Классификация размерных цепей. Основные термины и определения.	108
8.2.	Составление размерных цепей.	109
8.3.	Методы решения размерных цепей	111
8.3.1.	Метод полной взаимозаменяемости	112
8.3.2.	Теоретико–вероятный метод.	115
8.3.3.	Методы достижения требуемой точности замыкающего звена.	117
9.	ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О МЕТРОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ	119
9.1.	Объект и предмет метрологии.	119
9.2.	Физическая величина, ее свойства и характеристики.	119
9.3.	Системы единиц физических величин.	120
10.	ИЗМЕРЕНИЕ. ВИДЫ ИЗМЕРЕНИЙ. КАЧЕСТВО И ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ.	123
10.1.	Классификация средств и методов измерений.	123
10.2.	Метрологические показатели средств измерений.	127
10.3.	Погрешности и выбор измерительных средств.	129
11.	ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ. ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ОСНОВЫ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ В ОБЛАСТИ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ.	132
11.1.	Законодательство Республики Беларусь в области оценки соответствия	132
11.2.	Международные подходы к оценке соответствия. Основные понятия в области оценки соответствия	138
11.3.	Подходы к оценке соответствия в рамках Таможенного Союза и других государственных интеграционных образований.	145
11.3.1	Формы оценки соответствия	145

11.3.2.	Государственная регистрация	146
11.3.3.	Оценка пригодности.	147
11.3.4.	Экспертиза	148
11.4.	Модульный подход к подтверждению соответствия продукции на основе Директив ЕС Нового и Глобального подхода.	148
12.	НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.	152
12.1.	Структура и правила функционирования.	152
12.2.	Органы Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь и их функции.	154
12.3.	Знаки соответствия.	161
12.3.1.	Виды и описание знаков соответствия системы	161
12.3.2.	Порядок применения знаков соответствия системы.	164
	Содержание	166

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ

**Учебно-методическое пособие
для студентов специальностей
1-42 01 01 «Металлургическое производство
и материалобработка (по направлениям)»,
6-05-0714-03 «Инженерно-техническое проектирование
и производство металлов и изделий из них»
дневной и заочной форм обучения**

Составитель Столяров Александр Игоревич

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 09.10.25.

Пер. № 154Е.
<http://www.gstu.by>