

Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии
машиностроительного производства»

Г.В. Нахратова, А.Г. Схиртладзе

ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ, СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ



Электронное
учебно-методическое пособие



© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский
государственный университет», 2015

ISBN 978-5-8259-0815-1

УДК 006
ББК 30.10.65.2/4.ц

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент Поволжского государственного
университета сервиса *С.М. Бобровский*;
канд. техн. наук, доцент Тольяттинского государственного
университета *Л.А. Резников*.

Нахратова, Г.В. Основы метрологии, стандартизации и сертификации : электронное учеб.-метод. пособие / Г.В. Нахратова, А.Г. Схиртладзе. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. – 1 оптический диск.

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы технологического обеспечения производства, отражены методологические подходы к анализу нормативно-технической документации на изделие, порядку проектирования технологических процессов, а также даны подробные рекомендации по выбору и вероятностному расчету посадок с использованием удобных пакетов программ для ПЭВМ.

Предназначено для студентов специальностей 151001 «Технология машиностроения», 151002 «Металлорежущие станки и комплексы», 151202 «Машины и технология обработки металлов давлением», 150205 «Оборудование и технология сварочного производства», 190601 «Автомобили и автомобильное хозяйство», 190201 «Автомобиле- и тракторостроение», 330500 «Безопасность технологических процессов и производств» заочной формы обучения.

Текстовое электронное издание

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; Adobe Reader.

Редактор *Е.Ю. Жданова*
Технический редактор *З.М. Малявина*
Корректор *Т.Д. Савенкова*
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*
Художественное оформление, компьютерное
проектирование: *Г.В. Карасева*

Дата подписания к использованию 12.01.2015.
Объем издания 3,3 Мб.
Комплектация издания: CD-диск, первичная упаковка.
Заказ № 1-69-13.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14
тел. 8(8482) 53-91-47, www.tltsu.ru

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
Тема 1. Анализ нормативно-технической документации на изделие	8
Тема 2. Сущность стандартизации и её экономическая эффективность	13
Тема 3. Основные сведения о взаимозаменяемости деталей машин и узлов	23
Тема 4. Основные понятия и определения	24
Тема 5. Допуски и посадки гладких цилиндрических соединений	29
Тема 6. Размерные цепи	47
Тема 7. Точность формы деталей	57
Тема 8. Резьба метрическая	71
Тема 9. Допуски и посадки подшипников качения	75
Тема 10. Метрологическое обеспечение	87
Тема 11. Основы технических измерений	98
Тема 12. Универсальные измерительные средства. Штриховые, рычажно-механические и рычажно-оптические приборы	103
Тема 13. Допуски на зубчатые колёса и передачи	123
Тема 14. Сертификация продукции и услуг. Понятие «сертификация», основные цели и объекты сертификации	140
Контрольные работы	161
Библиографический список	190
Приложение 1	192
Приложение 2	193
Приложение 3	194
Приложение 4	196

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, изучающих предмет «Основы метрологии, стандартизации и сертификации».

Переход России к рыночной экономике определил новые условия для деятельности отечественных фирм, предприятий и организаций не только на внутреннем рынке, но и на внешних. Право предприятий на самостоятельность не означает вседозволенность в решениях, а заставляет изучать и применять в своей практике принятые во всем мире «правила игры». Международное сотрудничество по любым направлениям и на любом уровне требует гармонизации этих правил с международными и национальными нормами.

В условиях современных торгово-экономических связей между государствами качество продукции является одним из главных показателей ее конкурентоспособности. Уверенность в высоком качестве продукции подтверждается положительными результатами измерений, контроля и испытаний на всех этапах жизненного цикла. Понятие «качество» включает соответствие требованиям функционирования (назначения) и потребителя, надежности, а также безопасности для жизни и здоровья потребителей и окружающей среды.

Законы «О защите прав потребителей», «О стандартизации», «О сертификации продукции и услуг», «Об обеспечении единства измерений» создали необходимую правовую базу для внесения существенных новшеств в организацию важнейших для экономики областей деятельности.

Знания в области стандартизации, сертификации и метрологии в одинаковой степени важны для специалистов по производству и реализации продукции, менеджеров, маркетологов, которые по-новому, осознанно и цивилизованно могут использовать возможности и преимущества этих знаний в качестве весомых составляющих конкурентоспособности товара.

Стандартизация, сертификация и метрология неразрывно связаны между собой. Их взаимозависимость в существенной степени определяет качество продукции. Любая форма стандартизации

предполагает необходимость определения соответствия продукции установленным требованиям, что решается в процессе сертификации с обязательным использованием измерений, контроля и испытаний. Можно сказать, что установление соответствия продукции нормативным документам возможно только при условии единства измерения.

Кроме общих методических указаний разработаны педагогические рекомендации к каждой теме программы и вопросы для самоконтроля знаний. Типовые примеры расчётов и схем построения полей допусков приводятся отдельно для каждого вида сопрягаемых деталей.

Для выполнения расчётов предложены разработанные формы бланков, в которых указано содержание, установлены порядок и оформление выполняемых контрольных заданий с указанием требований Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Первая часть методического пособия включает материал, необходимый для изучения при выполнении домашней контрольной работы, часть вторая содержит учебный материал по контрольной работе и задания к контрольным работам.

Контрольные работы и вопросы для самоконтроля знаний разработаны в соответствии с программой. Рабочая программа дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» составлена на основе Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС ВПО) подготовки инженеров и бакалавров по специальности 151001.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительного производства» и с учетом примерных учебных планов и программ дисциплин, утвержденных Министерством образования и науки России.

В тематическом плане предмета для заочного обучения предусмотрено 75 часов, из них 22 часа отводится на лекции, лабораторные и практические занятия.

Изучение и закрепление учебного материала программы предмета основывается на следующих формах занятий:

- 1) самостоятельная работа по изучению рекомендуемой литературы;
- 2) лабораторный практикум с выполнением 6 работ;

- 3) очно-групповые консультации при проведении лабораторных и контрольных работ или на сборах;
- 4) контрольная работа с выполнением заданий по всему учебному материалу предмета.

Рекомендуется при изучении учебного материала конспектировать его в той последовательности, которая предусмотрена программой.

Цель данного методического пособия – выполнение творческой комплексной задачи, которая включает ряд заданий по метрологии, стандартизации и сертификации.

В результате изучения предмета учащиеся должны:

а) знать принципы построения и содержание Государственной системы стандартизации, её роль в повышении качества изделий, виды взаимозаменяемости, допуски и посадки основных видов сопряжения, регламентированные стандартами, метрологические характеристики, теорию измерений и назначения контрольно-измерительных средств в машиностроении;

б) уметь применять стандарты, на их основе проводить анализ нормативно-технологической документации на изделие, правильно выбирать из таблиц предельные отклонения полей допусков, выполнять расчёты размерных цепей, определять допуски, посадки, зазоры, натяги и строить схемы полей допусков, настраивать измерительные инструменты и приборы для технических измерений;

в) изучить кинематические особенности, условия эксплуатации, принцип действия и правила выполнения отсчётов по шкале измерительных инструментов и приборов;

г) приобрести практические навыки работы с измерительной техникой;

д) освоить стандарты, научиться выбирать квалитеты, назначать допуски на точность формы деталей и расположение поверхностей, обозначение шероховатости на чертежах в соответствии с правилами и заданными параметрами.

Тема 1. АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ИЗДЕЛИЕ

Методические основы стандартизации

В зависимости от контекста термин «стандарт» может иметь несколько значений.

Стандарт – это образец, эталон моделей одного ряда, принимаемый за исходный для сопоставления с ним других подобных объектов.

Стандарт – это нормативно-технический документ, утверждённый компетентным органом (например, Госстандартом РФ), устанавливающий комплекс норм, правил, требований, размеров и т. п. объекта стандартизации.

Стандарт – это форма, размеры, качество изделия.

Стандартизация рассматривается как процесс установления и применения стандартов, введения единообразия и обязательных требований к изделиям и продукции массового производства. Стандартизации подлежат конкретная продукция, нормы, требования, методы, термины, обозначения и т. д., имеющие перспективу многократного применения, используемые в науке, технике и других сферах народного хозяйства, а также в международной торговле.

Стандартизация согласуется с задачами комплексной программы дальнейшего углубления и совершенствования сотрудничества в рамках экономической интеграции.

В нашем издании стандарт рассматривается как нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации и утверждённый компетентным органом.

Стандарт, разработанный на основе науки, техники, передового опыта, должен предусматривать оптимальные для общества решения. Его разрабатывают как на материальные предметы (продукцию, эталоны, образцы веществ и т. п.), так и на объекты организационно-методического и общетехнического характера. Стандарт – это самое целесообразное решение повторяющейся задачи для достижения определённой цели. Стандарты содержат показатели, которые гарантируют возможность повышения качества продукции и экономичности её производства, а также взаимозаменяемости.

Главная цель государственной системы стандартизации (ГСС) – с помощью стандартов, устанавливающих показатели, нормы и требования, соответствующие передовому уровню отечественной и зарубежной науки, техники и производства, содействовать обеспечению пропорционального развития всех отраслей народного хозяйства страны.

В зависимости от сферы действия ГСС предусматривает следующие категории стандартов: государственные (ГОСТ), отраслевые (ОСТ), республиканские (РСТ) и стандарты предприятий (СТП). Государственные стандарты обязательны для всех предприятий, организаций и учреждений страны в пределах сферы их действия. Отраслевые стандарты используют все предприятия и организации данной отрасли (например, станкостроительной), а также другие предприятия и организации (независимо от ведомственной принадлежности), разрабатывающие, изготавливающие и применяющие изделия, которые относятся к номенклатуре, закреплённой за соответствующим министерством. Республиканские стандарты обязательны для предприятий республиканского и местного подчинения данной республики независимо от их ведомственной принадлежности. Стандарты предприятий (объединений) действуют только на предприятии, утвердившем данный стандарт.

Совокупности стандартов межотраслевого значения представлены в табл. 1. Указанные стандарты призваны устанавливать наиболее эффективную последовательность организационных или технологических процедур в целях обеспечения поставленных целей.

Таблица 1

Перечень систем межгосударственных
и государственных стандартов

Наименование систем	Аббревиатура в обозначении стандарта	Шифр в обозначении	Категория стандартов
Государственная система стандартизации Российской Федерации	ГСС	1	ГОСТ Р
Единая система конструкторской документации	ЕСКД	2	ГОСТ
Единая система технологической документации	ЕСТД	3	ГОСТ

Наименование систем	Аббревиатура в обозначении стандарта	Шифр в обозначении	Категория стандартов
Система показателей качества продукции	СПКП	4	ГОСТ
Унифицированная система документации	УСД	6	ГОСТ, ГОСТ Р
Система информационно-библиографической документации	СИБИД	7	ГОСТ
Государственная система обеспечения единства измерений	ГСИ	8	ГОСТ, ГОСТ Р
Единая система защиты от коррозии и старения	ЕСЗКС	9	ГОСТ
Система стандартов безопасности труда	ССБТ	12	ГОСТ, ГОСТ Р
Репрография	–	13	ГОСТ, ГОСТ Р
Единая система технологической подготовки производства	ЕСТПП	14	ГОСТ
Система разработки и постановки продукции на производство	СРПП	15	ГОСТ, ГОСТ Р
Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов	–	17	ГОСТ, ГОСТ Р
Единая система программных документов	ЕСПД	19	ГОСТ
Система проектной документации по строительству	СПДС	21	ГОСТ
Безопасность в чрезвычайных ситуациях	–	22	ГОСТ
Расчеты и испытания на прочность	–	25	ГОСТ
Надежность в технике	–	27	ГОСТ
Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения	–	29	ГОСТ
Информационная технология	–	34	ГОСТ Р
Система сертификации	–	40	ГОСТ Р
Система аккредитации в РФ	–	51	ГОСТ Р

Из табл. 1 видно, что в обозначении ГОСТов и ГОСТов Р, входящих в комплекс стандартов, в частности в регистрационных номерах, первые цифры с точкой – шифры, они определяют комплекс стандартов. Но не по всем направлениям стандартизации межотраслевых правил успел сложиться достаточный по численности комплекс стандартов: некоторые из них, имея в обозначении аббревиатуру, не имеют в обозначении шифр системы (например, система автоматического проектирования – САПР); другие пока являются «зародышами» очень перспективных систем (например, система электронного обмена данными), а поэтому в своем обозначении не имеют элементов, показывающих их принадлежность к системе. Будущее других систем неопределенно (ГОСТ с шифром 29 – по эргономике, ГОСТ 27 – по надежности).

Основные показатели качества с кодами стандарта

Все стандарты можно условно разделить на следующие три направления:

- 1) стандарты, обеспечивающие качество продукции (работ, услуг);
- 2) стандарты по управлению и информации;
- 3) стандарты социальной сферы.

Рассмотрим первое направление подробнее. Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением (ГОСТ 15467–79). Из этого определения следует, что не все свойства изделия входят в понятие качества, а только те, которые определяются потребностью общества в соответствии с назначением этого изделия.

Для определения показателей качества продукции необходимо оценить систему показателей качества продукции (СПКП) – шифр обозначения 4.

В нашем случае исследуются показатели качества для изделий общего машиностроительного применения. Проведем анализ ГОСТ 4.125–78. Основные показатели качества для изделий общего машиностроения следующие:

- 1) показатели назначения:
 - прочность материала изделия;

- крутящий момент;
- 2) показатели надежности:
 - ресурс;
 - сохранность;
 - безотказность;
 - ремонтпригодность;
- 3) показатели стандартизации и унификации;
- 4) эргономические показатели;
- 5) экологические показатели;
- 6) показатели эстетичности;
- 7) показатели безопасности;
- 8) показатели транспортабельности;
- 9) показатели патентноправовые;
- 10) показатели однородности;
- 11) показатели технологичности.

Таким образом, перед проектированием конструктором определяются основные показатели качества изделия.

Тема 2. СУЩНОСТЬ СТАНДАРТИЗАЦИИ И ЕЁ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Виды и методы стандартизации

Комплексная стандартизация

Стандартизацию можно осуществить с учетом достигнутого качества или исходя из качественных характеристик конечной продукции.

В первом случае стандартизацию проводят без учета требований потребителя, а при изготовлении конечной продукции используют изделия, выпуск которых освоен. Это пассивный метод стандартизации. Он используется для изделий массового производства (гайки, болты, подшипники и т. д.).

Во втором случае качественные показатели и стандарты сырья, материалов, комплектующих разрабатывают, исходя из требований, предъявляемых к конечным изделиям. Такой метод называется комплексным.

Для комплексной стандартизации разрабатываются приемы ее осуществления. При этом обеспечивается комплексное решение следующих задач:

- 1) выбор наиболее целесообразных направлений стандартизации;
- 2) разработка опережающих стандартов на сырье, материалы, комплектующие;
- 3) стандартизация технологических процессов, оборудования, оснастки, контроля и испытания продукции, методов организации и подготовки производства;
- 4) определение объема и сроков выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Опережающая стандартизация

Выделяют два вида стандартизации (по воздействию на развитие производства):

- 1) устанавливающую свойства существующей продукции и фиксирующую достигнутый уровень производства;
- 2) способную воздействовать на развитие промышленности в нужном направлении.

Более прогрессивна опережающая стандартизация. Она осуществляется с учетом прогрессивного развития показателей качества объектов стандартизации. Устанавливаются несколько более прогрессивных показателей качества, опережающих достигнутый уровень, и сроки их введения в действие.

Международная стандартизация

Международная стандартизация – это совокупность международных организаций по стандартизации и продуктов их деятельности: стандартов, рекомендаций, технических отчетов и другой научно-технической продукции. Таких организаций три: Международная организация по стандартизации – ИСО (ISO), Международная электротехническая комиссия – МЭК (IEC), Международный союз электросвязи – МСЭ (ITU).

Международная организация по стандартизации – самая крупная и авторитетная из вышеназванных. Основная ее цель сформулирована в Уставе ИСО: «...содействие развитию стандартизации в мировом масштабе для обеспечения международного товарообмена и взаимопомощи, а также для расширения сотрудничества в областях интеллектуальной, научной, технической и экономической деятельности».

О масштабе деятельности организации свидетельствуют следующие факты: свыше 30 тыс. экспертов участвуют в технической работе, которая осуществляется в рамках 187 технических комитетов, 576 подкомитетов, 2057 рабочих групп. Ежегодно в разных странах мира проводятся более 800 заседаний упомянутых выше технических органов. Парк стандартов ИСО превышает 14 тыс. единиц, ежегодно публикуется свыше 800 новых и пересмотренных стандартов.

Основные объекты стандартизации, количество стандартов (в процентах от общего числа) характеризуют диапазон интересов организации.

Машиностроение	29 %
Химия	13 %
Неметаллические материалы	12 %
Руды и металлы	9 %
Информационная техника	8 %
Сельское хозяйство	8 %

Строительство	4 %
Специальная техника	3 %
Охрана здоровья и медицина	3 %
Основополагающие стандарты	3 %
Окружающая среда	3 %
Упаковка и транспортировка товаров	2 %

Остальные стандарты относятся к здравоохранению и медицине, охране окружающей среды, другим техническим областям. Вопросы информационной технологии, микропроцессорной техники – это объекты совместных разработок ИСО и МЭК.

Основное назначение международных стандартов – это создание на международном уровне единой методической основы для разработки новых и совершенствования действующих систем качества и их сертификации.

В последние годы ИСО уделяет много внимания стандартизации систем обеспечения качества. Практическим результатом усилий в этих направлениях являются разработка и издание международных стандартов. При их разработке ИСО учитывает ожидания всех заинтересованных сторон – производителей продукции (услуг), потребителей, правительственных кругов, научно-технических и общественных организаций.

В стратегии последних лет ИСО уделяет особое внимание торгово-экономической деятельности, требующей разработки соответствующих решений в интересах рынка, и оперативной модели, позволяющей в полной мере использовать потенциал информационных технологий и коммуникационных систем, учитывая при этом в первую очередь интересы развивающихся стран и формирование глобального рынка на равноправных условиях.

Стандарты ИСО, аккумулирующие передовой научно-технический опыт многих стран, нацелены на обеспечение единства требований к продукции, являющейся предметом международного товарообмена, включая взаимозаменяемость комплектующих изделий, единые методы испытаний и оценки качества изделий.

Пользователи международных стандартов ИСО – промышленные и деловые круги, правительственные и неправительственные организации, потребители и общество в целом.

Международные стандарты ИСО не имеют статуса обязательных для всех стран-участниц. Любая страна мира вправе применять или не применять их. Решение вопроса о применении международного стандарта ИСО связано в основном со степенью участия страны в международном разделении труда и состоянием ее внешней торговли. В российской системе стандартизации нашли применение около половины международных стандартов ИСО.

В России принят следующий порядок внедрения международных стандартов:

- 1) прямое применение международного стандарта без включения дополнительных требований;
- 2) использование аутентичного текста международного стандарта с дополнительными требованиями, отражающими потребности народного хозяйства.

По своему содержанию стандарты ИСО отличаются тем, что лишь около 20 % из них включают требования к конкретной продукции. Основная же масса нормативных документов касается требований безопасности, взаимозаменяемости, технической совместимости, методов испытаний продукции, а также других общих и методических вопросов. Таким образом, использование большинства международных стандартов ИСО предполагает, что конкретные технические требования к товару устанавливаются в договорных отношениях.

ИСО и МЭК совместно разрабатывают руководства ИСО/ МЭК, в которых рассматриваются различные аспекты деятельности по оценке соответствия. Содержащиеся в этих руководствах добровольные критерии – результат международного консенсуса в отношении наилучших приемов и подходов. Их применение способствует преемственности и упорядоченности в деле оценки соответствия во всем мире и содействует тем самым развитию международной торговли.

Таким образом, на практике реализуется принцип: «Единый стандарт, одно испытание, признаваемые повсюду».

Хотя международные стандарты разрабатываются на основе консенсуса и добровольного признания заложенных в них требований, на практике соответствие им продукции, по существу, обязательно, так как является критерием конкурентоспособности и допуска на международный рынок.

Международные стандарты стали эффективным средством устранения технических барьеров в международной торговле, поскольку обрели статус документов, определяющих научно-технический уровень и качество изделий.

За последние пять лет уровень использования международных стандартов возрос с 15 до 35 %, а в таких отраслях, как машиностроение, металлургия, транспорт и связь, превысил 40 %.

Задачи стандартизации

Основными задачами стандартизации являются:

- обеспечение взаимопонимания между разработчиками, изготовителями, продавцами и потребителями (заказчиками);
- установление оптимальных требований к номенклатуре и качеству продукции в интересах потребителя и государства, в том числе обеспечивающих ее безопасность для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества;
- определение требований по совместимости (конструктивной, электрической, электромагнитной, информационной, программной и др.), а также взаимозаменяемости продукции;
- согласование и увязка показателей и характеристик продукции, ее элементов, комплектующих изделий, сырья и материалов;
- унификация на основе установления и применения параметрических и типоразмерных рядов, базовых конструкций, конструктивно-унифицированных блочно-модульных составных частей изделий; установление метрологических норм, правил, положений и требований;
- нормативно-техническое обеспечение контроля (испытаний, анализа, измерений), сертификации и оценки качества продукции;
- установление требований к технологическим процессам, в том числе для снижения материалоемкости, энергоемкости и трудоемкости, для обеспечения применения малоотходных технологий;
- создание и ведение систем классификации и кодирования технико-экономической информации;
- нормативное обеспечение межгосударственных и государственных социально-экономических и научно-технических программ (проектов) и инфраструктурных комплексов (транспорт,

связь, оборона, охрана окружающей среды, контроль среды обитания, безопасность населения и т. д.);

– создание системы каталогизации для обеспечения потребителей информацией о номенклатуре и основных показателях продукции;

– содействие выполнению законодательства Российской Федерации методами и средствами стандартизации.

Методы стандартизации

Унификация (конструктивная) – наиболее распространённый метод стандартизации, способствует более рациональному сокращению числа объектов одинакового функционального назначения. Унификация обеспечивает повышение производительности труда, снижение затрат на изготовление и эксплуатацию продукции, улучшение её качества, обеспечение взаимозаменяемости изделий. Унификация способствует развитию специализации производства, комплексной механизации и автоматизации.

Унификация (размерная) – способствует приведению размеров деталей промышленных изделий и строительных деталей к некоторому минимуму. Основой унификации размеров служит применяемая система модульной координации размеров, которые являются важнейшей предпосылкой развития массового производства.

Агрегатирование – это метод компоновки промышленных изделий (машин, приборов и др.) из взаимозаменяемых унифицированных узлов (сборочных единиц), выполняющих отдельные функции. Агрегатирование позволяет ограничить число применяемых типов и моделей узлов минимумом наиболее совершенных конструкций, чем способствует повышению эффективности затрат на их производство. Одновременно агрегатирование значительно упрощает эксплуатацию и ремонт изделий, а также модернизацию отдельных морально устаревших узлов.

На основе агрегатирования в станкостроении созданы агрегатные станки специализированного назначения.

Типизация рассматривается как один из методов стандартизации, который также называют методом базовых конструкций. При типизации устанавливаются типовые конструкции, технологические процессы и выполняются типовые, организационные и другие решения.

Симплификация – это форма рациональной организации производства, обеспечивающая сокращение номенклатуры продукции и увеличение серийности изделий на данном производстве.

Симплификация осуществляется по отраслям промышленности, по группам предприятий, отдельным предприятиям, цехам и участкам.

Существует симплификация предметная (станки металлорежущие, телевизоры и др.), технологическая (литейная, кузнечная и др.), детальная – по производству отдельных типов деталей и узлов (подшипники качения, болты, гайки и др.). Симплификация обеспечивает условия для механизации и автоматизации производства, внедрения поточных методов, снижения трудоёмкости и себестоимости изделий, а также способствует развитию кооперирования и международных связей в других заинтересованных странах.

Функции стандартизации

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

1. Экономическая функция – преодоление неразумного многообразия объектов (раздутая номенклатура продукции, ненужное многообразие документов). Она сводится к упрощению и ограничению. Житейский опыт говорит: чем объект более упорядочен, тем он лучше вписывается в окружающую предметную и природную среду с ее требованиями и законами.

2. Социальная (охранная) функция – обеспечение безопасности потребителей продукции (услуг), изготовителей и государства, объединение усилий человечества по защите природы от техногенного воздействия цивилизации. Реализация этой функции позволяет достигнуть целей 1, 2, 3, отмеченных выше.

3. Ресурсосберегающая функция обусловлена ограниченностью материальных, энергетических, трудовых и природных ресурсов и заключается в установлении в нормативном документе (НД) обоснованных ограничений на расходование ресурсов.

4. Коммуникативная функция обеспечивает общение и взаимодействие людей, в частности специалистов, путем личного обмена или использования документальных средств, аппаратных (компью-

терных, спутниковых и пр.) систем и каналов передачи сообщений. Эта функция направлена на преодоление барьеров в торговле и содействие научно-техническому и экономическому сотрудничеству.

5. Цивилизующая функция направлена на повышение качества продукции и услуг как составляющей качества жизни (для достижения цели 6). Например, от жесткости требований государственных стандартов к содержанию вредных веществ в пищевых продуктах, питьевой воде, сигаретах непосредственно зависит продолжительность жизни населения страны. В этом смысле стандарты отражают степень общественного развития страны, т. е. уровень цивилизации.

6. Информационная функция. Стандартизация обеспечивает материальное производство, науку и технику и другие сферы нормативными документами, эталонами мер, образцами – эталонами продукции, каталогами продукции как носителями ценной технической и управленческой информации. Ссылка в договоре (контракте) на стандарт является наиболее удобной формой информации о качестве товара как главного условия договора (контракта).

7. Функция нормотворчества и правоприменения проявляется в узаконивании требований к объектам стандартизации в форме обязательного стандарта (или другого НД) и его всеобщем применении в результате придания документу юридической силы. Соблюдение обязательных требований НД обеспечивается, как правило, принудительными мерами (санкциями) экономического, административного и уголовного характера.

Стандартизация на предприятии

Эффективность и комплексность проведения стандартизации достигаются путем проведения работ на предприятии. Эти работы называются заводской стандартизацией. Она является звеном заводской системы стандартизации.

Объектами заводской стандартизации являются детали и узлы выпускаемой продукции, технологическая оснастка и инструмент, технологические процессы, вопросы организации и управления производством и качеством продукции.

На предприятиях могут разрешаться стандарты для ограничения или дополнения ГОСТов и ОСТов типами, размерами, нормами

и требованиями, преимущественно используемыми на данном предприятии. При этом характеристики этих дополнений должны соответствовать характеристикам исходных стандартов.

Вопросами стандартизации на предприятии занимаются отделы и бюро стандартизации, подчиненные главному инженеру. В их функции входят:

- 1) организация разработки и пересмотра стандартов предприятия;
- 2) проведение работ по унификации продукции и технологической оснастки;
- 3) внедрение стандартов всех видов и категорий;
- 4) учет экономической эффективности стандартизации;
- 5) обеспечение предприятия документацией по стандартизации;
- 6) участие в мероприятиях, направленных на повышение качества продукции.

Важнейшая функция этих отделов и бюро – участие в разработке ГОСТов и ОСТов и осуществление нормоконтроля.

Нормоконтроль (стандартизационный контроль) – обязательная и важнейшая форма проверки всех видов чертежей и технической документации. Нормоконтроль устанавливает:

- 1) целесообразность обработки оригинальных и специальных деталей;
- 2) степень использования в объектах стандартных и унифицированных деталей и узлов;
- 3) соответствие размеров и других параметров рядам предпочтительных чисел;
- 4) правильность выбора и обозначения допусков и посадок, шероховатости, отклонение формы и расположение поверхностей;
- 5) комплектность и правильность оформления технологической документации.

Экономическая эффективность стандартизации

Стандарты можно разделить на две группы:

- 1) направленные на повышение качества продукции;
- 2) устанавливающие оптимальное разнообразие видов, марок продукции.

В соответствии с этим устанавливаются два источника экономического эффекта от стандартизации:

- 1) экономия от повышения качества продукции и доходов от внешней торговли;
- 2) экономия от увеличения массовости и серийности производства, концентрации производства и снижения расходов при сокращении излишнего разнообразия однородной продукции.

Экономия достигается в процессе проектирования, производства и эксплуатации изделия.

Экономия в процессе проектирования – широкое использование стандартных, унифицированных и покупных изделий, сокращение объема работ по разработке чертежей и технологической документации.

Экономия в процессе производства – уменьшение затрат на материалы, изготовление технологической оснастки, приспособлений и специального оборудования, уменьшение стоимости покупных изделий по сравнению со стоимостью изделий собственного производства, снижение накладных расходов.

Экономия в процессе эксплуатации – повышение надежности изделий и снижение затрат на ремонт.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите структурные принципы стандартизации.
2. Что понимается под термином «стандарт»?
3. Чего не может содержать технический регламент?
4. Назовите принципы технического регулирования.
5. Назовите принципы осуществления стандартизации.
6. Что понимается под термином «стандартизация»?
7. Назовите структурные методы стандартизации.
8. Назовите функции национального органа РФ по стандартизации.

Тема 3. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И УЗЛОВ

Взаимозаменяемость – это свойство одних и тех же изделий (деталей, сборочных единиц), позволяющее устанавливать их в процессе сборки или заменять без предварительной подгонки при сохранении всех требований, предъявляемых к работе изделия в целом. Взаимозаменяемость основывается на рациональном применении системы допусков и размеров или других параметров и позволяет осуществлять специализацию и широкое кооперирование. В рекомендуемой литературе [4], [5] освещаются виды взаимозаменяемости и меры, обеспечивающие её эффективность.

Вопросы для самопроверки

1. Какая взаимозаменяемость называется полной, ограниченной, функциональной?
2. Что такое внутренняя и внешняя взаимозаменяемость?
3. В чём выражается эффективность взаимозаменяемости?
4. Что такое геометрическая взаимозаменяемость?
5. Какими мерами обеспечивается взаимозаменяемость?

Тема 4. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

ГОСТ 25346–82 «Единая система допусков и посадок» (ЕСДП) разработан на основе документов Международной организации по стандартизации (ИСО).

Система допусков и посадок для гладких соединений определяется двумя стандартами.

В ГОСТ 25346–82 установлены общие понятия о допусках и посадках, терминология, ряды допусков (калитеты) и основных отклонений, поля допусков и рекомендуемые посадки, являющиеся ограничением из общей совокупности полей допусков и посадок, предусмотренных системой ИСО.

Действительный размер – размер детали, установленный измерением с допускаемой погрешностью; обозначаются отверстия $D_1, D_2 \dots$, валы $d_1, d_2 \dots$

Номинальный размер D – размер, относительно которого определяются предельные размеры, служащий началом отсчета отклонений. Номинальный размер определяется расчетом на прочность с последующим округлением в большую сторону (ГОСТ 6638–69 «Нормальные линейные размеры»).

Предельные размеры (наибольший и наименьший) – два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться действительный размер годной детали или которым он может быть равен. $D_{\text{MAX}}, D_{\text{MIN}} \dots$ – для отверстия, $d_{\text{MAX}}, d_{\text{MIN}}$ – для вала.

Предельные отклонения (верхнее и нижнее) – алгебраическая разность соответственно между наибольшим или наименьшим предельным и номинальным размерами.

Отклонение является положительным, если предельный размер больше номинального, и отрицательным, если предельный размер меньше номинального.

Для отверстия:

– верхнее отклонение

$$ES = D_{\text{MAX}} - D; \quad (1)$$

– нижнее отклонение

$$EI = D_{\text{MIN}} - D. \quad (2)$$

Для вала:

– верхнее отклонение

$$ES = d_{\text{MAX}} - D; \quad (3)$$

– нижнее отклонение

$$EI = d_{\text{MIN}} - D. \quad (4)$$

В соответствии с ГОСТ 2.307–68 предельные отклонения размеров обозначают непосредственно после номинального размера. При записи предельных отклонений числовыми значениями верхнее отклонение помещают выше средней линии высоты шрифта номинального размера, а нижнее – ниже, например:

$$15_{-0,020}^{-0,009}; \quad 19_{-0,005}^{+0,008}; \quad 30_{+0,028}^{+0,037}$$

Предельные отклонения, равные нулю, не указывают, например:

$$15^{+0,011}; \quad 15_{-0,011}$$

Допуск – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями. Допуск обозначается буквой «Т», проставляемой перед обозначением размера параметра, например:

$$TD = D_{\text{MAX}} - D_{\text{MIN}} \quad \text{или} \quad TD = ES - EI; \quad (5)$$

$$Td = d_{\text{MAX}} - d_{\text{MIN}} \quad \text{или} \quad Td = es - ei, \quad (6)$$

где TD – допуск диаметра отверстия; Td – допуск диаметра вала.

Допуск всегда положителен и определяет точность изготовления детали.

Пример подсчета допуска для вала $\varnothing 15_{-0,034}^{-0,016}$.

По формулам (3), (4) определяем предельные размеры вала:

$$d_{\text{MAX}} = D + es = 15 + (-0,016) = 14,984 \text{ мм};$$

$$d_{\text{MIN}} = D + ei = 15 + (-0,034) = 14,966 \text{ мм}.$$

По формулам (6) определяем допуск вала:

$$Td = d_{\text{MAX}} - d_{\text{MIN}} = 14,984 - 14,966 = 0,018 \text{ мм}$$

или

$$Td = es - ei = (-0,016) - (-0,034) = -0,016 + 0,034 = 0,018 \text{ мм}.$$

Вал – термин, применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей.

Отверстие – термин, применяемый для обозначения внутренних (охватываемых) элементов деталей.

Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю, т. е. $es = 0$.

Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю, т. е. $EI = 0$.

Поле допуска – поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Оно заключается между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям в определяемом масштабе. Поле допуска определяется величиной допуска и его положением относительно нулевой линии. Нулевая линия соответствует номинальному размеру. От нее откладываются отклонения размеров при их графическом изображении. Если нулевая линия изображена горизонтально, то положительные отклонения откладываются вверх от неё, а отрицательные – вниз.

На рис. 1 представлено графическое изображение полей допусков отверстия и вала. При графическом изображении на схеме следует указывать величины отклонений и их знаки, размеры в микрометрах (мкм) или миллиметрах (мм).

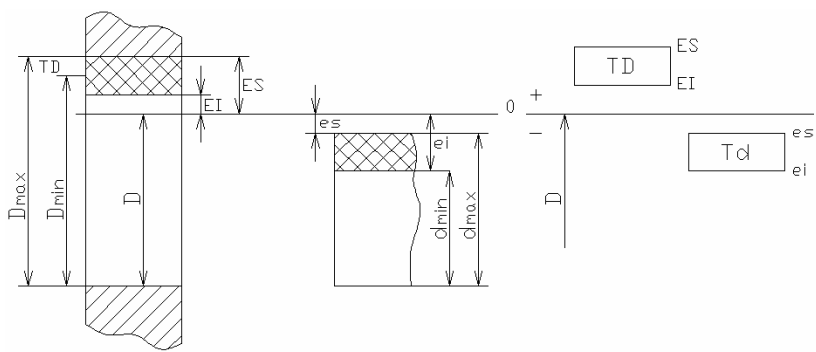


Рис. 1. Графическое изображение полей допусков

Посадка – характер соединения деталей (вала и отверстия), определяемый величиной получающихся в ней зазоров или натягов.

Посадка характеризует свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

Зазор S – разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала. Зазор обеспечивает возможность свободного перемещения соединяемых деталей.

Натяг N – разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия. Натяг обеспечивает взаимную неподвижность деталей после их сборки.

Типы посадок

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадка может быть с зазором, натягом или переходная (рис. 2).



Рис. 2. Взаимное расположение полей допусков для различных типов посадок

Посадка с зазором – посадка, при которой гарантируется зазор в соединении (поле допуска отверстия расположено выше поля допуска вала или нижняя граница поля допуска отверстия совпадает с верхней границей поля допуска вала). Посадки с зазором назначаются для подвижных соединений.

Посадка с натягом – посадка, при которой гарантируется натяг в соединении (поле допуска отверстия расположено ниже поля допуска вала или верхняя граница поля допуска отверстия совпадает с нижней границей поля допуска вала).

Посадки с натягом назначаются для неразъемных соединений.

Переходная посадка – посадка, при которой в соединении может получиться как натяг, так и зазор (поля допусков отверстия и вала частично или полностью перекрываются). Натяг получается при наибольшем предельном размере вала и наименьшем предельном размере отверстия, а в случае наибольшего предельного размера отверстия и наименьшего предельного размера вала получается зазор.

Переходные посадки назначаются для неподвижных соединений, подвергающихся периодической разборке.

Вопросы для самопроверки

1. Какой размер называется номинальным, действительным и предельным?
2. Что такое допуск на размер?
3. Какие отклонения называют предельными и как их обозначают в стандартах?
4. Каково значение нулевой линии? Через какой размер она проводится при графическом построении полей допусков?
5. Что называется посадкой и что она характеризует?
6. Какие три вида посадок применяют в ЕСДП?

Тема 5. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Допуск как мера точности размеров деталей может быть установлен по различным системам допусков и посадок.

Наиболее распространены:

Международная система допусков.....стандарты ИСО
Единая система допусков и посадок.....стандарты ЕСДП
Основные нормы взаимозаменяемости.....стандарты ОНВ
Государственные стандарты РФ.....ГОСТ и ГОСТ Р

Международная организация по стандартизации ИСО была создана в 1947 году вместо Международной ассоциации по стандартизации ИСА. Стандарты ИСА были разработаны в 1940 году. Систему ИСО в качестве государственного стандарта применяют Бельгия, Италия, Франция, ФРГ, Швейцария, Швеция, Япония, а также страны с дюймовой системой мер: Англия, Канада, США.

Членами ИСО являются национальные комитеты по стандартизации свыше 40 стран мира, в их числе Госстандарт РФ.

ГОСТ 25346–82 «Единая система допусков и посадок, поля допусков и рекомендуемые посадки. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений» введен в действие в народном хозяйстве РФ с первого января 1982 года.

Интервалы номинальных размеров

В системе ЕСДП установлены три диапазона размеров: до 500 мм, свыше 500 до 3150 мм и для размеров свыше 3150 до 10000 мм.

Для построения рядов допусков каждый из диапазонов разбит на несколько основных интервалов.

В системах допусков ИСО и ЕСДП в диапазоне от 1 до 500 мм установлены 13 основных интервалов: до 3 мм, свыше 3 до 6 мм, свыше 6 до 10 мм и т. д.

Разбивка на основные интервалы выполнена таким образом, чтобы допуски, подсчитанные по крайним значениям в каждом интервале, отличались от допусков, подсчитанных по среднегеометрическому (среднеарифметическому) размеру не более чем на 5...8 %.

Это позволяет значительно сократить размеры таблицы и упростить ее использование в практике, так как величина допуска в каждом интервале размеров принята одинаковой.

Для основных отклонений полей допусков, применяемых для получения соединений с большими зазорами и натягами, основные интервалы размеров дополнительно разбивают на промежуточные. Так, начиная с основного интервала свыше 10 до 18 мм, произведена разбивка на два промежуточных интервала: свыше 10 до 14 мм и свыше 14 до 18 мм. Увеличение числа интервалов для указанных соединений уменьшает диапазон зазоров и натягов и делает их более определенными.

Единица допусков i (I) выражает зависимость допуска от номинального размера, является мерой точности и отражает влияние технологических, конструктивных и метрологических факторов.

В диапазоне размеров свыше 1 до 500 мм единица допуска подсчитывается по следующим зависимостям.

Для системы ОСТ

$$i = 0,5\sqrt{D_C}; \quad (7)$$
$$D_C = [D_n + D_6]/2,$$

где D_C – среднее арифметическое значение крайних размеров интервала.

В системе ИСО и ЕСДП:

$$i = 0,45\sqrt[3]{D_{cp}} + 0,001D, \quad (8)$$

где D_{cp} – среднее геометрическое значение крайних размеров интервала, $D_{cp} = \sqrt{D_1 \cdot D_2}$.

В формулах для подсчета единицы допуска величины D выражаются в мм, а результат i – в микрометрах.

Квалитет – совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров.

В системе стандартов степень точности размеров устанавливается по классам точности. Следует обратить особое внимание на различие терминов, так как это вносит своеобразие в их применение.

В ЕСДП для гладких цилиндрических деталей установлено 19 квалитетов: 01, 0, 1, 2...17 (в порядке понижения точности). Для размеров до 1 мм квалитеты от 14 до 17 не используются. Квалите-

ты 01, 0 и 1 предназначены для концевых мер длины, квалитеты 2, 3 и 4 – для калибров и особо точных деталей. В квалитетах с 5-го по 13-й приводятся предельные отклонения для сопрягаемых размеров, а 14, 15, 16 и 17 квалитеты предназначены для несопрягаемых размеров.

Квалитет, так же как и класс точности в системе стандартов, определяет совокупность допусков, характеризуемых постоянной относительной точностью, и зависит от единиц допуска и их количества.

Зависимость допуска от квалитета выражается формулой

$$IT_n = a_n \cdot i, \quad (9)$$

где IT_n – допуск n -го квалитета; a_n – число единиц допуска, входящих в допуск этого квалитета.

Значения « a » для квалитета IT6 и грубее образуют геометрическую прогрессию с $\varphi = 1,6$. Это значит, что при переходе от одного квалитета к другому, более грубому, допуски возрастают на 60 %. В IT6 число « a » равно 10.

Основные отклонения. Для обозначения полей допусков в системе ЕСДП предусмотрено 28 различных вариантов. Положение поля допуска относительно нулевой линии (линии номинального размера) определяется величиной основного отклонения, которое для валов обозначается одной или двумя строчными буквами латинского алфавита $a, b, c \dots zc$, а для отверстий аналогичными прописными буквами A, B, C, \dots, ZC . Для всех полей допусков как отверстий, так и валов, расположенных выше нулевой линии, основным является нижнее отклонение, а для всех полей допусков, расположенных ниже нулевой линии, основным является верхнее отклонение. Граница поля допуска, соответствующая основному отклонению, показана сплошной линией, вторая граница поля допуска не показана. Для всех полей допусков абсолютная величина второго отклонения, не являющегося основным, зависит от квалитета, т. е. от величины допуска. Поля допусков J_s и j_s основного отклонения не имеют, так как они расположены симметрично относительно нулевой линии.

Основные отклонения отверстий построены таким образом, чтобы обеспечить образование посадок в системе вала аналогичных посадкам в системе отверстия. Они равны по величине и противоположны по знаку основным отклонениям вала, обозначаемым той

же буквой. Общее правило определения основных отверстий может быть выражено следующим образом:

$$EI = -es \text{ для } A - H;$$

$$ES = -ei \text{ для } J - ZC.$$

Из этого правила сделано исключение для отклонений отверстий J, K, M, N с допуском до IT8 включительно и отклонения P..ZC до IT7 включительно для размеров свыше 3 мм. Для этих отклонений установлено:

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

где $\Delta = IT_n - IT_{n-1}$ – разность между допуском рассматриваемого качества и допуском ближайшего более точного качества.

Важно отметить, что величина основного отклонения от качества не зависит. Следовательно, для отверстий от A до H основное отклонение будет (нижнее) EI постоянно для всех качеств, а верхнее отклонение $ES = EI + IT_n$, для отверстий от K до ZC основное отклонение (верхнее) ES постоянно, а нижнее отклонение $(EI) = |ES| + IT_n$.

Для валов от a до h основное отклонение (верхнее) es постоянно для всех качеств, нижнее отклонение $|ei| = |es| + IT_n$, а для валов от K до ZC основное отклонение ei, а верхнее отклонение $es = ei + IT_n$.

Обозначение полей допусков характеризуется расположением поля допуска относительно линии номинального размера (нулевой линии), определяемой наименованием буквы, и величиной допуска, определяемой наименованием качества.

Например, $\varnothing 16K7$, $\varnothing 16M6$, $\varnothing 16H01$ – обозначения полей допусков отверстий и $\varnothing 16k7$, $\varnothing 16m6$, $\varnothing 16h01$ – обозначение полей допусков валов.

Следует обратить внимание, что величина номинального размера и номер качества пишутся всегда цифрой, в то время как поля допусков отверстий обозначаются прописными буквами, а валов – строчными. Номер качества пишется после буквенного обозначения поля допуска.

Основные рекомендации по выбору посадок. В зависимости от конструктивного назначения соединения в нем могут быть заданы необходимые величины зазора (натяга), которые рассчитываются

методами, изучаемыми в курсах «Детали машин» или «Сопротивление материалов». Затем подбираются стандартные поля допуска отверстия и вала, обеспечивающие наилучшее соответствие между выбранными и расчетными зазорами (натягами).

Для образования посадок система ЕСДП разрешает выбирать любые комбинации полей допусков соединяемых деталей. Но, учитывая опыт промышленности, ГОСТ 25346–82 устанавливает ряд рекомендуемых и предпочтительных посадок. Такое выделение полей допусков способствует сокращению номенклатуры измерительного и режущего инструмента и их производства.

При выборе полей допусков отверстия и вала для выполнения необходимого соединения следует обращать внимание на технологичность изготовления указанных поверхностей. Более высокая точность изготовления вала по сравнению с отверстием достигается значительно проще, поэтому желательным является назначение поля допуска на вал по более точному качеству, чем на отверстие.

Посадки в системах отверстия и вала. Посадки, образуемые из различных полей допусков валов и из долей допусков отверстия Н2, Н3... Н13, **называются посадками в системе отверстия.** Таким образом, в системе отверстия предельные размеры отверстия зависят от номинального размера и качества, но остаются постоянными при любой посадке. Характер посадки изменяется только от предельных отклонений валов, которые зависят и от номинального размера, и от их расположения относительно нулевой линии.

Посадки, образуемые из различных полей допусков отверстий и полей допусков вала $h_2, h_3, \dots h_{13}$, **называются посадками в системе вала.** В системе вала, наоборот, от посадки не зависят предельные отклонения вала, но зависят предельные отклонения отверстия.

Применение системы отверстия предпочтительнее, чем системы вала, если это конструктивно возможно, так как требует значительно меньшего количества специального измерительного и режущего инструмента.

Обозначение посадок и отклонений на чертежах

На чертежах деталей в соответствии с системой ЕСДП сопрягаемые размеры могут быть указаны как буквенным (условным), так и числовым или условно-числовым обозначением.

Условный 40Н8 – отверстие; 40 е8 – вал.

Числовой $40^{+0,039}$ – отверстие; $40_{-0,89}^{-0,050}$ – вал.

Условно-числовой 40Н8 ($40^{+0,039}$) – отверстие; 40е8 ($40_{-0,89}^{-0,050}$) – вал. Предпочтение следует отдать третьему способу.

На сборочных чертежах в местах соединений должна указываться посадка, которая обозначается рядом с номинальным размером в виде дроби. В числителе проставляется отклонение отверстия, а в знаменателе – вала, причем обозначения отверстия и вала могут быть даны любым из трех указанных обозначений. Предельные отклонения отверстий и валов нормируются в соответствии с ГОСТ 25346–82.

Подсчет предельных значений зазоров и натягов. При соединении деталей обязательным условием является то, что номинальный размер является общей величиной как для отверстия, так и для вала. Однако предельные отверстия (D_{MAX} и D_{MIN}), валы (d_{MAX} и d_{MIN}), а также и соответствующие им действительные размеры (D_1, D_2, D_3 и т. д. и d_1, d_2, d_3 и т. д.) могут быть различными. Тогда в зависимости от того, какой из соединяемых элементов (отверстие или вал) будет больше, в соединении может быть зазор или натяг.

Для определения характера соединения следует рассматривать два предельных варианта сборки деталей в зависимости от их размеров, которые находятся в пределах заданных отклонений:

- 1) на сборку поступают отверстия наибольшего предельного размера (D_{MAX}) и наименьшего предельного размера валы (d_{MIN});
- 2) на сборку поступают отверстия наименьшего предельного размера (D_{MIN}) и наибольшего размера валы (d_{MAX}).

Если в обоих случаях при сборке получается зазор (т. е. отверстие больше вала), то посадка **называется посадкой с зазором**.

Если в обоих случаях при сборке получается натяг (т. е. вал больше отверстия), то посадка **называется посадкой с натягом**.

Если в первом случае при сборке получается зазор, а во втором – натяг, то посадка **называется переходной**.

Важно помнить, что величины натяга и зазора должны быть положительными числами, так как отрицательные значения этих величин не имеют физического смысла.

Для определения предельных размеров отверстия и вала в соответствии с формулами (1)–(4) получим:

$$D_{\max} = D + ES; \quad (10)$$

$$D_{\min} = D + EI. \quad (11)$$

При определении предельных размеров следует помнить, что номинальный размер на чертеже указан в мм, а предельные отклонения в таблицах приведены в микрометрах (1 мкм = 0,001 мм). Из анализа вышеприведенных вариантов сборки деталей могут быть получены следующие зависимости для определения величин зазоров и натягов для различных посадок:

– в посадках с зазором

$$\begin{aligned} S_{\max} &= D_{\max} - d_{\min} = ES - ei; \\ S_{\min} &= D_{\min} - d_{\max} = EI - es; \end{aligned} \quad (12)$$

– в посадках с натягом

$$\begin{aligned} N_{\max} &= d_{\max} - D_{\min} = es - EI; \\ N_{\min} &= d_{\min} - D_{\max} = ei - ES; \end{aligned} \quad (13)$$

– в переходных посадках

$$\begin{aligned} S_{\max} &= D_{\max} - d_{\min} = ES - ei; \\ N_{\max} &= d_{\max} - D_{\min} = es - EI. \end{aligned} \quad (14)$$

В посадках с зазором и натягом определяются также средние величины зазора S_m и натяга N_m , которые равны среднеарифметическому значению максимальной и минимальной их величин:

$$\begin{aligned} S_m &= (S_{\max} + S_{\min})/2; \\ N_m &= (N_{\max} + N_{\min})/2. \end{aligned} \quad (15)$$

Действительные величины зазора и натяга в конкретном соединении определяются как разность действительных размеров деталей:

$$\begin{aligned} S_1 &= D_1 - d_1 \quad (D_1 > d_1); \\ N_1 &= D_1 - d_1 \quad (d_1 > D_1). \end{aligned} \quad (16)$$

На рис. 3 показаны схемы расположения полей допусков трех типов посадок и определение величин зазоров и натягов в соединениях.

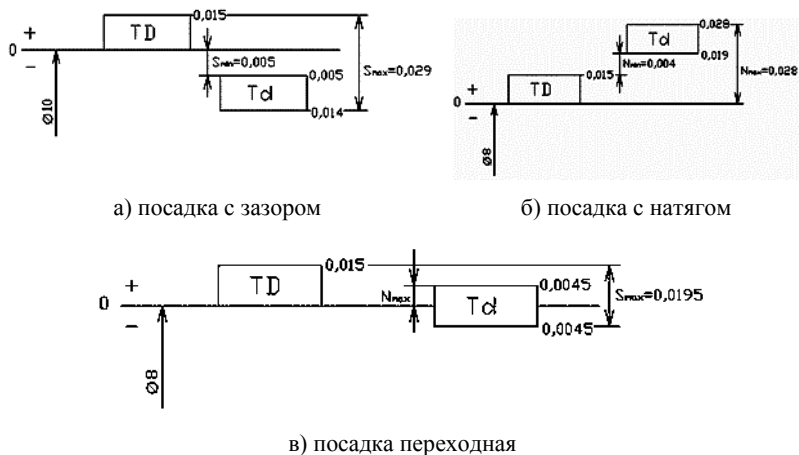


Рис. 3. Схемы расположения полей допусков и величины зазоров и натягов в соединениях

Допуск посадки. При изготовлении партии деталей действительные размеры отверстий и валов будут иметь колебания размеров, которые будут определяться величинами TD и Td . Таким образом, в соединениях могут получаться различные значения зазоров или натягов, рассеивание которых в партии можно определить через допуск посадки, т. е. через TS или TN .

Допуск посадки определяется:

– в посадках с зазором

$$TS = S_{\max} - S_{\min}; \quad (17)$$

– в посадках с натягом:

$$TN = N_{\max} - N_{\min}; \quad (18)$$

– в переходных посадках

$$T(SN) = S_{\max} + N_{\max}. \quad (19)$$

Из анализа формул (12)–(14), (5) и (6) получим для любой посадки

$$T(SN) = Td + TD. \quad (20)$$

На основании формулы (20) можно сделать заключение, что допуск посадки характеризует точность сборки и определяется степенью точности изготовления деталей, т. е. допусками на их изготовление.

Назначение посадок

Посадки с зазором предназначены для подвижных соединений, к которым относятся подшипники скольжения для вращательного или возвратно-поступательного движения соединяемых деталей. Следует запомнить, что такие посадки не обеспечивают хорошее центрирование соединяемых поверхностей.

Переходные посадки предназначены для неподвижных соединений, подвергающихся периодической разборке. Такие посадки обеспечивают центрирование соединяемых поверхностей. Так как в этих посадках возможно получение соединения как с зазором, так и с натягом, то неподвижность соединения обеспечивается дополнительным креплением шпонками, стопорными винтами и др.

Посадки с натягом предназначены для неподвижных соединений, и разборка соединения приводит к его разрушению. Если созданный натяг является недостаточным для обеспечения неподвижности при передаче крутящего момента или осевого усилия, следует предусматривать дополнительные крепления, аналогичные применяемым в переходных посадках. Применение слишком больших натягов не рекомендуется, так как оно может привести к разрушению соединения из-за ограниченной прочности деталей. Поэтому перед назначением посадки следует предварительно произвести подсчет предельных натягов. Расчет всех посадок выполняется в той же последовательности, что описана выше.

В посадках с зазором считаются только зазоры S_{MAX} и S_{MIN} .

В посадках с натягом – только натяги N_{MAX} и N_{MIN} .

В переходных посадках считаются только S_{MAX} и N_{MIN} .

Расчет переходной посадки

Переходные посадки используются для центрирования сопряжений и характеризуются малыми зазорами и натягами, что, как правило, позволяет производить сборку при небольших усилиях (вручную или при помощи молотка).

Выбор переходных посадок определяется требуемыми точностью центрирования и легкостью сборки и разборки сопряжения. Первое из требований определяет максимально допустимый зазор при заданном предельном значении E_0 радиального биения втулки на валу. Расчетное соотношение имеет вид

$$S_{\max \text{ расч}} \leq \frac{E_0}{K_T}, \quad (21)$$

где $K_T = 2 \dots 5$ – коэффициент запаса точности, учитывающий погрешности формы и расположения поверхностей сопрягаемых деталей, их износ и снятие неровностей при переборках.

В нашем случае $E_0 = 0,16$, $K_T = 2$, можем рассчитать $S_{\max \text{ расч}}$:

$$S_{\max \text{ расч}} \leq 0,08.$$

Степень легкости сборки и разборки сопряжения с переходной посадкой определяется вероятностью P_s получения в ней зазора, которая выводится из соотношения (22) в предположении, что рассеяние зазоров (натягов) подчиняется закону нормального распределения:

$$P_s = 0,5 + \Phi_0(Z_s), \quad (22)$$

где $\Phi_0(Z_s)$ – функция Лапласа.

Определим значение $\Phi_0(Z_s) = P_s - 0,5$, а затем по таблице значений функции Лапласа (прил. 1) вычислим значение аргумента Z_s .

По условию вероятность появления зазора $P_s = 15\%$, следовательно:

$$\Phi_0(Z_s) = 0,15 - 0,5 = -0,35.$$

Табличный аргумент для функции Лапласа Z_s будет равен $-1,04$, так как $\Phi_0(-Z_s) = -\Phi_0(Z_s)$.

Величину минимального расчетного зазора определим по формуле

$$S_{\min \text{ расч}} = S_{\max \text{ расч}} \frac{Z_s - 3}{Z_s + 3}. \quad (23)$$

Вычислим $S_{\min \text{ расч}}$, используя полученные результаты:

$$S_{\min \text{ расч}} = 0,08 \frac{-1,04 - 3}{-1,04 + 3} = -0,12 \text{ мм.}$$

Знак «—», полученный при $S_{\min \text{ расч}}$, свидетельствует о том, что это не зазор, а натяг.

Пользуясь таблицами ГОСТ 25346—82, следует подобрать посадку так, чтобы удовлетворялись следующие условия:

$$\begin{aligned} S_{\max \text{ табл}} &\leq S_{\max \text{ расч}}; \\ S_{\min \text{ табл}} &< S_{\min \text{ расч}}. \end{aligned}$$

Переходные посадки образуются главным образом сочетанием полей допусков валов J_s, K, m и n с основными отверстиями или полей допусков отверстий J_s, K, M, N с основными валами. При этом переходные посадки применяются в квалитетах, не грубее $IT8$.

Выбранная посадка должна обеспечивать вероятность получения зазора в пределах заданного (допускается применение посадки, у которой расчетная величина вероятности зазора меньше заданной, но не более чем на 20 %, если за единицу или 100 % принять заданное значение P_s).

В первом приближении номер квалитета можно определить по следующей формуле:

$$IT = 1,23 + 6 \lg \frac{TS}{\sqrt[3]{d_H}}, \quad (24)$$

где TS — допуск посадки.

В нашем случае допуск посадки рассчитаем по следующей формуле:

$$\begin{aligned} TS &= S_{\max} - S_{\min}; \\ TS &= 0,08 + 0,12 = 0,2 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (25)$$

Определим приближенный номер квалитета для нашей посадки:

$$IT = 1,23 + 6 \lg \frac{0,2}{\sqrt[3]{140}} \cong 7,3.$$

При дробном значении номера IT часто, но не всегда принимается равноточное сопряжение: квалитет отверстия выбирается большим, чем квалитет вала. Рассматриваемому примеру удовлетворяет

посадка системы отверстия $\varnothing 140 \frac{H7(+0,040)}{m7(+0,055)}$.

Схематичное изображение полученной посадки представлено на рис. 4.

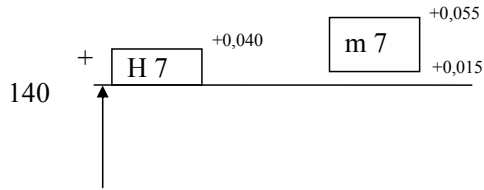


Рис. 4. Графическое изображение переходной посадки

Среднее квадратичное отклонение посадки σ_s определяем по формуле

$$\sigma_s = \frac{1}{6} \sqrt{Td^2 + TD^2} = \frac{1}{6} \sqrt{40^2 + 40^2} = 9,43 \cong 10 \text{ мкм.}$$

Для расчета вероятности распределения зазоров или натягов найдём среднее их значение S_m :

$$S_m = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} = \frac{25 - 55}{2} = -15 \text{ мкм.}$$

Знак «минус» указывает на то, что средним является натяг, следовательно, в собранных сопряжениях будет в основном появляться натяг величиной 15 мкм.

Далее необходимо рассчитать вероятность появления зазоров и натягов в процентах от количества собранных сопряжений:

Находим значение функции Лапласа, имея в виду, что $Z_s = -\frac{15}{9} = -1,6$:

$$\Phi_0(-1,6) = -0,4406.$$

По формуле (22) для посадки $\varnothing 140 \frac{H7(+0,04)}{m7(+0,055)}$ находим, что

$$P_s = 0,5 - 0,4406 = 0,0594,$$

или 6 % (это вероятность появления зазоров). Таким образом, большинство сопряжений (94,1 %) будут иметь натяг.

Среднее квадратичное отклонение посадки σ_s определяем по формуле

$$\sigma_s = \frac{1}{6} \sqrt{Td^2 + TD^2} = \frac{1}{6} \sqrt{25^2 + 25^2} = 5,89 \cong 6 \text{ мкм.}$$

Для расчета вероятности распределения зазоров или натягов найдём среднее их значение S_m :

$$S_m = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} = \frac{16 - 34}{2} = -9 \text{ мкм.}$$

Знак «минус» указывает на то, что средним является натяг и, следовательно, в собранных сопряжениях будет в основном появляться натяг величиной 9 мкм.

Далее необходимо рассчитать вероятность появления зазоров и натягов в процентах от количества собранных сопряжений.

Находим значение функции Лапласа, имея в виду, что

$$Z_s = -\frac{9}{6} = -1,5$$

$$\Phi_0(-1,5) = -0,4357.$$

По формуле для посадки $\varnothing 32 \frac{H7}{m7}$ находим, что

$$P_s = 0,5 - 0,4357 = 0,0643,$$

или 6 % (это вероятность появления зазоров). Таким образом, большинство сопряжений (93,6 %) будут иметь натяг.

Расчет неподвижной посадки

Неподвижная (с гарантированным натягом) посадка считается годной, если при неподвижном натяге гарантируется неподвижность сопряжения, а при максимальном – прочность соединяемых деталей. При этих условиях сопряжение будет передавать заданную нагрузку (крутящий момент или осевую силу либо то и другое), а детали будут выдерживать без разрушения напряжения, вызванные натягом. Сопряжение с неподвижной посадкой показано на рис. 2, б.

Минимальный расчетный натяг $N_{\min \text{ расч}}$ определяется так:

$$N_{\min \text{ расч}} = \rho_{\min} c_0 d_H, \quad (26)$$

где ρ_{\min} – минимальное давление, возникающее на контактной поверхности, вала и втулки; d_H – номинальный размер сопряжения; c_0 – коэффициент, определяемый по формуле

$$c_o = \frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d}.$$

Здесь E_D и E_d – соответственно модули упругости материалов втулки и вала; C_D и C_d – коэффициенты, рассчитываемые по формулам:

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{d_H}{D_1}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_H}{D_1}\right)^2} + \mu_D; \quad C_d = \frac{1 + \left(\frac{d_o}{d_H}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_o}{d_H}\right)^2} - \mu_d,$$

где d_H, d_o, D_1 – геометрические размеры деталей сопряжения (рис. 4); μ_D и μ_d – соответственно коэффициенты Пуассона для материалов втулки и вала.

Значение модулей упругости и коэффициентов Пуассона можно брать из табл. 2.

Таблица 2

Материал	Модуль упругости E , Па	Коэффициент Пуассона
Сталь	$2,1 \cdot 10^{11}$	0,30
Чугун	$0,9 \cdot 10^{11}$	0,25
Бронза	$1,12 \cdot 10^{11}$	0,33
Латунь	$1,05 \cdot 10^{11}$	0,33

Минимальное давление рассчитывается следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{2M_{кр}}{\pi d_n^2 l f}; \\ \rho_{\min} &= \frac{Q}{\pi d_n l f_1}; \\ \rho_{\min} &= \frac{T}{\pi d_n l f_2}; \quad T = \sqrt{\left(\frac{2M_{кр}}{d_n}\right)^2 + Q_2}, \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

где f, f_1, f_2 – коэффициенты трения, возникающие на контактной поверхности (в первом приближении их можно принимать равными); l – длина запрессовки.

Указанные три разновидности формулы (27) предназначены для расчёта ρ_{\min} при нагружении сопряжения соответственно крутящим моментом, осевой силой, а также тем и другим совместно.

Максимальный расчётный натяг $N_{\max \text{ расч}}$ находится по формуле

$$N_{\max \text{ расч}} = \rho_{\text{доп}} c_0 d_H, \quad (28)$$

где допустимое значение $\rho_{\text{доп}}$ находится исходя из требования к прочности сопрягаемых деталей.

Опыт показывает, что обычно лимитирующей деталью является втулка (отверстие). Тогда величину $\rho_{\text{доп}}$ можно рассчитать по формуле

$$\rho_{\text{доп}} \leq 0,58\sigma_T^D \left[1 - \left(\frac{d_H}{D_1} \right)^2 \right]. \quad (29)$$

Проверку прочности вала можно (если это необходимо) выполнить по формуле

$$\rho_{\text{доп}} \leq 0,58\sigma_T^d \left[1 - \left(\frac{d_o}{d_H} \right)^2 \right]. \quad (30)$$

В формулах (29) и (30) σ_T^D и σ_T^d – соответственно пределы текучести материалов втулки и вала. Значения σ_T для некоторых конструкционных материалов даны в табл. 3.

Таблица 3

Марка материала	σ_T Па	Марка материала	σ_T Па	Марка материала	σ_T Па
Сталь 20	$274 \cdot 10^6$	Бронза ОФ10-1	$140 \cdot 10^6$	Латунь ЛКС80-3-3	$140 \cdot 10^6$
Сталь 30	$294 \cdot 10^6$	Бронза ОЦ10-2	$180 \cdot 10^6$	Латунь ЛН56-3	$160 \cdot 10^6$
Сталь 35	$314 \cdot 10^6$	Бронза ОФ05-0,4	$240 \cdot 10^6$	Латунь ЛК80-3	$200 \cdot 10^6$
Сталь 40	$333 \cdot 10^6$	Бронза БрАНц9-2	$300 \cdot 10^6$	Латунь Л050-1	$420 \cdot 10^6$
Сталь 45	$353 \cdot 10^6$	Бронза БрЖ9-4	$350 \cdot 10^6$	Латунь Л059-1	$450 \cdot 10^6$
Чугун Сч28-48	$275 \cdot 10^6$	Бронза БрХО5	$400 \cdot 10^6$	Латунь Л0562-2	$500 \cdot 10^6$
Бронза БрОЦ4-3	$65 \cdot 10^6$	Латунь Л090-1	$85 \cdot 10^6$	Латунь Л060-1	$560 \cdot 10^6$
Бронза БрОЦ5-5-5	$100 \cdot 10^6$	Латунь Л62	$110 \cdot 10^6$	Латунь Л070-1	$600 \cdot 10^6$

Для нахождения табличных натягов $N_{\min \text{ табл}}$ и $N_{\max \text{ табл}}$ следует воспользоваться следующими выражениями:

$$N_{\min \text{ табл}} = [N_{\min \text{ расч}} + K_1 + K_2]K_3; \quad (31)$$

$$N_{\max \text{ табл}} = [N_{\max \text{ расч}} + K_1 + K_2]K_3,$$

где K_1, K_2, K_3 – поправочные коэффициенты.

Поправочный коэффициент K_1 зависит от шероховатости сопрягаемых поверхностей вала (R_{zd}) и втулки (R_{zd}): $K_1 = 2K(R_{zd} + R_{zd})$.

В свою очередь, поправочный коэффициент K выбирается [3] из табл. 4.

Таблица 4

Метод сборки сопряжения	Коэффициент K
Механическая запрессовка без смазки	0,25÷0,50
То же со смазкой	0,20÷0,35
С нагревом втулки	0,40÷0,50
С охлаждением вала	0,60÷0,70

Поправочный коэффициент K_2 учитывает действие центробежных сил, снижающих прочность сопряжения, и составляет 1÷4 мкм, если $d_H \leq 500$ мкм, скорость вращения узла не превышает 30 м/с [3].

Поправочный коэффициент K_3 зависит от изменения контактного давления в связи с ростом отношения l/d_H и выбирается [3] по табл. 5.

Таблица 5

Отношение l/d_H	Отношение диаметров d_0/d_H		
	0÷0,2	0,3÷0,7	0,8÷0,9
0,2	0,46÷0,52	0,42÷0,45	0,57÷0,62
0,4	0,73÷0,76	0,75÷0,80	0,80÷0,84
0,6	0,82÷0,85	0,84÷0,87	0,86÷0,90
0,8	0,84÷0,86	0,86÷0,88	0,87÷0,93
1,0	0,86÷0,88	0,88÷0,91	0,90÷0,95

Пример. Рассчитать и выбрать посадку в системе отверстия для установки червячного колеса на ступицу. Номинальный диаметр сопряжения $d_H = 80$ мм; длина сопряжения $l = 30$ мм; отношение $l/d_H = 0,375$; материал ступицы – сталь 45; материал червячного колеса (обода) – бронза ОЦ1–1; высота микронеровностей $R_{zd} = 8,0$ мкм и $R_{zd} = 10,0$ мкм; наружный диаметр колеса

$D_1 = 120$ мм; диаметр отверстия на валу (ступица) $d_0 = 35$ мм; прессование производится на прессе со смазкой; коэффициент трения $f = 0,1$; крутящий момент, передаваемый сопряжением, $M_{кр} = 4 \cdot 10^2$ Н · м; скорость вращения – 2 м/с. По табл. 2, 3, 4 и 5 подбираем необходимые значения параметров и поправочных коэффициентов: $E_d = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па; $E_D = 1,12 \cdot 10^{11}$ Па; $\mu_d = 0,3$; $\mu_D = 0,33$; $\sigma_T^d = 353 \cdot 10^6$ Па; $\sigma_T^D = 180 \cdot 10^6$ Па; $K_1 = 0,30$; $K_2 = 2$ мкм; $K_3 = 0,80$.

Подсчитываем значения коэффициентов C_d , C_D и C_o :

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{80}{120}\right)^2}{1 - \left(\frac{80}{120}\right)^2} + 0,33 = 2,92; \quad C_d = \frac{1 + \left(\frac{35}{80}\right)^2}{1 - \left(\frac{35}{80}\right)^2} - 0,30 = 1,17;$$

$$C_o = \frac{2,95}{1,12 \cdot 10^{11}} + \frac{1,17}{2,1 \cdot 10^{11}} = 3,17 \cdot 10^{-11} \text{ 1/Па}.$$

Далее находим величину $N_{\min \text{ расч}}$:

$$N_{\min \text{ расч}} = \frac{10^9 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 80 \cdot 3,17 \cdot 10^{-11}}{p \cdot 80^2 \cdot 30 \cdot 0,1} = 34 \text{ мкм}.$$

Определяем значение поправочного коэффициента K_1 :

$$K_1 = 2 \cdot 0,30(8 + 10) = 10,8 \text{ мкм}.$$

Рассчитываем величину:

$$N_{\min \text{ табл}} = [34 + 10,8 + 2] \cdot 0,80 = 37 \text{ мкм}.$$

Находим значения $\rho_{\text{доп}}$ и $N_{\max \text{ расч}}$:

$$N_{\max \text{ расч}} = 0,58 \cdot 180 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6} \cdot \left[1 - \left(\frac{80}{120}\right)^2\right] 80 \cdot 3,17 \cdot 10^{-11} = 148 \text{ мкм}.$$

Находим величину $N_{\max \text{ табл}}$:

$$N_{\max \text{ табл}} = (148 + 10,8 + 2) \cdot 0,8 = 129 \text{ мкм}.$$

Используя теоретико-вероятностный метод, рассчитываем значение допусков вала Td и втулки TD (подставляя вместо зазоров натяги):

$$Td = TD = \frac{129 - 37}{\sqrt{2}} \cong 47 \text{ мкм}.$$

По таблицам ГОСТ 25346–82 подбираем ближайший меньший допуск $Td = TD = 46$ мкм, что соответствует качеству ИТ18. Из схе-

мы (рис. 2) находим, что нижнее отклонение поля допуска вала $ei = T_D + N_{\min}$.

Следовательно, $ei = 46 + 37 = 83$ мкм. По таблицам ГОСТ 25346–82 подбираем ближайшее большее значение ei , составляющее 0,0102 мм для поля допуска $U8$.

Таким образом, подобрана посадка $\varnothing 80 \frac{H8}{U8}$, которая характеризуется следующими значениями: $N_{\min} = 56$ мкм и $N_{\max} = 148$ мкм. Как видно, $N_{\min} / N_{\min \text{ табл}} = 56/37 = 1,51$. Следовательно, по обеспечению неподвижности сопряжения имеется полуторный запас, что допустимо. Отношение максимальных натягов составляет $N_{\max} / N_{\max \text{ табл}} = 148/129 = 1,15$, что также допустимо, однако надо проверить прочность втулки и, если необходимо, изменить соответствующим образом её материал.

$$\sigma_T^D = C_o \cdot \rho_{\text{доп}} = \frac{c_D \cdot N_{\max}}{d_H \cdot C_o} = \frac{2,92 \cdot 148 \cdot 10^{11}}{80 \cdot 3,17} = 170 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Это напряжение, как следует из данных табл. 3, не превышает предела текучести для бронзы ОЦ10-2. В противном случае следовало бы подобрать бронзу с более высоким значением σ_T^D .

После расчёта следует вычертить схему расположения полей допусков с указанием предельных размеров отклонений и натягов.

Вопросы для самоконтроля

1. Что характеризует понятие «квалитет»?
2. Какие квалитеты применяют в ЕСДП для размеров от 1 до 500 мм и каково их назначение?
3. Что такое зазор (натяг) наибольший, наименьший, средний?
4. Какие поля допусков предназначены для посадок с зазором?
5. Как определить допуск зазора (натяга)?
6. Какой принцип положен в основу образования посадок?
7. Как обозначаются посадки в системе отверстия (вала)?
8. Какие применяют три способа обозначения полей допусков на чертежах?
9. Какие поля допусков применяют для посадок с натягом?
10. При использовании каких полей допусков образуются переходные посадки?

Тема 6. РАЗМЕРНЫЕ ЦЕПИ

Термины, определения и обозначения в размерных цепях установлены стандартом ГОСТ 16319–70, который в настоящее время перерабатывается в связи с внедрением, так как используемые в нем обозначения относятся к любым линейным размерам.

Размерной цепью называется совокупность расположенных по замкнутому контуру в определенной последовательности размеров, координирующих взаимное расположение поверхностей и осей одной или нескольких деталей. Другими словами, размерными цепями называют замкнутую совокупность размеров, участвующих в решении поставленных задач.

В основе проставления размеров лежит принцип единства баз.

Базой называют поверхность детали или иную часть поверхности (линию, точку и т. д.), с помощью которой она входит в механический контакт с поверхностями других деталей и установочными поверхностями измерительных устройств.

С помощью размерных цепей можно решать следующие задачи:

- 1 – конструкторские;
- 2 – технологические;
- 3 – измерительные.

Виды размерных цепей

1. Линейная размерная цепь – все входящие в нее размеры параллельны между собой и связаны линейной зависимостью.

2. Параллельная размерная цепь – цепь, все размеры и звенья которой параллельны.

3. Угловая размерная цепь – цепь, звеньями которой являются угловые размеры.

4. Плоская размерная цепь – все или некоторые размеры не параллельны между собой, но лежат в одной или нескольких параллельных плоскостях.

5. Пространственная размерная цепь – все или несколько размеров не параллельны и лежат в непараллельных плоскостях.

6. Смешанная размерная цепь – п. 4 + п. 5.

Размеры деталей, составляющих размерную цепь, принято называть составляющими размерами или звеньями. Один и тот же механизм, одна и та же деталь могут иметь несколько размерных цепей. Размерные цепи обозначаются прописными буквами латинского алфавита A, B, C и т. д. Звенья, образующие размерную цепь, обозначают буквой, принятой для размерной цепи, и порядковым цифровым индексом: $A_1, A_2 \dots A_i; B_1, B_2 \dots B_i$ и т. д.

Звено в размерной цепи отдельной детали, получающееся последним в процессе ее обработки, называют *замыкающим* и обозначают A_Δ .

Увеличивающими звеньями в размерной цепи называются звенья, с увеличением которых замыкающее звено увеличивается, обозначаются они \bar{A} или A_r .

Уменьшающими звеньями в размерной цепи называются звенья, с увеличением которых замыкающее звено уменьшается, обозначаются они \bar{A}' или A'_r .

Эти определения в равной мере относятся как к размерной цепи отдельной детали, так и к сборочной размерной цепи.

Методы решения размерных цепей

Решение размерной цепи заключается в определении предельных размеров или предельных отклонений от номинальных размеров звеньев применительно к требованиям конструкции или технологии. Расчет допусков или отклонений размерной цепи обычно имеет целью решение одной из задач:

1) *технологической* (прямой задачи) — по установленным допускам и отклонениям всех составляющих размерную цепь звеньев рассчитать допуск и отклонения замыкающего звена;

2) *конструкторской* (обратной задачи) — по установленному допуску (или отклонению) замыкающего звена найти наиболее рациональные значения допусков составляющих размерную цепь звеньев.

Решение прямой задачи может проводиться двумя методами: пригонки и регулирования.

Метод пригонки

Под методом пригонки понимается такое решение размерной цепи, при котором предписанная точность замыкающего звена достигается изменением величины одного из заранее намеченных звеньев путем снятия лишнего припуска (притирка, доварка и т. д.).

Звено размерной цепи, за счет изменения величины которого осуществляется достижение предписанной точности замыкающего звена, называется компенсирующим. В качестве компенсирующего звена не следует выбирать звенья, общие с несколькими размерными цепями.

Основное преимущество — возможность достижения высокой точности замыкающего звена при экономически приемлемых допусках остальных звеньев.

Недостаток — необходимость дополнительных работ.

Метод регулирования

Под методом регулирования понимается такое решение размерной цепи, при котором предписанная точность замыкающего звена достигается изменением величины одного из заранее намеченных звеньев путем регулирования.

Сущность метода регулирования аналогична методу пригонки. Изменение величины каждого звена регулированием может производиться тремя способами:

- 1) добавить шайбу или уплотнительные кольца (неподвижный компенсатор);
- 2) добавить гайку на резьбе (подвижный компенсатор);
- 3) поставить датчик (муфты).

Сборка достаточна проста, но ее недостаток — увеличение количества деталей.

Расчетные методы

Принцип групповой сборки

(метод подбора или селективная сборка)

Метод подбора или селективная сборка — такое решение размерной цепи, при котором предписанная точность замыкающего звена достигается путем включения в размерную цепь звеньев, при-

надлежащих предварительно измеренным и рассортированным на соответствующие группы деталям. Метод селективной сборки применяется в условиях массового и крупносерийного производства.

Цель селективной сборки – обеспечение сборки без перехода в более высокий класс точности.

Разбивается поле допусков сопрягаемых деталей на группы 1, 2, 3... и начинают собирать: 1 с 1, 2 со 2 и т. д. – получается довольно точная сборка.

Метод полной взаимозаменяемости

Прямая задача

Для проведения размерного анализа кроме размерной схемы составляют уравнение размерной цепи, которое вытекает из условия замкнутости и записывается в виде

$$A_{\Delta} = A_1 - A_2' \rightarrow A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n A_i - \sum_{i=1}^m A_i',$$

где n – число увеличивающих звеньев; m – число уменьшающих звеньев.

Посчитаем:

$$A_{\Delta \max} = A_{1 \max} - A_{2' \min} \rightarrow A_{\Delta \max} = \sum_{i=1}^n A_{i \max} - \sum_{i=1}^m A_{i' \min};$$

$$A_{\Delta \min} = A_{1 \min} - A_{2' \max} \rightarrow A_{\Delta \min} = \sum_{i=1}^n A_{i \min} - \sum_{i=1}^m A_{i' \max}.$$

Запишем допуски замыкающего звена:

$$TA_{\Delta} = A_{\Delta \max} - A_{\Delta \min};$$

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^n A_{i \max} - \sum_{i=1}^m A_{i' \min} - \sum_{i=1}^n A_{i \min} + \sum_{i=1}^m A_{i' \max};$$

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^n TA_i + \sum_{i=1}^m TA_i';$$

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n+m} TA_i.$$

Допуск замыкающего звена равен сумме допусков составляющих размерную цепь звеньев.

Обратная задача

$$TA_i = \frac{TA_\Delta}{n + m};$$

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^n A_i - \sum_{i=1}^m A'_i;$$

$$A_{\Delta \max} = A_{1 \max} - A'_{2 \min}.$$

Запишем через отклонения:

$$A_{\Delta \max} = A_\Delta + EsA_\Delta; \quad A_{\Delta \min} = A_\Delta + EiA_\Delta.$$

$$A_{\Delta \max} = (A_1 + EsA_1) - (A'_2 + EiA'_2); \quad (32)$$

$$A_{\Delta \min} = (A_1 + EiA_1) - (A'_2 + EsA'_2). \quad (33)$$

Вычитаем (32) из (33), получаем:

$$EsA_\Delta = EsA_1 - EiA'_2 \rightarrow \sum_{i=1}^n EsA_i - \sum_{i=1}^m EiA'_i;$$

$$EiA_\Delta = EiA_1 - EsA'_2 \rightarrow \sum_{i=1}^n EiA_i - \sum_{i=1}^m EsA'_i.$$

Верхнее отклонение замыкающего звена равно верхнему отклонению увеличивающего звена минус нижнее отклонение уменьшающего звена.

Нижнее отклонение замыкающего звена равно нижнему отклонению увеличивающего звена минус верхнее отклонение уменьшающего звена.

Введем понятие середины поля допуска.

Середина поля допуска любого звена равна полусумме отклонений $\Delta_0 A_i = 0,5 \cdot (EsA_i + EiA_i)$.

$$\text{Для любого звена} \quad EsA_\Delta = \Delta_0 A_i + \frac{TA_\Delta}{2}; \quad EiA_\Delta = \Delta_0 A_i - \frac{TA_\Delta}{2}.$$

$\Delta_0 A_\Delta = \sum_{i=1}^n \Delta_0 A_i - \sum_{i=1}^m \Delta_0 A'_i$ – координата середины поля допуска замыкающего звена.

При симметричном расположении поля допуска относительно номинального размера все величины Δ_0 будут равны нулю.

Решение конструкционной или обратной задачи является основным. Конструкционная задача может решаться несколькими способами.

Способ равных допусков – применяется, если составляющие размеры являются величинами одного порядка и могут быть выполнены с примерно одинаковой экономической точностью.

Способ равных допусков полагает, что $T_1 = T_2 = \dots = T_n$, таким образом используется принцип равных допусков.

В самом начале подсчитывают среднюю величину допуска всех звеньев размерной цепи по формуле $TA_i = \frac{TA_{\Delta}}{n + m}$, где m и n – число звеньев.

TA_{Δ} ; EsA_{Δ} ; EiA_{Δ} – известны.

Принимаем индекс поля допуска H и h , определив, какое звено является охватывающим, а какое охватываемым.

Далее, определившись с этим по ГОСТ для данного размера A_i и TA_i , с учетом H и h определяют предельные отклонения ES и EI .

Способ равных допусков прост, но недостаточно точен.

Способ допусков одного качества – при этом способе предполагают, что все составляющие цепь размеры могут быть выполнены по какому-то одному классу точности.

Требуемый класс точности определяют как

$$T = a \cdot i; \quad i = 0,45\sqrt[3]{D_{\text{cp}}};$$

$$D_{\text{cp}} = \sqrt{D_{\text{max}} - D_{\text{min}}};$$

$$TA_i = a_i \cdot i_i; \quad TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m+n} a_i \cdot i_i;$$

$$a_1 = a_2 = a_3 = \text{const}; \quad a = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{i=1}^{m+n} i_i};$$

$$TA_{\Delta} = a \sum_{i=1}^{m+n} i_i.$$

По « a » – числу единиц допуска, полученному по формуле, выбирают ближайший класс точности (ближайший больший).

По « a » выбираем качество и далее определяем все отклонения.

Методы и вывод формул, по которым производятся расчеты размерных цепей, подробно описаны в литературе: [2]; [3]; [4]; [6].

Алгоритм расчета размерных цепей

		Полная взаимозаменяемость	Неполная взаимозаменяемость
Технологическая задача	Основное уравнение размерной цепи	$TA_{\Delta} = a \sum_{i=1}^{m+n} TA_i$	$TA_{\Delta} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n+m} (K_i TA_i)^2}$
	Отклонение	$EsA_{\Delta} = \Delta_0 A_{\Delta} + \frac{TA_{\Delta}}{2}; \quad EiA_{\Delta} = \Delta_0 A_{\Delta} - \frac{TA_{\Delta}}{2}$	
Конструкционная задача	Способ равных допусков	$TA_i = \frac{TA_{\Delta}}{m+n}$	$TA_i = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{n+m}}$
	Способ допусков одного качества	$a = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{i=1}^{m+n} i_i}$	$a = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n+m} i_i^2}}$

Алгоритм решения размерных цепей (рис. 5 и 6)

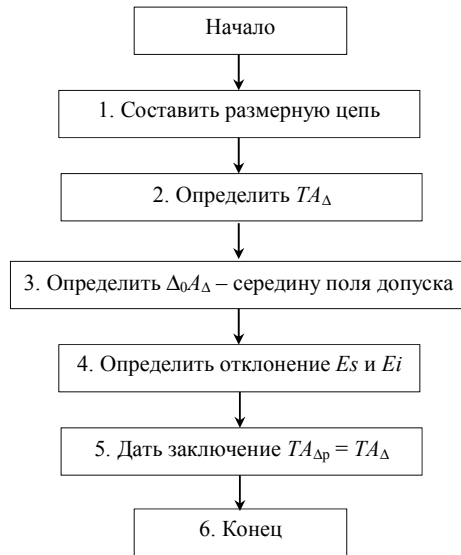


Рис. 5. Технологическая задача

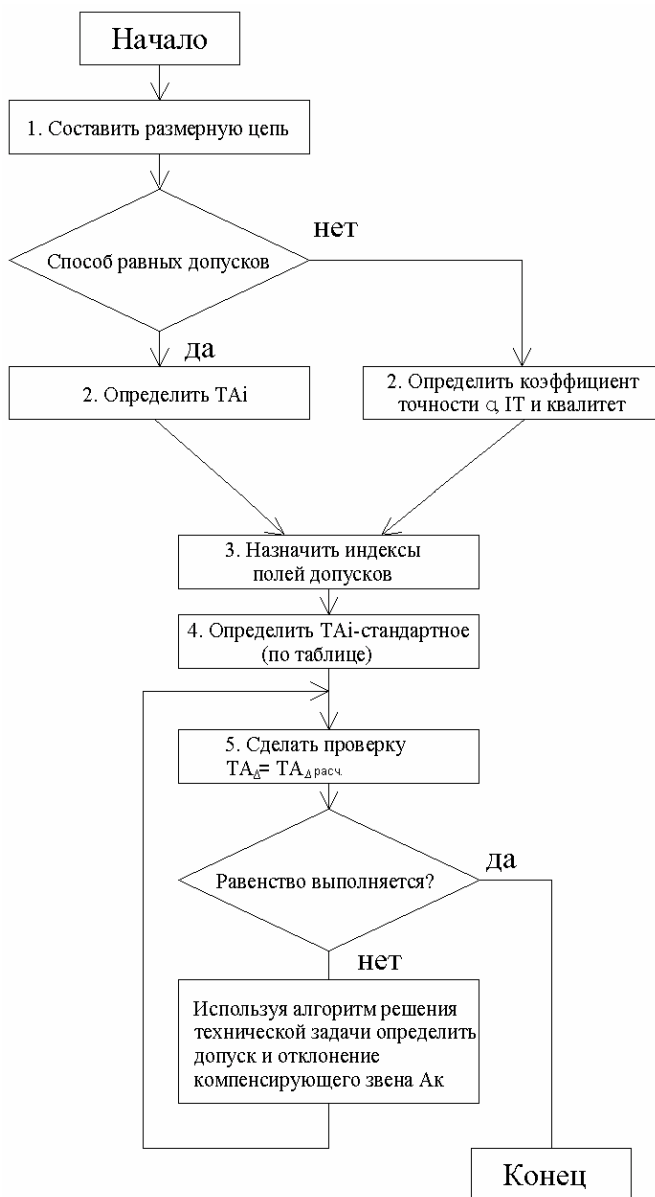


Рис. 6. Конструкторская задача

Анализ и разработка размеров детали

Простановка размеров с учетом стандартов

Размеры проставляются в соответствии с единой системой конструкторской документации (ЕСКД). ЕСКД – комплекс стандартов, устанавливающий взаимосвязанные нормы и правила по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой на всех стадиях жизненного цикла изделия. При этом конструкторская документация является товаром и на нее распространяются все нормативно-правовые акты как на товарную продукцию. Основное назначение ЕСКД состоит в установлении единых оптимальных правил выполнения, оформления и обращения конструкторской документации, которое обеспечивают:

- применение современных методов и средств;
- возможность взаимообмена конструкторской документации без ее переоформления;
- возможность проведения сертификации;
- возможность создания единой информационной базы автоматизированных систем (САПР, АСУ).

Установленные стандартом ЕСКД правила и положения по разработке, оформлению и обращению документации распространяются на все виды конструкторских документов, учетно-регистрационную документацию и документацию по внесению изменений в конструкторские документы, нормативно-техническую и технологическую документацию и т. д. (ГОСТ 2.001–70).

Для построения заданной детали была использована система КОМПАС-3D LT. Она служит для выполнения учебных проектно-конструкторских работ в различных отраслях деятельности.

Оформление чертежа было выполнено в соответствии с ГОСТ 2.104–68. Параметры отрисовки размеров на чертеже представлены на рис. 7.

Сам чертеж построен с указанием всех заданных размеров в соответствии с ГОСТ 66.36–69. После определения размеров детали и построения чертежа приступим к расчету переходной посадки.

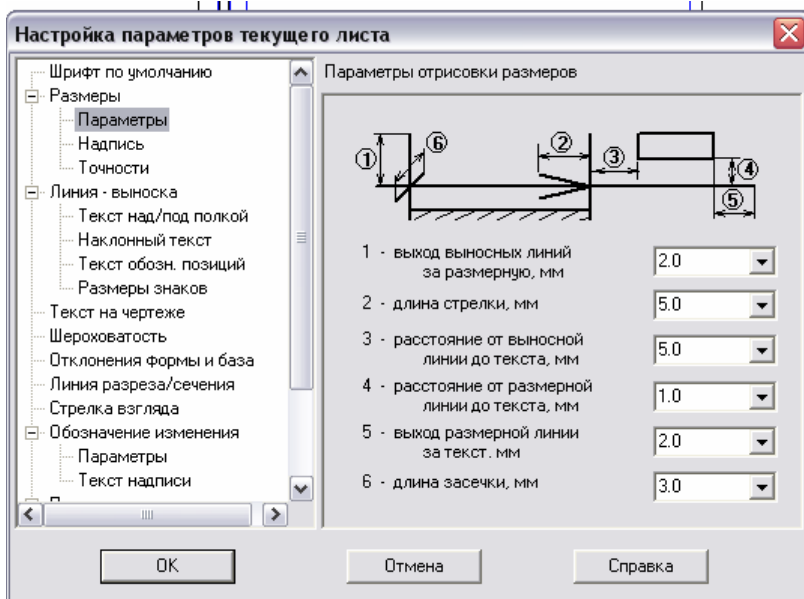


Рис. 7. Параметры отрисовки размеров на чертеже

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое размерная цепь?
2. Какие распространены типы размерных цепей?
3. Что понимают под звеном размерной цепи?
4. Какие звенья размерной цепи относятся к увеличивающим? Какие – к уменьшающим?
5. По каким формулам определяют допуск замыкающего звена при расчётах на максимум и минимум?
6. Охарактеризуйте принцип расчёта прямой задачи.
7. Каковы особенности расчёта обратной задачи?

Тема 7. ТОЧНОСТЬ ФОРМЫ ДЕТАЛЕЙ

Отклонения формы и расположения поверхностей

В некоторых случаях на чертежах кроме предельных размеров проставляются величины допустимых отклонений формы и расположения поверхностей. Допуски формы и расположения ограничиваются величиной допуска на изготовление размера. Например, если на чертеже указан размер вала $\varnothing 30 - 0,021$, т. е. величина допуска $Td = 21$ мкм, и предельные размеры $d_{\text{MAX}} = 30$ мм и $d_{\text{MIN}} = 29,979$ мм, то, следовательно, в любом сечении разность диаметров не должна превышать 21 мкм.

Допуски формы и расположения назначаются отдельно только в тех случаях, когда необходимо к указанным поверхностям предъявить другие точностные требования. При этом почти во всех случаях заданный допуск формы меньше допуска на изготовление размера. Исключением могут являться допуски формы для деталей с малой жесткостью.

Назначение допусков формы и расположения поверхностей регламентируются ГОСТ 24642–81. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения; ГОСТ 24643–81. Числовые значения отклонений формы и взаимного положения; ГОСТ 25069–81. Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей; ГОСТ 2.308–79*. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей. Введение стандартов на допуски формы и расположения поверхностей в основном не потребует изменения ранее разработанной конструкторской документации.

Правильно назначенные отклонения формы и расположения поверхностей существенно влияют на улучшение эксплуатационных показателей изделий, а также снижают трудоемкость их изготовления при сборке, так как влияют на точность отдельных элементов деталей при их изготовлении.

Правила обозначения на чертежах допусков формы и расположения поверхностей установлены ЕСКД. Эти обозначения, определяемые по конструктивным или технологическим соображениям, для каждого вида допуска могут выполняться одним из двух способов: условными обозначениями или текстом в технических требованиях.

Для допусков формы и расположения на чертежах стандарт устанавливает ряд условных обозначений, разделенных на три группы.

1. Отклонением формы называется отклонение формы реальной поверхности от формы идеальной поверхности и оценивается величиной расстояния между точками реальной и прилегающей идеальной (правильной геометрической) поверхностей.

2. Отклонением расположения называется отклонение реального (действительного) расположения поверхности, оси или плоскости симметрии от идеального расположения, определяемого номинальными линейными или угловыми размерами между рассматриваемым элементом и базами.

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

При условном обозначении предельные отклонения формы и расположения поверхностей вписывают в прямоугольную рамку, разделенную на две или три части, в которых пишут:

в первой — знак допуска;

во второй — числовое значение допуска в мм;

в третьей — буквенное обозначение базы (обычно *A*, *B*...) или другой поверхности; вместе с базой может быть обозначен зависимый допуск (обозначается буквой «*M*»).

Базы в виде зачерненного треугольника указывают на чертеже. Рамку, содержащую знак допуска, числовые значения и базу, соединяют с поверхностью, для которой установлены отклонения.

Высота знаков, цифр, букв должна быть равна размеру шрифта размерных чисел, а высота рамки должна превышать размер шрифта на 2...3 мм.

Шероховатость поверхности

Реальные поверхности, полученные механической обработкой на станках или другим путём, изображены рядом чередующихся выступов и впадин разной высоты и формы сравнительно малых размеров по высоте и шагу.

Эти выступы и впадины образуют неровности поверхности (микронеровности).

Под шероховатостью поверхности понимается совокупность микронеровностей с относительно малыми шагами. Величина шероховатости наряду с точностью формы является одной из основных геометрических характеристик ее качества. Уменьшение шероховатости играет большую роль в подвижных соединениях, увеличивает прочность и коррозионную стойкость деталей.

Нормирование шероховатости поверхности устанавливается ГОСТ 2789–73; ГОСТ 2514–82. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики, которыми определяются параметры в пределах базовой длины:

R_A – среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля на базовой длине l ;

R_Z – среднее арифметическое абсолютных отклонений точек пяти наибольших максимумов и пяти наибольших минимумов в пределах базовой длины;

R_{MAX} – наибольшая высота неровностей – расстояние от линии выступов до линии впадин;

S – средний шаг неровностей профиля по вершинам;

S_M – средний шаг неровностей по средней линии;

t_p – относительная опорная длина профиля – отношение в процентах к базовой длине опорной длины, где P – числовое значение уровня профиля. Величина P задается в процентах к R_{MAX} . Все параметры шероховатости представляются в микрометрах, кроме S , S_M и t_p . Размеры, определяющие эти параметры, измеряются на нескольких участках. Длина каждого участка не должна превосходить базовой длины.

Для выполнения задания необходимо усвоить порядок простановки на чертежах допустимых величин параметров шероховатости, устанавливаемый ГОСТ 2.309–73. Расположение знака и простановка допустимых величин параметров шероховатости показаны на рис. 16. Угол между линиями знака и линией, изображающей границу поверхности, равен 60° . Правая наклонная линия примерно в 1,5–3 раза длиннее левой (рис. 17).

Количество параметров шероховатости назначается конструктором. Порядок простановки их внутри знака следующий: верхнее положение занимает R_Z или R_A , ниже идут шаговые параметры и затем t_p . Символ R_Z проставляется перед числовым значением его,

знак R_A не проставляется. Возможно указание двух предельных значений параметра, если допустимое колебание величин параметра не совпадает с принятым для какого-либо класса шероховатости.

Система нормирования шероховатости поверхности

Шероховатостью поверхности согласно ГОСТ 2789–73 и ГОСТ 25142–82 называют совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенную с помощью базовой длины. Базовой длиной (БД), обозначенной l , называют длину базовой линии, используемой для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности. Базовая линия имеет заданную геометрическую форму и определенное положение относительно профиля поверхности и служит для оценки геометрических параметров поверхности.

Шероховатость является следствием пластической деформации поверхностного слоя детали, возникающей вследствие образования стружки, трения инструмента о деталь, копирования неровностей режущих кромок инструмента и других причин.

Числовые значения шероховатости поверхности определяют от единой базы, за которую принята средняя линия профиля m , т. е. базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля до этой линии минимально. Систему отсчета шероховатости от средней линии профиля называют системой средней линии или просто системой M .

Для надежной оценки шероховатости с учетом рассеяния показаний прибора и возможной неоднородности строения неровностей рекомендуется измерения повторять несколько раз в различных местах поверхности.

В этом случае за результат измерения принимают среднее арифметическое из результатов определения шероховатости на нескольких участках, причем длина каждого участка, как показано на рис. 8, должна быть равна одному или нескольким l (при контроле контактными приборами). Числовые значения базовой длины выбирают из ряда: (0,01); (0,03); 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; (25) мм (значения, взятые в скобки, применяют в особых случаях).

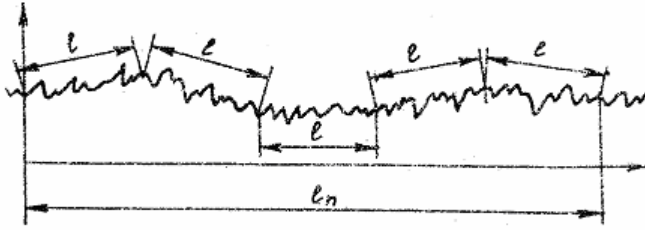


Рис. 8. Базовая длина l

Количественно шероховатость поверхности устанавливают независимо от способа ее обработки, и требования стандарта распространяются на все виды материалов, кроме древесины, войлока, фетра и других материалов с ворсистой поверхностью.

Шероховатость можно оценивать одним или несколькими параметрами:

R_a – средним арифметическим отклонением профиля;

R_z – высотой неровностей профиля по десяти точкам;

R_{\max} – наибольшей высотой неровностей профиля;

S_m – средним шагом неровностей;

S – средним шагом местных выступов профиля;

t_p – относительной опорной длиной профиля (p – значение уровня сечения профиля).

Параметр R_a является предпочтительным, он характеризует среднюю высоту всех неровностей профиля, R_z – среднюю высоту наибольших неровностей, R_{\max} – наибольшую высоту профиля. Указанные параметры отсчитываются в микрометрах. Шаговые параметры S_m , S и параметр формы t_p введены для учета различной формы и взаимного расположения неровностей.

Параметры шероховатости, связанные с высотными свойствами неровностей

К высотным параметрам шероховатости относятся (рис. 9): R_{\max} – наибольшая высота неровностей профиля – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины, $R_{\max} = R_p + R_v$; Y_p – высота выступа профиля – расстояние от средней линии профиля до высшей точки выступа профиля;

Y_v – глубина впадины профиля – расстояние от средней линии профиля до низшей точки впадины профиля; R_f – высота наибольшего выступа профиля – расстояние от средней линии до высшей точки профиля в пределах базовой длины; R_v – глубина наибольшей впадины профиля – расстояние от низшей точки профиля до средней линии в пределах базовой длины.



Рис. 9. Параметры шероховатости, связанные с высотными свойствами неровностей

R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам – 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} – высота i -го наибольшего выступа профиля; Y_{vi} – глубина i -й наибольшей впадины профиля.

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля – среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

– на показывающем приборе

$$R_a = \frac{1}{l} \int |Y(x)| dx;$$

– рассчитываемое на профилограмме

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

где n – число выступов и впадин профиля, принимаемое ≥ 50 ; Y_i – ордината текущих точек выступа и впадины профиля, мкм.

Параметры, характеризующие шероховатость в направлении длины профиля

К параметрам шероховатости в направлении длины профиля относятся шаг неровности профиля – отрезок средней линии, содержащий неровность профиля (рис. 10) и шаг местных выступов – отрезок средней линии между проекциями на нее наивысших точек соседних местных выступов профиля (рис. 11). После измерения всех шагов неровностей рассчитывают их средний шаг. S_m – среднее значение шага неровностей в пределах базовой длины

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

где n – число шагов неровностей профиля.

Затем рассчитывают средний шаг местных выступов профиля S как среднее значение шагов местных выступов профиля, находящихся в пределах базовой длины:

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

где n – число шагов местных выступов профиля.

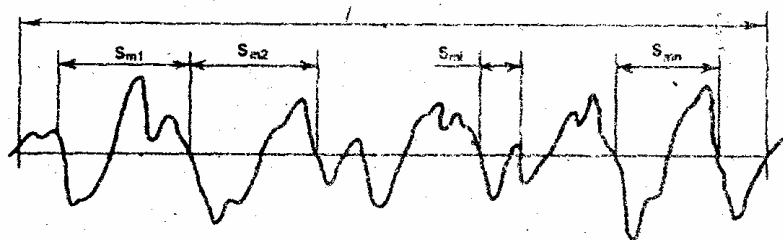


Рис. 10. Параметры шероховатости в направлении длины профиля

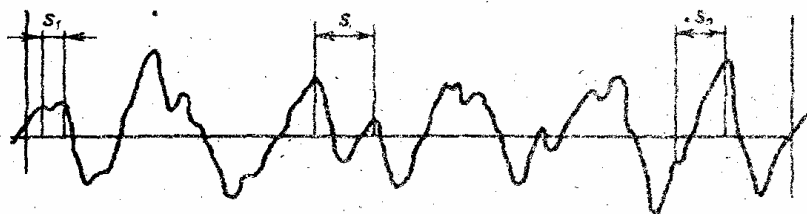


Рис. 11. Шаг мерных выступов профиля

Местный выступ профиля – это часть профиля, расположенная между двумя соседними минимумами профиля (рис. 12). Местный выступ и сопряженная с ним местная впадина (рис. 13) образуют местную неровность.

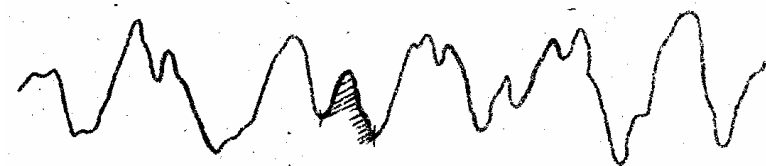


Рис. 12. Местный выступ профиля



Рис. 13. Местная впадина профиля

Параметры шероховатости, связанные с формой неровностей профиля

К основным параметрам шероховатости, связанным с формой неровностей профиля, относятся опорная длина профиля η_p – сумма длин отрезков, отсекаемых на заданном уровне C в материале профиля линией, эквидистантной средней линии в пределах базовой длины (рис. 14):

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

где n – число отсекаемых отрезков на относительной опорной длине профиля t_p , означающей отношение опорной длины профиля к базовой длине $t_p = \frac{\eta_p}{l}$.

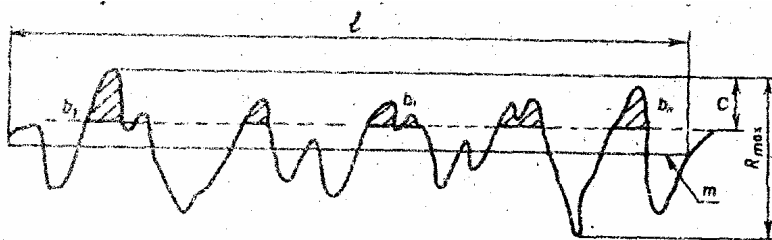


Рис. 14. Опорная длина профиля

Выбор параметров шероховатости

Для обеспечения заданного качества изделий (исходя из функционального назначения поверхности деталей) устанавливают требования к шероховатости. Если в этом нет необходимости, параметры шероховатости не устанавливают и шероховатость не контролируют.

Рассмотренный ранее комплекс параметров способствует обоснованному назначению показателей шероховатости для поверхностей различного эксплуатационного назначения. Например, для трущихся поверхностей ответственных деталей устанавливают допускаемые значения R_a (или R_z), R_{max} и t_p , направление неровностей; для поверхностей циклически нагруженных деталей — $R_{s,max}$, S_m и S и т. д. Следует иметь в виду, что влияние формы неровностей на эксплуатационные показатели качества детали параметром R_a оценить нельзя, так как при различных формах неровностей значения R_a могут быть одинаковыми.



Рис. 15. Профили неровностей поверхностей:
а — выпуклость; б — вогнутость

Например, профили неровностей, изображенные на рис. 15, имеют разную форму, но одинаковые значения R_a . Для лучшей оцен-

ки свойств шероховатости необходимо знать ее шаговые, высотные параметры и параметр формы t_p .

Для неотчетливых деталей шероховатость определяется требованиями технической эстетики, коррозионной стойкости и технологией изготовления. Требования к шероховатости поверхности устанавливают путем указания параметра шероховатости, его числового значения и базовой длины. Значение l выбирают по допускаемым значениям параметров R_a , R_z и R_{max} .

Требования к шероховатости устанавливают без учета дефектов поверхности (царапин, раковин и т. д.) — при необходимости их указывают отдельно.

Влияние шероховатости поверхности на эксплуатационные характеристики деталей машин

Шероховатость поверхности деталей, возникающая при изготовлении, а также в процессе работы машины под влиянием силовых и температурных деформаций и вибраций, уменьшает контактную жесткость стыковых поверхностей деталей и изменяет установленный при сборке начальный характер посадок.

В подвижных посадках, когда трущиеся поверхности деталей разделены слоем смазочного материала и непосредственно не контактируют, указанные погрешности приводят к неравномерности зазора в продольных и поперечных сечениях, что нарушает ламинарное течение смазочного материала, повышает температуру и снижает несущую способность масляного слоя. При пуске, торможении, уменьшении скоростей, перегрузках машин условия для трения со смазочным материалом не могут быть созданы, так как масляный слой полностью разделяет трущиеся поверхности. В этом случае из-за шероховатости контакт сопрягаемых поверхностей деталей машин происходит по наибольшим вершинам неровностей поверхности.

При таком характере контакта давление на вершинах неровностей часто превышает допускаемые напряжения, вызывая вначале упругую, а затем пластическую деформацию неровностей. Возможно отделение вершин некоторых неровностей из-за повторной деформации, вызывающей усталость материала или выравнивание частиц материала с одной из трущихся поверхностей при «схватывании».

вании» (сцеплении) неровностей и их совместной пластической деформации под действием больших контактных напряжений.

Имеет место также сглаживание отдельных соприкасающихся участков трущихся пар, вследствие этого происходит интенсивное изнашивание деталей, приводящее к увеличению зазора между сопряженными поверхностями. В процессе приработки размеры и форма неровностей поверхности изменяются. Получающуюся шероховатость, обеспечивающую минимальный износ и сохраняющуюся в процессе длительной эксплуатации машин, называют оптимальной.

Оптимальная шероховатость характеризуется высотой, шагом и формой неровностей. Параметры оптимальной шероховатости зависят от качества смазочного материала и других условий работы трущихся деталей, их конструкции и материала.

Процесс приработки зависит от размеров начальных неровностей трущихся поверхностей, свойств материала деталей, режима и условий работы механизма. Чем больше начальная шероховатость отличается от оптимальной, тем больше износ деталей, поэтому параметры шероховатости необходимо знать заранее и получать их при механической обработке или приработке деталей на стендах.

Неровности, являясь концентраторами напряжений, снижают сопротивление усталости деталей, особенно при наличии резких переходов, выточек и т. п. На грубообработанных поверхностях, особенно в местах концентрации напряжений, быстрее возникает и распространяется коррозия металла. Сопротивление усталости в этом случае снижается в несколько раз.

В неподвижных посадках шероховатость поверхностей приводит к уменьшению прочности соединения деталей вследствие неодинакового натяга и смятия неровностей на сопрягаемых поверхностях при запрессовании.


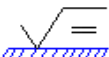







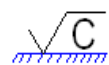

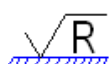


Обозначение шероховатости поверхностей на чертежах

1. Шероховатость поверхностей деталей из металлов, пластмасс и других материалов, для которых целесообразно производить измерение шероховатости, обозначают на чертеже знаком с указанием одного из параметров шероховатости.

Величину параметров шероховатости R_z или R_a проставляют знаком в микрометрах: $\sqrt{R_a 1,25}$; $\sqrt{R_z 3,2}$.

2. Обозначение направления рисок должно соответствовать указанному в табл. 7.

Таблица 7

Типы направлений неровностей поверхности	Схематическое изображение неровности	Обозначение
Параллельное		
Перпендикулярное		
Перекрещивающееся		
Произвольное		
Кругообразное		
Радиальное		
Точечное		

3. Значение базовой длины l , не предусмотренной ГОСТом, указывают рядом с обозначением направления рисок, например для $l = 0,8$ мм:

$$\sqrt{= 0,8 / R_a 0,2} \quad \text{или} \quad \sqrt{= R_a 0,2 / 0,8 / S_m 0,063}$$

4. Числовое значение шероховатости поверхности ограничивает только наибольшую величину по параметрам R_z или R_a .

Если необходимо ограничить наибольшую и наименьшую величины шероховатости, указывают оба значения величин, например:

$$\sqrt{R_{a\ 3,2}^{6,3}} \quad \text{или} \quad \sqrt{R_{a\ 3,2}}_{t_{50} 80+10\%}$$

При указании наименьшего значения параметра шероховатости после обозначения параметра следует указывать «min», например $\sqrt{R_{a\ 3,2} \min}$.

Стандарт устанавливает требования к шероховатости поверхности независимо от способа получения или обработки. Это дает возможность применять его как к поверхностям, обработанным резанием, так и другими методами, например, полученным литьем, прессованием, прокатыванием и т. д.

Числовые значения параметров шероховатости (наибольшие, номинальные или диапазоны значений) выбираются из ряда нормальных линейных размеров $R10_a$ (0,008÷100) мкм.

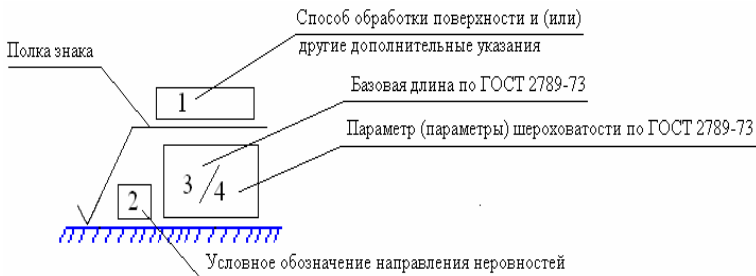
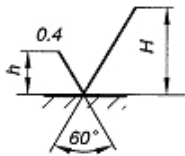


Рис. 16. Структура обозначения шероховатости на чертежах

Для обозначения на чертежах шероховатости поверхности применяют знаки, приведенные на рис. 17.

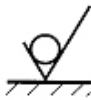
Числовые обозначения на чертежах шероховатости указываются после соответствующего символа ($R_z 20$, $R_{\max} 10$), кроме значений параметра R_a , который проставляется без символа.



Знак наиболее предпочтительный.
 Высота h равна высоте размерных чисел
 $H = (1,5 \dots 3,0) h$.
 Параметр R_a не должен превышать 0,4 мкм



Знак, показывающий, что поверхность
 образована путем удаления слоя металла.
 Параметр R_z должен находиться
 в пределах 0,8...0,32 мкм



Знак, показывающий,
 что поверхность не обрабатывается
 по данному чертежу

Рис. 17. Знаки, применяемые при обозначении шероховатости

Вопросы для самоконтроля

1. На какие группы разделяются допуски формы и расположение поверхности?
2. Что понимают под отклонением формы поверхности или профиля?
3. Какими условными знаками обозначают допуски формы поверхностей?
4. Что такое допуск расположения поверхностей?
5. Какими условными знаками обозначаются суммарные допуски формы и расположения поверхностей?
6. Какие допуски расположения поверхностей называют зависимыми и независимыми?
7. Сколько установлено степеней точности допусков и прямолинейности?
8. Какие параметры применяют для объективной оценки шероховатости?
9. Что такое R_A и R_Z и в каких случаях они применяются?
10. Какие условные знаки применяют для обозначения характеристик шероховатости на чертежах?

Тема 8. РЕЗЬБА МЕТРИЧЕСКАЯ

Метрическая цилиндрическая резьба применяется главным образом в качестве крепежной и разделяется на резьбу с крупным шагом диаметром 1...64 мм и резьбу с мелким шагом диаметром 1...600 мм.

При равных наружных диаметрах метрические резьбы с мелким шагом отличаются от резьбы с крупным шагом меньшей высотой профиля и меньшим углом подъема резьбы. Поэтому резьбы с мелким шагом рекомендуется применять при малой длине свинчивания, на тонкостенных деталях, а также при переменной нагрузке, толчках и вибрациях. Резьбы с крупным шагом рекомендуется применять для соединения деталей, не подвергающихся таким нагрузкам, так как они менее надежны при переменной нагрузке и вибрациях и более склонны к самоотвинчиванию.

Основные параметры крепежных цилиндрических метрических резьб

К основным параметрам цилиндрических резьб относятся:

- $d_2(D_2)$ – средний диаметр резьбы соответственно болта (гайки);
- $d(D)$ – наружный диаметр резьбы соответственно болта (гайки);
- $d_1(D_1)$ – внутренний диаметр резьбы соответственно болта (гайки);
- P – шаг резьбы;
- α – угол профиля резьбы, для метрических резьб $\alpha = 60^\circ$.

Значение основных параметров метрических резьб по ГОСТ 9150–81 приведены в табл. 8.

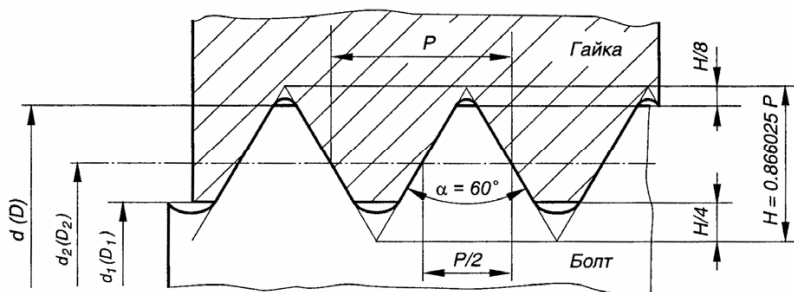


Рис. 18. Основные параметры цилиндрических резьб

Основные параметры метрических резьб

Шаг резьбы p , мм	Наружный диаметр d для резьб		Средний диаметр d_2, D_2 , мм	Внутренний диаметр d_2 , D_2 , мм
	С крупным шагом, мм	С мелким шагом, мм		
1	6	8	5,350	4,917
		10	7,350	6,917
			9,350	8,917
1,25	8	10	7,188	6,647
			9,188	8,647
1,5	10	12	9,026	8,386
		14	11,026	10,386
		16	13,026	12,386
			15,026	14,386
1,75	12		10,863	10,106
2	14	18	12,701	11,835
			14,701	13,835
	16,701		15,835	
	18,701		17,835	
	20,701		19,835	
	22,701		21,835	
2,5	18		16,376	15,294
	20		18,376	17,294
	22		20,376	19,294
3	24	30	22,051	20,752
	27		25,051	23,752
			28,051	26,752
			34,051	32,752
			40,051	38,752
			46,051	42,752
			54,051	52,752
			62,051	60,752
			70,051	68,752
			80	78,051
3,5	30		27,727	26,211
	33		30,727	29,211
4	36	64	33,402	31,670
		72	61,402	59,670
		80	69,402	67,670
		88	77,402	75,670
		96	87,402	85,670
4,5	42		39,077	37,129

Шаг резьбы p , мм	Наружный диаметр d для резьб		Средний диаметр d_2, D_2 , мм	Внутренний диаметр d_2, D_2 , мм
	С крупным шагом, мм	С мелким шагом, мм		
5	48		44,752	42,587
6	64	72	60,103	57,505
		80	68,103	65,505
		90	76,103	73,505
		100	86,103	83,505
			96,103	93,505

Предельные отклонения метрической резьбы. Посадки с зазором

Резьбы при свинчивании контактируют только боковыми сторонами профиля, поэтому только средний диаметр, шаг и угол профиля резьбы определяют характер сопряжения в резьбе. Для компенсации накопленной погрешности шага (рис. 19, а) и погрешности угла профиля (рис. 19, б) производят смещение действительного среднего диаметра резьбы. Вследствие взаимосвязи между отклонениями шага, угла профиля и собственно среднего диаметра допускаемые отклонения этих параметров раздельно не нормируют. Устанавливают только суммарный допуск на средний диаметр болта T_{d_2} и гайки T_{D_2} , который включает допускаемые отклонения собственно среднего диаметра и диаметральные компенсации погрешности шага и угла профиля. Кроме того, задается допуск на наружный диаметр болта d и внутренний диаметр у гайки D_1 , т. е. на диаметры, которые формируются перед нарезанием резьбы и при измерении готовых изделий наиболее доступны.

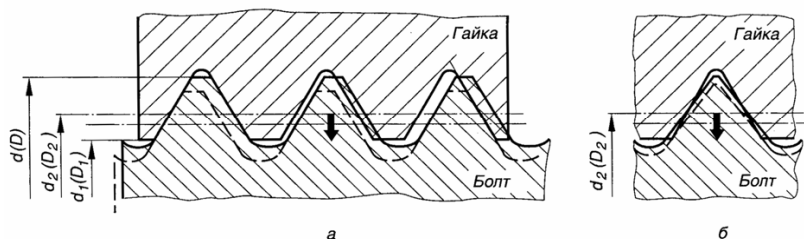


Рис. 19. Резьбовая посадка с зазором

Длина свинчивания в силу конструктивных особенностей резьбовых соединений оказывает влияние на качество и характер сопряжения. Установлено три группы длин свинчивания: *S* – короткие, *N* – нормальные и *L* – длинные.

К группе *N* относятся резьбы с длиной свинчивания не менее $2,24 P d^{0,2}$ и не более $6,7 P d^{0,2}$ – к группе *L*.

Точные значения длин свинчивания установлены ГОСТ 16093–81.

Класс точности – понятие условное (на чертежах указывают поля допусков), его используют для сравнительной оценки точности резьбы.

Точный класс рекомендуется для ответственных резьбовых соединений.

Средний класс – для резьб общего назначения.

Грубый класс – для резьб, нарезаемых на горячекатаных заготовках, в длинных глухих отверстиях и т. п.

Условные обозначения метрических резьб

Если обозначение поля допуска наружного диаметра у болта или внутреннего диаметра у гайки совпадает с обозначением поля допуска среднего диаметра, его в обозначении не приводят.

Пример условного обозначения резьбового сопряжения с левой резьбой и мелким шагом $P = 1$ мм: M12×1LH – 6H/6g.

Тема 9. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

ГОСТ 520–71 устанавливает следующие 5 классов точности подшипников (даны в порядке повышения точности): 0; 6; 5; 4; 2. Этот стандарт устанавливает предельные отклонения для всех параметров подшипников как на внутренние (типа качения, дорожки качения), так и на внешние (установочные) поверхности – посадочные поверхности и ширина подшипника.

Посадочная поверхность наружного кольца « D » является валом и устанавливается в отверстие корпуса, а посадочная поверхность внутреннего кольца « d » является отверстием и соединяется с валом. Таким образом, при установке подшипника качения всегда присутствуют две посадки: наружное кольцо с отверстием и внутреннее кольцо с валом.

Предельные отклонения наружных колец определяются параметрами D_{CP} и D , внутренних колец – d_{CP} и d . Определяющими параметрами являются средние диаметры D_{CP} и d_{CP} , причем верхнее отклонение среднего диаметра как для наружного, так и для внутреннего кольца равно нулю (для наружного кольца $es = 0$, для внутреннего – $ES = 0$), а нижние отклонения располагаются в минус номинального размера.

Отклонения валов и отверстий в корпусах (соответственно выбранным посадкам) определяются из стандартов.

Для установки подшипников на вал и в корпус в основном должны быть применены отверстия и валы для переходных посадок и реже для посадок с небольшими зазорами. Выбор посадок в соединениях колец подшипников производится в соответствии с величинами действующих условий на подшипник в зависимости от вида нагружения колец подшипника и его частоты вращения. При более высоких нагрузках на подшипник посадки должны быть более плотными, чем в случае, если нагрузки будут меньшей величины.

Особенность посадок подшипников заключается в том, что вращающееся кольцо подшипника должно иметь более плотную посадку, чем неподвижное. В основном вращаются внутренние кольца подшипника, которые соединяются с вращающимся валом.

Поэтому для обеспечения более плотной посадки вышеуказанного соединения отверстие внутреннего кольца имеет верхнее отклонение, равное нулю, а нижнее – расположено в минус. Таким образом достигается более плотное соединение.

Следует обратить внимание, что посадка наружного кольца подшипника (вала) с отверстием в корпусе осуществляется по системе вала, а внутреннего кольца (отверстия) с валом по системе отверстия.

При посадке подшипников классов 0 и 6 отверстия в корпусах должны быть обработаны по шестому качеству, а валы – по пятому.

При посадке подшипников классов 5 и 4 отверстия в корпусах должны быть обработаны по шестому качеству, а валы по пятому.

В буквенном обозначении посадок соединения внутреннего кольца подшипника с валом и наружного кольца с корпусом на сборочном чертеже указывается только выбранное поле допуска вала (или отверстия в корпусе).

Соединения с подшипниками качения

Подшипники, являясь опорами для подвижных частей, определяют их положение в механизме и несут значительные нагрузки. Подшипники качения имеют следующие основные преимущества по сравнению с подшипниками скольжения:

- обеспечивают более точное центрирование вала;
- имеют более низкий коэффициент трения;
- имеют небольшие осевые размеры.

К недостаткам подшипников качения можно отнести:

- повышенную чувствительность к неточностям монтажа и установки;
- жесткость работы, отсутствие демпфирования колебаний нагрузки;
- относительно большие радиальные размеры.

Классы точности подшипников качения

Долговечность подшипников качения определяется величиной и характером нагрузки, точностью изготовления, правильной посадкой на вал и в отверстие корпуса, качеством монтажа.

В зависимости от точности изготовления и сборки для различных типов подшипников установлены классы точности, приведенные в табл. 9.

Таблица 9

Тип подшипников качения	Класс точности						
	0	6X	6	5	4	2	T
Шариковые и роликовые радиальные, шариковые радиально-упорные	+	–	+	+	+	+	+
Упорные и упорно-радиальные	+	–	+	+	+	+	–
Роликовые конические	+	+	+	+	+	+	–
<i>Примечания</i>							
1. Самый точный класс – T, грубый – 0.							
2. По заказу потребителя могут быть поставлены подшипники более грубых классов: 8 и 7							

Класс точности определяют:

- допуски размеров, формы и взаимного положения элементов деталей подшипника качения (дорожек качения, тел качения и т. д.);
- допуски размеров и формы посадочных поверхностей наружного и внутреннего колец подшипника качения;
- допустимые значения параметров, характеризующих точность вращения подшипников.

Дополнительные технические требования к подшипникам качения устанавливаются тремя категориями: А, В, С.

Обозначение подшипников категорий А и В:

А 125 – 205, где А – категория; 1 – ряд момента трения; 2 – группа радиального зазора; 5 – класс точности; 205 – номер подшипника.

Обозначение подшипников категории С (в обозначении категории С не указывают):

6 – 205, где 6 – класс точности; 205 – номер подшипника.

Назначение полей допусков для вала и отверстия корпуса при установке подшипников качения

Из схемы, изображенной на рис. 20, видно, что поля допусков для внутреннего и наружного колец подшипника качения расположены одинаково относительно нулевой линии, верхнее отклонение равно 0, нижнее – отрицательное.

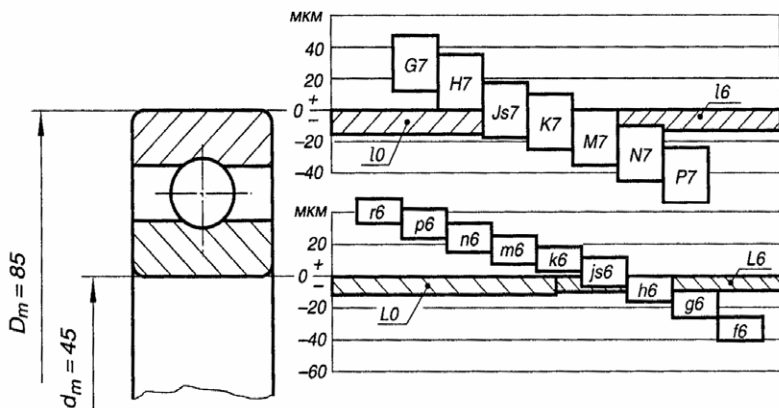


Рис. 20. Схема полей допусков внутренних и наружных колец подшипника

Валы с полями допусков $r6$, $p6$, $n6$, $m6$, $k6$ при сопряжении с внутренним кольцом подшипника обеспечивают посадки с натягом.

Вследствие повышенных требований к форме посадочных поверхностей подшипников стандартом устанавливаются следующие поля допусков.

1. Поля допусков на средние диаметры D_m и d_m , которые ограничивают значения средних диаметров колец, равных $D_m = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2}$ и $d_m = \frac{d_{\max} + d_{\min}}{2}$, где D_{\max} , D_{\min} , d_{\max} , d_{\min} выбираются из ряда измерений в разных сечениях соответственно наружного и внутреннего диаметров. Обозначаются поля допусков, например, у подшипников нулевого класса – l_0 для наружного кольца и L_0 – для отверстия внутреннего кольца.

2. Поля допусков для ограничения самих D_{\max} , D_{\min} , d_{\max} , d_{\min} , значения которых больше на величину допустимой погрешности формы.

При выборе полей допусков на вал и отверстие под внутреннее и наружное кольцо подшипника необходимо учитывать следующее:

- класс точности подшипника качения;
- вид нагружения колец подшипника;
- тип подшипника;
- режим работы подшипника;
- геометрические размеры подшипника.

Влияние класса точности подшипника качения на выбор посадок

Как видно из схемы полей допусков, для подшипников классов точности 0 и 6 рекомендуемый выбор полей допусков посадочных поверхностей одинаков. Для более высоких классов точности подшипников качения набор полей допусков посадочных поверхностей несколько изменяется, в частности, применяются поля допусков более точных квалитетов.

Влияние вида нагружения колец подшипника на выбор посадок

Вид нагружения кольца подшипника качения существенно влияет на выбор его посадки. Рассмотрим типовые схемы механизмов и особенности работы подшипников в них.

Первая типовая схема (рис. 21). Внутренние кольца подшипников вращаются вместе с валом, наружные кольца, установленные в корпусе, неподвижны. Радиальная нагрузка P постоянна по величине и не меняет своего положения относительно корпуса.

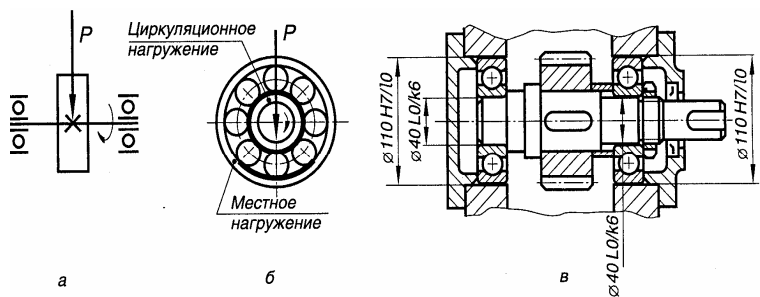


Рис. 21. Первая типовая схема нагружения колец подшипника

В этом случае внутреннее кольцо воспринимает радиальную нагрузку P последовательно всей окружностью дорожки качения, такой вид нагружения кольца называется *циркуляционным*. Наружное кольцо подшипника воспринимает радиальную нагрузку лишь ограниченным участком окружности дорожки качения, такой характер кольца называется *местным*.

Дорожки качения внутренних колец подшипников изнашиваются равномерно, а наружных — только на ограниченном участке.

При назначении посадок подшипников качения существует правило: кольца, имеющие местное нагружение, устанавливаются с возможностью их проворота с целью более равномерного износа дорожек качения; при циркуляционном нагружении, напротив, кольца сажают по более плотным посадкам.

Вторая типовая схема (рис. 22). Наружные кольца подшипников вращаются вместе с зубчатым колесом. Внутренние кольца подшипников, посаженные на ось, остаются неподвижными относительно корпуса. Радиальная нагрузка P постоянна по величине и не имеет своего положения относительно корпуса.

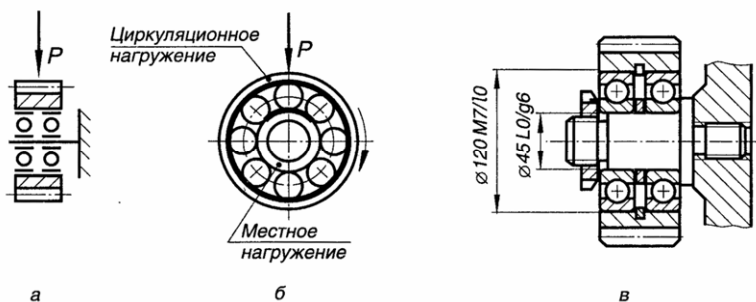


Рис. 22. Вторая типовая схема нагружения колец подшипника

В этом случае наружное кольцо воспринимает радиальную нагрузку P последовательно всей окружностью дорожки качения, т. е. имеет циркуляционное нагружение. Внутреннее кольцо подшипника воспринимает радиальную нагрузку лишь ограниченным участком окружности дорожки качения, т. е. имеет местное нагружение.

Третья типовая схема (рис. 23). Внутренние кольца подшипников вращаются вместе с валом, наружные кольца, установленные в корпусе, неподвижны. На кольца действуют две радиальные нагрузки, одна постоянна по величине и по направлению P , другая центробежная $P_{ц}$, вращающаяся вместе с валом.

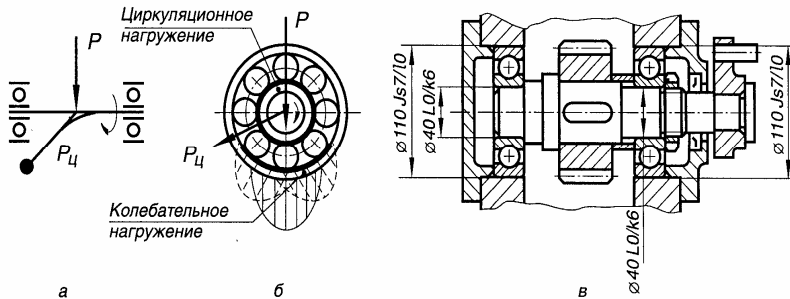


Рис. 23. Третья типовая схема нагружения колец подшипника

Равнодействующая сил P и $P_{ц}$ совершает периодическое колебательное движение, симметричное относительно направления действия силы P . На рисунке штриховыми линиями показано последовательное положение эпюры нагружения наружного кольца подшипника на ограниченном участке дорожки качения, которая смещается справа налево и меняется по величине, такой режим нагружения кольца называется **колебательным**.

Внутреннее кольцо воспринимает суммарную радиальную нагрузку последовательно всей окружностью дорожки качения, т. е. имеет циркуляционное нагружение.

Влияние типа подшипника на выбор посадок

Тип подшипника оказывает определенное влияние на выбор посадки. Выше был рассмотрен выбор посадок для подшипников радиальных и радиально-упорных шариковых и роликовых. Для тугих колец упорных шариковых и роликовых подшипников применяются посадки L0/js6 или L6/js6.

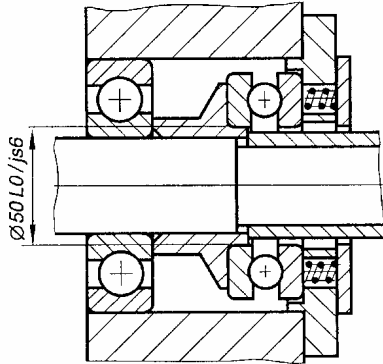


Рис. 24. Влияние режима работы и геометрических размеров подшипника на выбор посадок

Уточненный выбор посадок с учетом режима работы и размеров подшипника производится в соответствии с рекомендациями, приведенными в ГОСТ 3325–85.

Подбор посадок подшипников качения

Подбор посадок подшипников качения осуществляется по следующим положениям:

- 1) по диаметру вала под подшипник d ;
- 2) классу точности подшипника;
- 3) серии подшипника.

По данным положениям выбираем два радиальных однорядных шарикоподшипника на левую и правую опоры по ГОСТ 8338–75 (Перель Л.Я. Подшипники качения: расчет, проектирование и обслуживание опор : справочник. М., Машиностроение, 1983. 543 с. С. 34).

Подшипник левый шариковый однорядный радиальный (318) класса точности 6–6–318 имеет следующие параметры:

- 1) диаметр внутреннего кольца d ;
- 2) диаметр внешнего кольца D ;
- 3) ширина подшипника B ;
- 4) диаметр шарика D_w ;
- 5) диаметры: D_2, d_2 ;

- 6) радиус скругления углов колец N ;
- 7) грузоподъемность подшипника динамическая равна C ;
- 8) грузоподъемность подшипника статическая C_0 .

Подбираем подшипник на правую опору по справочнику под редакцией Л.Я. Переля.

Пример. Подшипник шариковый однорядный радиальный (320) класса точности 6–6–320 имеет следующие параметры (рис. 25):

- 1) диаметр внутреннего кольца d равен 100 мм;
- 2) диаметр внешнего кольца D равен 215 мм;
- 3) ширина подшипника B равна 47 мм;
- 4) диаметры: $d_2 = 135,6$ мм, $D_2 = 179,4$ мм;
- 5) грузоподъемность подшипника динамическая C равна 44900 Н;
- 6) грузоподъемность подшипника статическая C_0 равна 36700 Н.

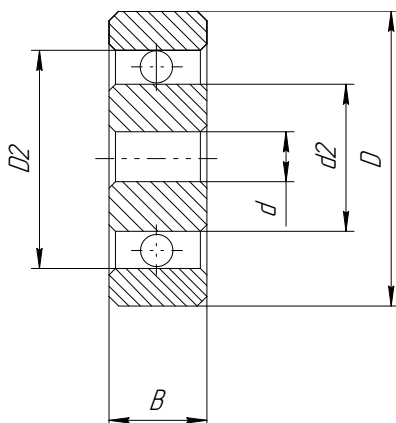


Рис. 25. Параметры подшипника качения

Подбор посадок колец подшипников

Подбор посадки внутреннего кольца подшипника на вал

Подбор посадки внутреннего кольца подшипника сводится к назначению поля допуска на изготовление вала.

Назначение поля допуска на вал исходит из следующих требований:

- 1) радиальная нагрузка, воспринимаемая подшипниками качения, постоянна по направлению;
- 2) внутреннее кольцо – вращающееся;
- 3) класс точности – 6;
- 4) тип подшипника – шариковый радиальный однорядный подшипник;
- 5) нагружение циркуляционное;
- 6) нормальный и тяжелый режим работы, при условии $0,07C \leq P \leq 0,15C$;
- 7) предельное отклонение внутреннего кольца $\varnothing 90_{(-0,015)}$ (Перель Л.Я. Подшипники качения... с. 161).

Исходя из этих условий по таблице (Перель Л.Я. Подшипники качения... с. 200) выбираем поле допуска для установки подшипника на вал.

Рекомендуемые поля допусков: $k6, j_6$ (Перель Л.Я. Подшипники качения... с. 200).

Выбранное поле допуска посадочного места вала под установку подшипников $\varnothing 90k6_{(+0,025/+0,003)}$ (Перель Л.Я. Подшипники качения... с. 209).

$$\text{Посадка с натягом: } \varnothing 90 \frac{L6_{(-0,015)}}{k6_{(+0,025/+0,003)}}.$$

Параметры посадки (рис. 26): $N_{\max} = 0,040$ мм; $N_{\min} = 0,003$ мм

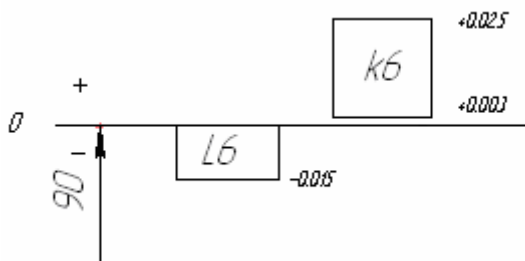


Рис. 26. Схема расположения полей допуска посадки внутреннего кольца

Подбор посадки наружного кольца подшипника

Подбор посадки наружного кольца подшипника в корпус сводится к назначению поля допуска для отверстия в корпусе.

Назначение допуска исходит из следующих условий:

- 1) тип корпуса – цельный;
- 2) вид нагружения – местное нагружение кольца (вращающийся вал);
- 3) наружное кольцо имеет возможность перемещаться в одном направлении;
- 4) динамическая нагрузка – различной величины.

Исходя из этих условий, принимаем допуск для установки подшипника в корпус.

Рекомендуемые поля допусков: G7, H8 (Перель Л.Я. Подшипники качения... с. 200).

Выбранное поле допуска посадочных мест корпусов под установку подшипников: $\text{Ø}190\text{H}8(+0,072)$ (Перель Л.Я. Подшипники качения... с. 209).

Посадка переходная $\text{Ø}190 \frac{\text{H}8(+0,072)}{\text{L}6(-0,022)}$.

Параметры посадки (рис. 27): $S_{\max} = 0,094 \text{ мм}$; $S_{\min} = 0$.

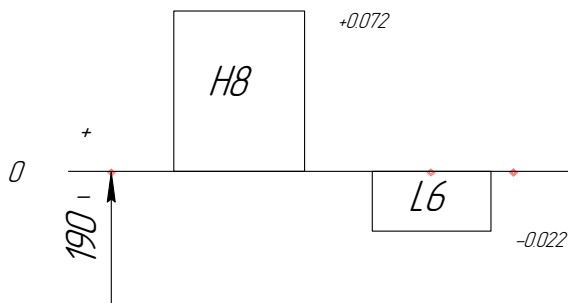


Рис. 27. Схема расположения полей допусков посадки наружного кольца

Вопросы для самоконтроля

1. Какие классы точности подшипников установлены ГОСТ 520–71? Какой самый грубый и самый точный классы подшипников?
2. Какие посадки применяются для установки подшипников?
3. Какое значение имеет средний диаметр кольца подшипника?
4. По какой системе осуществляется посадка наружных и внутренних колец в отверстие корпуса на вал?
5. Какова особенность расположения поля допуска внутреннего кольца подшипника и чем она обусловлена?

Тема 10. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

При изучении измерительных приборов рекомендуется составить схему кинематических связей начальных и конечных перемещений от места контакта измерения до шкалы измерительного прибора. Затем следует перейти к разбору конструктивных особенностей изучаемых измерительных средств.

Составленные вопросы помогут изучить измерительные инструменты и приборы.

Описание организационных мероприятий для метрологического обеспечения

Метрологическое обеспечение (МО) – это установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Из данных, приводимых в ГОСТ 1.25–76 «ГСС. Метрологическое обеспечение. Основные положения», следует, что одним из направлений деятельности и развития метрологического обеспечения является внедрение во все отрасли народного хозяйства достижений науки и техники в области единства измерений, носящей название МЕТРОЛОГИЯ.

Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений», основные положения которого были заложены в п. 12, устанавливает правовые основы обеспечения единства измерений.

Из приведенного определения следует, что роль МО проявляется в четырех основных направлениях: научном, организационном, техническом и нормативно-правовом. Причем в ряде случаев бывает весьма трудно разделить решение конкретных задач по этим направлениям, поскольку они очень жестко связаны между собой. При этом нельзя обойти вниманием решение главной задачи – обеспечение качества продукции.

Научная основа МО должна реализовываться на всех стадиях жизненного цикла продукции. Оно должно способствовать:

- эффективному использованию научных и технических достижений при разработке научно-методических и организационных мероприятий, способствующих повышению качества продукции;

- проведению фундаментальных научных исследований по использованию новых физических эффектов с целью повышения точности измерений;
- созданию и совершенствованию методов и средств измерений высшей точности и разработке на их базе методик и различных программ;
- рассмотрению в соответствии с этапами жизненного цикла продукции необходимости МО проектирования и разработки производства и поверки, материально-технического обеспечения, монтажа и обслуживания;
- созданию и совершенствованию эталонов, мер и т. д.

Для решения научных задач необходимо провести ряд *организационных мероприятий*, связанных с деятельностью метрологической службы, федеральных органов управления и юридическими лицами.

К таким мероприятиям относится организация метрологического обеспечения процессов проектирования и разработки продукции, ее производства, контроля и испытаний. При этом важными являются:

- участие в определении мест контроля, измерений и испытаний в процессах проектирования, производства и эксплуатации;
- установление рациональной номенклатуры измеряемых значений параметров продукции и оптимальных норм точности измерений с помощью рабочих средств измерений (СИ);
- обоснование выбора СИ, контроля и испытательного оборудования, обеспечивающих требуемую точность оценки значений параметров продукции;
- разработка и внедрение современных аттестованных методик выполнения измерений СИ;
- организация поверки и калибровки СИ, а также аттестация испытательного оборудования;
- организация метрологического надзора и контроля на всех этапах за СИ, испытательным оборудованием и методиками их осуществления;
- участие в деятельности по сертификации и установлению соответствия продукции, услуг, систем качества и производства, а также управлению окружающей средой.

Требования МО качества продукции разрабатываются изготовителем на основании действующего нормативного документа и включаются в специальную программу, предусматривающую необходимые виды контроля и испытаний продукции, результаты которых должны быть подтверждены протоколами.

Анализ видов стандартов, используемых для метрологического обеспечения

Одним из основных регламентирующих документов в настоящее время является Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений».

Принятый 26 апреля 1993 года Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» устанавливает правовые основы обеспечения единства измерений в Российской Федерации, определяемые как состояние измерений, при котором их результаты выражены в указанных единицах величин и погрешности измерений не выходят за установленные границы с заданной вероятностью. Обеспечение единства измерений достигается совокупностью субъектов деятельности и видов работ, осуществляемых метрологической службой. С целью проверки соблюдения установленных метрологических правил и норм органом государственной метрологической службы или метрологической службы юридического лица осуществляется метрологический контроль и надзор.

Государственное управление деятельностью по обеспечению единства измерений осуществляет Госстандарт России, в компетенцию которого входят: 1) определение общих метрологических требований к средствам, методам и результатам измерений; 2) участие в деятельности международных организаций по вопросам обеспечения единства измерений; 3) руководство деятельностью Государственной метрологической службы и иных государственных служб обеспечения единства измерений и т. д. Важными задачами, осуществляемыми государственными метрологическими службами и службами юридических лиц, являются: надзор за состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами единиц величин, применяемыми для калибровки средств измерений, соблюдением метрологических

правил и норм, нормативных документов по обеспечению единства измерений; проверки своевременности предоставления средств измерений на испытания в целях утверждения типа средств измерений, а также на проверку и калибровку и т. д.

Государственный метрологический контроль и надзор, осуществляемые с целью проверки соблюдения метрологических правил и норм, распространяются на здравоохранение, охрану окружающей среды, обеспечение безопасности труда; испытание и контроль качества продукции в целях определения соответствия обязательных требований государственных стандартов Российской Федерации; обязательную сертификацию продукции и услуг; измерения, проводимые по поручению арбитражного суда, государственных органов управления РФ, и на другие сферы деятельности.

Приведенные выше положения Закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» показывают, что для их реализации необходимо осуществление государственного управления деятельностью по обеспечению единства измерений, государственного регулирования и межотраслевой координации всех работ в данной области.

Постановлением Правительства РФ от 9 ноября 1988 года № 1320 установлено, что осуществление межотраслевой координации, а также функционального регулирования в области стандартизации и метрологии осуществляется Государственным комитетом РФ по стандартизации и метрологии (Госстандартом России), являющимся федеральным органом исполнительной власти.

Однако это не исключает выполнения определенных функций федеральными органами исполнительной власти и подведомственными им организациями по обеспечению единства измерений на всех стадиях жизненного цикла продукции. При этом их деятельность регламентируется не только законами РФ, но подзаконными актами, к которым относятся Постановления Госстандарта России, а также создаваемые ими различные правила и другие нормативные документы¹.

Во исполнение принятого Закона Правительство РФ в 1994 году утвердило ряд документов: «Положение о государственных науч-

¹ Малинский В.Д. Метрология, стандартизация и сертификация. М., 2002. 190 с.

но-метрологических центрах», «Порядок утверждения положений о метрологических службах федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц», «Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право поверки средств измерений», «Положение о метрологическом обеспечении обороны Российской Федерации». Эти документы вместе с указанным Законом являются правовыми актами по метрологии в России².

Классификация измерений

Измерение есть совокупность операций, осуществляемых опытным путем с помощью технических средств, хранящих единицу физической величины и заключающихся в сравнении измеряемой величины с ее единицей с целью получения значения искомой величины в форме, наиболее удобной для использования. Измерения классифицируются по следующим основным признакам.

1. По способу получения информации:

- прямые измерения предусматривают определение искомого значения физической величины путем непосредственного сравнения с мерой данной величины;
- косвенные измерения основаны на определении искомого значения физической величины на основании прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой;
- совокупные измерения осуществляются путем одновременного измерения нескольких одноименных величин, по которым искомые значения величины определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерениях различных сочетаний этих величин.

2. По характеру измеряемой величины в процессе измерений:

- статические измерения проводятся при практическом постоянстве измеряемой величины;
- динамические измерения характеризуются изменением измеряемой величины в процессе измерений (во времени). Они могут иметь место в ряде технологических процессов при воздействии внешних факторов;

² Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации и метрологии. М., 1998. 479 с.

– статистические – разновидность динамических измерений, связанных с определением случайных процессов (вибрации, шумов и т. д.).

3. По количеству измерительной информации, получаемой в процессе измерений:

- однократные измерения, при которых число измерений равняется числу измеряемых величин;
- многократные измерения – характеризуются тем, что число измерений превышает число измеряемых величин. За результат принимают среднее арифметическое значение из отдельных измерений. Многократные измерения проводят с целью уменьшения влияния случайных составляющих погрешностей измерения.

4. По выражению результата измерений по отношению к основным единицам:

- абсолютные измерения основаны на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и использовании значений физических констант;
- относительные измерения – измерение отношения величины к одноименной величине, принимаемой за исходную.

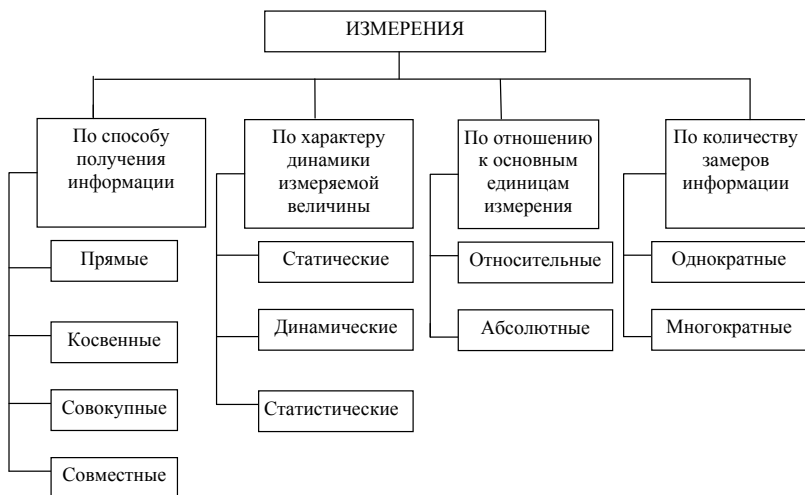


Рис. 28. Классификация измерений

Существуют и другие классификации измерений, например по метрологическому назначению (технические и метрологические измерения) и др. На рис. 28 представлена классификация измерений по основным признакам.

Классификация погрешностей измерения

Погрешностью называют отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Погрешность измерения определяется воздействием ряда независимых факторов: погрешности применяемых измерительных средств, внешних условий измерения, погрешности формы объекта измерения и др.

Погрешности измерения можно разделить на два типа:

- 1) систематические погрешности;
- 2) случайные погрешности.



Рис. 29. Классификация погрешностей измерений

Систематические погрешности – это погрешности, которые носят закономерный характер, не зависящие от случайных факторов. Могут быть определены расчетным путем и проверены экспериментально. Погрешности необходимо учитывать в каждом данном приспособлении и суммировать с другими погрешностями алгебраически с учетом соответствующего знака.

Случайные погрешности – погрешности, свойственные данному методу измерения, зависят от многих факторов, в том числе от метода измерения, конструктивных особенностей приспособления, условий его эксплуатации, квалификации контролеров и т. д. Погрешность является случайной и независимой величиной.

На рис. 29 представлена древовидная диаграмма основных видов погрешностей измерения.

Выбор допустимой погрешности измерений

При проектировании конкретного технологического процесса с самого начала важно знать, что одним из основных принципов выбора измерительных средств является выбор такого измерительного средства, которое позволяет определить с достаточно высокой точностью по сравнению с заданной размер деталей. При этом необходимо всегда помнить, что любое измерение сопровождается погрешностью, а точные измерения отличаются от менее точных лишь меньшей величиной этой погрешности.

На первоначальном этапе проектирования контрольно-измерительных средств необходимо определиться с выбором допустимой погрешности измерений. Погрешность измерительного средства должна быть меньше допустимой погрешности измерения.

Пределом допускаемой погрешности средства измерений называется наибольшая (без учета знака) погрешность средства измерений, при котором оно (средство измерения) может быть признано годным и допущено к применению.

Существует несколько подходов к выбору погрешности контрольно-измерительного средства:

- стандартный подход, где погрешность $\delta = A_{\text{мет}} IT$, все погрешности занесены в таблицу в зависимости от качества;

- для целей управления технологическим процессом на погрешность измерения отводится $1/6 IT$, т. е. σ ;
- для целей статистического управления используется соотношение $\delta \leq 0,1$ Изм.

Существует две идеологии статистического управления качеством. По одной из них Изм. = IT , по другой идеологии « 3σ » Изм. = $0,5 IT$.

Стандартный подход

По стандарту ГОСТ 8.051–81, в случае если изменчивость процесса изготовления равна полю допуска Изм. = IT , допускаемая погрешность измерения (δ) зависит от допуска на размер (IT). Тогда уровень дефектности может быть определен через размах или коэффициент точности K_T .

Погрешность измерения является наибольшей допускаемой погрешностью измерений, содержащей все составляющие, зависящие от измерительных средств, установочных мер, базирования и т. д.

Допускаемая погрешность измерения включает случайную и систематическую погрешности измерения.

Случайная погрешность измерения не должна превышать $0,6$ допускаемой погрешности измерения и принимается равной 2σ , где σ – значение среднеквадратического отклонения погрешности измерения.

$$\delta = A_{\text{мет}} IT,$$

где $A_{\text{мет}}$ – относительная погрешность измерения.

Подход, при котором обеспечивается управление технологическим процессом

Для обеспечения управления технологическим процессом согласно стандарту погрешность измерительного средства (δ) не должна превышать $1/6$ поля допуска (IT), т. е. одна сигма (σ) шести-сигмового предела (рис. 30).

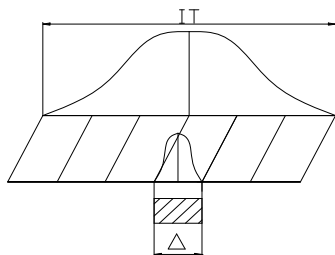


Рис. 30. Погрешность измерительного средства, равная σ

Подход, при котором обеспечивается статистическое управление

Для обеспечения статистического управления в соответствии с требованиями Статистического управления процессами (SPC) $\delta \leq 0,1$ Изм (рис. 31).

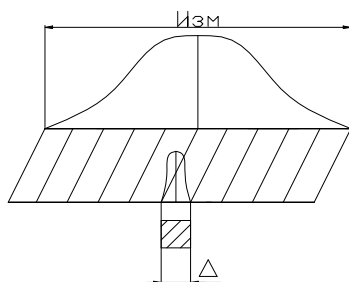


Рис. 31. Погрешность измерительного средства, соответствующая требованиям SPC

Если Изм. = IT , то уровень дефектности составит $q = 0,27$.

Передовые фирмы ужесточают требования SPC и задают в требованиях, что изменчивость процесса изготовления не должна превышать половины поля допуска IT , в свою очередь, погрешность измерения (δ) не должна превышать 10 % от изменчивости.

Изменчивость Изм. можно рассчитать или получить экспериментально. Изм. технологического процесса состоит из погрешностей, связанных с изготовлением данного размера.

$$\text{Изм} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2},$$

где Δ_i – погрешности, связанные с изготовлением данного размера.

За основу принимаем третий подход. При таком подходе необходимо применять методологии SPC. Также принимаем, что изменчивость процесса изготовления равна полю допуска.

Расчет погрешности измерений

Общая погрешность измерения равна среднеквадратичному отклонению квадратов погрешностей, присутствующих при измерении. Она вычисляется по следующей формуле:

$$\Delta_{\text{общ}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \dots + \Delta_i^2}.$$

Перед расчетом общей погрешности необходимо провести анализ схемы измерения, т. е. определить, какие погрешности присутствуют при измерении детали определенным измерительным средством.

Основные источники погрешностей измерения приведены на рис. 29. Также необходимо учитывать ошибки контролера при считывании (несколько контролеров могут считать один и тот же размер по-разному).

Таким образом, общая погрешность измерения складывается из погрешности измерительного средства, случайных и систематических погрешностей.

Измерение проводится универсальным измерительным средством без применения дополнительных приспособлений.

В нашем случае погрешность будет состоять из погрешности измерительного средства и случайной погрешности, которые могут возникать при измерении. Так как ошибка контролера (случайная погрешность) может составлять единицу измерения на измерительном приборе, то Δ_2 будет равна цене деления прибора.

Произведем расчет общей погрешности измерения:

$$\Delta_{\text{общ}} = \sqrt{0,005^2 + 0,01^2} = 0,01118 \text{ мм},$$

где Δ_1 – погрешность измерительного средства и равна 0,005; Δ_2 – цена деления микрометра, равная 0,01 мм.

Тема 11. ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Метрология – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Технические средства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические свойства, называются **средствами измерений**.

К ним относятся эталоны единиц физических величин, меры, образцовые средства измерений, рабочие средства измерений.

Эталоны – официально утвержденные средства измерений, обеспечивающие воспроизведение и (или) хранение единицы физической величины с целью передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений. Единицу физической величины эталон воспроизводит с наивысшей метрологической точностью, достижимой при данном состоянии науки и техники. Например, эталон единицы массы – **килограмм** – представлен массой международного прототипа килограмма (цилиндром иридио-платинового сплава определенных размеров). Эталон единицы длины – **метр** – длина пути, проходимого светом в вакууме за $1/299792458$ долю секунды.

Меры – средства измерений, предназначенные для воспроизведения физической величины заданного размера.

В определение мер входят однозначные, многозначные меры и наборы мер.

Под **однозначными** понимаются меры, воспроизводящие физическую величину одного размера. Таковы, например, гири, концевые меры длины, угловые плитки, конденсаторы. Из них образуются наборы мер (рис. 32), представляющие специально подобранный комплект мер, применяемых не только по отдельности, но и в сочетаниях для воспроизведения ряда одноименных величин различного размера.

Многозначная мера воспроизводит ряд одноименных величин различного размера (например, масштабная линейка или рулетка со штриховыми отсчетными элементами).

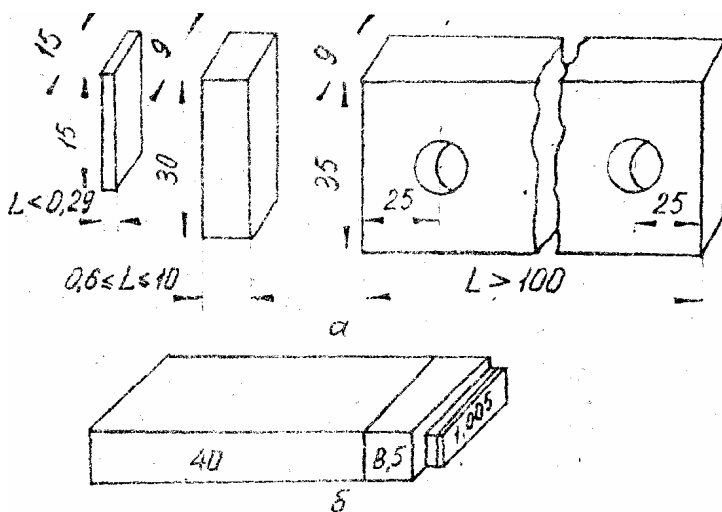


Рис. 32. Меры длины плоскопараллельные концевые

Мера, предназначенная для сравнения с ней размеров, формы и расположения поверхностей деталей с целью определения их годности, называется **калибром**.

Образцовые средства измерений — меры, измерительные приборы и измерительные преобразователи, служащие для проверки других средств измерений и утвержденные в качестве образцовых. Образцовые средства измерений служат для контроля нижестоящих по поверочной схеме средств, в то же время их периодически проверяют по эталонам.

Рабочие средства измерений — меры, измерительные приборы и преобразователи, предназначенные для практических измерений, не связанных с передачей размера единиц физических величин. Например, концевая мера длины, используемая для контроля размеров изделий или наладки станков, измерительные инструменты — штангенциркуль или микрометр, применяемые для замера деталей.

Измерительные **инструменты и приборы** — средства измерений, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателя. Примерами измерительных инструментов и приборов являются различные штангенинструменты, микрометры, оптиметры, инструментальные микроскопы и т. д.

Измерительные **преобразователи** (датчики) вырабатывают сигнал **измерительной** информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки или хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем. Наибольшее распространение получили измерительные **средства** с электроконтактными, пневмоэлектроконтактными, индуктивными, емкостными, фотоэлектрическими, радиоизотопными и электронными преобразователями.

Для отсчитывания значений измеряемой величины измерительные инструменты и приборы имеют **отсчетные** устройства со шкалой (рис. 33).

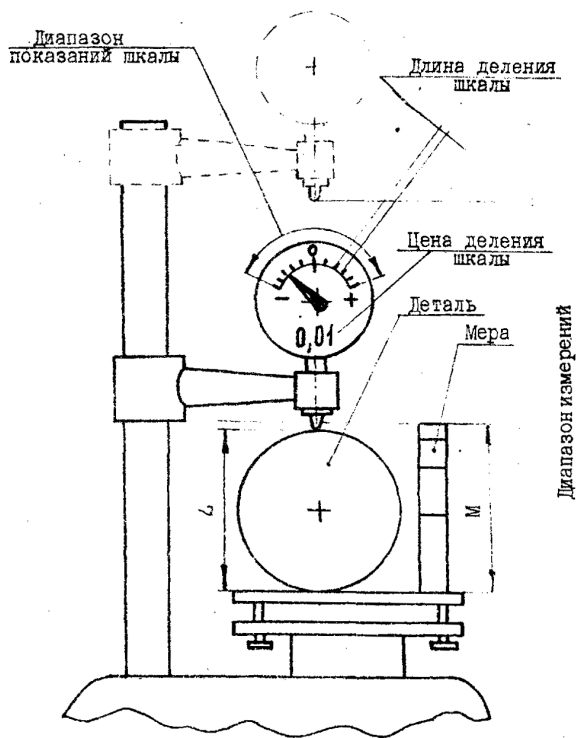


Рис. 33. Схема, поясняющая основные параметры средств измерений

Шкала – часть отсчетного устройства, представляющая собой совокупность отметок, соответствующих ряду последовательных значений измеряемой величины. Шкалы могут быть равномерными и неравномерными. Отсчет показаний измерительного средства выполняют в соответствии с уравнением

$$A = m + \sum_{k=1}^p n_k i_k + m_p i_p,$$

где A – значение отсчета; m – размер меры, по которой отсчетное устройство установлено на ноль; n – число целых делений, отсчитываемое по шкалам отсчетного устройства; i – цена деления шкалы; k – номер шкалы; m_p – доля деления шкалы с наименьшей ценой деления, оцененная визуально.

Метрологические показатели средств измерений

Длина (интервал) деления шкалы – расстояние между осями двух соседних самых коротких отметок шкалы. Длина деления шкалы всегда выражается в линейных единицах, например 1 мм для оптиметра. Равномерные шкалы имеют постоянные интервалы деления, неравномерные шкалы – непостоянные интервалы делений.

Цена деления шкалы – разность значений измеряемой величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Цена деления шкалы всегда выражается в единицах, в которых измеряется физическая величина. Например, цена деления оптиметра – в мкм, термометра – в °С, весов – в кг.

Диапазон показаний (измерений по шкале) – область значений шкалы, ограниченная начальным и конечным значениями измеряемой величины (например, диапазон показаний оптиметра составляет $\pm 0,1$ мм).

Диапазон измерений – область значений измеряемой величины, которые могут быть измерены данным инструментом или прибором с нормированными для него допускаемыми погрешностями средства измерения (например, диапазон измерений длин для оптиметра составляет 0–200 мм).

Чувствительность измерительного прибора – отношение изменения сигнала на выходе измерительного прибора или инструмента к вызвавшему его изменению измеряемой величины. Так, если при

измерении диаметра вала с номинальным размером $d = 100$ мм изменение измеряемой величины $\Delta d = 0,01$ мм вызвало перемещение стрелки показывающего устройства на $\Delta l = 10$ мм, то

абсолютная чувствительность прибора составит

$$S = \frac{\Delta l}{\Delta d} = \frac{10}{0,01} = 1000,$$

относительная чувствительность

$$S_0 = \frac{\Delta l}{\Delta d / d} = \frac{10}{0,01/100} = 10000.$$

Для шкальных измерительных приборов абсолютная чувствительность численно равна передаточному отношению. С изменением цены деления шкалы чувствительность прибора остается неизменной. На разных участках шкалы чувствительность может быть различной. **Стабильность** средств измерений — свойство, выражающее неизменность во времени их метрологических характеристик.

Измерительное усилие — сила воздействия измерительного накопчика на измеряемую деталь в зоне контакта.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие применяются единицы длины и угловые единицы СИ?
2. Что принято за эталон метра?
3. Какой метр является государственным эталоном России?
4. Какие метрологические показатели применяют при технических измерениях?
5. Что такое параллакс?
6. Какие различают виды погрешностей?
7. Каково назначение государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ)?

Тема 12. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА. ШТРИХОВЫЕ, РЫЧАЖНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И РЫЧАЖНО-ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

При изучении измерительных приборов рекомендуется составить схему кинематических связей начальных и конечных перемещений от места контакта измерения до шкалы измерительного прибора. Затем следует перейти к разбору конструктивных особенностей изучаемых измерительных средств.

Составленные вопросы помогут изучить измерительные инструменты и приборы.

По назначению все измерительные инструменты подразделяются на универсальные и специальные. Универсальные измерительные приборы предназначены для измерения самых разнообразных деталей, специальные – только для измерения определенных деталей или отдельных параметров. По конструктивным признакам универсальные приборы и инструменты можно разделить на штриховые инструменты со шкалой нониуса (штангенинструменты и универсальные угломеры); микрометрические инструменты (микрометры); рычажно-механические приборы (индикаторы) и др.

Универсальные измерительные инструменты и приборы характеризуются наличием у них шкал с отметками в виде рисок или точек. Для средств измерения установлены следующие основные метрологические показатели:

- деление шкалы – промежуток между двумя соседними отметками шкалы;
- длина деления шкалы (интервал) – расстояние между осями двух соседних отметок шкалы (1 или 0,5 мм);
- цена деления шкалы – разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Например, цена деления микрометрических инструментов равна 0,01 мм, т. е. при повороте барабана от одного штриха до другого относительно продольного штриха стебля микрометра микрометрический винт переместится на 0,01 мм;
- предел измерений – наибольшее и наименьшее значения размера, которые можно отсчитать непосредственно по шкале;

- измерительная сила – сила действия измерительного наконечника на поверхность проверяемой детали в зоне контакта (у микрометров типа МК допускается измерительное усилие 700 ± 200 Гс).

Штангенинструменты

Штангенинструментами называют средства измерения линейных размеров, основанные на штанге со шкалой и нониусе – вспомогательной шкале для отсчета целых и дробных величин цены деления шкалы. К штангенинструментам относятся штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмасы. Методы измерения штангенинструментами: прямой и абсолютный.

Штангенциркули предназначены для измерения наружных и внутренних размеров и глубин, а также разметочных работ. Штангенциркули изготавливают из нержавеющей инструментальной или конструкционной стали с последующим хромированием. Твердость измерительных поверхностей 50...60 HRC.

Штангенциркули изготавливают согласно ГОСТ 166–80 со значениями отсчета по нониусу 0,05 и 0,1 мм следующих типов:

- ШЦ-I – двусторонний с глубиномером;
- ШЦТ-I – односторонние, оснащенные твердым сплавом;
- ШЦ-II – двусторонние;
- ШЦ-III – односторонние (рис. 34).

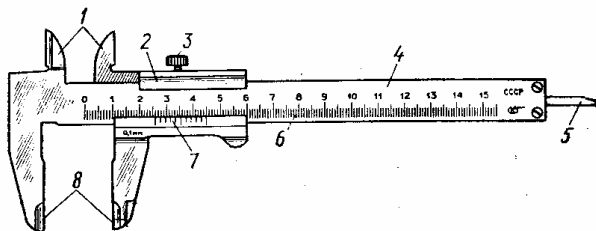
Основными частями устройства всех штангенциркулей являются штанга со шкалой, рамка, нониус, зажим рамки.

Штангенглубиномеры (рис. 35) предназначены для измерения глубины пазов, отверстий, а также высот уступов. Штангенглубиномеры изготавливают согласно ГОСТ 162–80 со значениями отсчета по нониусу 0,1 и 0,05 мм.

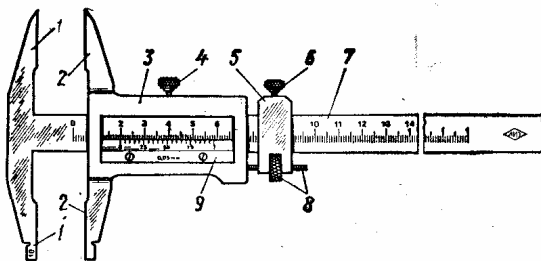
Штангенрейсмасы (рис. 36) предназначены для измерения высот, уступов и разметки размеров. Штангенрейсмасы изготавливают согласно ГОСТ 164–80 со значениями отсчета по нониусу 0,1 и 0,05 мм.

Основными частями штангенинструментов являются шкала – линейка с делениями 1 мм; перемещающаяся по линейке вспомогательная шкала – нониус с точностью отсчета 0,1; 0,05. По нониусу отсчитывают десятые и сотые доли миллиметра. Для отсчета с помощью нониуса сначала определяют по основной шкале целое число

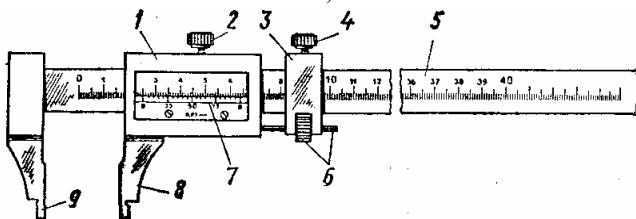
миллиметров перед нулевым делением нониуса. Затем добавляют к нему число долей миллиметра по нониусу в соответствии с тем, какой штрих шкалы нониуса ближе к штриху основной шкалы.



а)



б)



в)

Рис. 34. Штангенциркули: а – ШЦ-I: 1 – губка для внутренних измерений; 2 – рамка; 3 – зажимы рамки; 4 – штанга; 5 – линейка глубиномера; 6 – шкала штанги; 7 – нониус; 8 – губка для наружных измерений; б – ШЦ-II: 1 – неподвижные измерительные губки; 2 – подвижные измерительные губки; 3 – рамка; 4 – зажим рамки; 5 – рамка микрометрической подачи; 6 – зажим рамки микрометрической подачи; 7 – штанга; 8 – гайка и винт микрометрической подачи рамки; 9 – нониус; в – ШЦ-III: 1 – рамка; 2 – зажим рамки; 3 – рамка микрометрической подачи; 4 – зажим рамки микрометрической подачи; 5 – штанга; 6 – гайка и винт микрометрической подачи рамки; 7 – нониус; 8 – губка рамки; 9 – губка штанги

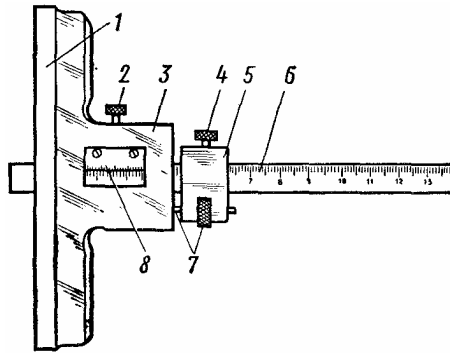


Рис. 35. Штангенглубиномер: 1 – основание; 2 – зажим рамки; 3 – рамка; 4 – зажим рамки микрометрической подачи; 5 – рамка микрометрической подачи; 6 – штанга; 7 – гайка и винт микрометрической подачи; 8 – нониус

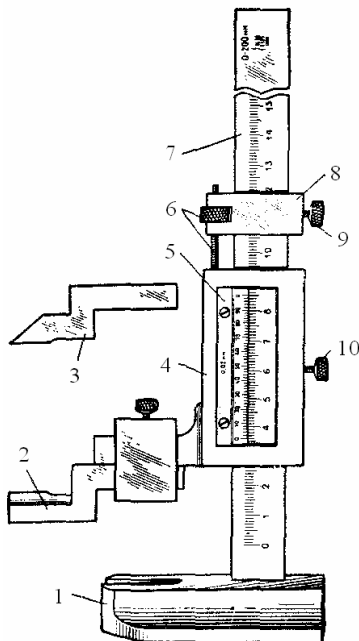


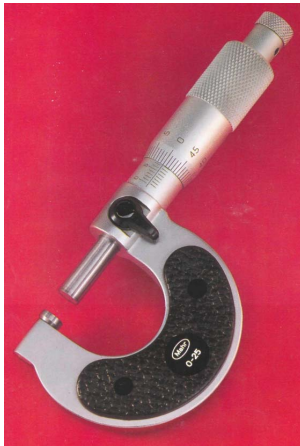
Рис. 36. Штангенрейсмас: 1 – основание; 2 – измерительная ножка; 3 – разметочная ножка; 4 – рамка; 5 – нониус; 6 – винт и гайка микрометрической подачи; 7 – штанга; 8 – рамка микрометрической подачи; 9 – зажим рамки микрометрической подачи; 10 – зажим рамки

Технические характеристики штангенинструментов (мм)

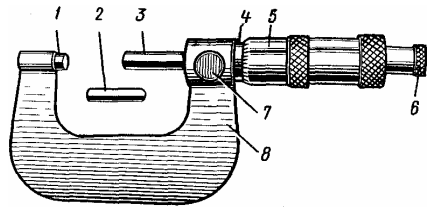
Тип	Пределы измерения	Отсчет по нониусу	Допускаемая погрешность	
			Для участка шкалы	При отсчете по нониусу
ШЦ-I	0–125	0,1	0	$\pm 0,05$
ШЦ-II	0–160		0–100	$\pm 0,06$
ШЦ-III	0–200	0,1	100–200	$\pm 0,07$
	0–250	0,5	200–250	$\pm 0,08$
ШЦ-III	0–315	0,1	250–300	$\pm 0,08$
	0–400		300–400	$\pm 0,09$
	0–500		400–1000	$\pm 0,1$
ШГ	0–400	0,05	0–400	$\pm 0,05$
ШР	0–250	0,05	0–630	$\pm 0,005$

Микрометрические инструменты

К микрометрическим инструментам относятся микрометры, микрометрические глубиномеры (ГМ) и нутромеры (НМ), рычажные микрометры, предназначены для измерения наружных, внутренних размеров, высот уступов и глубин прямым и абсолютным методами (рис. 37, 38, 39).



а)



б)

Рис. 37. Микрометр гладкий: а – с диапазоном измерения от 0 до 25 мм; б – микрометр с установочной мерой: 1 – пятка; 2 – установочная мера; 3 – микрометрический винт; 4 – стержень; 5 – барабан; 6 – трещотка; 7 – стопор; 8 – скоба

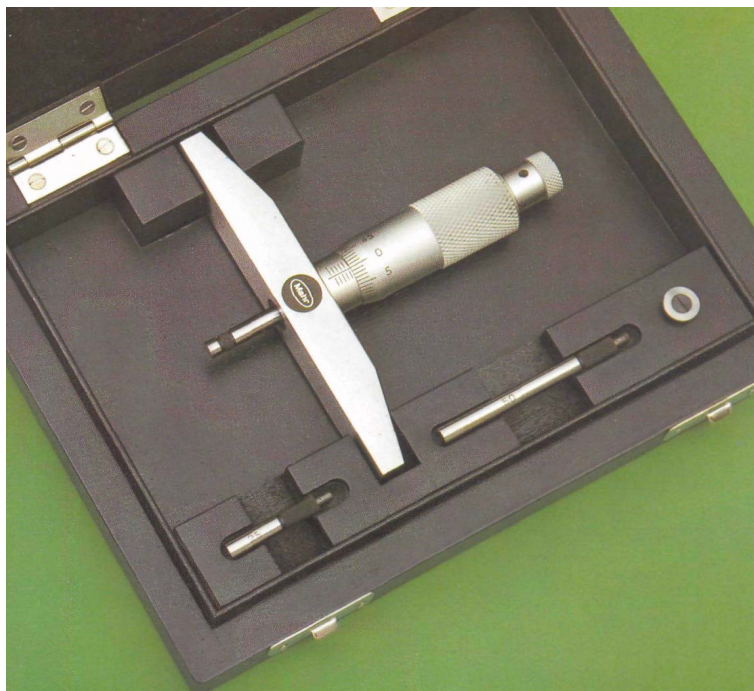


Рис. 38. Микрометрический глубиномер

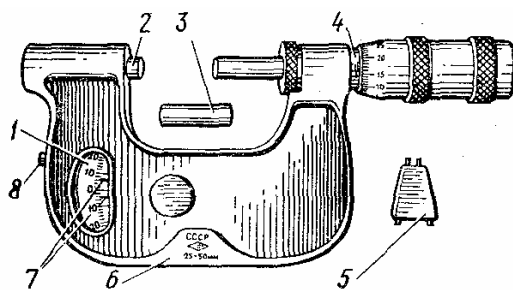


Рис. 39. Микрометр рычажный: 1 – шкала; 2 – подвижная пятка; 3 – установочная мера; 4 – микрометрическая головка; 5 – ключ; 6 – скоба; 7 – указатели пределов поля допуска; 8 – кнопка отвода подвижной пятки

Принцип действия этих инструментов основан на использовании винтовой пары (винт – гайка) для преобразования вращательного движения микровинта в поступательное. Цена деления микрометрических инструментов – 0,01 мм. Они выпускаются следующих типов:

- МК – гладкие;
- МЛ – листовые;
- МТ – трубные;
- МЗ – зубомерные;
- МП – для проволоки;
- МВП – для мягких материалов;
- МВМ – резьбовые;
- МГ и МВ – горизонтальные и вертикальные настольного типа;
- мод. 19005 – с цифровым электронным отсчетом.

Гладкий микрометр типа МК (рис. 37, а) имеет скобу 1, с одной стороны которой запрессована неподвижная пятка 2, а с другой стороны скобы – микрометрическая головка, состоящая из стебля 5, барабанов в сборе с микровинтом 3 и механизмом трещетки 8. Закрепление микровинта в требуемом положении осуществляется зажимным винтом 4.

Отсчетное устройство микрометра состоит из двух шкал (рис. 37, б): продольной и круговой. Продольная шкала имеет два ряда штрихов, расположенных по обе стороны горизонтальной линии на стебле и сдвинутых один относительно другого на 0,5 мм. Круговая шкала расположена на барабане и имеет 50 делений. По продольной шкале отсчитывают целые миллиметры и 0,5 мм, по круговой шкале – десятые и сотые доли миллиметра.

Таблица 11

Технические характеристики микрометрических приборов (мм)

Тип	Цена деления	Диапазон измерения	Погрешность прибора	
			I класс точности	II класс точности
МК	0,01	0–25; 25–50; 50–75; 75–100	±0,002 ±0,0025	±0,004 ±0,004
МВП	0,01	0–25	±0,005	±0,005
МВМ МВТ	0,01	0–25; 25–50; 50–75; 75–100	±0,004	±0,004

Тип	Цена деления	Диапазон измерения	Погрешность прибора	
			I класс точности	II класс точности
ГМ	0,01	0–25	$\pm 0,002$	$\pm 0,004$
НМ	0,01	50–75	$\pm 0,002$	$\pm 0,004$

Оптико-механические приборы

Оптико-механические приборы предназначены для высокоточных измерений размеров деталей и отклонений поверхностей от заданной геометрической формы. В их механизме сочетаются оптические и механические системы.

Оптическая система – совокупность оптических узлов и деталей (линз, призм, зеркал, объективов, окуляров и т. п.), предназначенная для формирования пучков световых лучей. В измерительных приборах основные свойства оптических систем: 1) возможность получать действительные и мнимые увеличенные изображения шкал приборов или объектов измерения с помощью линз; 2) пропорциональность углов поворота зеркал и отраженных от него лучей; 3) дисперсия света; 4) интерференция света и др.

Оптико-механические приборы разнообразны по назначению и принципу действия как оптической, так и механической измерительных систем. К ним относятся оптиметры, длиномеры, измерительные машины, контактные интерферометры, измерительные микроскопы и проекторы. В измерительном механизме оптиметров и оптикаторов сочетаются механический и оптический рычаги, поэтому такие приборы иногда называют рычажно-оптическими.

По положению линии измерений приборы делят на вертикальные (В) и горизонтальные (Г), а по способу отсчета показаний – на окулярные (О) и экранные (Э). Пример маркировки оптиметра: ОВО – оптиметр вертикальный окулярный. Метрологические показатели некоторых оптико-механических приборов и их описания приведены ниже.

Вертикальный окулярный оптиметр

Вертикальные оптиметры применяют для точного измерения наружных размеров деталей: длины плоскопараллельных концевых мер, диаметров гладких калибров-пробок, резьбовых калибров, шариков и проволоки, толщины тонких листов и т. п.

Вертикальный оптиметр представляет собой сочетание трубки оптиметра со стойкой типа С-11.

Устройство трубки оптиметра основано на сочетании принципов автоколлимации и оптического рычага. Конструктивно трубка прибора представляет собой металлическое колено, состоящее из двух трубок, расположенных под углом 90° , внутри которого установлены измерительная головка с колебательной системой зеркал и оптические детали автоколлимационной системы.

Оптическая схема измерительной трубки оптиметра с окулярным отсчетом и его шкала показаны на рис. 40. Световой поток от внешнего источника света А, отразившись от зеркала 3, через призму 2 полного внутреннего отражения освещает шкалу, нанесенную на левой стороне сетки 4, которая находится в фокальной плоскости объектива 6. Сеткой называется стеклянная пластина, на которой различными способами нанесены деления шкалы. Призма 5 поворачивает ход лучей на 90° и позволяет придать трубке удобную форму колена. Световой поток проходит через объектив и, отразившись от зеркала 7, дает автоколлимационное обратное изображение шкалы в правой части окулярной сетки, на которой нанесен указатель. То есть принцип автоколлимации — это свойство объектива превращать пучок расходящихся лучей, исходящих из точечного источника света, расположенного в фокусе объектива, в пучок параллельных лучей, который после отражения зеркалом собирается в том же фокусе объектива. Увеличенное изображение шкалы наблюдается через окуляр 1 оптиметра. Зеркало 7 прижимается двумя пружинами к шарикам 8 и измерительному стержню 9.

Если плоскость зеркала 7 располагается перпендикулярно главной оптической оси (таково положение зеркала при настройке оптиметра по блоку плиток), то исходная шкала и ее изображение будут находиться на одном уровне по вертикали и нулевой штрих изображения шкалы будет совпадать с указателем.

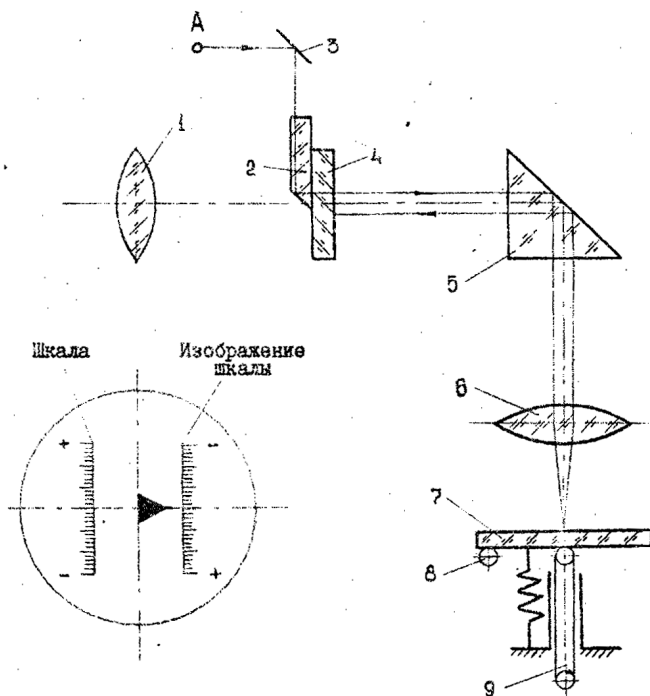


Рис. 40. Оптическая схема оптиметра с окулярным отсчетом и его шкала

Величина смещения будет соответствовать отклонению действительного размера детали от размера блока концевых мер, по которому был настроен оптиметр.

Для того чтобы преобразовать малые перемещения измерительного стержня в значительные перемещения изображения шкалы, в устройстве трубки-оптиметра используется принцип оптического рычага: малым плечом рычага является расстояние от точки опоры качающегося зеркала 7 до оси измерительного стержня 9, большим — фокусное расстояние объектива.

В трубках оптиметров фокусное расстояние $f = 200$ мм, а длина механического рычага $l = 5$ мм, что обеспечивает передаточное отношение $S = 2f/l = 2 \times 200/5 = 80$. Шкала оптиметра имеет число делений $n = 200$ с интервалом делений $a = 0,08$ мм. Цена деления $C = a/S = 0,08/80 = 0,001$ мм. Увеличение окуляра обеспечи-

вает удобное наблюдение шкалы. Пределы измерений по шкале $\pm Cn/2 = \pm 0,001 \times 200/2 = \pm 0,01$ мм.

Вертикальные оптиметры могут с одинаковым успехом применяться в лабораториях точных измерений и на контрольно-измерительных участках цехов. Порядок настройки приборов и измерений такой же, как для микрокатров.

Метрологические показатели некоторых основных типов оптиметров приведены в табл. 12.

Таблица 12

Метрологические показатели некоторых оптиметров

Показатели	Оптиметры	
	ОВО-1	ОГО-1
Диапазон измерения, мм	0...180	0...350
Цена деления, мкм	1,0	1,0
Пределы измерения по шкале, мм	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$
Допускаемая основная погрешность, мкм, на участке шкалы, мм:		
от 0 до $\pm 0,06$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
свыше $\pm 0,06$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$
Вариация показаний, мкм	0,1	0,1

Рычажно-механические приборы для измерения длины

Рычажно-механические приборы преобразуют малые отклонения размеров деталей в удобные для отсчета перемещения стрелки по шкале. Основные типы рычажно-механических передач, используемых в приборах: зубчатые, рычажные, рычажно-зубчатые, пружинные и рычажно-пружинные.

Рычажно-механические приборы делятся на три основные группы:

- 1) измерительные головки – съемные отсчетные устройства, предназначенные для оснащения приборов и контрольно-измерительных приспособлений;
- 2) приборы со съемными отсчетными устройствами – индикаторные скобы, нутромеры и глубиномеры и др.;
- 3) приборы со встроенными отсчетными устройствами – рычажные скобы и микрометры и др.

Приборы применяют для измерения линейных и диаметральных размеров, а также отклонений поверхностей от заданной геометрической формы и расположения отклонений от округлости (овальности, огранки) и прямолинейности, радиального и торцового биения и т. д. Как правило, их используют для измерения методом сравнения с мерой. Если размеры деталей меньше диапазона показаний прибора, то применяют метод непосредственной оценки.

Измерительные головки устанавливают на стойках или штативах, которые выполняются нескольких типов: стойки С-I и С-II, стойки малогабаритные С-III, стойки С-IV, штативы Ш-I...Ш-III, штативы с магнитным основанием ШМ-I...ШМ-III. Тип стойки или штатива определяется ценой деления измерительной головки: С-I – до 0,5 мкм; С-II – от 1 до 5 мкм; Ш-I и ШМ-I – от 2 до 5 мкм; С-III, Ш-II и ШМ-II – до 10 мкм; С-IV, Ш-III и ШМ-III – свыше 10 мкм.

Стойки имеют основание с измерительным столом и колонку с кронштейном или стержнем. Измерительную головку зажимают на стойках винтом. Кронштейн может перемещаться по колонке гайкой и закрепляться винтом. Стержень зажимают в хомуте винтом.

Штативы не имеют измерительного стола и применяются при измерениях на поверочных плитах и станках. Измерительные головки закрепляются в державке, которую зажимают винтом на стержне, имеющем пружинные пальцы и винт для тонкой установки на размер. Назначение остальных деталей штативов такое же, как у стоек.

Зубчатые измерительные головки

Зубчатые измерительные головки – индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм (ГОСТ 577–68) – изготавливаются следующих основных типов:

- ИЧ 02, ИЧ 05, ИЧ 10 – перемещение измерительного стержня параллельно шкале, диапазоны измерений соответственно 0...2, 0...5, 0...10 мм;
- ИТ 02 – перемещение стержня перпендикулярно шкале и диапазон измерений 0...2 мм.

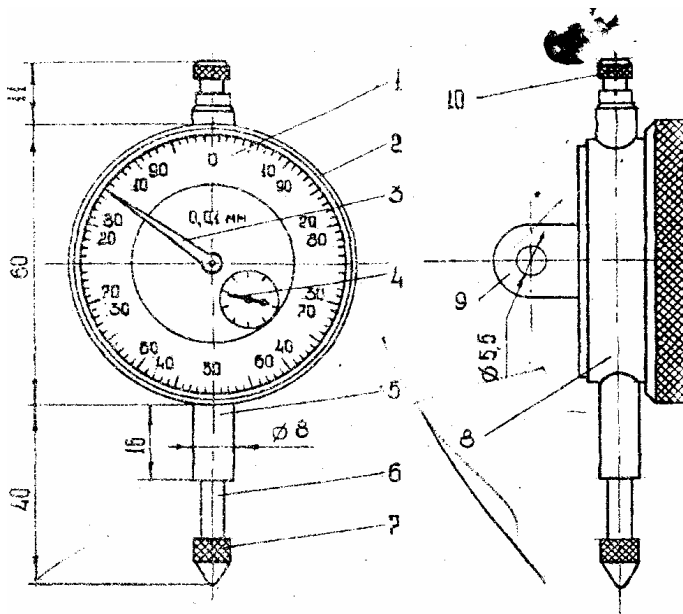
Индикаторы типа ИЧ 05 и ИЧ 10 выпускаются в корпусе диаметром 60 мм, а индикаторы ИЧ 02 и ИТ 02 – в корпусе диаметром 42 мм (малогабаритные).

Устройство и принципиальная схема индикатора типа ИЧ показаны на рис. 41. Основными составляющими индикатора являются (рис. 41, *а*) циферблат 1 со шкалой, ободок 2, стрелка 3, указатель 4 числа оборотов стрелки, гильза 5, измерительный стержень 6 с накопчиком 7, корпус 8, ушко 9, головка 10 стержня. Гильза и ушко служат для крепления индикатора на стойках, штативах и приспособлениях. Поворотом ободка 2, на котором закреплен циферблат, стрелку совмещают с любым делением шкалы. За головку 10 стержень отводят при установке детали под измерительный наконечник.

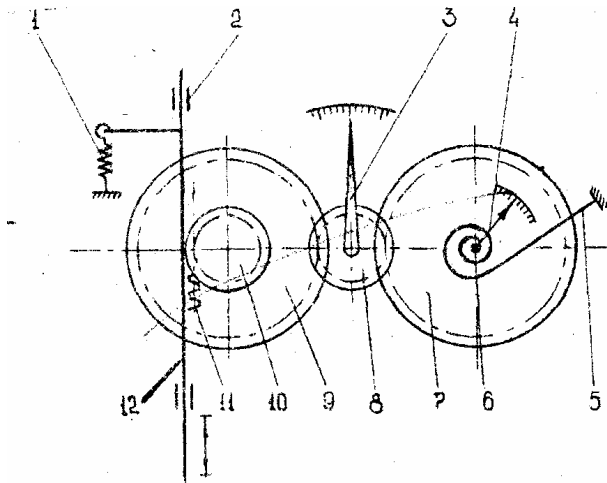
Принцип действия индикатора заключается в следующем (рис. 41, *б*). Измерительный стержень 12 перемещается в точных направляющих втулках 2, запрессованных в гильзы корпуса. На стержне нарезана зубчатая рейка 11, которая поворачивает триб 10 с числом зубьев $z = 16$ (трибом в приборостроении называют зубчатое колесо с числом зубьев $z = 18$). Зубчатое колесо 9 ($z = 100$), установленное на одной оси с трибом 10, передает вращение трибу 8 ($z = 10$). На оси триба 8 закреплена стрелка 3. В зацеплении с трибом 8 находится также зубчатое колесо 7 ($z = 100$), на оси которого закреплены указатель 4 и втулка 6 с пружинным волоском 5, другой конец которого прикреплен к корпусу. Колесо 7, находясь под действием волоска, обеспечивает работу всей передачи прибора на одной стороне профиля зуба и тем самым устраняет мертвый ход передачи. Пружина 1 создает измерительное усилие на стержне.

Передаточное отношение зубчатого механизма выбрано так, что при перемещении измерительного стержня на расстояние $l = 1$ мм стрелка совершает полный оборот, а указатель поворачивается на одно деление. Шкала индикатора имеет число делений $n = 100$. Цена деления шкалы циферблата $C = l/n = 1/100 = 0,01$ мм.

В корпусе малогабаритных индикаторов нельзя разместить полные зубчатые колеса с числом зубьев $z = 100$, поэтому они заменены зубчатыми секторами. У торцовых индикаторов ИТ 02 перемещение измерительного стержня передается рейке зубчатого механизма через двухплечный рычаг, имеющий передаточное отношение, равное единице. Индикаторы ИТ имеют такие же основные элементы и цену деления шкалы, как индикаторы ИЧ.



a)



б)

Рис. 41. Индикатор типа ИЧ:
a – общий вид; *б* – кинематическая схема индикатора

Индикаторы часового типа выпускаются классов точности 0 и 1. Основные допускаемые погрешности этих индикаторов приведены в табл. 13.

Таблица 13

Допускаемая погрешность индикаторов часового типа

Класс точности	Допускаемая погрешность в пределах участка шкалы, мкм, мм				
	0,1	1	0...2	0...5	0...10
0	4	8	10	12	15
1	6	10	12	16	20

Порядок настройки индикаторов на размер

1. Индикатор закрепляется на кронштейне стойки или в державке штатива, установленного на плите. Для индикаторов часового типа используют стойки С-IV и штативы Ш-II.

2. При относительных измерениях на стол стойки или плиту устанавливают блок концевых мер, размер которого равен номинальному размеру детали. При абсолютных измерениях меры не используются.

3. Опускают индикатор на колонки так, чтобы наконечник соприкоснулся с поверхностью меры или плиты и стрелка отклонилась от нулевого положения. Предварительное отклонение стрелки называют «натягом прибора». Значение натяга должно быть больше, чем допускаемые отклонения размера детали от номинального значения. Обычно это один оборот стрелки. При работе с универсальным штативом для создания натяга пользуются винтом микроподачи.

4. Зафиксировав положение индикатора, шкалу устанавливают на нулевое положение, поворачивая ободок.

5. Поднимая и опуская измерительный стержень за головку, проверяют постоянство показаний индикатора. Если наблюдается отклонение стрелки от нуля, настройку повторяют.

6. Отведя стержень, снимают блок мер.

Измерения выполняют в таком порядке: приподняв наконечник прибора, устанавливают на стол или плиту деталь; затем опускают наконечник на поверхность детали и выполняют отсчет показаний. По указателю числа оборотов стрелки находят число миллиметров

в размере. Дробная доля размера равна числу делений циферблата против стрелки, умноженному на $C = 0,01$ мм. При вращении стрелки против часовой отсчет по индикатору складывается с длиной блока концевых мер, в противном случае вычитается.

Область применения индикаторов значительно расширяется благодаря использованию специальных приспособлений.

Пружинные измерительные головки

Пружинные измерительные головки являются наиболее точными рычажно-механическими приборами. Они выпускаются трех основных типов: 1) ИГП-микрокаторы (ГОСТ 6933–81); 2) ИПМ-микаторы (малогабаритные, ГОСТ 14712–79); 3) ИРП-миникаторы (ГОСТ 14711–89).

Схема ИГП приведена на рис. 42. Микрокаторы применяют для высокоточных относительных измерений размеров, а со стойками С-1 и С-11 и приспособлениями, имеющими присоединительный размер 28 мм, для измерений отклонений формы деталей. Из всех вышеперечисленных пружинных измерительных головок микрокаторы получили наибольшее распространение.

В качестве чувствительного элемента в микрокаторах (рис. 42) используется специальная ленточная пружина 2, завитая спирально от середины в разные стороны и закрепленная по концам на плоских пружинах. К середине пружины приклеена стрелка 3. Перемещение измерительного стержня 7 вызывает изменение длины пружины и поворот ее средней части. Смещение стрелки относительно шкалы прибора пропорционально перемещению измерительного стержня. Преимущество пружинных передач: высокая чувствительность ленточных пружин, обеспечивающая большую точность измерений; отсутствие внешнего трения и минимальная разность прямого и обратного хода. Как видно из рис. 42, а, ленточная пружина 2 закреплена на угольнике 1 и консольной пружине 4, установленной на угловом выступе. Изменяя положение пружины 4 с помощью винтов, которыми она крепится к выступу, регулируют натяжение ленточной пружины и устанавливают стрелку на ноль. Измерительный стержень 7 подвешен на мембранах 6 и жестко связан с угольником 1. Перемещения стержня вызывают поворот угольника вокруг

точки «а» и растяжение пружины. Измерительное усилие создается пружиной 5.

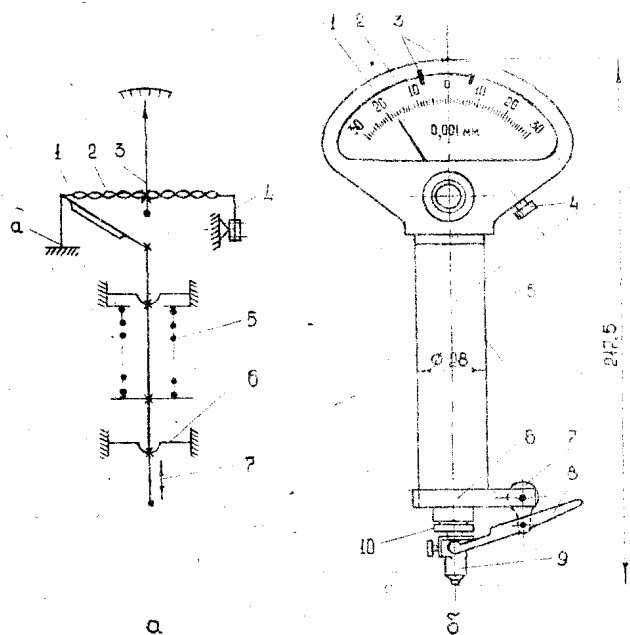


Рис. 42. Пружинная измерительная головка ИГП-микроскоп:
а — схема; б — общий вид

Пружинная передача микрометра (рис. 42, б) размещена в корпусе 1, к которому присоединена измерительная гильза 5. Положение шкалы 2 регулируется в пределах +5 делений винтом 4 для установки стрелки на ноль. Указатели 3, отмечающие границы поля допуска, перемещаются рычажками, расположенными на задней стороне корпуса. На конце гильзы с помощью хомута 6, зажимаемого винтом 7, установлен арретир 8, соединенный с измерительным наконечником 9. Фиксатором 10 измерительный стержень зажимают при транспортировке.

Основные параметры ИГП различных типов приведены в табл. 14.

Выпускают также микрометры ИГПУ и ИГПР с уменьшенным и регулируемым измерительным усилием, ИГПГ — с герметизированным корпусом и ИГПВ — виброустойчивые.

Основные параметры микрокатеров различного типа

Тип головки	Цена деления шкалы, мкм	Диапазон измерений, мкм	Допускаемая погрешность на любом участке шкалы, мкм		Размах показаний в делениях шкалы
			Число делений		
			до 30	свыше 30	
01 ИГП	0,1	+4	0,10	0,15	1/3
02 ИГП	0,2	+6	0,15	0,20	
05 ИГП	0,5	+15	0,25	0,40	
1 ИГП	1,0	+30	0,40	0,60	1/4
2 ИГП	2,0	+60	0,80	1,20	
5 ИГП	5,0	+150	2,00	3,00	
10 ИГП	10,0	+300	3,00	5,00	

Установка прибора на ноль производится следующим образом: блок из концевых мер, собранных на необходимый размер, притирается к столу; после этого при вращении гайки кронштейн 4 по колонке опускается до соприкосновения измерительного накопечника головки с верхней измерительной поверхностью блока — и в этом положении кронштейн закрепляют винтом. Точная установка стрелки в нулевое положение осуществляется с помощью специального механизма, встроенного в кронштейн.

Микаторы, по существу, представляют собой малогабаритные микрокатеры, так как их принципиальная схема мало отличается от схемы микрокатеров. Микаторы могут быть использованы в качестве отсчетных устройств в различных приборах и приспособлениях.

Миникаторы предназначены для измерений в труднодоступных местах деталей. Они представляют собой рычажно-пружинные головки бокового действия с перемещением измерительного стержня перпендикулярно к плоскости шкалы.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие плоскопараллельные меры применяются для контроля и настройки приборов?
2. Какие наборы плиток применяют при технических измерениях?
3. Что является определяющим фактором для установления разрядов плоскопараллельных плиток?

4. На какие классы и разряды делятся плоскопараллельные плитки?
5. Что входит в комплект приспособлений для плоскопараллельных плиток?
6. Какой размер называется номинальным, действительным?
7. Что такое нониус и каково его назначение?
8. Из каких частей состоит штангенциркуль?
9. Для штангенциркуля, у которого $h = 10$ – число делений нониуса, $l = 19$ мм – длина шкалы нониуса, $N = 1$ мм – длина одного деления линейки, определяется модуль нониуса $\gamma = \frac{l + N'}{N' \cdot n}$. Длина одного деления нониуса N (по формуле нониуса) $N = (\gamma n - 1) \frac{N'}{n}$.
Величина i наименьшего отсчёта нониуса $i = \frac{N'}{n}$.
10. В каких измерительных инструментах и приборах применяется нониус?
11. Из каких основных частей состоит микрометр?
12. На какую длину перемещается измерительный стержень микрометра за один оборот барабана (мм)?
13. Сколько делений на барабане?
14. Каким механизмом обеспечивается постоянство давления измерительного стержня?
15. В каких измерительных приборах и инструментах применяется микрометрическое устройство?
16. На каком принципе работает индикатор?
17. Каким устройством обеспечивается постоянное давление измерительного стержня?
18. Из каких частей состоит индикатор?
19. При помощи каких дополнительных приспособлений производится установка индикатора при проверке биения валов?
20. Где применяются индикаторы?
21. На каком принципе работает миниметр?
22. Какие размеры определяют передаточное отношение неравноплечного рычага миниметра?
23. Что принимается за длинное плечо неравноплечного рычага миниметра?

24. За счёт каких опор удаётся получить весьма малую длину меньшего плеча рычага?
25. Из каких частей состоит миниметр?
26. Длинное плечо рычага миниметра $L = 100$ мм, короткое $l = 0,1$ мм. Определите передаточное отношение i неравноплечного рычага миниметра.
27. На каком сочетании основан принцип работы оптиметра?
28. Что такое автоколлимация?
29. Какая шкала оптиметра называется отражённой?
30. Из каких частей состоит вертикальный оптиметр?
31. Какие детали и инструменты проверяют на вертикальном оптиметре?
32. Каким методом измеряют детали на оптиметре?
33. В каких пределах можно измерить детали на оптиметре абсолютным методом?
34. Какие мерительные средства кроме оптиметров относятся к группе оптико-механических приборов?

Установочными мерами называются плоскопараллельные концевые меры длины (плитки), по которым настраивается прибор; они на 1–2 класса должны быть точнее проверяемых плиток и других деталей.

Тема 13. ДОПУСКИ НА ЗУБЧАТЫЕ КОЛЁСА И ПЕРЕДАЧИ

Допуски на цилиндрические зубчатые колёса с эвольвентным профилем и передачи с модулем от 1 до 56 мм и диаметром делительной окружности до 1250 мм содержатся в ГОСТ 1643–81. Он распространяется на зубчатые колёса с исходным профилем по ГОСТ 13755–68 и охватывает передачи внешнего, внутреннего зацепления с прямыми, косыми зубчатыми колесами.

Допуски и предельные отклонения на эвольвентные цилиндрические и винтовые мелко модульные зубчатые колеса внешнего и внутреннего зацепления модулей от 0,1 до 1 мм и делительным диаметром до 400 мм установлены в ГОСТ 9178–72. В ГОСТе содержится 12 степеней точности от 1 до 12 в порядке снижения точности. Нормы точности проводятся на мелко модульные ($m < 1$), начиная со степени 4, а на зубчатые колёса средних $m \leq 10$ мм и крупных модулей $m > 10$ мм, начиная со степени 3.

Нормированные степени точности 1, 2, 3 для мелко модульных зубчатых колёс являются резервными. Они будут установлены при дальнейшем развитии науки и техники.

Степени точности (ГОСТ 1643–81) применяются в передачах машин и механизмах различных отраслей машиностроения.

Измерительные колёса.....	3–5
Металлорежущие станки.....	3–8
Авиационные двигатели.....	4–7
Пассажирский железнодорожный состав.....	5–7
Легковые автомобили.....	5–8
Товарный железнодорожный состав.....	6–8
Тракторы	6–8
Редукторы общего назначения.....	6–9
Грузовые автомобили.....	7–9
Крановые механизмы.....	7–10
Сельскохозяйственные машины.....	8–12

Допуски на зубчатые цилиндрические передачи по стандартам вводятся с 1.01.1980 г. Структура их построения аналогична стандартам ГОСТ 1643–81 и ГОСТ 9178–72. Интервалы модулей и дели-

тельных диаметров отличаются частично изменёнными значениями допусков и предельных отклонений. Допуски эвольвентных цилиндрических зубчатых колес и внешнего, и внутреннего зацепления предназначены для прямозубых, косозубых и шевронных колёс с исходным контуром и делительными диаметрами до 6300 мм, шириной венца или полушеврона до 1250 мм, модулями $m = 1 \dots 55$ мм, регламентирует допуски прямозубых и косозубых колес, применяемых также в винтовых передачах с исходным контуром, модулями в пределах $0,1 - 1$ мм, делительными диаметрами до 400 мм (при $m \leq 0,5$ мм до 200 мм).

Погрешности изготовления и сборки зубчатых передач вызывают динамические нагрузки, шум, вибрации, нагрев, концентрацию напряжений на отдельных участках зубьев, а также несогласованность углов поворота ведущего и ведомого колес, что приводит к ошибкам относительного положения звеньев и ошибкам от «мертвого хода».

При назначении допусков на зубчатые колеса и точности монтажа для достижения качественной работы передачи преследуются цели по обеспечению кинематической точности, плавности работы, контакта зубьев и бокового зазора.

Кинематическая точность характеризуется величиной кинематической погрешности передачи, заключающейся в несогласованности расчётных углов поворота и выражающихся в линейных величинах F_{IOI} длины дуги по делительной окружности за полный цикл изменения относительного положения зубчатых колёс. Является основным требованием для отсчётных передач, планерных передач с несколькими сателлитами.

Плавность работы характеризуется местной кинематической f_{1z} и циклической погрешностью передачи $f_{2\text{koz}}$ и является основным требованием для высокооборотных передач.

Полнота контактов зубьев характеризуется относительными размерами по длине и высоте суммарного пятна контакта сопряжения зубьев в передаче и является основным требованием для тяжело нагруженных тихоходных передач.

Боковой зазор необходим для размещения смазки, компенсации температурных деформаций, а также погрешностей изготовления и

монтажа. Колебания бокового зазора важны практически для всех типов передач.

Зубчатые передачи

Из механических передач, применяемых в машиностроении, наибольшее распространение получили зубчатые, так как обладают рядом существенных преимуществ перед другими передачами.

Основные преимущества зубчатых передач:

- возможность осуществления передачи между параллельными, пересекающимися и скрещивающимися осями, иными словами при всех видах расположения осей;
- высокая нагрузочная способность и, как следствие, малые габариты;
- большая долговечность и надежность работы (ресурсы до 30000 ч и более);
- высокий КПД (до 0,97...0,98 в одной ступени);
- возможность применения в широком диапазоне скоростей (до 150 м/с), мощностей (до десятков тысяч кВт) и передаточных отношений (до нескольких сотен и даже тысяч);
- постоянство передаточного отношения.

В то же время для обеспечения надежной и качественной работы зубчатых передач к ним предъявляются повышенные требования к точности изготовления.

Многообразные условия применения зубчатых передач диктуют различные требования к их точности.

Для делительных и планетарных передач с несколькими сателлитами основным эксплуатационным показателем является высокая кинематическая точность, т. е. точная согласованность углов поворота ведущего и ведомого колес передачи. Кинематическая точность обеспечивается, например, при установке колеса на зубообрабатывающий станок с точной кинематической цепью с минимально возможным радиальным биением.

Для высокоскоростных передач (окружные скорости зубчатых колес могут достигать 60 м/с) основным эксплуатационным показателем является плавность работы передачи, т. е. отсутствие циклических погрешностей, многократно повторяющихся за оборот

колеса. Циклическая точность обеспечивается, например, точностью червяка делительной передачи станка и точностью зуборезного инструмента. Плавность передачи значительно повышается после шевингования зубчатых колес или их притирки.

Для тяжело нагруженных тихоходных передач наибольшее значение имеет полнота контакта поверхностей зубьев. Контакт зубьев зависит от торцового биения заготовки и ряда других причин. Контакт зубьев значительно улучшается после притирки зубчатых колес.

Система допусков цилиндрических зубчатых передач

Одним из основных показателей качества работы зубчатых передач является их точность. Точность изготовления зубчатых колес не только определяет геометрические показатели передач, но оказывает влияние на динамические характеристики (вибрации, шум), а также существенно влияет на долговечность работы, прочностные показатели передачи и потери на трении. Разность между действительным и номинальным (расчетным) углами поворота ведомого зубчатого колеса передачи называется кинематической погрешностью передачи. Наибольшая алгебраическая разность значений расхождений на полном цикле измерения F'_{ior} характеризует **кинematicкую точность передачи**.

Наибольшая алгебраическая разность между местными соседними экстремальными значениями f'_{ior} называется местной кинематической погрешностью передачи и характеризует плавность работы передачи.

Наименьшее расстояние между кривыми j_{nmin} называется гарантированным боковым зазором и определяет характер сопряжения колес в передаче.

Разность между j_{nmax} и j_{nmin} является наибольшим интервалом изменения бокового зазора в передаче и характеризует точность выполнения бокового зазора в передаче.

Если нанести краситель на боковые поверхности зубьев ведущего колеса и повернуть колеса на полный оборот при легком торможении, обеспечивающем непрерывное контактирование зубьев обоих зубчатых колес, то на зубьях ведомого колеса появятся следы прилегания зубьев (рис. 43).

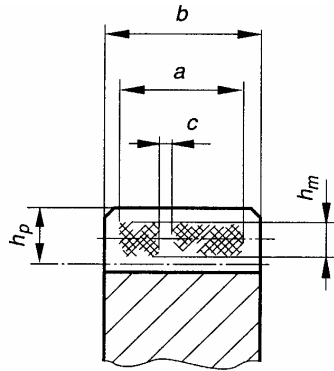


Рис. 43. Пятно контакта

Примечание. Относительные размеры пятна контакта определяются в процентах (рис. 43): по длине зуба по формуле $\frac{a-c}{b}100\%$; по высоте по формуле $\frac{h_m}{h_p}$, где a — длина следа; c — разрыв по длине следа; h_m — высота следа; h_p — высота активной боковой поверхности зуба.

Часть активной боковой поверхности зуба колеса передачи, на которой располагаются следы, называется мгновенным пятном контакта и характеризует контакт зубьев в передаче.

Чаще всего при изготовлении требуется определить точность отдельного колеса, а не передачи в целом, тем более что сопрягаемое колесо, возможно, еще и не изготовлено. В этом случае вместо одного из колес на прибор устанавливают измерительное колесо, т. е. колесо повышенной точности. Получают графики (рис. 44), которые в данном случае характеризуют точность контролируемого колеса, при этом погрешностями измерительного колеса пренебрегают.



Рис. 44. График, характеризующий точность контролируемого колеса

По аналогии с передачей получают:

- наибольшую кинематическую погрешность колеса F'_{ir} ;
- местную кинематическую погрешность колеса f'_{ir} .

Точность контакта колеса определяют по пятну контакта его зубьев с зубьями измерительного зубчатого колеса.

Не всегда удается выполнять измерения колес на установках, аналогичных рассмотренной (например, из-за отсутствия измерительных колес), или возникает необходимость измерить параметры колеса, не снимая его со станка. Поэтому стандартом предусмотрены иные показатели, которые характеризуют точность колеса и в то же время позволяют осуществлять контроль менее сложными и более доступными средствами измерения.

Схема построения системы допусков и посадок цилиндрических зубчатых передач с перечислением нормируемых показателей приведена в сокращении на рис. 45.

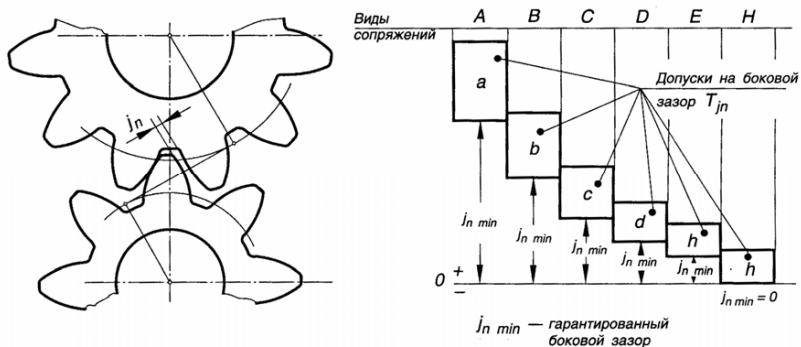


Рис. 45. Графическое изображение полей допусков цилиндрических зубчатых передач

Система допусков и посадок зубчатых колес исходя из требований эксплуатации передач устанавливает следующие нормы точности:

- кинематическую норму точности зубчатых колес и передач;
- норму плавности работы зубчатых колес и передач;
- норму контакта зубьев зубчатых колес и передач.

Каждая норма имеет 12 степеней точности. Для самых высоких степеней точности (1 и 2) допуски и отклонения не регламентированы, так как эти степени предусмотрены для будущего развития.

Указанные три вида норм точности могут как в зубчатом колесе, так и в передаче взаимно комбинироваться и назначаться из разных степеней точности. В силу того что ряд показателей точности, относящихся к различным нормам, геометрически связаны, существует ограничение при комбинировании норм с разными степенями точности.

При комбинировании норм разной степени точности нормы плавности работы зубчатых колес и передач могут быть не более чем на две степени точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев могут назначаться по любым степеням, более точным, чем нормы плавности, или на одну степень грубее норм плавности.

Для устранения возможности заклинивания передачи при нагреве и обеспечения нормальных условий смазки передачи должны иметь гарантированный боковой зазор $j_{n\min}$.

Установлено шесть видов сопряжений зубчатых колес в передаче А, В, С, D, Е, Н и восемь видов допуска T_{jn} на боковой зазор x , y , z , a , b , c , d , h . Обозначения даны в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него (рис. 45).

Соответствие между видом сопряжения зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор допускается изменять, при этом также могут быть использованы виды допусков x , y , z .

Гарантированный боковой зазор делится между сопрягаемыми зубчатыми колесами. Боковой зазор обеспечивается путем радиального смещения исходного контура от его номинального положения в тело колеса. При этом смещение исходного контура у зубчатых колес дополнительно увеличивается с целью компенсации погрешности изготовления и монтажа колес.

Термины, обозначения и определения по ГОСТ 1643–81

Показатели кинематической точности зубчатых колес и передач

1. *Наибольшая кинематическая погрешность передачи* — F'_{ior} — наибольшая алгебраическая разность значений кинематической погрешности передачи на полный цикл измерения относительного положения зубчатых колес. Выражается в линейных величинах длиной дуги делительной окружности ведомого зубчатого колеса.

Допуск на кинематическую погрешность передачи — F'_{io} .

2. Наибольшая кинематическая погрешность зубчатого колеса — F_{ir}' — наибольшая алгебраическая разность значений кинематической погрешности зубчатого колеса при его полном повороте на рабочей оси, ведомого измерительным зубчатым колесом при номинальном взаимном положении осей вращения этих колес в пределах его полного оборота (рис. 44). Выражается в линейных величинах длиной дуги делительной окружности.

Допуск на кинематическую погрешность зубчатого колеса — F_i' .

Примечание. Под рабочей осью зубчатого колеса понимается ось, вокруг которой оно вращается в передаче.

3. Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса — F_{ir}'' — разность между наибольшим и наименьшим действительными межосевыми расстояниями при двухпрофильном зацеплении измерительного зубчатого колеса с контролируемым зубчатым колесом при повороте последнего на полный оборот (рис. 46).

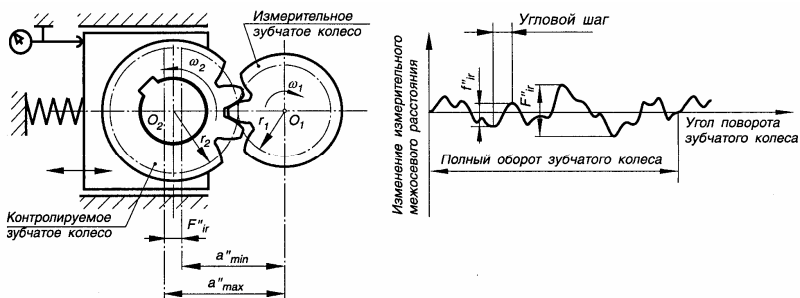


Рис. 46. Колебательное измерительное межосевое расстояние зубчатого колеса F_{ir}''

Допуск на колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса — F_{ir}'' .

4. Погрешность обката — F_{cr} — составляющая кинематической погрешности зубчатого колеса, определяемая при вращении его на технологической оси и исключении циклических погрешностей зубцовой частоты и кратных ей более высоких частот.

Допуск на погрешность обката — F_c .

Примечание. Под технологической осью зубчатого колеса понимается ось, вокруг которой оно вращается в процессе окончательной обработки зубьев по обеим их сторонам.

5. *Радиальное биение зубчатого венца* — F_{rr} — разность действительных предельных положений исходного контура в пределах зубчатого колеса (на его рабочей оси).

Допуск на радиальное биение зубчатого венца — F_r .

6. *Колесание длины общей нормали* — F_{vwr} — разность между наибольшей и наименьшей действительными длинами общей нормали в одном и том же зубчатом колесе (рис. 47).

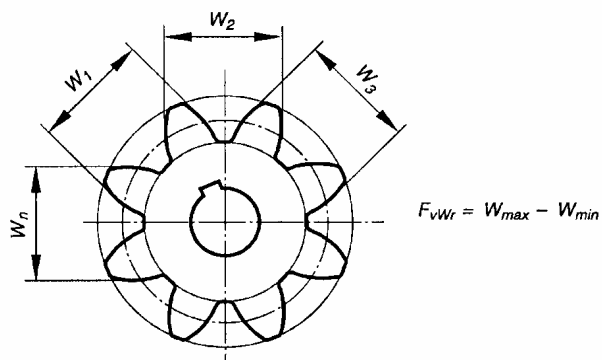


Рис. 47. Колесание длины общей нормали F_{vwr}

Примечание. Под действительной длиной общей нормали понимается расстояние между двумя параллельными плоскостями, касательными к двум разноименным активным боковым поверхностям зубьев зубчатого колеса.

Допуск на колесание длины общей нормали — F_{vW} .

7. *Накопленная погрешность k шагов* — F_{pkr} — наибольшая разность дискретных значений кинематической погрешности зубчатого колеса при номинальном его повороте на k целых угловых шагов:

$$F_{pkr} = \left(\varphi_r - k \frac{2p}{z} \right) r,$$

где φ_r — действительный угол поворота зубчатого колеса; z — число зубьев зубчатого колеса; k — число целых угловых шагов, $k > 2$; r — радиус делительной окружности зубчатого колеса.

Допуск на накопленную погрешность k шагов — F_{P_1} .

8. *Накопленная погрешность шага зубчатого колеса* — F_{P_1} — наибольшая алгебраическая разность значений накопленных погрешностей в пределах зубчатого колеса.

Допуск на накопленную погрешность шага зубчатого колеса — F_P .

Показатели плавности работы зубчатых колес и передач

9. *Местная кинематическая погрешность передачи* — f'_{ior} — наибольшая разность между местными соседними экстремальными значениями кинематической погрешности передачи за полный цикл измерения относительного положения зубчатых колес передачи.

Допуск на местную кинематическую погрешность передачи — f'_{io} .

10. *Циклическая погрешность передачи* — f_{zkor} — удвоенная амплитуда k -й гармонической составляющей кинематической погрешности передачи.

Допуск на циклическую погрешность передачи — f_{zko} .

11. *Циклическая погрешность зубцовой частоты в передаче* — f_{zcor} — циклическая погрешность передачи с частотой повторений, равной частоте входа зубьев в зацепление.

Допуск на циклическую погрешность зубцовой частоты в передаче — f_{zco} .

12. *Местная кинематическая погрешность зубчатого колеса* — f'_{iv} — наибольшая разность между местными соседними экстремальными значениями кинематической погрешности зубчатого колеса в пределах его оборота.

Допуск на местную кинематическую погрешность зубчатого колеса — f'_i .

13. *Колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе* — f''_{iv} — разность между наибольшим и наименьшим действительными межосевыми расстояниями при двухпрофильном зацеплении измерительного зубчатого колеса с контролируемым зубчатым колесом при повороте последнего на один угловой шаг.

Допуск на колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе — f''_i .

14. Циклическая погрешность зубчатого колеса — f_{zkr} — удвоенная амплитуда k -й гармонической составляющей кинематической погрешности зубчатого колеса.

Допуск на циклическую погрешность зубчатого колеса — f_{zk} .

15. Циклическая погрешность зубцовой частоты зубчатого колеса — f_{zsr} — циклическая погрешность зубчатого колеса при зацеплении с измерительным зубчатым колесом с частотой повторений, равной частоте входа зубьев в зацепление.

Допуск на циклическую погрешность зубцовой частоты зубчатого колеса — f_{zs} .

16. Отклонение шага — f_{pr} — дискретное значение кинематической погрешности зубчатого колеса при его повороте на один номинальный угловой шаг.

Предельное отклонение шага: верхнее $+f_{pl}$, нижнее $-f_{pl}$.

17. Отклонение шага зацепления — f_{pbr} — разность между действительным и номинальным шагами зацепления.

Предельные отклонения шага: верхнее $+f_{pb}$, нижнее $-f_{pb}$.

Примечание. Под действительным шагом зацепления понимается кратчайшее расстояние между двумя параллельными плоскостями, касательными к двум одноименным активным боковым поверхностям соседних зубьев зубчатого колеса (рис. 48).

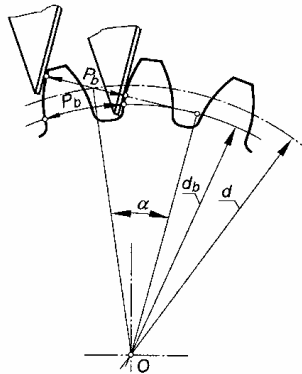


Рис. 48. Отклонение шага зацепления f_{pbr}

18. *Погрешность профиля зуба* — f_{fr} — расстояние по нормали между двумя ближайшими друг к другу номинальными торцовыми профилями зуба, между которыми размещается действительный торцовый активный профиль зуба зубчатого колеса (рис. 49).

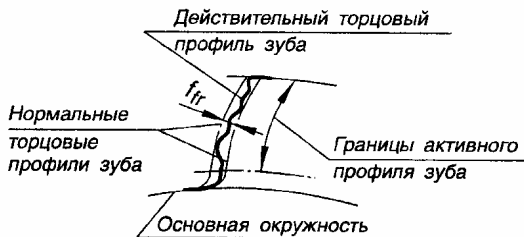


Рис. 49. Погрешность профиля зуба f_{fr} .

Допуск на погрешность профиля зуба — f_f .

Показатели контакта зубьев

19. *Мгновенное пятно контакта* — часть активной боковой поверхности зуба колеса передачи, на которой располагаются следы прилегания к зубьям шестерни, покрытым красителем, после поворота колеса собранной передачи на полный оборот при легком торможении, обеспечивающем непрерывное контактирование зубьев обоих зубчатых колес.

20. *Суммарное пятно контакта* — часть активной боковой поверхности зуба зубчатого колеса, на которой располагаются следы прилегания зубьев парного зубчатого колеса в собранной передаче после вращения под нагрузкой, устанавливаемой конструктором.

21. *Отклонение от параллельности осей* — f_x — отклонение от параллельности проекций рабочих осей зубчатых колес в передаче на плоскость, в которой лежит одна из осей и точка второй оси в средней плоскости передачи. Определяется в торцовой плоскости в линейных единицах на длине, равной рабочей ширине зубчатого венца или ширине полушеврона.

Допуск параллельности осей f_x .

Примечание. Под средней плоскостью передачи понимается плоскость, проходящая через середину рабочей ширины зубчатого

венца или для шевронной передачи — через середину расстояния между внешними торцами, ограничивающими рабочую ширину полушеврона.

22. *Перекос осей* — f_{yr} — отклонение от параллельности проекции рабочих осей зубчатых колес в передаче на плоскость, параллельную одной из осей и перпендикулярную плоскости, в которой лежит эта ось, и точка пересечения второй оси со средней плоскостью передачи. Определяется в торцевой плоскости в линейных единицах на длине, равной рабочей ширине зубчатого венца или ширине полушеврона.

Допуск на перекас осей — f_y .

23. *Мгновенное пятно контакта*.

24. *Суммарное пятно контакта* — допускается оценивать точность зубчатого колеса по мгновенному или суммарному пятну контакта его зубьев с зубьями измерительного зубчатого колеса. Определение см. в п. 19 и 20.

25. *Погрешность направления зуба* — $F_{\beta r}$ — расстояние между двумя ближайшими друг к другу номинальными делительными линиями зуба в торцовом сечении, между которыми размещается действительная делительная линия зуба, соответствующая рабочей ширине зубчатого венца или полушеврона (рис. 50).

Допуск на направление зуба — F_{β} .

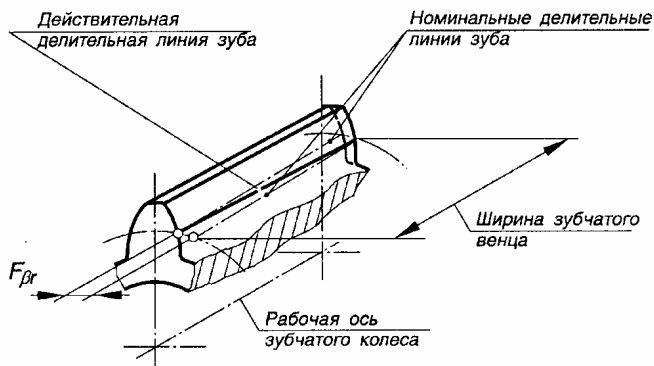


Рис. 50. Погрешность направления зуба $F_{\beta r}$

Примечание. Под действительной делительной линией зуба понимается линия пересечения действительной боковой поверхности зуба зубчатого колеса делительным цилиндром, ось которого совпадает с рабочей осью.

26. *Отклонение осевых шагов по нормали* — Fp_{xnr} — разность между действительным осевым расстоянием зубьев и суммой соответствующего числа номинальных осевых шагов, умноженная на синус угла наклона делительной линии зуба.

Предельные отклонения осевых шагов по нормали: верхнее $+Fp_{xn}$, нижнее $-Fp_{xn}$.

Примечание. Под действительным осевым расстоянием зубьев понимается расстояние между одноименными линиями зубьев козубчатого колеса по прямой, параллельной рабочей оси.

Показатели бокового зазора

27. *Отклонение межосевого расстояния* — f_{ar} — разность между действительным и номинальным межосевыми расстояниями в средней торцевой плоскости передачи.

Предельные отклонения межосевого расстояния: верхнее $+f_a$, нижнее $-f_a$.

28. *Гарантированный боковой зазор* — y_{nmin} — наименьший предписанный боковой зазор (см. рис. 45).

Допуск на боковой зазор — T_{jn} .

29. *Предельные отклонения измерительного межосевого расстояния* — разность между допускаемым наибольшим или, соответственно, наименьшим измерительным и номинальным межосевыми расстояниями (рис. 51).

Предельные отклонения измерительного межосевого расстояния для колес с внешним зацеплением: верхнее $+E_{a'ns}$, нижнее $+E_{a'ni}$.

Для зубчатых колес с внутренним зацеплением: верхнее $-E_{a'ns}$, нижнее $+E_{a'ni}$.

Примечание. Под номинальным измерительным межосевым расстоянием понимается расчетное межосевое расстояние при двухпрофильном зацеплении измерительного зубчатого колеса с контролируемым зубчатым колесом, имеющим наименьшее дополнительное смещение исходного контура.

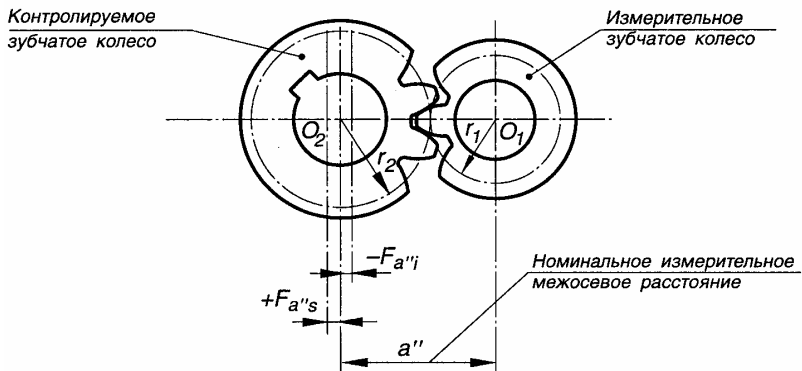


Рис. 51. Предельное отклонение измерительного межосевого расстояния

30. Отклонение средней длины общей нормали — $E_{W_{mr}}$ — разность значений средней длины общей нормали по зубчатому колесу и номинальной длины общей нормали.

Примечание. Средняя длина общей нормали W_{mr} — это среднее арифметическое из всех действительных длин общей нормали по зубчатому колесу (рис. 52).

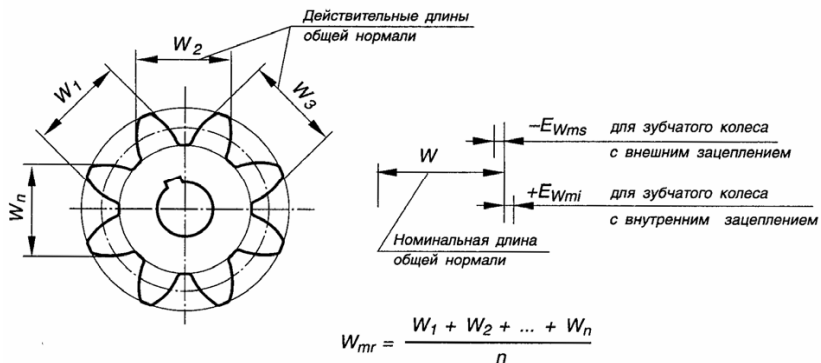


Рис. 52. Средняя длина общей нормали W_{mr}

Номинальная длина общей нормали W — это расчетная длина общей нормали, соответствующая номинальному положению исходного контура.

Под номинальным положением исходного контура понимается положение исходного контура на зубчатом колесе, лишенном погрешностей, при котором расстояние от рабочей оси вращения до делительной прямой равно

$$H = \frac{m_n z}{2 \cos \beta} + x m_n,$$

где $x m_n$ — номинальное смещение исходного контура, не предусматривающее бокового зазора.

Наименьшее отклонение средней длины общей нормали для зубчатых колес:

- с внешними зубьями $- E_{Wms}$;
- с внутренними зубьями $+ E_{Wmi}$.

Примечание. Наименьшее предписанное отклонение средней длины от общей нормали необходимо для обеспечения в передаче гарантированного бокового зазора.

Допуск на среднюю длину общей нормали $- T_{wm}$.

31. *Дополнительное смещение исходного контура* $- E_{Hr}$ — дополнительное смещение исходного контура от его номинального положения в тело зубчатого колеса, осуществляемое с целью обеспечения в передаче гарантированного бокового зазора (рис. 53).

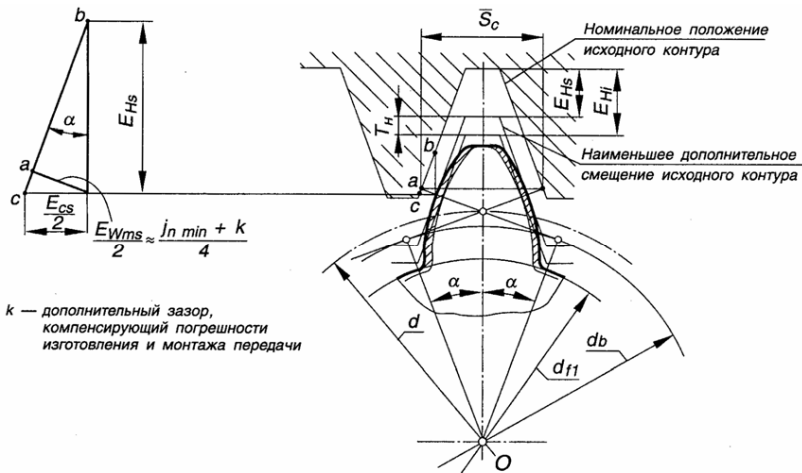


Рис. 53. Дополнительное смещение исходного контура E_{Hr} (боковой зазор)

Наименьшее дополнительное смещение исходного контура для зубчатого колеса:

- с внешними зубьями $-E_{Hs}$;
- с внутренними зубьями $+E_{Hi}$.

Допуск на дополнительное смещение исходного контура $-T_H$.

32. Отклонение толщины зуба $-E_{cr}$ – разность между действительной и номинальной толщинами зуба по постоянной хорде.

Примечание. Под номинальной толщиной зуба (по постоянной хорде) S_c понимается толщина зуба по постоянной хорде, отнесенная к нормальному сечению, соответствующая номинальному положению исходного контура.

Наименьшее отклонение толщины зуба $-E_{cs}$.

Наименьшее предписанное уменьшение постоянной хорды, осуществляемое с целью обеспечения в передаче гарантированного бокового зазора.

Допуск на толщину зуба $-T_c$.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие степени точности установлены для зубчатых колес?
2. По каким нормам точности проверяются зубчатые колеса?
3. Что значит норма кинематической точности?
4. Что такое норма плавности зубчатого колеса?
5. Что значит норма контакта зубьев и для проверки каких передач она применяется?
6. Каков принцип обозначения зубчатых колес?

Тема 14. СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ. ПОНЯТИЕ «СЕРТИФИКАЦИЯ», ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ И ОБЪЕКТЫ СЕРТИФИКАЦИИ

Работая над темой, учащиеся должны изучить применяемые термины и раскрыть их содержание.

Термин «сертификация» впервые был сформулирован и определен Комитетом по сертификации (СЕРТИКО) и Международной организацией по стандартизации (ИСО) и включен в Руководство № 2 ИСО (ИСО/ МЭК2), версия 1982 года «Общие термины и определения области стандартизации, сертификации и аккредитации испытательных лабораторий».

Согласно этому документу сертификация определялась как действие, удостоверяющее посредством сертификата соответствия или знака соответствия, что изделие или услуга соответствует определенным стандартам или другим нормативным документам. Другими словами, под сертификацией понимается действие третьей стороны, доказывающее, что обеспечивается необходимая уверенность в том, что проверенная продукция, процесс или услуга соответствуют конкретному стандарту или другому нормативному документу, заданным требованиям.

Это может быть:

1) заявление поставщика о соответствии (т. е. его письменная гарантия в том, что продукция соответствует заданным требованиям). Заявление, которое может быть напечатано в накладной, руководстве об эксплуатации или другом сообщении, относящемся к продукции, это могут быть также ярлыки, этикетки и т. д.;

2) сертификация – процедура, посредством которой третья сторона дает письменную гарантию, что продукция, процесс, услуга соответствуют заданным требованиям.

Термин «заявление поставщика о соответствии» означает, что поставщик (изготовитель) под свою личную ответственность сообщает о том, что его продукция отвечает требованиям конкретного нормативного документа.

Согласно Руководству № 2 ИСО (ИСО/МЭК2) это является доказательством осознанной ответственности изготовителя и готовности потребителя сделать продукцию под определенный заказ.

Заявление изготовителя (заявление-декларация) содержит следующие сведения: адрес изготовителя, представляющего декларацию, обозначение изделия и дополнительную информацию о нем, наименование, номер и дату публикации стандарта, на который ссылается изготовитель.

Представляемая информация должна быть основана на результатах испытаний. Ссылка на стандарт не означает утверждения изделия организацией, принявшей этот стандарт.

Подтверждение соответствия через сертификацию предполагает обязательное участие третьей стороны. Такое подтверждение соответствия – независимое, дающее гарантию соответствия заданным требованиям, осуществляемое по правилам определенной процедуры.

Сертификация считается основным достоверным способом доказательства соответствия продукции (процесса, услуги) заданным требованиям в соответствии с указанным документом.

ИСО МЭК – это система, которая осуществляет сертификацию по своим собственным правилам, касающимся как процедур, так и управления.

Работы по сертификации продукции машиностроения, например, проводились в следующих направлениях:

- 1) определение перечней продукции, подлежащих сертификации;
- 2) установление сертификационных требований к продукции и введение их в нормативно-техническую документацию на эту продукцию;
- 3) разработка документов, устанавливающих правила проведения сертификации конкретной продукции;
- 4) аттестация производства сертифицируемой продукции на предприятиях-изготовителях;
- 5) аккредитация испытательных организаций, определенных для сертификационных испытаний;
- 6) испытание продукции, подлежащей сертификации;
- 7) выдача сертификатов и постановка знаков соответствия;

- 8) надзор и контроль качества сертифицируемой продукции и проведение сертификации в стране;
- 9) участие в международных системах сертификации.

Законодательно «сертификация как обязательная процедура защиты прав потребителя» была введена в действие в 1992 году.

Систему сертификации (в общем виде) составляют:

- центральный орган, который управляет системой, проводит надзор за деятельностью и может передавать право на проведение сертификации другим органам;
- правила и порядок проведения сертификации;
- нормативные документы, на соответствие которым осуществляется сертификация;
- процедуры сертификации;
- порядок инспекционного контроля.

Систематическую проверку степени соответствия заданным требованиям принято называть оценкой соответствия. В оценке соответствия наиболее достоверными считают результаты испытаний третьей стороной.

Третья сторона – это орган, признанный независимым ни от поставщика, ни от потребителя.

Под испытанием понимается техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции в соответствии с установленной процедурой по принятым правилам.

Таблица 15

Международные организации по сертификации

Наименование	Расшифровка	Цель создания
EUROLAB	Европейская организация по испытаниям	Объединение испытательных лабораторий
EUROCHEM	Европейская кооперация по аналитической химии	Объединение химико-аналитических лабораторий
EQS	Европейский комитет по внедрению и сертификации систем обеспечения качества	Объединение органов по сертификации в области систем обеспечения качества

Международные организации по аккредитации

Наименование	Расшифровка	Цели
ILAC	Международная конференция по аккредитации лабораторий	Обмен опытом между органами по аккредитации и лабораториями
JAF	Международный форум по аккредитации	Унификация систем и критериев аккредитации в Европе и мире
EA	Европейская кооперация по аккредитации испытательных лабораторий и органов по сертификации	Формирование доверия к испытаниям и сертификации в Европе

Законодательная база сертификации

Деятельность по сертификации в России обеспечивается:

- 1) законами РФ «О сертификации продукции и услуг», «О стандартизации», «Об обеспечении единства измерений», «О защите прав потребителей»;
- 2) указами президента и нормативными актами Правительства РФ.

Нормативно-методическая база сертификации включает:

- 1) совокупность нормативных документов, на соответствие которым проводится сертификация продукции и услуг (примерно 12 тысяч наименований);
- 2) комплекс организационно-методических документов, определяющих правила и порядок проведения работ по сертификации.

Основополагающим документом в РФ в области сертификации является Закон «О сертификации продукции и услуг» № 5151 от 10.06.1993 года. Закон состоит из четырех разделов и 20 статей.

I раздел «Общие положения» включает шесть статей. Первая статья – «Понятие сертификации». В этой статье предусматриваются цели сертификации:

- 1) создание условий для деятельности предприятий, организаций и предпринимателей на едином товарном рынке РФ, а также для участия в международном экономическом научно-техническом сотрудничестве и международной торговле;

- 2) содействие потребителям в компетентном выборе продукции;
- 3) защита потребителя от недобросовестности изготовителя (продавца, исполнителя);
- 4) контроль безопасности продукции для окружающей среды, жизни, здоровья, имущества и т. д.;
- 5) подтверждение показателей качества продукции, заявленной изготовителем.

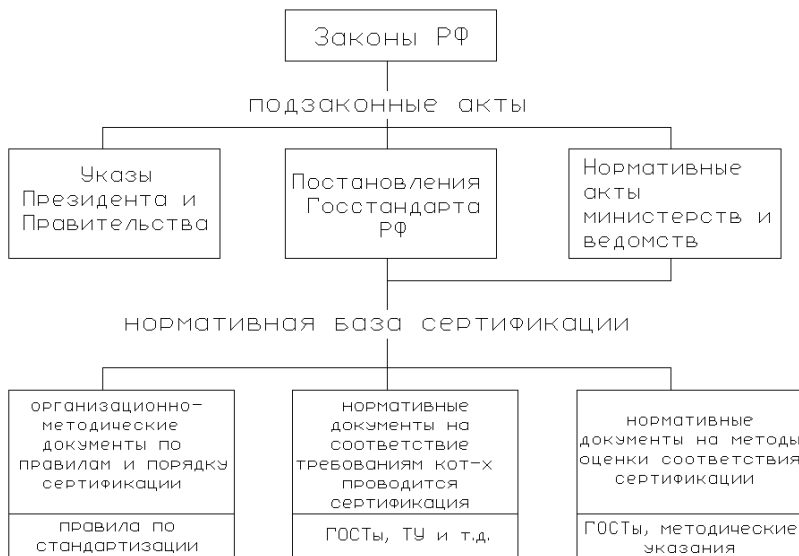


Рис. 54. Нормативно-законодательная база

Сертификат соответствия – название документа, которым завершается процесс сертификации. Это название, единое для сертификаций, выдаваемых в системах обязательной и добровольной сертификации.

Знак соответствия – зарегистрированный в установленном порядке знак, которым по правилам, установленным в данной системе сертификации, подтверждается соответствие маркированной им продукции установленным требованиям. Знак соответствия должен быть зарегистрирован в Госстандарте РФ.

Пример



– система сертификации ГОСТ Р.

Сертификация разделяется на обязательную и добровольную.

Обязательная сертификация определяет, что данный вид сертификации осуществляется в случаях, предусмотренных законодательными актами РФ. Организация и проведение работ по обязательной сертификации возлагаются на Госстандарт России. Формы обязательной сертификации продукции устанавливаются Госстандартом РФ.

Добровольная сертификация указывает на то, что для продукции и услуг, которые не подлежат обязательной сертификации (в соответствии с действующим законодательством), по инициативе заявителя может проводиться добровольная сертификация с целью подтверждения соответствия требованиям стандартов. Добровольная сертификация проводится на условиях договора между заявителем и органом сертификации. Органом по добровольной сертификации может быть юридическое лицо, образовавшее систему добровольной сертификации. Орган по добровольной сертификации осуществляет сертификацию продукции и услуг и выдает сертификат, предоставляет право на применение знака соответствия или отменяет действие выданного сертификата.

Области применения сертификации

В последнее время обязательная сертификация часто называется сертификацией в законодательно регулируемой области, а добровольная сертификация – в законодательно нерегулируемой области.

Обязательная сертификация распространяется на продукцию и услуги, связанные с обеспечением безопасности окружающей среды, жизни, здоровья и имущества. Законодательно закрепленные требования к этим товарам должны выполняться всеми производителями на внутреннем рынке и импортерами на ввозе в Россию.

Номенклатура товаров и услуг, подлежащих обязательной сертификации, определяется Госстандартом России в соответствии с законом «О защите прав потребителей». Всего по состоянию на июль 1998 года в Госстандарте было зарегистрировано 15 систем обязательной сертификации товаров и услуг.

Объекты обязательной сертификации	
Продукция	Услуги
1. Товары машиностроительного комплекса	1. Бытовые
2. Товары электротехнической, электронной и приборостроительной промышленности	2. Пассажирского транспорта
3. Медицинская техника	3. Туристские и экскурсионные
4. Товары сельскохозяйственного производства и пищевой продукции	4. Торговли
5. Товары легкой промышленности	5. Общественного питания
6. Товары деревооборота	6. Прочие
7. Средства индивидуальной защиты органов дыхания	
8. Тара	
9. Изделия пиротехники	
10. Ветеринарные биологические препараты	

Добровольная сертификация проводится в тех случаях, когда строгое соблюдение требований существующих стандартов или другой нормативной документации на продукцию не предусмотрено, то есть когда стандарты не касаются требований безопасности и носят для производителя добровольный характер. Например, серия стандартов ГОСТ Р ИСО 9000 «О моделях систем качества на предприятиях».

Потребность в добровольной сертификации появляется в том случае, когда несоответствие стандартам или другим нормативам объектов сертификации затрагивает экономические интересы крупных отраслей индустрии.

Добровольной сертификации подлежит продукция, на которую отсутствуют обязательные к выполнению требования по безопасности. В то же время ее проведение ограничивает поступление на рынок некачественных изделий за счет проверки таких показателей, как надежность, эстетичность, экономичность и т. п. При этом добровольная сертификация не подменяет обязательную. Ее результаты не являются основанием для запрета или поставки продукции. Добровольная сертификация в первую очередь направлена на борьбу за клиента.

В последнее время большое значение приобрела добровольная сертификация систем качества предприятий на соответствие требованиям международных стандартов серии ИСО 9000 (ИСО 9002–96, ИСО 9003–96).

Объекты добровольной сертификации			
Продукция	Услуги	Системы качества предприятия	Персонал в области
1. Производственно-технологического направления	1. Материальные	1. При проектировании, разработке, монтаже, производстве и обслуживании	1. Неразрушающего контроля
			2. Оценки земли, недвижимости, автотранспорта
2. Социально-бытового направления	2. Нематериальные	2. При контроле и испытании готовой продукции	3. Сварки и др.

Система сертификации

Согласно руководству ИСО/МЭК2 «Общие термины и определения в области сертификации» система сертификации – это система, располагающая собственными правилами, процедурами и управлением для проведения сертификации соответствия. То есть система сертификации – это совокупность участников сертификации, осуществляющих сертификацию по правилам, установленным в этой системе.

Система сертификации должна быть зарегистрирована в установленном порядке. Из обязательных систем сертификации наиболее распространена система сертификации ГОСТ Р.

Основной целью системы обязательной сертификации является защита потребителей от приобретения товаров, работ, услуг, которые опасны для их жизни, здоровья, имущества, а также для окружающей среды. Другие цели – улучшение качества продукции и услуг, повышение конкурентоспособности на внутреннем рынке и содействие экспорту, если система признана за рубежом.

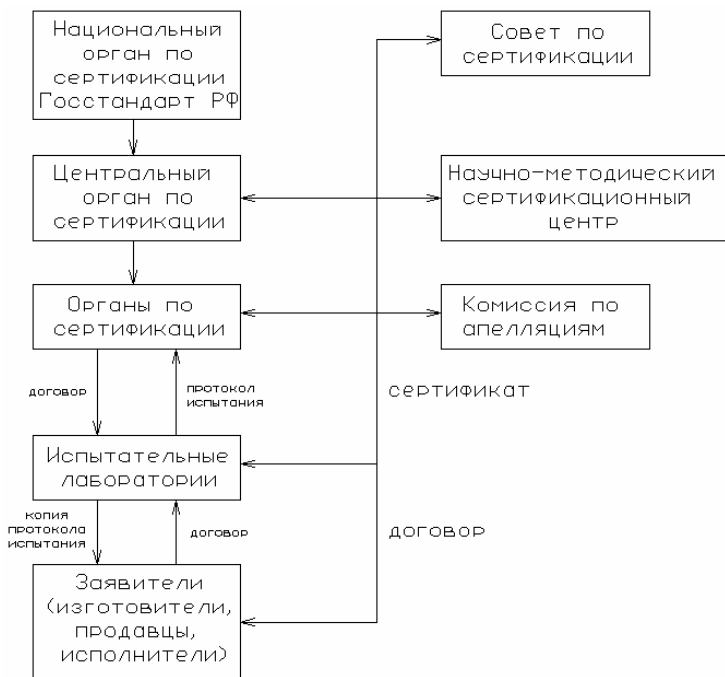


Рис. 55. Схема типовой структуры системы сертификации

Национальный орган по сертификации – Госстандарт РФ – осуществляет свою деятельность как национальный орган по сертификации на основе прав, обязанностей, ответственности, предусмотренных действующим законодательством РФ, и как федеральный орган исполнительной власти.

Осуществляет организацию и проведение работ по обязательной сертификации в соответствии с законодательными актами РФ.

Центральный орган по сертификации – осуществляет свою деятельность в соответствии с функциями, установленными законом РФ «О сертификации продукции и услуг» и правилами Госстандарта РФ, и выполняет следующие функции в пределах своей компетенции:

1) устанавливает процедуры сертификации в соответствии с действующим законодательством, требованиями системы сертификации ГОСТ Р и правилами Госстандарта РФ;

2) организует разработку и подготовку к утверждению систем сертификации продукции и осуществляет руководство и координацию данных работ;

3) участвует в работах по совершенствованию фонда нормативных документов, на соответствие которым проводится сертификация в системах; организует разработку и утверждает федеральные требования по безопасному ведению работ, изготовлению и эксплуатации оборудования;

4) рассматривает и согласовывает проекты стандартов и других нормативных документов, содержащих требования по безопасному ведению работ, устройству, изготовлению и эксплуатации подконтрольного оборудования;

5) участвует в разработке и согласовании международных правил, норм, стандартов, устанавливающих требования по безопасности, и определяет порядок введения их в действие;

6) представляет на государственную регистрацию в Госстандарт системы сертификации продукции;

7) разрабатывает перспективные направления работ по сертификации;

8) подготавливает предложения по номенклатуре продукции и услуг, подлежащих обязательной сертификации в РФ, утверждаемой Госстандартом России;

9) участвует в аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) по проведению инспекционного контроля за их деятельностью и правильностью проведения сертификации;

10) координирует деятельность органов по сертификации и испытательных центров;

11) ведет учет органов по сертификации, выданных сертификатов и лицензий на использование знака соответствия;

12) готовит предложения по признанию зарубежных сертификатов и знаков соответствия;

13) рассматривает апелляции;

14) формирует Совет по сертификации, утверждает состав и организует его работу.

Орган по сертификации – орган, проводящий сертификацию соответствия. Его основные функции:

- 1) формирование (комплектация) фонда нормативных документов, используемых при сертификации продукции;
- 2) прием и рассмотрение заявок на сертификацию, а также апелляций и подготовка решений по ним;
- 3) определение по каждой конкретной заявке испытательной лаборатории и органа по проверке производств, организация испытаний;
- 4) оформление и выдача сертификата соответствия, его регистрация в государственном реестре системы;
- 5) признание зарубежных и иных свидетельств соответствия и доведения принятых решений до заявителя;
- 6) отмена или приостановление действия выданных сертификатов или знаков соответствия;
- 7) организация повышения квалификации и аттестации персонала.

Организация, претендующая на право работать в качестве органа по сертификации, должна пройти процедуру аккредитации.

Орган по сертификации должен состоять из квалифицированного и прошедшего специальную подготовку персонала; должен иметь фонд нормативных документов на сертификацию продукции и услуг и методы их испытаний.

Все заявители должны иметь беспрепятственный доступ к информации об услугах органа сертификации. Деятельность органа по сертификации осуществляется на основе лицензионного договора, заключенного с центральным органом системы сертификации.

Испытательная лаборатория осуществляет испытание конкретной продукции или конкретные виды испытаний. Выдает протоколы испытаний для целей сертификации. Основные требования: независимость, беспристрастность, неприкосновенность и техническая компетентность.

Совет по сертификации формируется центральным органом по сертификации. Он выполняет следующие функции:

- 1) анализирует функционирование системы (правил, порядков);
- 2) рассматривает проекты стандартов и других нормативных документов по сертификации.

Совет по сертификации не может вмешиваться в деятельность других участников. Функции Совета по сертификации утверждаются центральным Советом по сертификации.

Научно-методический центр реализует следующие функции:

- 1) участвует в работе комиссии по аккредитации органов по сертификации, испытательных лабораторий, аттестации экспертов;
- 2) разрабатывает научно-методические рекомендации технико-экономического анализа и эффективность проводимых работ по сертификации.

Заявители сертификации:

- 1) направляют заявку на проведение сертификации;
- 2) обеспечивают соответствие реализуемой сертифицированной продукции требованиям нормативных документов;
- 3) указывают в сопроводительной документации сведения о сертификации;
- 4) применяют сертификат и знак соответствия;
- 5) приостанавливают работы.

Схемы сертификации продукции

Схема сертификации – это состав и последовательность действий третьей стороны при оценке соответствия продукции, услуг, систем качества и персонала.

При выборе схемы должны учитываться особенности производства, испытаний, поставки и использования конкретной продукции, возможные затраты заявителя.

Приведем некоторые схемы сертификации, которые применяются в России. Большинство из них признаны за рубежом и являются общепринятыми.

Таблица 17

Номер схемы	Испытания	Проверка производства (система качества)	Инспекционный контроль сертифицированной продукции
1, 1а, 2, 2а	Испытание типа продукции	Анализ состояния производства	Испытание образцов, взятых у продавца
3, 3а			Испытание образцов, взятых у изготовителя

Номер схемы	Испытания	Проверка производства (система качества)	Инспекционный контроль сертифицированной продукции
4, 4а			
5		Сертификация производства или системы качества	Контроль стабильности условий производства
6	Рассмотрение декларации о соответствии с прилагаемыми документами	Сертификация системы качества	Контроль стабильности условий производства
7	Испытания партии	Сертификация системы качества	Контроль стабильности условий производства
8	Испытание каждого образца	Сертификация системы качества	Контроль стабильности условий производства
9, 9а, 10, 10а	Рассмотрение декларации о соответствии с прилагаемыми документами	Анализ состояния производства	Испытание образцов, взятых у продавца

В странах ЕС применяются методы оценки соответствия, аналогичные российским схемам сертификации, они являются модульными (А, В, G, H, D, E, F). Применение одного из модулей или их комбинации служит доказательством правильности оценки показателей безопасности. Если установлено, что продукция соответствует требованиям директив, изготовитель осуществляет ее маркировку знаком соответствия требованиям директив ЕС по безопасности.

CE – Communities Europeans

Содержание модулей:

А – изготовитель без участия третьей стороны заявляет о соответствии;

В – испытание отобранного образца третьей стороной;

С – изготовитель заявляет о соответствии всех изделий испытанному образцу по модулю В;

Д – должен иметь систему качества ИСО 9002, применяется в сочетании с В и А;

Е – должен иметь систему качества ИСО 9003, применяется в сочетании с В и А;

Г – испытание третьей стороной в сочетании с В и А;

Г – поштучное испытание;

Н – изготовитель должен иметь систему обеспечения качества ИСО 9001.



Рис. 56. Структура проведения процессов сертификации

Органы по сертификации и испытательные лаборатории

Орган по сертификации отвечает за текущую работу по сертификации в соответствии с указанными функциями. Его работой руководит исполнительный директор.

Орган по сертификации – это официально признанная путем аккредитации на компетентность и независимость организация, которая имеет право выполнять сертификацию однородной продукции в определенной области аккредитации.

Если орган относится к системе обязательной сертификации, то аккредитацию организует Госстандарт РФ или другой федеральный орган управления. На аккредитацию в качестве органа по сертификации могут претендовать зарегистрированные организации любой формы собственности: частные, государственные, муниципальные

и др. В обязательной сертификации в качестве органов по сертификации могут участвовать некоммерческие организации, государственные и муниципальные предприятия при условии их аккредитации.

Хозяйственные товарищества и общества, производственные кооперативы не могут претендовать на аккредитацию в качестве органов в сфере обязательной сертификации.

Требования к аккредитуемой организации:

- 1) быть третьей стороной;
- 2) быть технически компетентной в области сертификации соответственно заявленной области;
- 3) иметь необходимые средства и документированные процедуры;
- 4) располагать квалифицированным, специально обученным персоналом;
- 5) обладать актуализированным фондом соответствующих стандартов и других нормативных документов;
- 6) обеспечить не только сертификацию и испытания, но и инспекционный контроль за сертифицированной продукцией.

Основные обязанности органа по сертификации:

- 1) проведение сертификации продукции по правилам и в пределах аккредитации;
- 2) выдача лицензий на применение знака соответствия обладателю сертификата;
- 3) прекращение или приостановление деятельности в случае отмены действия аттестата аккредитации.

Основные функции органа по сертификации:

- 1) составление методических разработок, в которых содержатся указания по функционированию органа, обоснование по выбору процедур и схем сертификации;
- 2) комплектование и постоянное обновление нормативных документов, используемых в системе;
- 3) проведение сертификации, выдача сертификатов и лицензий на пользование знаком соответствия, отмена их действия и приостановление;
- 4) регистрация сертификатов соответствия и учет зарубежных сертификатов, протоколов испытания и иных документов по соответствию продукции.

Испытательные лаборатории

Требования к испытательным лабораториям в России регулируются государственными стандартами, положения которых разработаны с учетом руководства ИСО/МЭК и европейских стандартов, относящихся к деятельности испытательных лабораторий ENH5001, ENH5002 и ENH5003. Эти требования учитываются при создании, аккредитации и функционировании испытательных лабораторий.

Большинство отечественных испытательных лабораторий отличаются от зарубежных признанием их технической компетентности, в то время как зарубежные аккредитованы как независимые.

Аккредитацию испытательных лабораторий проводит Госстандарт РФ, они должны удовлетворять требованиям ГОСТ Р 51000.3–96.

Обязанности испытательных лабораторий

1. Заявлять о проведении только тех испытаний, которые включаются в область аккредитации.

2. Прекращать деятельность по истечении срока действия аттестата аккредитации.

3. При заключении договоров с заказчиками испытаний указывать, что ни аккредитация, ни протоколы испытаний не должны считаться гарантией соответствия продукции установленным требованиям.

В системе сертификации ГОСТ Р аккредитованы порядка двух тысяч лабораторий (в том числе 60 зарубежных), среди аккредитованных испытательных лабораторий более 100 – акционерные общества, около 60 – общественные объединения.

Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий

Успешная сертификация соответствия возможна только при высокой компетентности всех участников сертификации и проведении испытаний и проверок.

Аккредитация – это официальное признание того, что испытательная лаборатория (орган по сертификации) правомочна осуществлять конкретные испытания.

Основные цели аккредитации:

- 1) повышение качества работы и укрепление доверия к испытательным лабораториям и органам по сертификации со стороны заявителя, государства;
- 2) обеспечение конкурентоспособности продукции и услуг на внутреннем и внешнем рынках;
- 3) признание результатов испытаний и сертификатов соответствия на национальном, европейском и мировом уровне.

Данные цели предполагают решение следующих задач в области аккредитации:

- 1) установление единых требований к испытательным лабораториям и органам по сертификации;
- 2) установление общих правил аккредитации и требований к органам по аккредитации;
- 3) создание национальных систем по аккредитации, соответствующих международным нормам.

Госстандарт

В 1995 году началась работа по созданию самостоятельной Российской системы Аккредитации (РoCa).

Методическая основа РoCa – серия стандартов ГОСТ Р 51000 (они гармоничны с ИСО/ МЭК и EN45000).

Согласно этим документам система аккредитации представляет собой структуру, приведенную на рис. 57.

Совет по аккредитации рассматривает и решает вопросы по следующим направлениям:

- 1) установление принципов единой технической политики в области аккредитации;
- 2) координация деятельности органов по аккредитации;
- 3) экономические проблемы;
- 4) международное сотрудничество.

Организация, претендующая на право стать органом по аккредитации, должна иметь: юридический статус, финансовую стабильность, организационную структуру, соответствующую обеспечению компетентности, площади и оборудование, квалифицированный

персонал, необходимые нормативные документы на критерии и процессы аккредитации, систему обеспечения качества аккредитации.

В настоящее время аккредитацию испытательных лабораторий и органов по сертификации в РФ осуществляют подразделения Госстандарта в обязательной области и органы систем сертификации в добровольной области.



Рис. 57. Структура системы аккредитации

Управленческий совет состоит из представителей заинтересованных в работе органа министерств, ведомств, профсоюзных объединений, предприятий и других структур. Он координирует деятельность органа в обязательной области.



Рис. 58. Типовая схема организации органа по аккредитации в соответствии с EN45003

Наблюдательный совет состоит из учредителей органа по аккредитации. Его задача состоит в общем контроле за работой органа.

Исполнительная дирекция органа осуществляет всю текущую работу по организации и проведению процессов аккредитации. В ее состав входит руководитель, штат экспертов-аудиторов по аккредитации, секретариат и бухгалтерия.

Ответственным за систему обеспечения качества может быть работник органа либо человек, привлеченный со стороны, обладающий соответствующей квалификацией.

Апелляционная комиссия рассматривает жалобы по вопросам аккредитации со стороны заявителя.

Комиссия по аккредитации утверждает отчеты экспертов по проведению аккредитации и принимает решение о выдаче аттестата аккредитации или отказе в нем.

Секторные комитеты по направлениям аккредитации состоят из специалистов различных организаций по отдельным проблемам и специалистов по разработке правил и процедур аккредитации.

Весь процесс аккредитации проходит в четыре этапа, каждый из которых состоит из набора стандартных процедур (табл. 18).

Таким образом, аккредитация способствует обеспечению качества сертификации и доверию к ее результатам и методам.

Таблица 18

Этап	Наименование этапа и его содержание	Комментарии
I	Подача заявки <ul style="list-style-type: none">• запрос об аккредитации• предварительное обсуждение• заявка на аккредитацию• регистрация заявки• анализ заявки• заключение договора	о возможности аккредитации в этом органе м/у органом и заявителем вопросов аккредитации по специальной форме в органе аккредитации анализ данных права и обязанности сторон
II	Проведение экспертизы <ul style="list-style-type: none">• назначение экспертов• формирование экспертной комиссии	по согласованию с заявителем распределение обязанностей

Этап	Наименование этапа и его содержание	Комментарии
	<ul style="list-style-type: none"> • анализ заявочных документов • проведение экспертизы • составление отчета 	по общим критериям
III	Решение по аккредитации <ul style="list-style-type: none"> • проверка результатов экспертизы • принятие решения об аккредитации • оформление аттестата аккредитации • регистрация в реестре 	утверждение или отклонение максимальный срок действия – 5 лет
IV	Инспекционный контроль <ul style="list-style-type: none"> • периодические проверки соблюдения требований аккредитации 	проводится ежегодно и оплачивается заявителем согласно договору

Сертификаты соответствия бывают двух видов (цветов) (рис. 59):

- 1) «желтый» – для объектов обязательной сертификации;
- 2) «голубой» – для всей остальной продукции, которая не вошла в перечни обязательной сертификации. Сертифицировать ее можно на добровольных началах.

Выдают сертификаты органы по сертификации, аккредитованные в системе Госстандарта, в Москве их порядка 360, каждый имеет определенную область аккредитации.

Сертификат соответствия
ГОСТ Р



Сертификат соответствия
(добровольная сертификация)



Рис. 59. Образцы сертификатов соответствия в России

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимается под термином «сертификация»?
2. Назовите функции органа по сертификации при добровольной и обязательной сертификации.
3. Что должна содержать декларация о соответствии?
4. Назовите функции аккредитованных испытательных лабораторий (центров).
5. Назовите права и обязанности заявителя в области обязательного подтверждения соответствия.
6. Назовите цели подтверждения соответствия.
7. Назовите формы подтверждения соответствия.
8. Что представляется в федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию для регистрации системы добровольной сертификации?
9. Что включает сертификат соответствия?

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Текстовая часть расчётов оформляется на листах и иллюстрируется эскизами, схемами и ссылками на источники.

Последовательность выполняемых расчетов и полученные результаты записывают в специально разработанные формы, которые приведены в тексте методических указаний.

Они являются планом расчёта, в них приводятся принятые в стандартах буквенные обозначения рассчитанных величин.

Все задания и применяемые обозначения выполняются только по стандартам ЕСДП – единая система допусков и посадок, ОНВ – основные нормы взаимозаменяемости и оформляются в соответствии с требованиями ЕСКД на листах формата А4 (297×210 мм).

Схемы полей допусков должны выполняться в масштабе с соблюдением требований ГОСТ 2.302–68.

Для всех видов сопряжений и рассматриваемых поверхностей приводятся номера соответствующих стандартов, которые рекомендуется использовать при выполнении заданий, выдержки из стандартов и ГОСТов приведены в приложении.

Контрольная работа, принятая преподавателем, и выполненные лабораторные работы предъявляются на зачете.

Контрольная работа 1

Анализ нормативно-технической документации на изделие. Определение кода ОКП для изделия

Национальные стандарты и общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации, в том числе правила их разработки и применения, представляют собой национальную систему стандартизации.

Общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации (далее – общероссийские классификаторы) – нормативные документы, распределяющие технико-экономическую и социальную информацию в соответствии с ее классификацией (классами, группами, видами и др.) и являющиеся обязательными для применения при создании государственных ин-

формационных систем и информационных ресурсов и межведомственным обмене информацией.

Порядок разработки, принятия, введения в действие, ведения и применения общероссийских классификаторов в социально-экономической области (в том числе в области прогнозирования, статистического учета, банковской деятельности, налогообложения, при межведомственном информационном обмене, создании информационных систем и информационных ресурсов) устанавливается Правительством Российской Федерации.

Общероссийский классификатор продукции (ОКП) предназначен для обеспечения достоверности, сопоставимости и автоматизированной обработки информации о продукции.

ОКП представляет собой систематизированный свод кодов и наименований группировок продукции, построенных по иерархической системе классификации с цифровой десятичной системой кодирования. На каждой ступени классификации деление осуществлено по наиболее значимым экономическим и техническим классификационным признакам (с 011 по 019 – подкласс, с 0111 по 0199 – группа, с 01111 по 01999 – подгруппа, с 011111 по 019999 – вид).

Каждая позиция ОКП содержит шестизначный цифровой код, однозначное контрольное число (КЧ) и наименование группировки продукции.

Классификация продукции по ОКП может быть завершена на третьей, четвертой или пятой ступенях классификационного деления. При записи отдельных наименований классификационных группировок используют сокращенную форму записи с заменой лексических элементов графическими, при этом:

- предшествующее наименование или его часть, соответствующие опускаемой части сокращенного наименования, отделяют косой чертой;
- опускают начальную часть наименования, вместо которой ставят тире, когда она повторяет полное предшествующее наименование.

Введение ОКП осуществляет Всероссийский научно-исследовательский институт классификации, терминологии и информации по стандартизации и качеству Госстандарта России вместе с головной и ведущими организациями по ОКП министерств и ведомств.

Общероссийский классификатор продукции (ОКП) входит в состав Единой системы классификации и кодирования (ЕСКК) технико-экономической и социальной информации РФ. Код ОКП можно определить по справочнику или по Интернет.

Контрольная работа 2

Определение необходимых показателей качества изделия с указанием кодов стандарта

Все стандарты можно условно разделить на следующие три направления:

- 1) стандарты, обеспечивающие качество продукции (работ, услуг);
- 2) стандарты по управлению и информации;
- 3) стандарты социальной сферы.

Рассмотрим первое направление подробнее. Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением (ГОСТ 15467–79). Из этого определения следует, что не все свойства изделия входят в понятие качества, а только те, которые определяются потребностью общества в соответствии с назначением этого изделия.

Для определения показателей качества продукции необходимо рассмотреть систему показателей качества продукции (СПКП) – шифр обозначения 4.

В нашем случае мы рассматриваем показатели качества для изделий общего машиностроительного применения.

Для выполнения работы необходимо:

- 1) выбрать любое изделие;
- 2) по классификатору ОКП отыскать код изделия и номера и коды стандартов, относящихся к этому изделию;
- 3) выделить из нормативно-технической документации (ТУ, стандарты, паспорт) показатели качества изделия;
- 4) определить коэффициент стандартизации (по размерам детали или изделия).

Рассмотрим ГОСТ 4.125–78. Основные показатели качества для изделий общего машиностроения следующие:

1. Показатели назначения:
 - прочность материала изделия;
 - крутящий момент.
2. Показатели надежности:
 - ресурс;
 - сохранность;
 - безотказность;
 - ремонтпригодность.
3. Показатели стандартизации и унификации.
4. Эргономические показатели.
5. Экологические показатели.
6. Показатели эстетичности.
7. Показатели безопасности.
8. Показатели транспортабельности.
9. Показатели патентно-правовые.
10. Показатели однородности.
11. Показатели технологичности.

Таким образом, перед проектированием конструктором определяются основные показатели качества изделия.

Контрольная работа 3

Анализ размеров чертежа с помощью полей допусков размеров

Цели работы

1. Ознакомиться с понятиями в области взаимозаменяемости, необходимыми для проведения контроля размеров деталей.
2. Приобрести практические навыки в анализе размеров чертежа и построении графического изображения полей допусков размеров.

Основные положения

В практике метрологических процессов различают термины «контроль» и «измерение».

Измерение – это процесс нахождения физической величины с помощью технических средств.

Контроль – это измерительный процесс, состоящий из установления годности изделий по контролируемому параметру.

Изделие считается годным, если контролируемый параметр находится в пределах допуска.

Результатом контроля являются качественные оценки изделия: «годное», «брак», «брак исправленный», «брак неисправленный».

Для изучения порядка проведения контроля размеров деталей ознакомимся с основными понятиями о размерах, отклонениях и допусках.

Размеры в выбранных единицах измерения разделяются на номинальные, действительные и предельные, определения которых даны в ГОСТ 25346–82 (СТ СЭВ 145–75).

Номинальный размер – размер, относительно которого определяются предельные и который служит также началом отсчета отклонений.

Это основной размер, представляемый на чертеже и обозначаемый для отверстия – D , для вала – d .

Действительный размер – размер, устанавливаемый измерением с допустимой погрешностью. Он отличается от номинального тем, что при изготовлении и измерении деталей возникают погрешности, которые не позволяют получить абсолютно одинаковые размеры у всех изготавливаемых деталей (D_g, d_g).

Для получения определенного характера соединений (посадки) размеры соединяемых деталей должны быть с определенными отклонениями от номинального размера, задаваемыми конструктором.

Предельные размеры – два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или соответствовать им действительный размер. Они делятся на наибольший предельный размер и наименьший. Для отверстий обозначаются $D_{нб}$ и $D_{нм}$, а для вала – $d_{нб}$ и $d_{нм}$. Разность между наибольшим и наименьшим размерами называют **допуском** и обозначают T .

Допуск на обработку в чертежах показывается в виде двух отклонений от номинального размера – верхнего и нижнего. Отклонения обозначаются буквами латинского алфавита: прописными для отверстий и строчными для вала.

Верхние отклонения ES (es) – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами:

$$ES(es) = D(d)_{нб} - D(d).$$

Нижнее отклонение EI (ei) – алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами:

$$ES(es) = D(d)_{\text{HM}} - D(d).$$

Когда предельный размер больше номинального, то в чертеже отклонения ставят со знаком (+). Если предельный размер (наибольший или наименьший) менее номинального, то отклонение является отрицательным и в чертеже ставят знак (–).

Если один из предельных размеров равен номинальному, то их отклонение оказывается равным нулю и в чертеже не проставляется.

Для наглядного представления о возможном соотношении размеров применяется метод графического построения предельных отклонений, при котором принято величины возможных отклонений откладывать только с одной стороны рассматриваемого размера. Величины положительных отклонений откладываются вверх относительно номинального размера, а отрицательные отклонения, соответственно, – вниз.

Поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями, называется **полем допуска**.

Более распространено упрощенное графическое построение полей допусков, при котором схемы отверстия и вала не изображаются, а проводятся только контуры предельных отклонений относительно нулевой линии, соответствующей номинальному размеру. Положительные отклонения в масштабе откладываются вверх от нее, а отрицательные – вниз.

Зная значение номинального размера, верхнего и нижнего отклонения, можно рассчитать наибольший и наименьший предельные размеры и величину допуска.

Наибольший предельный размер равен

$$D(d)_{\text{HB}} = D(d) + ES(es).$$

Наименьший предельный размер определяется формулой

$$D(d)_{\text{HM}} = D(d) + ES(es).$$

Величину допуска можно рассчитать как разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами, а также как абсолютную величину алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.

Допуск – всегда величина положительная.

Как указывалось выше, действительные размеры детали получают измерением. Для данной работы они заданы для отверстия и вала по вариантам.

Сравнивая действительные размеры с предельными, определяют годность размеров детали.

Порядок выполнения работы

1. Получить вариант задания у преподавателя.
2. Оформить протокол отчета.
3. Рассчитать предельные размеры, допуск отверстия и вала по формулам, приведенным в методическом пособии.
4. Начертить в отчете графическое изображение допуска отверстия и вала в масштабе.
5. Проставить на графическом изображении величину действительного размера.
6. Дать заключение о годности размеров детали.

Таблица 19

Варианты

№ варианта	Размеры на чертеже, мм		Действительные размеры, мм	
	Отверстия	Вала	Отверстия Dg	Вала dg
1	$10^{+0,009}$	$10^{-0,005}_{-0,014}$	10,01	9,990
2	$12^{+0,006}_{-0,012}$	$12^{+0,023}_{+0,012}$	11,8	12,02
3	$14^{+0,024}_{+0,006}$	$14_{-0,011}$	14,015	13,9
4	$8^{+0,015}$	$8^{-0,025}_{-0,040}$	8,1	7,950
5	$28^{-0,014}_{-0,035}$	$28^{+0,010}_{-0,010}$	27,97	28,02
6	$90^{+0,047}_{+0,012}$	$90^{-0,036}_{-0,058}$	90,05	89,97
7	$35^{+0,039}$	$35^{-0,025}_{-0,050}$	35,04	34,950
8	$56^{+0,014}_{-0,032}$	$56^{-0,030}_{-0,060}$	56,02	55,970
9	$42^{+0,100}$	$42^{-0,120}_{-0,159}$	42,1	41,9

№ варианта	Размеры на чертеже, мм		Действительные размеры, мм	
	Отверстия	Вала	Отверстия Dg	Вала dg
10	$20_{-0,050}^{-0,025}$	$20_{+0,022}^{+0,035}$	19,95	20,05
11	$50_{-0,041}^{+0,025}$	$50_{-0,041}^{-0,025}$	50,03	49,96
12	$30_{+0,020}^{+0,072}$	$30_{-0,021}$	30,05	29,820
13	$25_{-0,053}^{+0,084}$	$25_{-0,053}^{-0,020}$	25,01	24,980
14	$75_{+0,030}^{+0,076}$	$75_{-0,046}$	75,05	74,850
15	$120_{-0,080}^{+0,140}$	$120_{-0,080}^{+0,080}$	120,1	120,15
16	$17_{+0,016}^{+0,043}$	$17_{-0,043}^{-0,016}$	17,03	18,04
17	$26_{-0,061}^{+0,027}$	$26_{-0,061}^{-0,040}$	26,05	25,00
18	$22_{+0,020}^{+0,053}$	$22_{-0,033}^{-0,020}$	22,13	21,980
19	$105_{-0,059}^{-0,024}$	$105_{+0,023}^{+0,045}$	104,97	105,05
20	$95_{-0,071}^{+0,035}$	$95_{-0,071}^{-0,036}$	95,0	94,90
21	$15_{+0,032}^{+0,075}$	$15_{-0,089}^{-0,050}$	15,1	14,950
22	$16_{-0,009}^{+0,013}$	$16_{-0,009}^{-0,005}$	16,05	16,0
23	$140_{-0,045}^{-0,020}$	$140_{+0,015}^{+0,040}$	10,01	9,990
24	$38_{-0,075}^{+0,025}$	$38_{-0,075}^{-0,050}$	11,8	12,02
25	$24_{-0,021}^{+0,021}$	$24_{-0,021}$	14,015	13,9
26	$80_{+0,020}^{+0,074}$	$80_{+0,020}^{+0,050}$	8,1	7,950

Содержание отчета

Вариант № _____

№ п/п	Наименование параметра	Размеры на чертеже	
		Отверстия	Вала
1	Номинальный размер, мм	D =	d =
2	Верхнее предельное отклонение, мм	ES =	es =
3	Нижнее предельное отклонение, мм	EI =	ei =
4	Наибольший предельный размер, мм	$D_{\text{нб}} =$	$d_{\text{нб}} =$
5	Наименьший предельный размер, мм	$D_{\text{нм}} =$	$d_{\text{нм}} =$
6	Допуск размера, мм	TD =	Td =
7	Номинальный размер сопряжения, мм	D = d =	
8	ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ		
9	Действительный размер	Dg =	dg =
10	Заключение о годности детали		

Контрольная работа 4**Поля допусков гладких цилиндрических поверхностей**

Для заданного вариантом номинального размера выбрать из таблиц ГОСТ 25347–82 предельные отклонения полей допусков валов 6 качества: g6, h6, j6, k6, m6, n6, r6, s6; отверстий 7 качества – F7, G7, H7, J7, K7, M7, N7, P7.

Варианты

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальный размер, мм	25	35	50	60	70	85	100	28	40	55

Вопросы по системе отверстия

1. При каком поле допуска вала (g6, h6, n6, s6) можно получить наибольший гарантируемый зазор в посадке?
2. Какое поле допуска расположено симметрично относительно нулевой линии?.....
3. При каком поле допуска вала наименьший зазор в посадке равен нулю?.....
4. При какой из переходных посадок $\frac{H7}{n6}$, $\frac{H7}{k6}$ может образоваться наименьший натяг, наибольший натяг?.....
5. Какое поле допуска вала с отверстиями H7 образует:
 - а) наибольший натяг.....
 - б) наибольший зазор.....
 - в) наименьший гарантированный натяг.....
 - г) наименьший гарантированный зазор?.....

Ответить на вопросы и оформить схемы полей допусков.

Контрольная работа 5

Допуски и посадки гладких цилиндрических соединений

Цель работы

1. Ознакомиться с причинами и понятиями, действующими в области взаимозаменяемости при нормировании точности деталей машин и их соединений.
2. Приобрести практические навыки в работе с таблицами «Единой системы допусков и посадок».

Основные положения

Точность – это степень приближения измеренного с известной погрешностью размера к номинальному, то есть предписанному. Абсолютно точно получить размер в принципе не представляется возможным. Но практикой установлено, что для нормальной работы механизма совсем не обязательно, чтобы действительный размер (действительный размер – это размер, полученный в результате измерения с известной погрешностью) совпадал с номинальным. Допустимое несоответствие регламентируется допуском ИТ (от англ. *International tolerance* – международный допуск).

Расположение поля допуска относительно нулевой линии (номинальный размер при этом считается нулевой линией) определяется индексом для допуска A (a), B (b), ZA (za), ZB (zb), ZC (zc) через основное отклонение.

Основное отклонение – это расстояние от ближайшей границы поля допуска до нулевой линии. Оно может быть нижним EI (ei) или верхним ES (es). Другое отклонение допуска определяется через величину допуска IT соответствующего качества.

Величины допусков приведены в ГОСТ 25346–82. С учетом величины допуска Td или TD второе отклонение у валов может быть рассчитано по соотношениям.

Легкость сборки-разборки соединения определяется предельными величинами зазоров и натягов, которые задаются сочетанием полей допусков соединяемых деталей. Можно ограничиться пока одним понятием «зазор», который в случае натяга примет отрицательное значение.

Наибольшим зазором называют разность наибольшего предельного значения отверстия и наименьшего предельного значения вала (отрицательная разность этих размеров указывает на наличие наименьшего натяга).

Наименьшим зазором называют разность наименьшего предельного значения отверстия и наибольшего предельного значения вала (отрицательная разность этих размеров указывает на наличие наибольшего натяга).

Порядок выполнения работы

1. Указать номер отчета. Он должен соответствовать номеру фамилии студента в списке журнала группы.
2. Оформить протокол отчета.
3. Определить по таблице (прил. 2) значения допусков вала (ТВ) и отверстия (ТА) по известному номинальному размеру и качеству.
4. По таблицам (прил. 3) определить вид (нижний или верхний) и величину основного отклонения по известному качеству, индексу поля допуска и номинальному размеру.
5. Определить вид неосновного отклонения и рассчитать его величину.

6. Определить систему посадки (СА или СВ).
7. Рассчитать определенные размеры вала ($d_{нм} = d + e_i$, $D_{нб} = d + e_s$) и отверстия ($D = D_{нм} + EI$, $D_{нб} = D + ES$).
8. Рассчитать предельные зазоры и натяги.
9. Построить расположение полей допусков деталей в заданной посадке.
10. Построение производится в масштабе 1:200 – 1:500. За нулевую линию принимается номинальный размер посадки. Выше нулевой линии откладываются положительные отклонения, ниже – отрицательные.

Варианты заданий

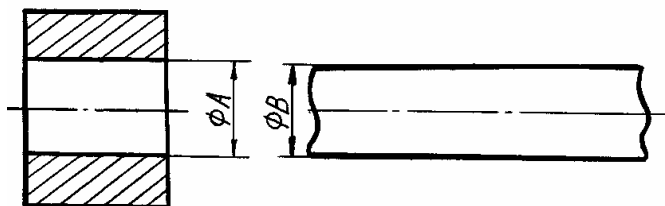


Рис. 60. Эскиз детали

Таблица 21

Размеры отверстия и вала, заданные по чертежу

№ п/п	Диаметр отверстия в мм, А	Диаметр вала в мм, В	№ п/п	Диаметр отверстия в мм, А	Диаметр вала в мм, В
1	90 H9	90 e8	14	105 H7	105 K6
2	70 H8	70 d8	15	80 F8	80 h8
3	8 H5	8 h4	16	120 H8	120 m7
4	14 F8	14 h6	17	85 K7	85 h6
5	28 K7	28 h6	18	35 H7	35 f6
6	95 H11	95 d11	19	22 H7	22 h6
7	72 H8	72 h8	20	10 H11	10 h11
8	15 H7	15 h6	21	360 K7	360 h6

№ п/п	Диаметр отверстия в мм, А	Диаметр вала в мм, В	№ п/п	Диаметр отверстия в мм, А	Диаметр вала в мм, В
9	32 H6	32 h6	22	140 H7	140 r6
10	10 F8	10 h5	23	126 E9	126 h8
11	30 Js7	30 h6	24	35 N7	35 h6
12	16 P7	16 h6	25	42 P7	42 h6
13	75 E8	75 h8	26	56 F8	56 h7

Таблица 22

Содержание отчета

Вариант № _____

Диаметр отверстия _____

Диаметр вала _____

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение	Величина
1	Допуск отверстия, в мм		
2	Допуск вала, в мм		
3	Основное отклонение отверстия, в мм		
4	Основное отклонение вала, в мм		
5	Неосновное отклонение отверстия, в мм		
6	Неосновное отклонение вала, в мм		
7	Номинальный размер соединения, в мм		
8	Система посадки		
9	Предельные размеры отверстия, в мм: наибольший наименьший		
10	Предельные размеры вала, в мм: наибольший наименьший		
11	Предельные зазоры в мм: наибольший наименьший		
12	Предельные натяги, в мм: наибольший наименьший		

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение	Величина
Изобразить графически расположение полей допусков			

Контрольные вопросы

1. Как определить величину допуска?
2. Какое отклонение называется основным?
3. Как определить второе предельное (неосновное) отклонение?
4. Чему равен наибольший предельный размер?
5. Какие системы посадок существуют?
6. Что означает квалитет?
7. Что обозначает индекс поля допуска?
8. Как обозначается посадка на чертеже?
9. Что называется зазором?
10. Что называется натягом?
11. Чему равен наибольший зазор?
12. Чему равен наименьший зазор?
13. Чему равен наибольший натяг?
14. Чему равен наименьший натяг?

Контрольная работа 6 Допуски и посадки подшипников качения

Задание по назначению допусков подшипников качения взять из контрольной работы 8.

Контрольная работа 7 Размерные цепи

Задание для расчета размерных цепей взять из контрольной работы 8.

Таблица 23

Алгоритм расчета размерных цепей

		Полная взаимозаменяемость	Неполная взаимозаменяемость
Технологическая задача	Основное уравнение размерной цепи	$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m+n} TA_i$	$TA_{\Delta} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n+m} (K_i TA_i)^2}$
	Отклонение	$EsA_{\Delta} = \Delta_0 A_{\Delta} + \frac{TA_{\Delta}}{2}$ $EiA_{\Delta} = \Delta_0 A_{\Delta} - \frac{TA_{\Delta}}{2}$	
Конструкционная задача	Способ равных допусков	$TA_i = \frac{TA_{\Delta}}{m+n}$	$TA_i = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{n+m}}$
	Способ допусков одного качества	$a = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{i=1}^{m+n} i_i}$	$a = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n+m} i_i^2}}$

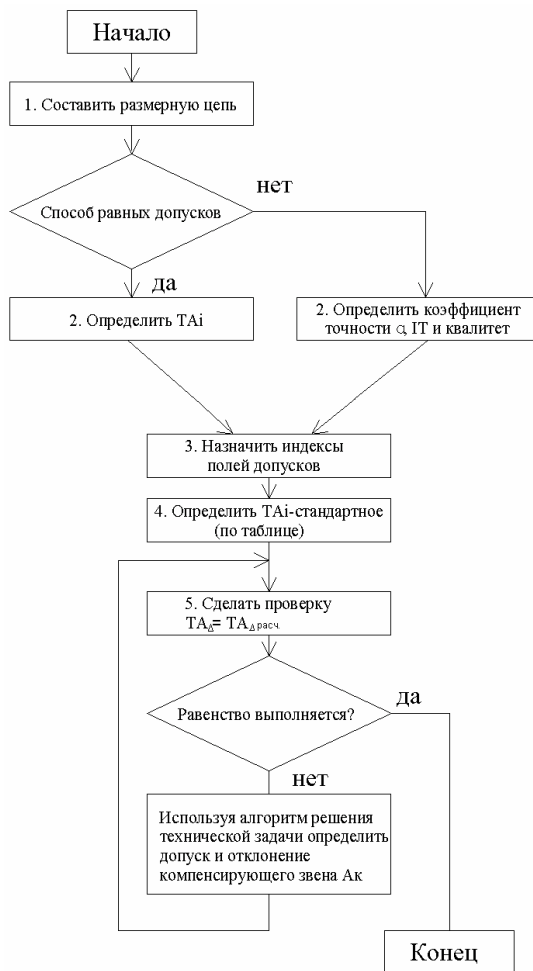


Рис. 61. Конструкторская задача

Контрольная работа 8
Расчет посадок с натягом и переходной

(Получить у преподавателя чертеж шпиндельного узла)

Варианты

Варианты	Номинальный диаметр d	Допуск на биеие зубчатого венца E_0	Коэффициент запаса точности K_T	Вероятность появления зазора P_s (%)	Передаваемый крутящий момент $M_{кр}, Н\cdot м$	Точность подшипника	Размер и допуск замыкающего звена	Метод решения размерной цепи	
1	10	0,020	1	90	100	5 лег- кая	$1^{+0,750}$	Полная взаимо- заменя- емость	Способ равных допусков
2	15	0,025	1		100				
3	20	0,030	1		100				
4	26	0,035	1		200				
5	30	0,040	1		200				
6	35	0,045	1	60	200	5 лег- кая	$1,5^{+0,750}$	Не- полная взаимо- заменя- емость	Способ допусков одного квалитета
7	40	0,050	1		300				
8	45	0,055	1,5		300				
9	50	0,060	1,5		300				
10	55	0,065	1,5		400				
11	60	0,070	1,5	40	400	6 сред- няя	$2^{+0,500}$	Полная взаимо- заменя- емость	Способ равных допусков
12	65	0,075	1,5		400				
13	70	0,080	1,5		500				
14	75	0,085	1,5		500				
15	80	0,090	1,5		500				
16	85	0,095	2	20	600	0 лег- кая	$2,5^{+0,400}$	Не- полная взаимо- заменя- емость	Способ допусков одного квалитета
17	90	0,100	2		600				
18	95	0,110	2		600				
19	100	0,120	2		800				
20	110	0,130	2		800				

$d_1 = 1,1d$; $d_2 = 2,5d$; $d_3 = 1,2d$; $d_4 = 2,6d$; $d_5 = 1,2d$; $D_1 = 2d$; $d_0 = 0,5d$;
 $l = 1,5d$.

Контрольная работа 9

Стандартизация и сертификация: теоретические вопросы

1. Назовите структурные принципы стандартизации.
2. Что понимается под термином «стандарт»?
3. Что не может содержать технический регламент?
4. Назовите принципы технического регулирования.
5. Назовите принципы осуществления стандартизации.
6. Что понимается под термином «стандартизация»?
7. Назовите структурные методы стандартизации.
8. Назовите функции национального органа РФ по стандартизации.
9. Назовите принципы подтверждения соответствия.
10. По чьей инициативе осуществляется подтверждение соответствия? Что является объектами добровольного подтверждения соответствия? Каковы функции органа по сертификации?
11. Когда допускается отказ в регистрации системы добровольной сертификации?
12. Что понимается под термином «технический регламент»?
13. Назовите цели принятия технических регламентов.
14. Назовите функции аккредитованных испытательных лабораторий (центров).
15. Назовите права и обязанности заявителя в области обязательного подтверждения соответствия.
16. Какие виды технических регламентов действуют в РФ?
17. Что относится к документам в области стандартизации?
18. Какие принципы стандартизации обеспечиваются отдельными методами?
19. На что не распространяется действие Закона о техническом регулировании?
20. Назовите цели подтверждения соответствия.
21. Назовите формы подтверждения соответствия.
22. Что представляется в федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию для регистрации системы добровольной сертификации?
23. Что понимается под термином «техническое регулирование»?
24. По каким схемам осуществляется декларирование соответствия?
25. Назовите цели стандартизации.

26. Что включает сертификат соответствия?
27. Назовите права и обязанности органов государственного контроля (надзора).
28. Что должен содержать технический регламент?
29. Какие расходы могут финансироваться за счет средств федерального бюджета?
30. Что понимается под термином «сертификация»?
31. Назовите функции органа по сертификации при добровольной и обязательной сертификации.
32. Что должна содержать декларация о соответствии?
33. Какие функции относятся к компетенции Госстандарта России?
34. Назовите сферы распространения государственного метрологического контроля и надзора.
35. Назовите права и обязанности государственных инспекторов, осуществляющих государственный метрологический контроль и надзор, по обеспечению единства измерений.
36. Что подлежит обязательному государственному финансированию работ по обеспечению единства измерений?

Примечание. При ответе на вопросы этой части задания ссылки на статьи и пункты нормативно-законодательной литературы обязательны.

Контрольная работа 10

ТЕСТЫ

Стандартизация и сертификация

1. Если в международном договоре Российской Федерации в сфере технического регулирования иные правила, чем те, которые предусмотрены Законом о техническом регулировании, то чему отдается приоритет?

- 1) международным правилам;
- 2) правилам Закона о техническом регулировании.

2. Что относится к средствам стандартизации?

- 1) стандарты;
- 2) систематизация;
- 3) технологические процессы;
- 4) технические условия;
- 5) положения;
- 6) руководящие документы.

3. Какие из средств стандартизации имеют наибольшее распространение?

- 1) технические условия;
- 2) положения;
- 3) стандарты;
- 4) руководящие документы;
- 5) технологические процессы.

4. Что является объектами стандартизации?

- 1) органы и службы;
- 2) продукция и услуги;
- 3) положения и инструкции;
- 4) технологические процессы;
- 5) правила, требования и методы;
- 6) термины и обозначения;
- 7) стандарты и нормативные документы.

5. Когда вступает в силу технический регламент, принимаемый федеральным законом или постановлением Правительства Российской Федерации?

- 1) через 10 дней;
- 2) через 3 месяца;
- 3) через 6 месяцев;
- 4) со дня его официального опубликования.

6. Кто может быть разработчиком проекта технического регламента и национального стандарта?

- 1) Госстандарт РФ;
- 2) центр стандартизации и сертификации;
- 3) любое лицо;
- 4) Правительство РФ.

7. Какая продукция является объектом обязательного подтверждения соответствия?

- 1) продукция, поставляемая на международный рынок;
- 2) продукция, поставляемая в страны СНГ;
- 3) продукция, выпускаемая в обращение на территории Российской Федерации.

8. В течение какого срока изготовитель (исполнитель, продавец, лицо, выполняющее функции иностранного изготовителя), которому стало известно о несоответствии выпущенной в обращение продукции требованиям технических регламентов, обязан сообщить об этом в орган государственного контроля (надзора)?

- 1) 5 дней;
- 2) 10 дней;
- 3) 1 месяц;
- 4) 3 месяца.

9. Кем может быть создана система добровольной сертификации?

- 1) Госстандартом РФ;
- 2) юридическим лицом;
- 3) индивидуальным предпринимателем;
- 4) несколькими юридическими лицами;
- 5) федеральным органом исполнительной власти.

10. Что относится к основным структурным элементам стандартизации?

- 1) продукция и услуги;
- 2) технологические процессы;
- 3) объекты и субъекты;
- 4) базы;
- 5) стандарты;
- 6) средства и методы.

11. В каких формах осуществляется обязательное подтверждение соответствия?

- 1) добровольная сертификация;
- 2) обязательная сертификация;
- 3) проведение аудита Госстандартом;
- 4) принятые декларации о соответствии.

12. Кто оплачивает работы по обязательному подтверждению соответствия?

- 1) заявитель;
- 2) орган по сертификации;
- 3) Правительство РФ;
- 4) федеральный орган исполнительной власти.

13. Что составляет математическую базу стандартизации?

- 1) стандартные размеры;
- 2) ряды предпочтительных чисел;
- 3) калибры;
- 4) численные методы.

14. Как регистрируется декларация о соответствии?

- 1) Госстандартом РФ;
- 2) органом исполнительной власти по техническому регулированию;
- 3) Правительством РФ;
- 4) национальным органом по стандартизации.

15. Кто дает разрешение на принудительный отзыв продукции?

- 1) орган государственного контроля (надзора);
- 2) суд;
- 3) орган по сертификации;
- 4) национальный орган по стандартизации.

16. Кем устанавливается изображение знака обращения на рынке?

- 1) заявителем;
- 2) органом по сертификации;
- 3) Госстандартом РФ;
- 4) Правительством РФ.

17. Что является недопустимым по принципам технического регулирования?

- 1) ограничение конкуренции при осуществлении аккредитации и сертификации;
- 2) совмещение полномочий органа государственного контроля (надзора) и органа по сертификации;
- 3) совмещение одним органом полномочий на аккредитацию и сертификацию;

4) внебюджетное финансирование государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов.

18. Если международным договором Российской Федерации установлены иные правила, чем те, которые содержатся в законодательстве Российской Федерации об обеспечении единства измерений, то какие правила применяются?

- 1) правила международного договора;
- 2) правила законодательства РФ.

19. Кто осуществляет государственное управление деятельностью по обеспечению единства измерений?

- 1) Правительство РФ;
- 2) Государственная Дума;
- 3) Комитет по стандартизации и сертификации;
- 4) Госстандарт России.

20. Кто устанавливает наименования, обозначения и правила написания единиц величин, а также правила их применения на территории Российской Федерации?

- 1) Правительство РФ;
- 2) Государственная Дума;
- 3) Госстандарт России;
- 4) Международная организация законодательной метрологии.

21. Кто принимает решения об отнесении технического устройства к средствам измерений и об установлении интервалов между поверками?

- 1) Правительство РФ;
- 2) Госстандарт России;
- 3) Международная организация законодательной метрологии.

22. Что включает Государственный метрологический контроль?

- 1) утверждение типа средств измерений;
- 2) поверку средств измерений, в том числе эталонов;
- 3) лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению и ремонту средств измерений;
- 4) калибровку средств измерений.

23. Государственный метрологический надзор осуществляется...

- 1) за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами единиц величин, соблюдением метрологических правил и норм;
- 2) количеством товаров, отчуждаемых при вершении торговых операций;
- 3) лицензированием деятельности юридических лиц по изготовлению и ремонту средств измерений;
- 4) количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже.

24. Кому предоставляется право поверки средств измерений?

- 1) аккредитованным метрологическим службам юридических лиц;
- 2) государственной метрологической службе;
- 3) аттестованным физическим лицам;
- 4) неаккредитованным испытательным лабораториям (центрам).

25. Чем удостоверяется положительный результат поверки средств измерений?

- 1) поверительным клеймом;
- 2) знаком соответствия;
- 3) свидетельством о поверке.

26. Деятельность по изготовлению и ремонту средств измерений может осуществляться только при наличии:

- 1) аккредитации юридического лица;
- 2) аттестации физического лица;
- 3) лицензии.

27. В какой срок подаются жалобы на действия государственных инспекторов, осуществляющих государственный метрологический контроль и надзор?

- 1) 10 дней;
- 2) 20 дней;
- 3) 1 месяц.

28. Если действия государственных инспекторов обжалованы в суд, это приостанавливает реализацию предписаний?

- 1) да;
- 2) нет;
- 3) да, на время рассмотрения и принятия решения судом.

29. Чем удостоверяются результаты калибровки средств измерений?

- 1) поверительным клеймом;
- 2) сертификатом о калибровке;
- 3) калибровочным знаком;
- 4) свидетельством о калибровке.

30. Кому предоставляется право проведения калибровки средств измерений?

- 1) аккредитованным метрологическим службам юридических лиц;
- 2) государственной метрологической службе;
- 3) аттестованным физическим лицам;
- 4) неаккредитованным метрологическим службам юридических лиц.

***Законы «О сертификации продукции и услуг»,
«О защите прав потребителей», «Правила сертификации работ
и услуг в Российской Федерации»***

31. Какой документ регламентирует перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации?

- 1) система сертификации ГОСТ Р;
- 2) номенклатура продукции и услуг, подлежащих обязательной сертификации в РФ;
- 3) Закон РФ «О сертификации продукции и услуг».

32. Кем определяется схема при обязательной сертификации продукции?

- 1) заявителем;
- 2) Госстандартом РФ;
- 3) органом по сертификации, куда подана заявка;
- 4) центральным органом по сертификации.

33. Кто определяет схему добровольной сертификации продукции?

- 1) заявитель;
- 2) Госстандарт РФ;
- 3) орган по сертификации, куда подана заявка;
- 4) центральный орган по сертификации.

34. Каковы действия заявителя, если имеется несколько органов по сертификации данной продукции?

- 1) вправе направить заявку в любой из органов по сертификации данной продукции;
- 2) направить заявку в территориальный центр стандартизации, метрологии и сертификации;
- 3) направить заявку в центральный орган по сертификации.

35. При обязательной сертификации продукции один из 10 анализируемых показателей не соответствует нормативной документации. Может ли быть выдан сертификат?

- 1) да;
- 2) нет;
- 3) да, с указанием показателей, по которым продукция соответствует НД.

36. Кем может быть заверена копия сертификата?

- 1) органом по сертификации, выдавшим сертификат;
- 2) держателем подлинника сертификата;
- 3) нотариальной конторой;
- 4) территориальным центром стандартизации, метрологии и сертификации.

37. Кто является держателем подлинника сертификата?

- 1) орган по сертификации;
- 2) заявитель;
- 3) испытательная лаборатория;
- 4) Госстандарт РФ.

38. На какой срок выдается сертификат, если партия продукции имеет срок годности?

- 1) до окончания реализации партии сертифицируемой продукции;
- 2) не более срока годности продукции;
- 3) на срок, определяемый органом по сертификации.

39. Каким документом определяется право изготовителя маркировать продукцию знаком соответствия?

- 1) сертификатом соответствия;
- 2) лицензией, выдаваемой органом по сертификации;
- 3) лицензией, выдаваемой Госстандартом РФ.

40. Инспекционный контроль за сертифицированной продукцией осуществляет:

- 1) Госстандарт РФ;
- 2) центральный орган по сертификации;
- 3) территориальный центр стандартизации, метрологии и сертификации;
- 4) орган, выдавший сертификат.

41. Как часто проводится инспекционный контроль за сертифицированной продукцией?

- 1) в течение всего срока действия сертификата;
- 2) в течение всего срока действия сертификата и договора;
- 3) в течение всего срока действия сертификата и лицензии, но не реже одного раза в год в форме периодических и внезапных проверок.

42. Кто вправе устанавливать срок службы на товар?

- 1) орган по сертификации;
- 2) изготовитель;
- 3) Госстандарт РФ;
- 4) испытательная лаборатория (центр).

43. Количество инспекционных проверок, периодичность и организационные формы их проведения определяются:

- 1) в лицензии;
- 2) договоре на проведение сертификации;
- 3) договоре на проведение инспекционного контроля по сертификации и держателем сертификата соответствия.

44. Внезапный инспекционный контроль за сертифицированной продукцией может быть произведен:

- 1) по решению органа по сертификации;
- 2) при неоднократном поступлении информации о претензиях к качеству сертифицированной продукции;
- 3) при неоднократном поступлении информации о претензиях к качеству сертифицированной продукции от потребителей торговых организаций, органов, осуществляющих контроль над качеством товара.

45. Отмена сертификата соответствия действует с момента:

- 1) исключения его из Государственного реестра;
- 2) оформления акта результатов инспекционного контроля;
- 3) решения о приостановлении действия сертификата соответствия.

46. Документы и материалы, подтверждающие сертификацию продукции, находятся на хранении:

- 1) в Госстандарте РФ;
- 2) территориальном органе стандартизации, метрологии и сертификации;
- 3) органе по сертификации, выдавшем сертификат соответствия.

47. Есть ли различия в сертификации отечественной и импортной продукции?

- 1) сертификация проводится по одним и тем же правилам;
- 2) по правилам, предусмотренным в стране-изготовителе;
- 3) по правилам, разработанным в документах ИСО МЭК.

48. Официальный язык Системы сертификации ГОСТ Р:

- 1) официальные языки ИСО;
- 2) русский;
- 3) английский.

49. Если исполнитель нарушил сроки выполнения работы (оказания услуги), то потребитель вправе:

- 1) назначить исполнителю новый срок;
- 2) поручить выполнение работы (оказание услуги) третьим лицам за разумную цену или выполнить ее своими силами и потребовать от исполнителя возмещения понесенных расходов;

- 3) потребовать уменьшения цены за выполнение работы (оказание услуги);
- 4) расторгнуть договор о выполнении работы (оказании услуги).

50. Кто устанавливает на товар гарантийный срок, если он не установлен изготовителем?

- 1) орган по сертификации;
- 2) продавец товара;
- 3) испытательная лаборатория.

51. Если потребителю продан товар ненадлежащего качества, то он вправе по своему выбору потребовать:

- 1) безвозмездного устранения недостатков товара или возмещения расходов на их исправление потребителем или третьим лицом;
- 2) соразмерного уменьшения покупной цены;
- 3) замены на товар аналогичной марки (модели, артикула);
- 4) замены на такой же товар другой марки (модели, артикула) с соответствующим перерасчетом покупной цены;
- 5) расторжения договора купли-продажи.

52. В случае обнаружения потребителем недостатков товара и предъявления требования о замене такого товара продавец (изготовитель) обязан заменить такой товар в течение... (со дня предъявления указанного требования):

- 1) одной недели;
- 2) двух недель;
- 3) трех недель;
- 4) одного месяца.

53. Если на товар гарантийный срок или срок годности не установлены, то потребитель со дня получения товара вправе предъявить претензии в срок:

- 1) 2 недели;
- 2) 6 месяцев;
- 3) 1 год;
- 4) 2 года.

Примечание. При ответе на вопросы этой части задания ссылки на статьи и пункты нормативно-законодательной литературы обязательны.

Библиографический список

1. Крылова, Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии : учеб. для вузов / Г.Д. Крылова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : ЮНИТИ, 1999.
2. Козловский, Н.С. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения / Н.С. Козловский, А.Н. Виноградов. — М. : Машиностроение, 1979.
3. Мельников, В.Г. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения / В.Г. Мельников, Л.С. Казанов. — М. : Высш. шк., 1978.
4. Якушев, А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А.И. Якушев. — М. : Машиностроение, 1979.
5. Зябрева, Н.Н. Пособие к решению задач по курсу «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения» / Н.Н. Зябрева, Е.И. Перельман, М.Я. Шегаль. — М. : Высш. шк., 1977.
6. Малинский, В.Д. Метрология, стандартизация и сертификация / В.Д. Малинский. — М. : Европейский центр по качеству, 2002. — 190 с.
7. Допуски и посадки : справочник : в 2 ч. / В.Д. Мягков [и др.]. — 6-е изд., перераб. и доп. — Л. : Машиностроение, Ленинград. отд., 1982. — Ч. 1. — 543 с.
8. Пилинский, В.И. Единая система конструкторской документации : метод. указания к курсовой работе по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация» / В.И. Пилинский, Ю.Н. Тальнов. — Тольятти : ТГУ.
9. Единая система конструкторской документации. — М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1978. — 335 с.
10. основополагающие стандарты в области метрологического обеспечения. — М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1983. — 263 с.
11. ГОСТ 23501.001–83. Классификация и обозначение стандартов. — М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1978. — 5 с.
12. Сергеев, А.Г. Сертификация : учеб. пособие для студентов вузов / А.Г. Сергеев, М.В. Латышев. — М. : Логос, 1999. — 248 с.

13. Щипанов, В.В. Определение кода изделия : метод. пособие / В.В. Щипанов, А.Н. Сизонова. – Тольятти : ТГУ.
14. Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация, сертификация / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов. – М. : Высш. шк., 2004.
15. Стандартизация / Я.М. Радкевич [и др.]. – М. : Славянская школа, 2005. – 409 с.
16. Метрология / Я.М. Радкевич [и др.]. – М. : Славянская школа, 2002. – 148 с.
17. Сертификация / Я.М. Радкевич [и др.]. – М. : Славянская школа, 2002. – 116 с.
18. Стандартизация / Я.М. Радкевич [и др.]. – М. : Славянская школа, 2002. – 362 с.
19. Схиртладзе, А.Г. Практикум по нормированию точности в машиностроении / А.Г. Схиртладзе, Я.М. Радкевич, И.А. Коротков. – М. : Славянская школа, 2003. – 326 с.
20. Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация, сертификация / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов. – М. : Изд-во МГТУ. 2003. – 787 с.

Справочники

21. Палей, М.А. Справочник / М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – 6-е изд. перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, Ленинград. отд. – Т. 1. – 543 с.
22. Допуски и посадки : справочник / под ред. В.Д. Мягкова. – М. : Машиностроение, 1978. – Т. 1, 2.
23. Справочник контрольного мастера / А.К. Кутай [и др.]. – Л. : Лениздат, 1969.
24. Справочник контролёра машиностроительного завода / под ред. А.И. Якушева. – М. : Машиностроение, 1980.

Значения нормированной функции

нормального распределения $\phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0000	0040	0080	0120	0160	0199	0239	0279	0319	0359
0,1	0398	0438	0478	0517	0557	0596	0636	0675	0714	0753
0,2	0793	0832	0871	0909	0948	0987	1026	1064	1103	1141
0,3	1179	1217	1255	1293	1331	1368	1406	1443	1480	1517
0,4	1555	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
0,5	1915	1950	1985	2019	2045	2088	2123	2157	2190	2224
0,6	2257	2291	2324	2357	2389	2422	2454	2486	2517	2549
0,7	2580	2611	2642	2673	2703	2734	2764	2794	2823	2852
0,8	2881	2910	2939	2967	2995	3023	3051	3078	3106	3133
0,9	3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3389
1,0	3413	3438	3461	3485	3508	3531	3554	3577	3599	3621
1,1	3643	3665	3683	3708	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1,2	3849	3869	3888	3907	3925	3944	3962	3980	3997	4015
1,3	4032	4049	4066	4082	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1,4	4192	4207	4222	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4319
1,5	4332	4345	4357	4370	4382	4394	4406	4418	4429	4441
1,6	4452	4463	4474	4484	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1,7	4554	4564	4573	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4633
1,8	4641	4649	4656	4664	4671	4678	4686	4693	4699	4706
1,9	4713	4719	4726	4732	4738	4744	4750	4756	4761	4767
2,0	4772	4778	4783	4788	4798	4798	4803	4808	4812	4817
2,1	4821	4826	4830	4734	4838	4842	4846	4850	4854	4857
2,2	4861	4865	4868	4871	4875	4878	4881	4884	4887	4890
2,3	4893	4896	4898	4901	4904	4906	4909	4911	4913	4916
2,4	4918	4920	4922	4925	4927	4929	4931	4932	4934	4936
2,5	4938	4940	4941	4943	4945	4946	4948	4949	4951	4952
2,6	4953	4955	4956	4957	4959	4960	4961	4962	4963	4964
2,7	4965	4966	4967	4968	4969	4970	4971	4972	4973	4974
2,8	4974	4975	4976	4977	4977	4978	4979	4979	4980	4981
2,9	4981	4982	4982	4983	4984	4985	4985	4986	4986	4986
3,0	9865	9869	9874	9878	9882	9886	9889	9893	9896	9900
3,1	9903	9906	9909	9912	9916	9918	9921	9924	9926	9929
3,2	9931	9934	9936	9938	9940	9942	9944	9946	9948	9950
3,3	9952	9954	9955	9957	9958	9960	9961	9962	9964	9965
3,4	9966	9968	9969	9970	9971	9972	9973	9974	9975	9976
3,5	7674	7759	7842	7922	7999	8074	8146	8215	8282	8347

Примечание. Значение 0 для $\phi(z)$ опущено, а для $z = 3,0+3,49$ опущено 0,4 (помещены десятичные значения, начиная со второго знака после запятой). Пример: $t = 3,25$; $\phi(z) = 0,49942..$ Для $z \geq 3,50$ опущено 0,499.

Выдержка из ГОСТ 25347-82

Интервалы размеров, мм	Значения допусков для качеств, мкм																		
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
Св.3 до 6	0,4	0,6	1,0	1,5	2,5	4	5	8	12	10	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
Св.6 до 10	0,4	0,6	1,0	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
Св.10 до 18	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
Св.18 до 30	0,6	1,0	1,5	2,5	4,0	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
Св.30 до 50	0,6	1,0	1,5	2,5	4,0	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
Св.50 до 80	0,8	1,2	2,0	3,0	5,0	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
Св.80 до 120	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	10	15	22	36	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
Св.120 до 180	1,2	2,0	3,5	5,0	8,0	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
Св.180 до 250	2,0	3,0	4,5	7,0	10,0	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
Св.250 до 315	2,5	4,0	6,0	8,0	12,0	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
Св.315 до 400	3,0	5,0	7,0	9,0	13,0	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
Св.400 до 500	4,0	6,0	8,0	10,0	15,0	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300

ГОСТ 25347-82. Значения основных отклонений отверстий в мкм

Интервалы размеров, мм	Обозначение основного отклонения													Обозначение основного отклонения			
	Нижнее отклонение EI													Верхнее отклонение ES			
	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js	J	K			
До 3	270	140	60	34	20	14	10	6	4	2	0	6	7	8	До 8	Св. 8	
Св. 3 до 6	270	140	70	46	30	20	14	10	6	4	0	2	4	6	0	0	
Св. 6 до 10	280	150	80	56	40	25	18	13	8	5	0	5	6	10	-1+Δ	-	
Св. 10 до 14	290	150	80	56	40	25	18	13	8	5	0	5	8	12	-1+Δ	-	
Св. 14 до 18	290	150	95	-	50	32	-	16	-	6	0	6	10	15	-1+Δ	-	
Св. 18 до 24	300	160	110	-	65	40	-	20	-	7	0	8	12	20	-2+Δ	-	
Св. 24 до 30	310	170	120	-	80	50	-	25	-	9	0	10	14	24	-2+Δ	-	
Св. 30 до 40	310	170	120	-	80	50	-	25	-	9	0	10	14	24	-2+Δ	-	
Св. 40 до 50	320	180	130	-	100	60	-	30	-	10	0	13	18	28	-2+Δ	-	
Св. 50 до 65	340	190	140	-	100	60	-	30	-	10	0	13	18	28	-2+Δ	-	
Св. 65 до 80	360	200	150	-	120	72	-	36	-	12	0	16	22	34	-3+Δ	-	
Св. 80 до 100	380	220	170	-	145	85	-	43	-	14	0	18	26	41	-3+Δ	-	
Св. 100 до 120	410	240	180	-	170	100	-	50	-	15	0	22	30	47	-4+Δ	-	
Св. 120 до 140	460	260	200	-	190	110	-	56	-	17	0	25	36	55	-4+Δ	-	
Св. 140 до 160	520	280	210	-	210	125	-	62	-	18	0	29	39	60	-4+Δ	-	
Св. 160 до 180	580	310	230	-	230	135	-	68	-	20	0	33	43	66	-5+Δ	-	
Св. 180 до 200	660	340	240	-	250	145	-	75	-	22	0	36	48	72	-5+Δ	-	
Св. 200 до 225	740	380	260	-	280	160	-	84	-	24	0	40	52	80	-6+Δ	-	
Св. 225 до 250	820	420	280	-	300	170	-	90	-	26	0	44	56	86	-6+Δ	-	
Св. 250 до 280	920	480	300	-	330	180	-	99	-	28	0	48	60	96	-7+Δ	-	
Св. 280 до 315	1050	540	330	-	360	200	-	108	-	30	0	54	66	108	-7+Δ	-	
Св. 315 до 355	1200	600	360	-	400	220	-	120	-	32	0	60	72	120	-8+Δ	-	
Св. 355 до 400	1350	680	400	-	440	240	-	132	-	34	0	66	78	132	-8+Δ	-	
Св. 400 до 450	1500	760	440	-	480	260	-	144	-	36	0	72	84	144	-9+Δ	-	
Св. 450 до 500	1650	840	480	-	520	280	-	156	-	38	0	78	90	156	-9+Δ	-	

Примечания: 1. Основные отклонения A и B во всех квалитетах более 8 для размеров до 1 мм не предусмотрены. 2. Значения (+/-) IT/2 для Js квалитетов 7...11 могут округляться до ближайшего меньшего числа, если значение IT нечетное. 3. Частный случай для основного отклонения Mb размеров св. 250 до 315 мм ES—9, а не -11 мкм. 4. Согласно специальному правилу (см. п. 2.1.4) для вычисления основных отклонений K, M, N до квалитета 8 и P...ZC до квалитета 7 значения берутся в крайних правых графах таб.

Интервалы размеров, мм	Обозначение основного отклонения																	Δ, мкм			
	Верхнее отклонение ES																				
	M	N	от P до ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	Δ, мкм					
																3	4		5	6	7
Квалитеты																					
До 8	Св.8	До 8	Св.8	до 7	св. 7																
До 3	-2+Δ	-2	-4+Δ	-4	-6	-10	-14	-	-18	-	-20	-	-26	-32	-40	-60	-	-			
Св.3 до 6	-4+Δ	-4	-8+Δ	0	-12	-15	-19	-	-23	-	-28	-	-35	-42	-50	-80	1	1,5			
Св.6 до 10	-6+Δ	-6	-10+Δ	0	-15	-19	-23	-	-28	-	-34	-	-42	-52	-67	-97	1	1,5			
Св.10 до 14	-7+Δ	-7	-12+Δ	0	-18	-23	-28	-	-33	-	-40	-	-50	-64	-90	-130	1	2			
Св.14 до 18	-8+Δ	-8	-15+Δ	0	-22	-28	-35	-	-41	-47	-54	-	-63	-77	-108	-150	1,5	2			
Св.18 до 24	-9+Δ	-9	-17+Δ	0	-26	-34	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1,5	3			
Св.24 до 30	-11+Δ	-11	-20+Δ	0	-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-141	-172	-226	-300	-405	2	3			
Св.30 до 40	-13+Δ	-13	-23+Δ	0	-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-211	-258	-335	-445	-585	2	4			
Св.40 до 50	-15+Δ	-15	-27+Δ	0	-43	-65	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4			
Св.50 до 65	-17+Δ	-17	-31+Δ	0	-50	-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150	3	4			
Св.65 до 80	-20+Δ	-20	-34+Δ	0	-56	-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350	4	4			
Св.80 до 100	-21+Δ	-21	-37+Δ	0	-62	-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700	4	5			
Св.100 до 120	-23+Δ	-23	-40+Δ	0	-68	-108	-180	-258	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	-2100	4	5			
Св.120 до 140	-25+Δ	-25	-45+Δ	0	-75	-122	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100	5	5			
Св.140 до 160	-27+Δ	-27	-50+Δ	0	-84	-140	-240	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	5	7			
Св.160 до 180	-30+Δ	-30	-55+Δ	0	-92	-150	-260	-370	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600	5	7			
Св.180 до 200	-33+Δ	-33	-60+Δ	0	-102	-170	-290	-420	-600	-740	-920	-1150	-1500	-1900	-2400	-3000	5	7			
Св.200 до 225	-35+Δ	-35	-65+Δ	0	-112	-190	-320	-470	-670	-830	-1020	-1280	-1700	-2200	-2800	-3500	5	7			
Св.225 до 250	-38+Δ	-38	-70+Δ	0	-122	-210	-350	-520	-740	-930	-1150	-1500	-2000	-2600	-3300	-4100	5	7			
Св.250 до 280	-40+Δ	-40	-75+Δ	0	-132	-230	-380	-560	-800	-1000	-1280	-1700	-2300	-3000	-3800	-4700	5	7			
Св.280 до 315	-43+Δ	-43	-80+Δ	0	-142	-250	-410	-600	-860	-1100	-1400	-1800	-2500	-3300	-4200	-5200	5	7			
Св.315 до 355	-45+Δ	-45	-85+Δ	0	-152	-270	-440	-640	-920	-1180	-1500	-1900	-2600	-3500	-4500	-5600	5	7			
Св.355 до 400	-48+Δ	-48	-90+Δ	0	-162	-290	-470	-680	-980	-1300	-1700	-2200	-2900	-3900	-5000	-6200	5	7			
Св.400 до 450	-50+Δ	-50	-95+Δ	0	-172	-310	-500	-720	-1050	-1400	-1800	-2400	-3200	-4300	-5500	-6800	5	7			
Св.450 до 500	-53+Δ	-53	-100+Δ	0	-182	-330	-530	-760	-1100	-1500	-2000	-2700	-3600	-4800	-6100	-7500	5	7			

ГОСТ 25347-82. Значения основных отклонений валов в МКМ

Интегралы размеров, мм	Обозначение основного отклонения											Обозначение основного отклонения										
	Верхнее отклонение es											Нижнее отклонение ei										
	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js										
	Квалитеты											5 и 6				7	8	9	10	11		
До 3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	$\pm \frac{IT}{2}$										
Св. 3 до 6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0											
Св. 6 до 10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0											
Св. 10 до 14	-290	-150	-95	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0											
Св. 14 до 18	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0											
Св. 18 до 24	-310	-170	-120	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0											
Св. 24 до 30	-320	-180	-130	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0											
Св. 30 до 40	-340	-190	-140	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0											
Св. 40 до 50	-360	-200	-150	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0											
Св. 50 до 65	-380	-220	-170	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0											
Св. 65 до 80	-410	-240	-180	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0											
Св. 80 до 100	-460	-260	-200	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0											
Св. 100 до 120	-520	-280	-210	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0											
Св. 120 до 140	-580	-310	-230	-	-240	-140	-	-70	-	-20	0											
Св. 140 до 160	-660	-340	-260	-	-250	-150	-	-75	-	-21	0											
Св. 160 до 180	-740	-380	-300	-	-260	-160	-	-80	-	-22	0											
Св. 180 до 200	-820	-420	-340	-	-270	-170	-	-85	-	-23	0											
Св. 200 до 225	-920	-480	-400	-	-280	-180	-	-90	-	-24	0											
Св. 225 до 250	-1050	-540	-460	-	-300	-200	-	-100	-	-26	0											
Св. 250 до 280	-1200	-600	-520	-	-320	-220	-	-110	-	-28	0											
Св. 280 до 315	-1350	-680	-600	-	-340	-240	-	-120	-	-30	0											
Св. 315 до 355	-1500	-760	-680	-	-360	-260	-	-130	-	-32	0											
Св. 355 до 400	-1650	-840	-760	-	-380	-280	-	-140	-	-34	0											
Св. 400 до 450	-1800	-920	-840	-	-400	-300	-	-150	-	-36	0											
Св. 450 до 500	-2000	-1000	-920	-	-420	-320	-	-160	-	-38	0											

Примечания: 1. Основные отклонения a и b для размеров до 1 мм не предусмотрены. 2. Значения (+/-) IT/2 для j, квалитетов 7...11 могут округляться до ближайшего меньшего четного числа, если значение IT нечетное.

Интервалы размеров, мм	Обозначение основного отклонения													
	Нижнее отклонение ei													
	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
	Квадраты													
	все													
До 3	2	4	6	10	14	-	18	-	20	-	26	32	40	60
Св.3 до 6	4	8	12	15	19	-	23	-	28	-	35	42	50	80
Св.6 до 10	6	10	15	19	23	-	28	-	34	-	42	52	67	97
Св.10 до 14	7	12	18	23	28	-	33	-	40	-	50	64	90	130
Св.14 до 18								39	45	-	60	77	108	150
Св.18 до 24	8	15	22	28	35	-	41	48	54	63	73	98	136	188
Св.24 до 30								68	80	94	112	148	200	274
Св.30 до 40	9	17	26	34	43	48	60	70	81	97	114	180	242	325
Св.40 до 50						54	70	81	97	114	136	180	242	325
Св.50 до 65	11	20	32	41	53	66	87	102	122	141	172	226	300	405
Св.65 до 80				43	59	75	102	120	146	178	210	274	360	480
Св.80 до 100	13	23	37	51	71	91	124	146	178	211	258	335	445	585
Св.100 до 120				54	79	104	144	172	210	254	310	400	525	690
Св.120 до 140				63	92	122	170	202	248	300	365	470	620	800
Св.140 до 160	15	27	43	65	100	134	190	228	280	340	415	535	700	900
Св.160 до 180				68	108	146	210	252	310	380	465	600	780	1000
Св.180 до 200				77	122	166	236	284	350	425	520	670	880	1150
Св.200 до 225	17	31	50	80	130	180	258	310	385	470	575	740	960	1250
Св.225 до 250				84	140	196	284	340	425	520	640	820	1050	1350
Св.250 до 280	20	34	56	94	158	218	315	358	475	580	710	920	1200	1550
Св.280 до 315				98	170	240	350	425	525	650	790	1000	1300	1700
Св.315 до 355	21	37	62	108	190	268	390	475	590	730	900	1150	1500	1900
Св.355 до 400				114	208	294	435	530	660	820	1000	1300	1650	2100
Св.400 до 450	23	40	68	126	232	330	490	595	740	920	1100	1450	1850	2400
Св.450 до 500				132	252	360	540	660	820	1000	1250	1600	2100	2600