

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Соловьев Андрей Борисович  
Должность: Директор  
Дата подписания: 24.10.2023 12:23:29  
Уникальный программный ключ:  
c83cc511feb01f5417b9362d2700339df14aa123



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
В Г. ТАГАНРОГЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
ПИ (филиал) ДГТУ в г. Таганроге**

ЦМК «Технология машиностроения и сварочного производства»

**Методические указания**  
По выполнению практических работ  
по дисциплине «Допуски и технические измерения»

Таганрог

2023

Составители:

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине  
«Допуски и технические измерения». ПИ (филиал) ДГТУ в г.Таганроге, 2023 г.

Предназначено для обучающихся по направлению подготовки:

15.02.16 Технология машиностроения

Ответственный за выпуск:

Председатель ЦМК: Новоселова Т.В.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ЛЕКЦИЯ № 1 КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ	4
ЛЕКЦИЯ № 2 РАЗМЕРЫ. ОТКЛОНЕНИЯ.	8
ЛЕКЦИЯ № 3 ДОПУСКИ. УСЛОВИЕ ГОДНОСТИ РАЗМЕР	9
ЛЕКЦИЯ № 4 ПОНЯТИЯ «ВАЛ» И «ОТВЕРСТИЕ»	11
ЛЕКЦИЯ № 5 ПОСАДКИ	12
ЛЕКЦИЯ № 6 СИСТЕМЫ ПОСАДОК	15
ЛЕКЦИЯ № 7 ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК	16
ЛЕКЦИЯ № 8 ПОЛЯ ДОПУСКОВ ЕСДП	18
ЛЕКЦИЯ № 9 ОБРАЗОВАНИЕ ПОСАДОК В ЕСДП	20
ЛЕКЦИЯ № 10 ПОГРЕШНОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН	22
ЛЕКЦИЯ № 11 ДОПУСКИ И ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ	23
ЛЕКЦИЯ № 12 ДОПУСКИ, ОТКЛОНЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ	25
ЛЕКЦИЯ № 13 СУММАРНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ.	27
ЛЕКЦИЯ № 14 ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ, ЕЁ НОРМИРОВАНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ	28
ЛЕКЦИЯ № 15 ПОНЯТИЕ О МЕТРОЛОГИИ. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	32
ЛЕКЦИЯ № 16 ВИДЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ	38
ЛЕКЦИЯ № 17 ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ	40
Список литературы	43

## ВВЕДЕНИЕ

Конспект лекций по дисциплине «Допуски и технические измерения» по специальности СПО 15.02.16 «Технология Машиностроения»

Современный рабочий должен уметь выбрать способ обработки деталей, соответствующий требованиям, указанным на чертеже, и позволяющий получить требуемую точность изготовления деталей наиболее экономичным путем.

Работа машин и механизмов основана на подвижном и неподвижном соединении деталей, входящих в сборку. Характер соединения определяется посадкой. Следовательно, учащиеся должны уметь определять величины допусков деталей, строить графическое изображение полей допусков, определять вид посадки, заданной на чертеже, и рассчитывать величины зазоров или натягов. Всему этому способствуют задания, предложенные в рабочей тетради.

Изготовленные детали необходимо измерить, чтобы сравнить полученные размеры с заданными на чертеже и решить, являются ли имеющиеся отклонения допустимыми. Этот процесс, в свою очередь, требует умения выбирать соответствующие измерительные инструменты и приборы, знать их конструкцию, приемы измерений, правила чтения результатов измерений, условия годности деталей.

Основным показателем, определяющим квалификацию рабочего и качество профессионального обучения, наряду со сложностью выполняемых работ, является качество изготавливаемой продукции. Последнее невозможно без знания допусков и посадок, а также без умения владения измерительными средствами и техникой измерения.

Конспект лекций по учебной дисциплине ОП 05 Допуски и технические измерения разработан на основе Федерального государственного образовательного стандарта по профессии среднего профессионального образования 150709.02 Сварщик (электросварочные и газосварочные работы).

## ЛЕКЦИЯ № 1 КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

### ПЛАН:

1. Основные понятия качества продукции
2. Показатели качества продукции
3. Оценка качества продукции

Качество - это совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять установленные или предполагаемые потребности.

Под продукцией или услугой понимается как результат деятельности или процессов (материальная или нематериальная продукция), например само изделие, программа для ЭВМ, проект, инструкция и т.п., так и деятельность или процесс, например, предоставление какой-либо услуги при сервисе или выполнение производственного процесса. Услуга - это, по сути, такой же вид продукции, как и само изделие. Международные стандарты ИСО, МЭК и другие не делают между ними различий. Поскольку речь идет о промышленной продукции, под качеством будем понимать, кроме случаев, оговоренных особо, лишь качество продукции.

Показатель качества продукции (ГОСТ 15467-79) - количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления.

Последняя часть определения чрезвычайно важна, поскольку она показывает, что нельзя требовать качества от изделия, если оно используется в условиях, отличающихся от оговоренных в технических требованиях. Как правило, изготовитель продукции освобождается от юридической ответственности за качество продукции, если ему удалось доказать, что эксплуатация или использование продукции заказчиком происходили не в соответствии с техническими условиями на данное изделие.

В зависимости от назначения и предъявляемых к изделию требований, качество изделия, как правило, не может быть охарактеризовано одним показателем. На практике используется система показателей. На формирование и применение системы показателей качества оказывают влияние разнообразные факторы: многоплановость (сложность) свойств, образующих качество изделия; уровень новизны и сложности его конструкции; своеобразие условий использования и восстановления свойств эксплуатируемых изделий и т. п.

Показатели качества должны отвечать следующим основным требованиям:

- способствовать обеспечению соответствия качества продукции потребностям экономики и населения;
- быть стабильными;
- учитывать современные достижения науки и техники, основные направления технического процесса и мирового рынка;
- характеризовать все свойства продукции, определяющие ее качество;
- поддаваться оценке на всех стадиях жизненного цикла изделия (маркетинг, проектирование, изготовление, эксплуатация или применение).

Единичный показатель качества (ГОСТ 15467-79) - показатель качества продукции, характеризующий одно из ее свойств (например, долговечность, безотказность, производительность и т.д.).

Комплексный показатель качества (ГОСТ 15467-79) - показатель качества продукции, характеризующий несколько ее свойств (например, эргономичность, т.е.

приспособленность продукции к работе в системе "человек-машина", куда входят такие свойства, как приспособленность к управлению, считыванию сигнала, условия работы с заданной производительностью и т.д.).

Интегральный показатель качества (ГОСТ 15467-79) - отношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию или потребление.

Показатели технического эффекта характеризуют способность изделия выполнять свои функции в заданных условиях использования по назначению (производительность, мощность, грузоподъемность и т.д.).

Показатели надежности - способность изделия выполнять требуемые функции в заданных условиях в течение заданного периода времени.

Свойство надежности изделия является комплексным свойством, включающим такие свойства изделия, как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость (в разных сочетаниях).

Безотказность (ГОСТ 27.002-89) - свойства объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.

Долговечность (ГОСТ 27.002-89) - свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ремонтпригодность (ГОСТ 27.002-89) - свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

Сохраняемость (ГОСТ 27.002-89) - свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и/или транспортирования.

Показатели эргономичности - приспособленность изделия к эксплуатации человеком; используются в производственных и бытовых процессах при функционировании системы человек-изделие-среда использования. Эти показатели учитывают комплекс гигиенических (влажность, освещенность, температура), антропометрических (усилие на рукоятке системы управления, удобство работы сидя и пр.), физиологических (соответствие конструкции скоростным, зрительным, слуховым возможностям человека), эргономических (соответствие изделия возможностям восприятия, использования и закрепления навыков оператора и т.д.) свойств человека.

Показатели эстетичности характеризуют художественную выразительность, рациональность формы и целостность композиции изделия. Например, для наручных часов к таким показателям относятся качество оформления, соответствие моде, композиционное исполнение и др.

Показатели технологичности характеризуют степень приспособленности конструкции к производству, эксплуатации и ремонту для заданных значений показателей качества продукции, объема ее выпуска и условий выполнения работ (например, удельная трудоемкость в изготовлении, техническом обслуживании и ремонте, удельная энергоемкость).

Показатели унификации - характеризуют степень насыщенности изделия стандартными и унифицированными деталями и составными частями.

Показатели транспортабельности - характеризуют приспособленность изделия к перемещению различными видами транспортных средств, без использования по назначению (например, средняя продолжительность и средняя трудоемкость подготовки изделия к транспортированию; средняя продолжительность погрузки изделия на средства транспорта данного вида и т. п.).

Показатели ресурсоемкости рабочего процесса - характеризуют свойства изделия, определяющие экономичность функционирующего изделия, т.е. приспособленности к эффективному использованию ресурсов (энергии, труда, материалов, времени), выделяемых для непосредственного использования по назначению (например, удельный расход топлива, электроэнергии, тепла).

Показатели безопасности являются важнейшими среди всех других показателей качества. Они включают в себя группы экологических показателей, т.е. показателей защиты окружающей среды и показателей безопасности труда, характеризующих безопасность и сохранение здоровья человека при работе с данным изделием. Выполнение количественных требований показателей безопасности (экологичности и безопасности труда) нормируется национальными законодательными актами или другими нормативно-техническими документами или международными соглашениями, их выполнение является обязательным и проверяется при сертификации продукции. Если продукция не соответствует этим требованиям или не прошла сертификацию, она не допускается на национальные рынки соответствующих стран.

Показатели экологичности - характеризуют уровень вредных воздействий изделия на окружающую среду, возникающих при его эксплуатации или потреблении (например, удельная концентрация вредных веществ, выбрасываемых в окружающую среду при его работе или хранении, удельное давление машины на почву и др.)

Показатели безопасности труда - характеризуют особенности изделия, обуславливающие безопасность человека, сопрягаемых и других объектов во всех режимах эксплуатации, транспортирования и хранения изделий.

Оценка качества продукции

Количественная оценка показателей качества продукции производится с целью:

- выбора наилучшего варианта продукции;
- повышения требований к качеству продукции в техническом задании на проектирование;
- оценки достигнутых показателей качества при проектировании и производстве;
- определения и контроля показателей качества после изготовления и в эксплуатации;
- определения соответствия достигнутых показателей качества требованиям нормативной документации и т.д.

Для оценки показателей качества продукции применяются методы:

- измерительный;
- расчетный или аналитический;
- статистический;
- экспертный;

- органолептический;
- социологический.

Измерительный метод основан на информации, полученной с использованием технических измерительных средств (например, скорость автомобиля измеряется по спидометру).

Расчетный метод основан на использовании информации, полученной с помощью теоретических или экспериментальных зависимостей (например, такой величиной является мощность или объем двигателя автомобиля).

Статистический метод применяется в тех случаях, когда использование измерительного или аналитического метода невозможно. Он основан на сборе статистической информации об отдельных явлениях или параметрах продукции (например, о времени наступления отказа или времени между отказами, наработке изделий и т.д.) и ее обработке методами математической статистики и теории вероятностей. По результатам этих процедур можно определить характеристики, подверженные воздействию большого количества случайных факторов, например среднее время отказа, среднее время между отказами, среднее время восстановления, вероятность безотказной работы изделия и т. п.

Широкое распространение эти методы получили при контроле качества продукции и регулировании хода технологических процессов. Некоторые показатели качества иначе определить невозможно, например выборочный контроль качества изделий одноразового производства.

Экспертный метод основан на определении показателей качества продукции сравнительно небольшой группы специалистов-экспертов (как правило, до 11-13 чел.). С помощью экспертного метода определяются значения таких показателей качества, которые в настоящее время не могут быть определены другими, более объективными методами, например цвет или оттенок цвета индикатора, запах и т.д.

Органолептический метод базируется на использовании информации, получаемой в результате анализа восприятия органов чувств, а значения показателей определяются путем анализа полученных ощущений на основании имеющегося опыта и выражаются в баллах. Точность и достоверность этого метода зависят от способности, навыков и квалификации определяющих. На практике органолептический метод используется в сочетании с экспертным, поскольку ими оцениваются одни и те же показатели качества, например группы показателей эстетичности, эргономичности и др.

Социологический метод основан на определении показателей качества продукции ее фактическими или потенциальными потребителями с помощью анкет-вопросников. Точность социологического метода повышается в связи с расширением круга опрашиваемых потребителей, но в отличие от экспертного метода при данном методе не требуется специальной подготовки экспертов.

Как социологический, так и органолептический методы используются в тех случаях, когда невозможно использование измерительных или расчетных методов.

На практике для определения показателей качества продукции используется сочетание нескольких методов. Например, данные, полученные измерительным методом, затем рассчитываются с помощью теоретических зависимостей; показатели, полученные социологическим опросом, обрабатываются по специальной процедуре с привлечением аппарата математической статистики и т.д.



## ЛЕКЦИЯ № 2 РАЗМЕРЫ. ОТКЛОНЕНИЯ.

ПЛАН:

1. Терминология по размерам
2. Предельные отклонения
3. Указание на чертеже размеров с предельными отклонениями

Различают номинальный, действительный и предельные размеры.

*Линейный размер* – это числовое значение линейной величины в выбранных единицах измерения.

*Номинальный размер* - размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит началом отсчета отклонений. Номинальный размер определяется на стадии разработки изделия исходя из функционального назначения деталей путем выполнения кинематических, динамических и прочностных расчетов с учетом конструктивных, технологических, эстетических и других условий. Полученный таким образом номинальный размер должен быть округлен до значений, установленных ГОСТ 6636-69 "Нормальные линейные размеры".

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

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

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

Величина допускаемой погрешности измерения, по которой выбирается необходимое средство измерения, регламентируется ГОСТ 8.051-81 в зависимости от точности изготовления измеряемого элемента детали, заданной в чертеже (см. гл. 3).

*Предельные размеры* - два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер. *Больший из двух предельных размеров называется наибольшим предельным размером, а меньший - наименьшим предельным размером.* Для предельного размера, который соответствует максимальному количеству остающегося на детали материала (верхний предел для вала и нижний - для отверстия), предусмотрен термин *проходной предел*; для предельного размера, соответствующего минимуму остающегося материала (нижний предел для вала и верхний - для отверстия), - *непроходной предел*. Сравнивая действительный размер с предельными, можно судить о годности элемента детали. Предельные размеры определяют характер соединения деталей и их допустимую неточность изготовления; при этом предельные размеры могут быть больше или меньше номинального размера или совпадать с ним.

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

*Действительное отклонение – это алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.*

На чертеже предельные отклонения указываются справа непосредственно после номинального размера: верхнее отклонение над нижним, причем числовые величины отклонений записываются более мелким шрифтом (исключение составляет симметричное двустороннее поле допуска, в этом случае числовая величина отклонения записывается тем же шрифтом, что и номинальный размер). Номинальный размер и отклонения проставляются на чертеже в мм. Перед величиной предельного отклонения указывается знак плюс или минус, если же одно из отклонений не проставлено, то это означает, что оно равно нулю.

## ЛЕКЦИЯ № 3 ДОПУСКИ. УСЛОВИЕ ГОДНОСТИ РАЗМЕР

ПЛАН:

1. Допуск размера
2. Условие годности размера

Допуском размера называется разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями. Допуск обозначается IT (International Tolerance) или TD - допуск отверстия и Td - допуск вала.

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

Все понятия: номинальный размер, действительный размер, предельные размеры, предельные отклонения и допуск – можно представить графически. Однако изобразить отклонения и допуск в одном масштабе с размерами детали практически невозможно. Поэтому вместо полного изображения деталей с предельными размерами применяют схематичные – только с указанием отклонений, такие схемы можно вычерчивать в масштабе, они получаются более наглядными, простыми и компактными.

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

Нулевой линией называется линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются предельные отклонения размеров при графическом изображении полей допусков. Если нулевая линия расположена горизонтально, то в условном масштабе положительные отклонения откладываются вверх, а отрицательные - вниз от нее. Если нулевая линия расположена вертикально, то положительные отклонения откладываются справа от нулевой линии.

Зона, находящаяся между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям, называется полем допуска.

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

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

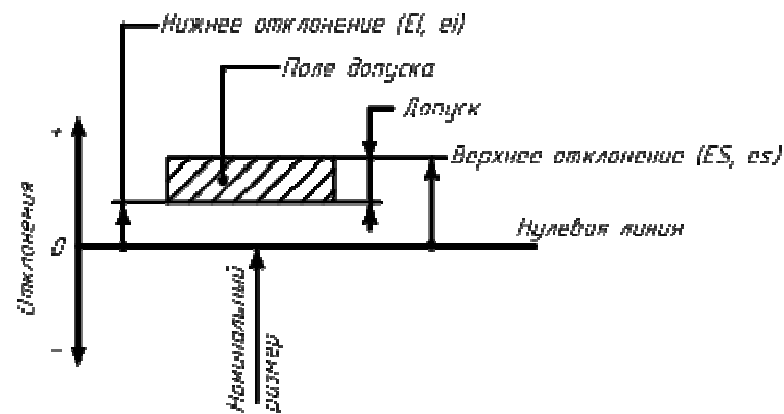
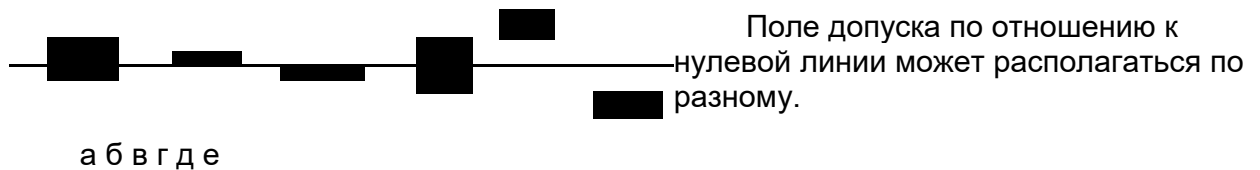


Схема поля допуска на отверстие.

По чертежу — 4 мм, предельные размеры — 4,1—4,5.

В данном случае поле допуска не пересекает нулевую линию, так как оба предельных размера выше номинального.



Варианты расположения поля допуска относительно нулевой линии:

а – асимметричное двустороннее; б – асимметричное одностороннее, с нижним отклонением равным нулю; в – асимметричное одностороннее, с верхним отклонением равным нулю; г – симметричное двустороннее; д – асимметричное одностороннее с плюсовыми отклонениями; е - асимметричное одностороннее с минусовыми отклонениями.

Пример:

$15_{-0,2}^{+0,3}$  - асимметричное двустороннее;

$15^{+0,1}$  - асимметричное одностороннее, с нижним отклонением равным нулю;

$15_{-0,1}$  - асимметричное одностороннее, с верхним отклонением равным нулю;

$15 \pm 0,2$  - симметричное двустороннее;

$15_{+0,2}^{+0,4}$  - асимметричное одностороннее с плюсовыми отклонениями;

$15_{-0,3}^{-0,1}$  - асимметричное одностороннее с минусовыми отклонениями.

Действительный размер, то есть размер, установленный измерением, будет годным, если он окажется не больше предельного размера и не меньше наименьшего предельного размера или равен им. Условие годности действительного размера: действительный размер будет годным, если он окажется не больше наибольшего предельного размера и не меньше наименьшего предельного размера или равен им. Для установления годности сравнивается действительный размер с предельными (которые задают требуемую точность изготовления), а с не номинальным (который является лишь исходным для назначения предельных размеров).

## ЛЕКЦИЯ № 4 ПОНЯТИЯ «ВАЛ» И «ОТВЕРСТИЕ»

ПЛАН:

1. Понятия «вал» и «отверстие»
2. Условие годности для размера

Размер на чертеже надо обязательно соотносить с той поверхностью, обработка которой им определяется.

Для удобства и упрощения рассуждений при оперировании данными чертежа все многообразие конкретных элементов деталей принять сводить к двум элементам.

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

Отверстие - термин, условно применяемый для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей, включая нецилиндрические элементы.

Обозначения:

для вала: для отверстия:

$d$  – номинальный размер,  $D$  - номинальный размер,

$d_{max}$  – наибольший предельный размер,  $D_{max}$  - наибольший предельный размер,

$d_{min}$  – наименьший предельный размер,  $D_{min}$  – наименьший предельный размер,

$d_d$  – действительный размер,  $D_d$  – действительный размер,

$T_d$  – допуск  $T_D$  – допуск.

При этом не следует термин «вал» отождествлять с

валом – названием типовой детали. Также следует запомнить, что сведение многообразия элементов к «валу» и «отверстию» никак не связывается с определенной геометрической формой, когда слова «вал» и «отверстие» привычно ассоциируется со словом цилиндр. Конкретные конструктивные элементы детали могут иметь как форму гладких цилиндров, так и ограничены гладкими параллельными плоскостями. Важен лишь обобщенный тип элемента детали: если элемент наружный (охватываемый) – это вал, если внутренний (охватывающий) – это отверстие.

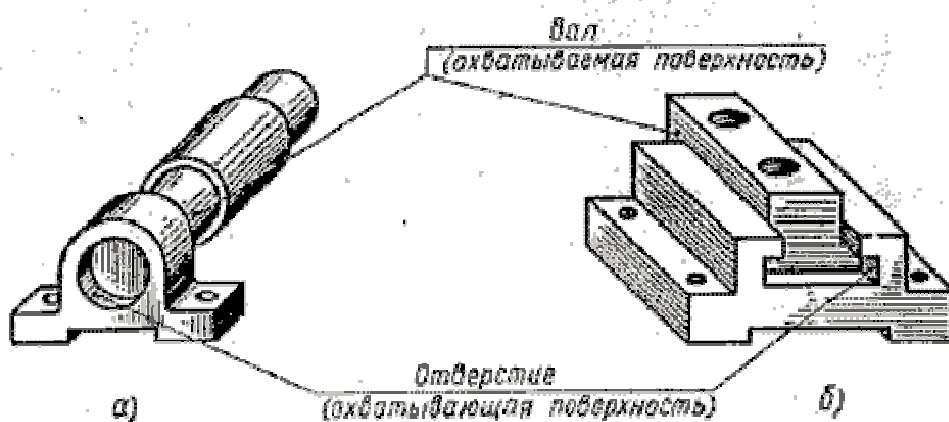


Рис. Соединение двух деталей;

а – гладкие цилиндрические; б – плоское параллельное

Введение терминов «вал» и «отверстие» позволяет уточнить условие годности действительного размера. Теперь заключение о том, что размер – брак нужно дополнить характеристикой брака: брак исправимый, брак неисправимый (окончательный). Если элемент является наружным, то есть валом, то завышенный действительный размер (больше наибольшего предельного) можно исправить дополнительной обработкой – брак исправим. А если элемент детали является внутренним, то есть отверстием, то завышенный действительный размер (больше наибольшего предельного) исправить обработкой – сделать меньше, уже нельзя, следовательно, в этом случае брак неисправим.

Таким образом, окончательно условие годности размера формулируется так: если действительный размер окажется между наибольшим и наименьшим предельным размерами или равен любому из них – размер годен.

Условия годности для отверстия (внутренний элемент):

- если действительный размер окажется меньше наименьшего предельного размера – брак исправимый;
- если действительный размер окажется больше наибольшего предельного размера – брак неисправимый (окончательный).

Условия годности для вала (наружный элемент):

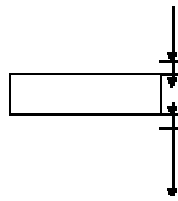
- если действительный размер окажется больше наибольшего предельного размера – брак исправимый;
- если действительный размер окажется меньше наименьшего предельного размера – брак неисправимый (окончательный).

## ЛЕКЦИЯ № 5 ПОСАДКИ

ПЛАН:

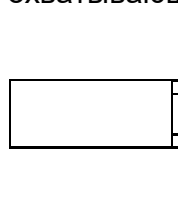
1. Образование посадок с зазором и натягом
2. Графическое изображение посадок с зазором и натягом
3. Переходная посадка
4. Применение посадок

Все разнообразные машины, станки, приборы, механизмы состоят из взаимосоединяемых деталей. Конструкции соединений и требования к ним могут быть различными. В зависимости от назначения соединения сопрягаемые детали машин и механизмов во время работы либо должны совершать относительно друг друга то или иное движение, либо, наоборот, сохранять относительно друг друга полную неподвижность.



Для обеспечения подвижности соединения нужно, чтобы действительный размер охватывающего элемента одной детали (отверстия) был больше действительного размера охватываемого элемента другой детали (вала). Зазор получается, когда размер отверстия больше размера вала.

Для получения неподвижного соединения нужно, чтобы действительный размер охватываемого элемента одной детали (вала) был больше действительного размера охватывающего элемента другой детали (отверстия). Натяг получается, когда размер вала больше размера отверстия.



Технологический процесс сборки соединения с натягом осуществляется либо запрессовкой с усилием вала в отверстие (при малых натягах), либо за счет увеличения непосредственно перед сборкой размера отверстия путем нагрева (при больших натягах).

Сопряжение, образуемое в результате соединения отверстий и валов с одинаковыми номинальными размерами называют посадкой. Посадка – это характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Характер соединения зависит от действительных размеров сопрягаемых деталей перед сборкой, а номинальные размеры отверстия и вала, составляющих соединение, одинаковы.

Поскольку действительные размеры годных отверстий и валов в партии деталей, изготовленных по одним и тем же чертежам, могут колебаться между заданными предельными размерами, то, следовательно и величина зазоров и натягов может колебаться в зависимости от действительных размеров сопрягаемых деталей. Поэтому различают наибольший и наименьший зазоры и наибольший и наименьший натяги.

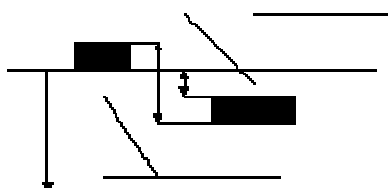
Наибольший зазор  $S_{\text{тах}}$  равен разности между наибольшим предельным размером отверстия  $D_{\text{тах}}$  и наименьшим предельным размером вала  $d_{\text{тин}}$ :  $S_{\text{тах}} = D_{\text{тах}} - d_{\text{тин}}$ .

Наименьший зазор  $S_{\text{тин}}$  равен разности между наименьшим предельным размером отверстия  $D_{\text{тин}}$  и наибольшим предельным размером вала  $d_{\text{тах}}$ :  $S_{\text{тин}} = D_{\text{тин}} - d_{\text{тах}}$ .

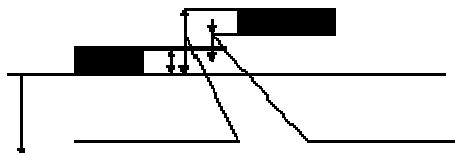
Наибольший натяг  $N_{\text{тах}}$  равен разности между наибольшим предельным размером вала  $d_{\text{тах}}$  и наименьшим предельным размером отверстия  $D_{\text{тин}}$ :  $N_{\text{тах}} = d_{\text{тах}} - D_{\text{тин}}$ .

Наименьший натяг  $N_{\text{тин}}$  равен разности между наименьшим предельным размером вала  $d_{\text{тин}}$  и наибольшим предельным размером отверстия  $D_{\text{тах}}$ :  $N_{\text{тин}} = d_{\text{тин}} - D_{\text{тах}}$ .

*Графическое изображение посадок* начинается с проведения нулевой линии, соответствующей номинальному размеру соединения (номинальные размеры отверстия и вала, составляющих соединение, или, что то же самое, - образующих посадку, одинаковы). От нулевой линии, единой для отверстия и вала, откладываются в выбранном масштабе и с учетом знаков величины предельных отклонений отверстия и вала, при этом в каждом случае – для отверстия и вала – между линиями, соответствующими верхним и нижним отклонениям, получаем поля допусков сопрягаемых отверстий и вала.



Графическое изображение посадки  
с зазором



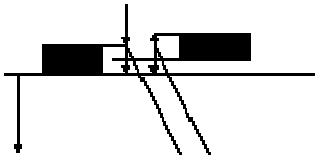
Графическое изображение посадки с натягом

Переходная посадка - посадка, при которой возможно получить в соединении, как зазор, так и натяг в зависимости от действительных размеров отверстия и вала. На графическом изображении таких посадок поля допусков валов и отверстий перекрываются частично или полностью. До изготовления нельзя точно сказать, что получится при сопряжении отверстия и вала- зазор или натяг. Переходные посадки характеризуются наибольшим натягом и наибольшим зазором. Переходные посадки используют взамен посадок с натягом, когда необходимо проводить разборку и сборку сопряжения при его эксплуатации.

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



При графическом изображении переходной посадки поля допусков отверстия и вала перекрываются, то есть размеры годного отверстия могут оказаться и больше и меньше размера годного вала, что не позволяет заранее до изготовления пары сопрягаемых деталей, сказать, какая будет посадка – с зазором или с натягом.



Посадки с гарантированным зазором используются в тех случаях, когда допускается относительное смещение деталей.

Посадки с гарантированым натягом используются, когда необходимо передавать усилие или вращающий момент без дополнительного крепления только за счет упругих деформаций, возникающих при сборке сопрягаемых деталей.

Переходные посадки применяют в тех случаях, когда необходимо обеспечить центрирование деталей, то есть совпадение осей отверстия и вала.

## ЛЕКЦИЯ № 6 СИСТЕМЫ ПОСАДОК

ПЛАН:

1. Основные детали системы
2. Система отверстия
3. Система вала
4. Принцип выбора системы посадки

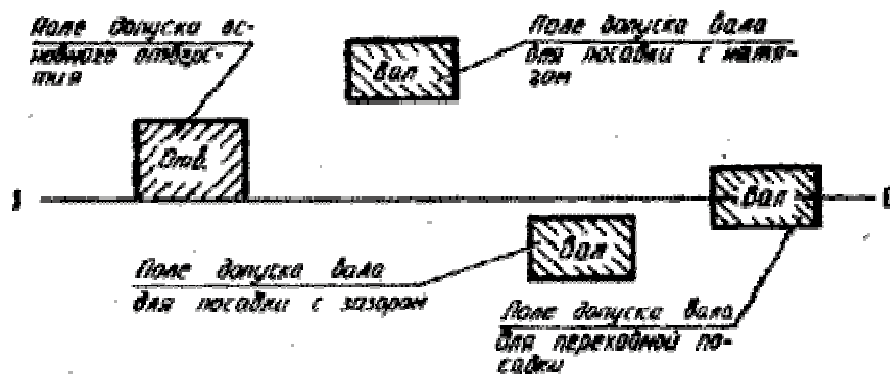
Получать посадки с зазором, натягом, переходные, с одинаковым номинальным диаметром можно, изменяя положение поля допуска вала или поля допуска отверстия. Гораздо удобнее (технологически, эксплуатационно), получать разные виды посадок, изменяя поле допуска одной детали при const положении другой.

Деталь, у которой положение поля допуска является базовыми и не зависит от требуемого характера соединения, называется основной деталью системы.

Основное отверстие- отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

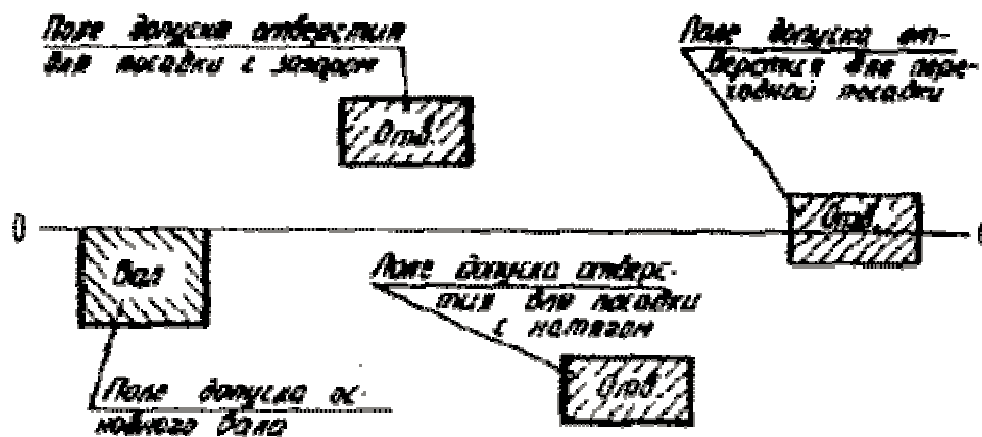
Основной вал - вал, верхнее отклонение которого равно нулю

Если разные посадки образованы изменением поля допуска вала при постоянном поле допуска отверстия - система отверстия.



**Рис. Графическое изображение посадок в системе отверстия**

Если за основную деталь принят вал, а для образования разных посадок изменяют поле допуска отверстия - система вала.



**Рис. Графическое изображение посадок в системе вала**

Система отверстия имеет более широкое применение по сравнению с системой вала, что связано с ее преимуществами технико-экономического характера на стадии отработки конструкции. Для обработки отверстий с разными размерами необходимо иметь и разные комплекты режущих инструментов (сверла, зенкера, развертки, протяжки и т. п.), а валы независимо от их размера обрабатывают одним и тем же резцом или шлифовальным кругом. Таким образом, система отверстия требует существенно меньших расходов производства как в процессе экспериментальной обработки сопряжения, так и в условиях массового или крупносерийного производства.

Система вала является предпочтительной по сравнению с системой отверстия, когда валы не требуют дополнительной разметочной обработки, а могут пойти в сборку после так называемых заготовительных технологических процессов. Система вала применяется также в случаях, когда система отверстия не позволяет осуществлять требуемые соединения при данных конструктивных решениях.

При выборе системы посадок необходимо учитывать допуски на стандартные детали и составные части изделий: в шариковых и роликовых подшипниках посадки внутреннего кольца на вал осуществляются в системе отверстия, а посадки внешнего кольца в корпус изделия - в системе вала

## ЛЕКЦИЯ № 7 ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК

ПЛАН:

1. Общие сведения об ЕСДП
2. Интервалы размеров
3. Единица допуска
4. Ряды точности

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

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

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

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

**Системой допусков и посадок** называют совокупность допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в вид стандартов. Система предназначена для выбора минимально необходимых, но достаточных для практики вариантов допусков и посадок типовых соединений деталей машин. Оптимальные градации допусков и посадок являются основой стандартизации режущих инструментов и измерительных средств, обеспечивают достижение взаимозаменяемости изделий и их составных частей, обуславливают повышение качества продукции.

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

Основные нормы взаимозаменяемости включают системы допусков и посадок на цилиндрические детали, конуса, шпонки, резьбы, зубчатые передачи, и др. Системы допусков и посадок ИСО и ЕСДП для типовых деталей машин основаны на единых принципах построения, включающих:

- систему образования посадок и видов сопряжений;
- систему основных отклонений;
- уровни точности;

- единицу допуска;
- предпочтительные поля допусков и посадок;
- диапазоны и интервалы номинальных размеров;
- нормальную температуру.

Единая система допусков и посадок оформлена в виде таблиц, в которых для номинальных размеров заданы научно обоснованные величины предельных отклонений для разных полей допусков отверстий и валов. В строках таблиц указаны номинальные размеры, в колонках – поля допусков и соответствующие им предельные отклонения. Формально следовало бы в указанных таблицах иметь число строк, равное числу охваченных стандартом номинальных размеров. Но такие таблицы были бы очень громоздкими. Технологической практикой обработки деталей установлено, что трудность их изготовления почти не отличается в определенном интервале размеров, поэтому допуски задаются не для каждого размера, а принимаются они одинаковыми для выделенных интервалов размеров.

В наиболее важном диапазоне номинальных размеров от 1 до 500 мм в ЕСПД установлены интервалы номинальных размеров, приведенных в таблице.

При пользовании таблицами ЕСПД надо обратить внимание, что интервалы номинальных размеров указаны с добавлением слов «свыше» (сокращено св.) и «до». Это означает, что последняя цифра (или число) интервала относится к данному интервалу.

Пример. Номинальный размер 30 мм относится к интервалу «свыше 18 до 30», а не к интервалу «свыше 30 до 50»; номинальный размер 18 мм относится к интервалу «свыше 10 до 18», а не к интервалу «свыше 18 до 30».

**Единица допуска** - это зависимость допуска от номинального размера, которая является мерой точности, отражающей влияние технологических, конструктивных и метрологических факторов. Единицы допуска в системах допусков и посадок установлены на основании исследований точности механической обработки деталей.

Разные детали машин в зависимости от назначения и условий работы требуют разной точности изготовления. В ЕСПД предусмотрено несколько рядов точности, названных квалитетами. *Квали-тет* — это совокупность (ряд) допусков для всех номинальных размеров, соответствующих одной степени точности. *Квалитеты* установлены для нормирования требуемых точностей изготовления размеров деталей изделий различного назначения. Каждый квалитет характеризуется определенным числом единиц допуска – таков был принцип составления стандарта на основе строгой закономерности изменения величины допуска с учетом номинального размера.

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

Область применения квалитетов:

— квалитеты от 01-го до 4-го используют при изготовлении концевых мер длины, калибров и контркалибров, деталей измерительных средств и других высокоточных изделий;

— квалитеты от 5-го до 12-го применяют при изготовлении деталей, преимущественно образующих сопряжения с другими деталями различного типа;

— квалитеты от 13-го до 18-го используют для параметров деталей, не образующих сопряжений и не оказывающих определяющего влияния на работоспособность изделий

Допуски в каждом квалитете ЕСПД обозначаются двумя буквами латинского алфавита (IT) с добавлением номера квалитета. Например, *IT5* – означает допуск по 5-му квалитету, а *IT10* – допуск по 10-му квалитету.

Числовые значения допусков приведены для каждого квалитета и с учетом номинальных размеров. При этом допуски одинаковых размеров в различных квалитетах различны, то есть квалитеты определяют различную точность одинаковых номинальных размеров.

Вывод: так как различные способы обработки деталей обладают определенной экономически достижимой точностью, то назначение квалитета конструктором и указание его на чертеже фактически задают технологию обработки деталей.

## ЛЕКЦИЯ № 8 ПОЛЯ ДОПУСКОВ ЕСДП

ПЛАН:

1. Поля допусков ЕСДП
2. Способы указания отклонений

Поле допуска определяет величину допуска и его положение относительно номинального размера, а взаимное расположение полей допусков сопрягаемых деталей характеризует тип посадки и величины наибольших и наименьших зазоров или натягов. Посадки могут образовываться как в системе отверстия, так и в системе вала.

Для образования посадок в ЕСДП стандартизированы (независимо друг от друга) два параметра, из которых образуются поля допусков:

1. ряды и значение допусков в разных квалитетах
2. основные отклонения валов и отверстий для определения положения поля допуска относительно номинального размера (нулевой линии)

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

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

Числовые значения основных отклонений стандартизированы применительно к интервалам номинальных размеров.

Поле допуска ЕСДП образуется сочетанием основного отклонения и квалитета. В этом сочетании основное отклонение характеризует положение поля допусков относительно нулевой линии, а квалитет – величину допуска.

Основные отклонения обозначаются одной или двумя буквами латинского алфавита:

- прописными (A; B; C; CD; D и тд) – для отверстий

- строчными (a; b; c; cd; d; и тд) – для валов.

Основные отклонения валов зависят от номинальных размеров и остаются постоянными для всех квалитетов. Исключение составляют основные отклонения отверстий I; K; M; N и валов j и k, которые при одинаковых номинальных размерах имеют различные значения.

Для пользования стандартами и чтения размеров на чертежах надо обязательно знать следующее:

1. характер написания буквы (прописная или строчная) в конструкторской и технологической документации дает полное представление об элементе детали (вал или отверстие), к которому относится поле допуска;
2. поля допусков основных отверстий обозначаются буквой H, а основных валов – h с добавлением номера квалитета (H7; H8; H9 и т.д. – нижнее отклонение всегда равно нулю; h7; h8; h9 и т.д. – верхние отклонения всегда равны нулю).

Для номинальных размеров от 1 до 500 мм в ЕСДП установлено 77 полей допусков валов и 68 полей допусков отверстий. Число полей допусков отверстий сокращено за счет полей допусков, применяемых для посадок с натягами в системе вала.

Способы указания отклонений:

1. числовыми значениями предельных отклонений –  $18^{+0,018}; 12_{-0,018}^{0,018}$ ;
2. условными обозначениями полей допусков – 18H7; 12e8;
3. условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений –  $18H7^{(+0,018)}; 12e8_{(-0,018)}$ .

Во всех случаях вначале указывается номинальный размер (18 и 12).

Числовые значения предельных отклонений конструктор задает в том случае, если чертеж предназначен для использования при изготовлении деталей в единичном или мелкосерийном производстве, при ремонтных работах, когда рабочий будет применять универсальный измерительный инструмент, то есть устанавливать действительный размер.

И наоборот, применение бесшкальных инструментов, предназначенных только для ответа – деталь годная или деталь бракованная предполагает использование условных обозначений полей допусков. В этом случае те же условные обозначения полей допусков указываются на бесшкальных инструментах.

Наиболее предпочтительными является комбинированное указание отклонений (условными обозначениями и цифрами), в этом случае рабочему удобно пользоваться чертежом в любых условиях.

## ЛЕКЦИЯ № 9 ОБРАЗОВАНИЕ ПОСАДОК В ЕСДП

ПЛАН:

1. Образование посадок в ЕСДП
2. Посадки с натягом

3.       Переходные посадки
4.       Посадки с зазором

Для образования посадок в ЕСДП используются квалитеты с 5-го по 12-й, то есть отверстия и валы обрабатываются с точностью, задаваемой допусками этих квалитетов.

Так как посадки образуются сочетанием установленных стандартом полей допусков отверстий и валов, то теоретически возможно использовать для образования посадки любое множество таких сочетаний. Но экономически такое многообразие невыгодно, потому что стандартизация обязательно предполагает унификацию. Поэтому в ЕСДП рекомендуется к применению 68 посадок, из них выделены к предпочтительному первоочередному применению 17 посадок в системе отверстия и 10 посадок в системе вала, образованных из предпочтительных полей допусков.

Обозначение посадки на сборочном чертеже в соответствии с ГОСТ 2.307 – 68\* состоит из указаний полей допусков сопрягаемых деталей, при этом указание оформляется как бы в виде простой дроби. Вначале записывается номинальный размер соединения (он одинаков для сопрягаемых отверстия и вала), затем над чертой (в числителе) указывается поле допуска отверстия, а под чертой (в знаменателе) – поле допуска вала. Вместо условных обозначений полей допусков можно указывать в числителе и знаменателе предельные отклонения сопрягаемых деталей.

Пример.

Обозначение посадки в системе отверстия:  $\varnothing \frac{75 \frac{H7}{h6} = 75 \frac{+0,030}{+0,020}}$

Обозначение посадки в системе вала:  $\varnothing \frac{50 \frac{E9}{h8} = 50 \frac{+0,112}{-0,039}}$

**Посадки с натягом по значению гарантированного натяга подразделяются на три группы:**

1.       посадки с минимальным гарантированным натягом  $\frac{H7}{p6} \frac{P7}{h6} \frac{H6}{p5} \frac{P6}{h6}$   
применяют при малых нагрузках и для уменьшения деформаций собранных деталей; неподвижность соединения обеспечивают дополнительным креплением; эти посадки допускают редкие разборки;
2.       посадки с умеренным гарантированным натягом  $\frac{H7}{r6} \frac{H7}{s6} \frac{H8}{s7} \frac{H7}{h6} \frac{R7}{h6} \frac{T7}{h6} \frac{H6}{r5} \frac{H6}{s5}$   
допускают передачу нагрузок средней величины без дополнительного крепления, а так же с дополнительным креплением; могут применяться для передачи больших нагрузок, если прочность не позволяет применить посадки с большими натягами; сборка может производиться под прессом или способом термических деформаций;
3.       посадки с большими гарантированными натягами  $\frac{H7}{v7} \frac{H8}{v8} \frac{U8}{h7} \frac{H8}{x8} \frac{H8}{z8}$   
передают тяжелые и динамические нагрузки без дополнительного крепления; необходима проверка соединяемых деталей на прочность; сборка осуществляется в основном способом термической деформации.

**Переходные посадки** образуются полями допусков, которые установлены в квалитетах 4 – 8; характеризуются возможностью получения сравнительно небольших зазоров или натягов; применяются в неподвижных разъемных соединениях при необходимости точного центрирования при этом необходимо дополнительное крепление собранных деталей.

#### **Группы переходных посадок:**

1. посадки с более вероятными натягами  $\begin{matrix} H7 & M7 & H7 & N7 \\ \hline m6 & h6 & h6 & h6 \end{matrix}$  применяют при больших ударных нагрузках, при повышенной точности центрирования и редких разборках, а также при затрудненной сборке вместо посадок с минимально гарантированным натягом;
2. посадки с равновероятными натягами и зазорами  $\begin{matrix} H7 & K7 \\ \hline k6 & h6 \end{matrix}$  имеют наибольшее применение из переходных посадок, так как для сборки и разборки не требуют больших усилий и обеспечивают высокую точность центрирования;
3. посадки с более вероятными зазорами  $\begin{matrix} H7 & J, 7 \\ \hline j, 6 & h6 \end{matrix}$  применяют при небольших статических нагрузках, частых разборках и затрудненной сборке, а также для регулирования взаимного положения деталей.

**Посадки с зазором** образуются полями допусков, которые установлены в квалитетах 4 – 12 и применяются в неподвижных и подвижных соединениях:

1. для облегчения сборки при невысокой точности центрирования,
2. для регулирования взаимного положения деталей,
3. для обеспечения смазки трущихся поверхностей (подшипники скольжения) и компенсации тепловых деформаций,
4. для сборки деталей с антикоррозийными покрытиями.

Посадки с наименьшим зазором, равным нулю  $\begin{matrix} H \\ \hline h \end{matrix}$ , обеспечивают высокую точность центрирования и поступательного перемещения деталей в регулируемых соединениях, могут заменять переходные посадки.

Характер сопряжения (группу посадки) легко установить, если в соответствии с обозначением посадки на сборочном чертеже после нахождения предельных отклонений отверстия и вала изобразить посадку графически. Если поле допуска отверстия располагается над полем допуска вала – это посадка с зазором, если поле допуска отверстия располагается под полем допуска вала – это посадка с натягом, если поля допусков отверстия и вала полностью или частично перекрываются, то это переходная посадка.

## **ЛЕКЦИЯ № 10 ПОГРЕШНОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

### **ПЛАН:**

1. Отклонения поверхностей деталей
2. Основные термины и понятия
3. Требования к поверхностям деталей



Причины отклонений поверхностей деталей:

1. неточности и деформации станка,
2. неточности и износ режущего инструмента,
3. неточности зажимных приспособлений,
4. деформации заготовки во время обработки,
5. неравномерность величины припуска на обработку,
6. неравномерность твердости материала заготовки по ее длине и

т.д.

Эти отклонения поверхностей детали в итоге влияют на характер соединения, так как само соединение может оказаться разным в разных местах поверхностей, что влияет и на работу машины, и на износ детали в процессе эксплуатации. Поэтому конструктор обязан в чертеже назначать не только точность изготовления размера, но и точность обработки сопрягаемых поверхностей деталей.

К отклонениям поверхностей деталей относят:

1. отклонения формы поверхности,
2. отклонения расположения данной поверхности относительно других,
3. величина шероховатости окончательно обработанной поверхности элемента детали.

Требования к форме, расположению и шероховатости поверхностей деталей стандартизированы и на них разработаны ГОСТы.

Стандарты содержат термины и нормы требований главным образом к цилиндрическим деталям, деталям с плоскими поверхностями и корпусным деталям.

Номинальная форма поверхности – это поверхность, форма которой задана по чертежу или в другом техническом документе.

Реальная поверхность – поверхность, полученная при обработке деталей.

Профиль поверхности – это линия пересечения поверхности с плоскостью, перпендикулярной ей или параллельной ее оси. Профиль может быть номинальным – при сечении номинальной поверхности, и реальным – при сечении реальной поверхности.

Отклонения формы – это отклонение реальной формы поверхности, полученной при обработке, от номинальной формы поверхности.

Допуск формы – это наибольшее допускаемое значение отклонения формы.

Отклонение профиля – отклонение реального профиля от номинального.

Прилегающая поверхность – это поверхность, имеющая форму номинальной поверхности и соприкасающаяся с реальной поверхностью.

Частными примерами прилегающих поверхностей могут служить прилегающие цилиндры:

- для вала прилегающий цилиндр – это цилиндр максимального диаметра, описанный вокруг реальной обработанной наружной поверхности.

- для отверстия прилегающий цилиндр – это цилиндр наибольшего диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность.

Виды требований к форме поверхности:

Требование к форме поверхности на чертеже отдельно не указано: значит, что все дефекты формы поверхности по своей величине не должны превышать величины допуска на изготовление размера данного элемента детали.

Требование к форме поверхности указано на чертеже специальным знаком: значит, что форму поверхности данного элемента требуется выполнить точнее, чем его размер, и величина отклонения формы будет меньше, чем величина допуска на изготовление размера данного элемента детали.

Требования к форме поверхности разделяются на комплексные и частные.

Комплексные требования – это требования к поверхности, обобщающие в совокупности все дефекты формы поверхности. Например, для поверхности цилиндрического элемента – это отклонение всей поверхности от цилиндричности или отклонение ее от круглости.

Частные требования – это отклонения, имеющие конкретную геометрическую форму. Например, для цилиндра – овальность или бочкообразность.

## ЛЕКЦИЯ № 11 ДОПУСКИ И ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ

ПЛАН:

1. Отклонения формы поверхности от прямолинейности в плоскости
2. Средства измерений отклонений от прямолинейности
3. Отклонения от плоскостности
4. Отклонения формы цилиндрической поверхности
5. Отклонения от круглости
6. Отклонения профиля продольного сечения
7. Отклонение от прямолинейности оси

Отклонения формы поверхности от прямолинейности в плоскости

**Отклонение от прямолинейности в плоскости** – наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка. Частными видами являются выпуклость, вогнутость.

**Допуск прямолинейности** – наибольшее допускаемое значение отклонение от прямолинейности.

**Поле допуска прямолинейности в плоскости** – область на плоскости, ограниченная двумя параллельными прямыми, отстоящими друг от друга на расстоянии равном допуску  $T$ .

Средства измерения отклонений от прямолинейности.

Лекальные линейки применяются для измерения отклонений от прямолинейности в плоскости.

Линейки лекальные изготавливаются следующих типов:

ЛД - лекальные с двухсторонним скосом;

ЛТ - лекальные трехгранные;

ЛЧ - лекальные четырехгранные.

При измерении отклонений от прямолинейности в плоскости для узких поверхностей или образующих тел вращения применяют поверочные линейки с широкой рабочей поверхностью.

**Поверочные линейки с широкой рабочей поверхностью** используют для определения непрямолинейности по методу измерения линейных отклонений от поверхности контролируемой детали до поверхности линейки, установленной на опорах, или при проверке неплоскостности деталей по методу пятен "на краску".

При измерении отклонений от прямолинейности в плоскости для узких поверхностей или образующих тел вращения применяют поверочные линейки с широкой рабочей поверхностью.

К таким линейкам относятся линейки типов:

1. ШП - с широкой рабочей поверхностью прямоугольного сечения;
2. ШД-с широкой рабочей поверхностью двутаврового сечения ;
3. ШМ-с широкой рабочей поверхностью, мостики;
4. УТ-угловые трехгранные

**Поверочные линейки с широкой рабочей поверхностью** используют для определения не прямолинейности по методу измерения линейных отклонений от поверхности контролируемой детали до поверхности линейки, установленной на опорах, или при проверке не плоскостности деталей по методу пятен "на краску".

#### Отклонения от плоскостности

**Отклонение от плоскостности** – наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка. Частными видами являются выпуклость, вогнутость.

**Допуск плоскостности** – наибольшее допускаемое значение отклонения от плоскостности.

Для определения отклонений от плоскостности применяют поверочные плиты.

#### Отклонения формы цилиндрической поверхности.

**Отклонение от цилиндричности** – наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка.

**Допуск цилиндричности** – наибольшее допускаемое отклонение от цилиндричности.

Отклонения от круглости.

**Отклонение от круглости** – наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности. Частными видами отклонений от круглости являются овальность и огранка.

**Допуск круглости** – наибольшее допускаемое значение отклонений от круглости.

Отклонения от круглости измеряются с помощью специальных кругломеровный профиль поверхности представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях.

Огранкой называют отклонение от круглости, при котором реальный профиль поверхности представляет собой многогранную фигуру.

Отклонения профиля продольного сечения.

**Отклонение профиля продольного сечения** – наибольшее расстояние от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка. Прилегающий профиль продольного сечения цилиндрической поверхности – две параллельные прямые, соприкасающиеся с реальным профилем и расположенные вне материала так, чтобы наибольшее отклонение точек образующей реального от соответствующей стороны прилегающего профиля было минимальным. Частными видами отклонения продольного сечения являются конусообразность, бочкообразность и седлообразность.

**Допуск профиля продольного сечения** – наибольшее допускаемое значение отклонения профиля продольного сечения.

**Конусообразностью** считают такое частное отклонение профиля продольного сечения реальной поверхности, при котором ее образующие прямолинейны, но не параллельны.

**Бочкообразностью** считают такое частное отклонение профиля продольного сечения реальной поверхности, при котором ее образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от торцов к середине продольного сечения.

**Седлообразностью** считают такое частное отклонение профиля продольного сечения реальной поверхности, при котором ее образующие непрямолинейны, а диаметры уменьшаются от торцов к середине сечения.

Отклонение от прямолинейности оси.

**Отклонение от прямолинейности оси (линии)** – наименьшее значение диаметра цилиндра, внутри которого располагается реальная ось поверхности вращения (в пределах нормируемого участка).

## **ЛЕКЦИЯ № 12 ДОПУСКИ, ОТКЛОНЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

ПЛАН:

1. Основные понятия

2. Виды отклонений расположения поверхностей
3. Измерение отклонений расположения поверхностей

Отклонение расположения поверхностей - отклонение реального расположения рассматриваемого элемента детали от его номинального расположения. Номинальное расположение элемента определяется номинальными линейными и угловыми размерами между ним и базами или между рассматриваемыми элементами, если базы не заданы.

Базой называется элемент детали или сборочной единицы (или выполняющее ту же функцию сочетание элементов), по отношению к которому задается допуск расположения или определяется расположение рассматриваемого нормируемого элемента.

Базой может быть поверхность (например, плоскость), ее образующая или точка (например, вершина конуса, центр сферы), ось, если базой является поверхность вращения.

При оценке отклонений расположения должны исключаться отклонения формы. Для этого реальные поверхности (или профили) заменяются прилегающими, а за оси, плоскости симметрии и центры реальных поверхностей (профилей) принимают оси, плоскости симметрии и центры прилегающих элементов.

Стандартом установлены семь видов отклонений расположения поверхностей: от параллельности; от перпендикулярности; наклона; от соосности; от симметричности; позиционное; от пересечения осей.

**Допуск расположения** – предел, ограничивающий допускаемое значение отклонения расположения поверхностей. Поле допуска расположения характеризуется областью в пространстве или заданной плоскости, внутри которой должен находиться прилегающий элемент или ось, плоскость симметрии в пределах нормируемого участка. Отклонения расположения поверхностей проявляются как независимо друг от друга, так и совместно. Поэтому введены понятия независимого и зависимого допуска расположения и формы.

**Независимый допуск** – это допуск, числовое значение которого постоянно для всей совокупности деталей, изготавливаемых по данному чертежу, не зависит от действительного размера рассматриваемого или базового элемента.

**Зависимый допуск** – это переменный допуск расположения, который зависит от действительного размера нормируемого или базового элемента. Зависимый допуск указывается на чертеже или в технических требованиях, и допускается превышать на величину, соответствующую отклонению действительного размера прилегающего рассматриваемого и (или) базового элемента данной детали.

### **Виды отклонений расположения поверхностей.**

**Отклонение от перпендикулярности плоскостей** – отклонение угла между плоскостями от прямого угла ( $90^\circ$ ), выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка. **Отклонение от параллельности плоскостей** – разность наименьшего расстояния между плоскостями в пределах нормируемого участка.

**Отклонение от соосности относительно базовой поверхности** – наибольшее расстояние между осью рассматриваемой поверхности вращения и осью базовой поверхности на длине нормируемого участка.

**Отклонение от симметричности относительно базового элемента**

– наибольшее расстояние между плоскостью симметрии (осью) рассматриваемого элемента (элементов) и плоскостью симметрии базового элемента в пределах нормируемого участка.

- отклонение от симметричности относительно базовой оси определяется в плоскости, проходящей через базовую ось перпендикулярно к плоскости симметрии.

**Отклонение от пересечения осей** – наименьшее расстояние между номинально пересекающимися осями.

#### **Допуск пересечения осей.**

1. Допуск в диаметральном выражении – удвоенное наибольшее допустимое значение отклонение от пересечения осей.

2. Допуск в радиусном выражении – наибольшее допустимое отклонение от пересечения осей.

**Позиционное отклонение** – наибольшее расстояние между реальным расположением элемента (его центра, оси или плоскости симметрии) и его номинальным расположением в пределах нормируемого участка.

**Отклонения наклона плоскости относительно плоскости или оси** – отклонение угла между плоскостью и базовой плоскостью или базовой осью (прямой) от номинального угла, выраженное в линейных единицах, на длине нормируемого участка.

#### **Измерение отклонений расположения поверхностей.**

Выполнять такие измерения средствами, применяемыми для измерения размеров, затруднительно, так как измерять в подавляющем большинстве приходится в корпусных деталях машин, определяющих положение остальных деталей в машине. Возможны измерения с помощью подобранной группы универсальных средств измерения для единичного производства. Поэтому для измерений отклонений расположения поверхностей в серийном и массовом производстве изготавливают специальные средства, называемые измерительными приспособлениями.

### **ЛЕКЦИЯ № 13 СУММАРНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ.**

ПЛАН:

1. Основные понятия
2. Виды отклонений

При изготовлении деталей машин реальные отклонения формы и расположения поверхностей в большинстве случаев возникают одновременно, то есть поверхность элемента детали при обработке оказывается изготовленной с отклонением как по форме, так и по расположению от базы. Оба эти отклонения складываются (алгебраическая сумма), и возникают так называемые суммарные отклонения формы и расположения поверхности.

**Суммарное отклонение формы и расположения** - отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемой поверхности или рассматриваемого профиля относительно заданных баз.

**Радиальное биение** разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной к базовой оси.

**Торцовое биение** разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной к базовой оси.

**Полное радиальное биение** разность наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка до базовой оси.

**Допуск полного радиального биения** – наибольшее допускаемое значение полного радиального биения.

**Полное торцовое биение** - разность наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной к базовой оси.

**Допуск полного торцового биения** – наибольшее допускаемое значение полного торцового биения.

**Суммарное отклонение от параллельности и плоскостности** - разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной поверхности до базовой плоскости в пределах нормируемого участка.

**Суммарный допуск параллельности и плоскостности** – наибольшее допускаемое значение суммарного отклонения от параллельности и плоскостности.

**Суммарное отклонение от перпендикулярности и плоскостности** - разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой плоскости или базовой оси в пределах нормируемого участка.

**Суммарный допуск перпендикулярности и плоскостности** - наибольшее допускаемое значение суммарного отклонения от перпендикулярности и плоскостности.

**Суммарное отклонение от номинального наклона и плоскостности** - разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной поверхности до плоскости, расположенной под заданным номинальным углом относительно базовой плоскости или базовой оси, в пределах нормируемого участка

**Суммарный допуск от номинального наклона и плоскостности** - наибольшее допускаемое значение суммарного отклонения от номинального наклона и плоскостности.

## **ЛЕКЦИЯ № 14 ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ, ЕЁ НОРМИРОВАНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ**

ПЛАН:

1. Основные понятия
2. Параметры шероховатости поверхностей
3. Обозначение шероховатости на чертежах
4. Методы и средства оценки шероховатости поверхности.

Все поверхности любой детали, независимо от способа их получения, имеют макро- и микронеровности в виде выступов и впадин. Эти неровности, формирующие рельеф поверхности и определяющие ее качество, называют **шероховатостью поверхности**. Шероховатостью поверхности называют совокупность микронеровностей на поверхности детали.

В процессе формообразования деталей на их поверхности появляется шероховатость - ряд чередующихся выступов и впадин сравнительно малых размеров. Шероховатость может быть следом от резца или другого режущего инструмента, копией неровностей форм или штампов, может возникать вследствие вибраций, возникающих при резании, а также в результате действия других факторов.

Влияние шероховатости на работу деталей машин многообразно:

- шероховатость поверхности может нарушать характер сопряжения деталей за счет смятия или интенсивного износа выступов профиля;
- в стыковых соединениях из-за значительной шероховатости снижается жесткость стыков;
- шероховатость поверхности валов разрушает контактирующие с ними различного рода уплотнения;
- неровности, являясь концентраторами напряжений, снижают усталостную прочность деталей;
- шероховатость влияет на герметичность соединений, на качество гальванических и лакокрасочных покрытий;
- шероховатость влияет на точность измерения деталей;
- коррозия металла возникает и распространяется быстрее на грубо обработанных поверхностях и т.п.

Государственный стандарт на шероховатость поверхности устанавливает единый подход к определению величины шероховатости – основой для этого является профиль шероховатости и его параметры.

Сечение поверхности, перпендикулярной к ней плоскостью дает представление о профиле её рельефа: о количестве, форме и величине выступов и впадин неровностей (рис.1). Практически высота выступов и впадин микронеровностей поверхности находится в пределах от 0,08 до 500 мкм и более.

Рисунок 1. Профиль шероховатости поверхности и его характеристики

Базовая линия – это линия, по которой оценивается шероховатость.

Базовая длина участка  $l$  - длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности.



Средняя линия профиля – линия, имеющая форму номинального профиля, с минимальным среднеквадратическим отклонением профиля, от этой линии отсчитывают все числовые значения для шероховатости.

Параметры шероховатости поверхности **Ra, Rz, R max, Sm, S, tp**

Условное обозначение параметра шероховатости	Наименование параметра шероховатости	Определение параметра шероховатости
Ra	Среднее арифметическое отклонение профиля	Среднее арифметическое отклонение точек профиля в пределах базовой длины.
Rz	Высота неровностей профиля по 10 точкам	Сумма средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших минимумов и пяти наибольших максимумов профиля в пределах базовой длины.
R <sub>max</sub>	Наибольшая высота поверхностей профиля	Расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.
S <sub>m</sub>	Средний шаг неровностей профиля	Среднее арифметическое значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины.
S	Средний шаг неровностей профиля по вершинам	Среднее арифметическое значение шага неровностей профиля по вершинам в пределах базовой длины.
tp	Относительная опорная длина профиля	Отношение опорной длины профиля к базовой длине, где "р" - значение уровня сечения профиля.

**Обозначение шероховатости на чертежах. Структура обозначения:**

Значения параметров шероховатости указывают на чертежах нижеследующим образом:

- Ra указывается без символа, а другие параметры с символом.
- При указании диапазона параметров записывают пределы в 2 сроки:

- Номинальное значение параметра записывается с предельным отклонением

- При указании нескольких параметров шероховатости их значения записывают в столбик, сверху вниз в следующем порядке: параметр высоты неровностей ( $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ), параметр шага неровностей ( $S_m, S$ ), относительная опорная длина профиля ( $t_p$ ).

- Если шероховатость нормируется параметром  $R_a$  или  $R_z$  из числа приведенных в таблице "Значения параметров  $R_a$  и  $R_z$  для указанных классов шероховатости" выше, то базовую длину в обозначении шероховатости не указывают.

В зависимости от требуемого вида обработки материалов используют нижеследующие значки шероховатости:

Рис.1 - вид обработки поверхности не устанавливается	Рис.2 - обработка поверхности со снятием слоя материала (токарная, фрезерование....)	Рис.3 - обработка поверхности без снятия слоя материала (ковка, литье....)
	Вид обработки поверхности указывается только в том случае, если другим видом обработки указанное качество поверхности не получить.	
$H=(1,5-3)h$ , $h$ - примерно равна высоте размерных цифр		

#### Методы и средства оценки шероховатости поверхности.

Шероховатость поверхности оценивают двумя основными методами: качественным и количественным.

Качественный метод оценки основан на сравнении обработанной поверхности с эталоном (образцом) поверхности посредством визуального сопоставления, сопоставления ощущений при ощупывании рукой (пальцем, ладонью, ногтем) и сопоставления результатов наблюдений под микроскопом.

Визуальным способом можно достаточно точно определять класс чистоты поверхности, за исключением весьма тонко обработанных поверхностей.

Эталоны, применяемые для оценки визуальным способом шероховатости поверхности, должны быть изготовлены из тех же материалов, с такой же формой поверхности и тем же методом, что и деталь.

Основные области применения образцов:

- контроль шероховатости труднодоступных поверхностей;
- оперативная оценка шероховатости детали на различных стадиях технологического процесса механообработки;
- использование в качестве рабочих образцов при контроле металла и металлоизделий.

Качественную оценку весьма тонко обработанных поверхностей следует производить с помощью микроскопа; можно пользоваться лупой с пятикратным и большим увеличением.

Количественный метод оценки заключается в измерении микронеровностей поверхности с помощью приборов: профилометров и профилографов-профилометров.

**Профилометр** - прибор для измерения неровностей поверхности с отсчитыванием результатов измерения на шкале в виде значений одного из параметров, используемых для оценки этих неровностей— шероховатости поверхности. Первые профилометры появились почти одновременно с профилографами. В профилометрах сигнал получается от датчика с алмазной иглой, перемещающейся перпендикулярно контролируемой поверхности. После электронного усилителя сигнал интегрируется для выдачи усреднённого параметра, количественно характеризующего поверхностные неровности на определённой длине.

**Профилограф** - прибор для измерения неровностей поверхности и представления результатов в виде кривой линии (профилограммы), характеризующей волнистость и шероховатость поверхности. Обработку профилограммы осуществляют графоаналитическим способом. Принцип работы профилографа заключается в последовательном ощупывании поверхности иглой, перпендикулярной к контролируемой поверхности, преобразовании колебаний иглы оптическим или электрическим способом в сигналы, которые записываются на светочувствительную плёнку или бумагу. Первые профилографы появились во 2-й половине 30-х гг. 20 в. и представляли собой оптико-механические устройства с записью сигнала на кино- или фотоплёнку. В современных профилографах колебания иглы обычно преобразуются в колебания электрические напряжения с помощью индуктивных, ёмкостных, пьезоэлектрических и др. преобразователей. Профилографы состоят из трёх блоков: станина с измерительным столиком и приводом, электронный блок и записывающее устройство.

## **ЛЕКЦИЯ № 15 ПОНЯТИЕ О МЕТРОЛОГИИ. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

ПЛАН:

1. Краткие сведения из истории развития метрологии
2. Роль измерений в современном обществе. Основные понятия в области метрологии

### **Краткие сведения из истории развития метрологии**

Метрология как наука и область практической деятельности имеет древние корни. На протяжении развития человеческого общества измерения были основой взаимоотношений людей между собой, с окружающими предметами, природой. При этом вырабатывались определенные представления о размерах, формах, свойствах предметов и явлений, а также правила и способы их сопоставления. Раздробленность территорий и населяющих их народов обуславливала индивидуальность этих правил и способов. Поэтому появлялось множество единиц для измерения одних и тех же величин.

Наименования единиц и их размеров в давние времена давались чаще всего в соответствии с возможностью определения их без специальных устройств, т.е. ориентировались на те, что были "под руками и под ногами". В России в качестве единиц длины были пядь, локоть. Первоначально под пядью понимали максимальное расстояние между концами вытянутых большого и указательного пальцев взрослого

человека. В XVI в. мерную пядь приравнивали к четверти аршина, а в дальнейшем пядь как мера длины постепенно вышла из употребления.

Локоть как мера длины применялась в древние времена во многих государствах (на Руси, в Вавилоне, Египте и др. странах) и определялась как расстояние по прямой от локтевого сгиба до конца среднего пальца вытянутой руки (или большого пальца, или сжатого кулака). Естественно, размер локтя был различным.

Одной из основных мер длины в России долгое время была сажень (упоминается в летописях начала X в.). Размер ее также был не постоянен. Применялись: простая сажень, косая сажень, казенная сажень и др. При Петре 1 по его Указу русские меры длины были согласованы с английскими мерами. Так одна сажень должна была равняться семи английским футам. В 1835 г. Николай 1 своим "Указом правительствующему Сенату" утвердил сажень в качестве основной меры длины в России. В соответствии с этим Указом за основную единицу массы был принят образцовый фунт, как кубический дюйм воды при температуре 13,3 градуса Реомюра в безвоздушном пространстве (фунт равнялся 409,51241 грамм).

Кроме перечисленных мер длины в России использовались и другие меры длины: аршин (0,7112 м), верста (в разные времена размер версты был различным). Для поддержания единства установленных мер еще в древние времена применялись эталонные (образцовые) меры, которые хранились в Церквях, т.к. Церкви являлись наиболее надежными местами для хранения ценных предметов. В принятом в 1134-1135г. уставе говорилось, что переданные на хранение епископу меры надлежало "блюсти без пакости, ни умаливати, ни умноживати и на всякий год взвешивати". Таким образом, уже в те времена производилась операция, которая позже стала называться поверкой.

За умышленно неправильные измерения, обман, связанные с применением мер, предусматривались строгие наказания («казнить близко смерти»).

По мере развития промышленного производства повышались требования к применению и хранению мер, стремление к унификации размеров единиц. Так, в 1736 г. российский Сенат образовал комиссию мер и весов. Комиссии предписывалось разработать эталонные меры, определить отношения различных мер между собой, выработать проект Указа по организации поверочного дела в России. Архивные материалы свидетельствуют о перспективности замыслов, которые предполагала реализовать комиссия. Однако из-за отсутствия средств, эти замыслы в то время не были реализованы.

В 1841 году в соответствии с принятым Указом "О системе Российских мер и весов", узаконившим ряд мер длины, объема и веса, было организовано при Петербургском монетном дворе Депо образцовых мер и весов - первое государственное поверочное учреждение. Основными задачами Депо являлись: хранение эталонов, составление таблиц русских и иностранных мер, изготовление менее точных по сравнению с эталонами образцовых мер и рассылка последних в регионы страны. Поверка мер и весов на местах была вменена в обязанность городским думам, управам и казенным палатам. Были организованы "ревизионные группы", включающие представителей местных властей и купечества, имеющие право изымать неверные или неклеименные меры, а владельцев таких мер привлекать к ответственности. Таким образом, в России были заложены основы единой государственной метрологической службы.

В начале XVШв. появились книги, в которых содержалось описание действующей русской метрологической системы:

Л.Ф.Магницкого "Арифметика" (1703г.), "Роспись полевой книги" (1709г.). Позже, в 1849г. была издана первая научно-учебная книга Ф.И. Петрушевского "Общая

метрология" (в двух частях), по которой учились первые поколения русских метрологов.

Важным этапом в развитии русской метрологии явилось подписание Россией метрической конвенции 20 мая 1875г. В этом же году была создана Международная организация мер и весов (МОМВ). Место пребывания этой организации- Франция (Севр). Ученые России принимали и принимают активное участие в работе МОМВ. В 1889г. в Депо образцовых мер и весов поступили эталоны килограмма и метра. В 1893 г. в Петербурге на базе Депо была образована Главная палата мер и весов, которую возглавлял до 1907г. великий русский ученый Д.И.Менделеев. В это время начали проводиться серьезные метрологические исследования. Д.И.Менделеев вложил много сил в развитие и совершенствование поверочного дела; была образована сеть поверочных палаток, осуществляющих поверку, клеймение и ремонт мер и весов, контроль за их правильным применением. В 1900 г. при Московском окружном пробирном управлении состоялось открытие Поверочной палатки торговых мер и весов. Так было положено начало организации метрологического института в Москве (в настоящее время - Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы - ВИНИМС).

В годы советской власти метрология получила дальнейшее развитие. В 1918г. был принят декрет правительства Российской Федерации "О введении международной метрической системы мер и весов".

В 1930г. произошло объединение метрологии и стандартизации. Была проведена большая работа по изучению состояния метрологической деятельности. Опыт, полученный в эти годы, оказался полезным во время Великой Отечественной войны, когда потребовалось быстрое восстановление измерительного хозяйства на эвакуированных предприятиях и приспособление его к задачам военного производства. После окончания войны сеть поверочных и метрологических организаций начала быстро восстанавливаться. Были созданы новые метрологические институты.

В 1954г. был образован Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при СМ СССР (в дальнейшем Госстандарт СССР). После распада СССР управление метрологической службой России осуществляет Государственный комитет РФ по стандартизации и метрологии (Госстандарт России).

В отличие от зарубежных стран управление метрологической службой в РФ осуществляется в рамках единой сферы управления, включающей и стандартизацию. Однако между этими видами деятельности существуют различия, которые углубляются по мере развития рыночных отношений. Если руководство метрологией и государственный метрологический надзор сохраняется в качестве важнейшей функции государственного управления, то стандартизация, в основу которой, судя по опыту стран с рыночной экономикой, положен диктат производителя, может претерпеть существенные изменения.

Роль измерений в современном обществе.

Основные понятия в области метрологии

**Метрология** (от греч. "метро"- мера, "логос" - учение) - наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства и требуемой точности измерений.

В современном обществе метрология как наука и область практической деятельности играют большую роль. Это связано с тем, что практически нет ни одной сферы человеческой деятельности, где бы не использовались результаты измерений. В нашей стране ежедневно исполняется свыше 20 миллиардов различных измерений. Измерения являются неотъемлемой частью большинства трудовых

процессов. Затраты на обеспечение и проведение измерений составляют около 20 % от общих затрат на производство продукции.

**Измерение** – это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

На основе измерений получают информацию о состоянии производственных, экономических и социальных процессов. Измерительная информация служит основой для принятия решений о качестве продукции при внедрении систем качества, в научных экспериментах и т.д. И только достоверность и соответствующая точность результатов измерений обеспечивает правильность принимаемых решений на всех уровнях управления. Получение недостоверной информации приводит к неверным решениям, снижению качества продукции, возможным авариям.

Для реализации положений большинства Законов РФ ( например, "О защите прав потребителей", "О стандартизации", "О сертификации продукции и услуг", "Об энергосбережении" и др.) необходимо использование достоверной, и сопоставимой информации.

Эффективное сотрудничество с другими странами, совместные разработки научно-технических программ (например, в области освоения космоса, медицины, охраны окружающей среды и др.), дальнейшее развитие торговых отношений требует растущего взаимного доверия к измерительной информации, являющейся по существу основным объектом обмена при совместном решении научно-технических проблем, основой взаимных расчетов при торговых операциях, заключении контрактов на поставку материалов, изделий, оборудования. Создание единого подхода к измерениям гарантирует взаимопонимание, возможность унификации и стандартизации методов и средств измерений, взаимного признания результатов измерений и испытаний продукции в международной системе товарообмена.

Для количественного определения (измерения) того или иного параметра, характеристики продукции, процесса, явления, т.е. любого объекта измерения, необходимо:

1. выбрать параметры, характеристики, которые определяют интересующие нас свойства объекта;
2. установить степень достоверности с которой следует определять выбранные параметры, установить допуски, нормы точности и т.д.;
3. выбрать методы и средства измерений для достижения требуемой точности;
4. обеспечить готовность средств измерений выполнять свои функции привязкой средств измерений к соответствующим эталонам (посредством периодической поверки, калибровки средств измерений);
5. обеспечить учет или создание требуемых условий проведения измерений;
6. обеспечить обработку результатов измерений и оценку характеристик погрешностей.

Перечисленные положения представляют собой своеобразную цепь, изъятие из которой какого-нибудь звена неизбежно приводит к получению недостоверной информации, и как следствие, к значительным экономическим потерям и принятию ошибочных решений.

Возможность применения результатов измерений для правильного и эффективного решения любой измерительной задачи определяется следующими тремя условиями:

1. результаты измерений выражаются в узаконенных (установленных законодательством России) единицах;
2. значения показателей точности результатов измерений известны с необходимой заданной достоверностью;
3. значения показателей точности обеспечивают оптимальное в соответствии с выбранными критериями решение задачи, для которой эти результаты предназначены (результаты измерений получены с требуемой точностью).

Если результаты измерений удовлетворяют первым двум условиям, то о них известно все, что необходимо знать для принятия обоснованного решения о возможности их использования. Такие результаты можно сопоставлять, они могут использоваться в различных сочетаниях, различными людьми, организациями. В этом случае говорят, что обеспечено единство измерений - состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности результатов не выходят за установленные границы с заданной вероятностью.

Третье из перечисленных выше условий определяет требование к точности применяемых методов и средств измерений. Недостаточная точность измерений приводит к увеличению ошибок контроля, к экономическим потерям. Завышенная точность измерений требует затрат на приобретение более дорогих средств измерений. Поэтому это требование является не только метрологическим, но и экономическим требованием, т.к. связано с затратами и потерями при проведении измерений (затраты и потери - экономические критерии).

Если при измерениях соблюдаются все три условия (обеспечивается единство и требуемая точность измерений), то говорят о метрологическом обеспечении. Под метрологическим обеспечением понимается установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

Научной основой метрологического обеспечения является метрология – наука об измерениях. Организационной основой является метрологическая служба России.

**Техническими средствами являются:** система средств измерений, эталонов, система передачи размеров единиц от эталона рабочим средствам измерений, система стандартных образцов, система стандартных справочных данных.

**Правила и нормы** по обеспечению единства измерений установлены в Законе РФ "Об обеспечении единства измерений" и в нормативных документах Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ).

Переход России к рыночной экономике определил новые условия для деятельности отечественных фирм, предприятий и организаций в области метрологического обеспечения. С принятием Закона РФ "Об обеспечении единства измерений" (в апреле 1993г.) начался новый этап развития метрологии, который характеризуется переходом от административного принципа управления метрологической деятельностью к законодательному и в значительной степени гармонизацией российской системы измерений с международной практикой.

В Законе определены сферы деятельности, в которых соблюдение метрологических требований обязательно и на которые распространяется государственный метрологический надзор (статья 13):

- здравоохранение, ветеринария, охрана окружающей среды, обеспечение безопасности труда;
- торговые операции и взаимные расчеты между покупателем и продавцом, в том числе операции с применением игровых автоматов и устройств;
- государственные учетные операции;
- обеспечение обороны государства;
- геодезические и гидрометеорологические работы;
- банковские, налоговые, таможенные и почтовые операции;
- производство продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд в соответствии с законодательством Российской Федерации;
- испытания и контроль качества продукции в целях определения соответствия обязательным требованиям государственных стандартах Российской Федерации;
- обязательная сертификация продукции и услуг;
- измерения, проводимые по поручению органов суда, прокуратуры, арбитражного суда, государственных органов управления Российской Федерации;
- регистрация национальных и международных рекордов.

Государственный надзор за обеспечением единства измерений осуществляют государственные инспекторы, права и обязанности которых также определены Законом.

Следует отметить, что в деятельности по метрологическому обеспечению участвуют не только метрологи, т.е. лица или организации, ответственные за единство измерений, но и каждый специалист: или как потребитель количественной информации, в достоверности которой он заинтересован, или как участник процесса ее получения и обеспечения достоверности измерений.

Современное состояние метрологического обеспечения требует высокой квалификации специалистов. Механическое перенесение зарубежного опыта в отечественные условия в настоящее время невозможно и специалистам необходимо иметь достаточно широкий кругозор, чтобы творчески подходить к выработке и принятию решений на основе измерительной информации. Это касается не только работников производственной сферы. Знания в области метрологии важны и для специалистов по реализации продукции, менеджеров, экономистов, которые должны использовать достоверную измерительную информацию в своей деятельности.

## ЛЕКЦИЯ № 16 ВИДЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ

ПЛАН:

1. Виды измерения
2. Методы измерения

Виды измерения.



Прямое измерение – это измерение, при котором значение измеряемой величины определяют непосредственно по отсчетному устройству. Линейный размер можно установить непосредственно по шкалам линейки, рулетки, штангенциркуля, микрометра, действующую силу - динамометром, температуру - термометром и т.д. Например, измерение высоты  $h$  линейкой глубиномера штангенциркуля ШЦ-1.

Косвенное измерение – это измерение, при котором искомое значение величины определяют перерасчетом результатов прямых измерений величин, связанных с искомой величиной известной нам зависимостью. Косвенные измерения применяют в тех случаях, когда искомую величину невозможно или очень сложно измерить непосредственно, т. е. прямым видом измерения, или когда прямой вид измерения дает менее точный результат. Примерами косвенного вида измерения являются установление объема параллелепипеда перемножением трех линейных величин (длины, высоты и ширины), определенных с использованием прямого вида измерений, расчет мощности двигателя, определение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения и т.д.

Контактное измерение – это измерение, при котором воспринимающее устройство средства измерения имеет механический контакт с поверхностью измеряемой детали. Например, измерения с помощью штангенциркулей, индикатора часового типа и т.д.

Бесконтактное измерение – это измерение, при котором воспринимающее устройство не имеет механического контакта с поверхностью измеряемой детали. Например, измерение элементов резьбы на микроскопе.

Совокупные измерения осуществляют одновременным измерением нескольких одноименных величин, при которых искомое значение находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин. Примером совокупных измерений является калибровка гирь набора по известной массе одной из них и по результатам прямых сравнений масс различных сочетаний гирь.

Совместные измерения - одновременные измерения двух или нескольких не одноименных величин для нахождения зависимости между ними, например измерения объема тела, производимые с измерениями различных температур, обуславливающих изменение объема этого тела.

Абсолютные измерения основаны на прямых измерениях одной или нескольких физических величин. Примером абсолютного измерения может служить измерение диаметра или длины валика штангенциркулем или микрометром, а также измерение температуры термометром. Абсолютные измерения сопровождаются оценкой всей измеряемой величины.

Относительные измерения основаны на измерении отношения измеряемой величины, играющей роль единицы, или измерений величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную. В качестве образцов часто используют образцовые меры в виде плоскопараллельных концевых мер длины.

#### Методы измерения.

Под методом измерений понимают совокупность приемов использования принципов и средств измерений. Принципы измерения определяют совокупность физических явлений, на которых основаны измерения. Все методы измерения поддаются систематизации и обобщению по общим характерным признакам. Наибольшее распространение получила метрологическая классификация методов

измерений, в соответствии с которой методы измерений подразделяются на метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

Метод непосредственной оценки - это такой метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия. В приборе прямого действия предусмотрено преобразование сигнала измерительной информации в одном направлении без применения обратной связи. Например, измерение температуры ртутным термометром. Для измерения методом непосредственной оценки применяют очень много приборов различных видов: манометры, амперметры, расходомеры, барометры и др. Достоинствами этого метода является быстрота получения результата измерения, возможность непосредственного наблюдения за изменениями измеряемой величины. Однако его точностные возможности ограничены погрешностями градуировки прибора.

Метод сравнения с мерой - это такой метод, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. При этом используют прибор сравнения - измерительный прибор, предназначенный для непосредственного сравнения измеряемой величины с известной. Метод сравнения с мерой имеет разновидности, которые часто рассматриваются как самостоятельные методы измерений:

1. дифференциальный метод характеризуется измерением разности между измеряемой величиной и известной величиной, воспроизводимой мерой. Примером дифференциального метода может служить измерение вольтметром разности двух напряжений, из которых одно известно с большой точностью, а другое представляет собой искомую величину;
2. нулевой метод - при котором разность между измеряемой величиной и мерой сводится к нулю. При этом нулевой метод имеет то преимущество, что мера может быть во много раз меньше измеряемой величины, например взвешивание на весах, когда на одном плече находится взвешиваемый груз, а на другом - набор эталонных грузов;
3. метод замещения - метод сравнения с мерой, в котором измеренную величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой. Метод замещения применяется при взвешивании с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашу весов;
4. метод совпадений - метод сравнения с мерой, в котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадение от-меток шкал или периодических сигналов. Примером использования данного метода может служить измерение длины при помощи штангенциркуля с нониусом

Метод сравнения с мерой точнее метода непосредственной оценки. Точностные возможности метода сравнения с мерой определяются в основном погрешностью изготовления применяемых мер.

## **ЛЕКЦИЯ № 17 ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ**

ПЛАН:

1. Определение погрешности

## 2. Классификация погрешностей

### 3.

На процесс измерения и получение результата измерения оказывает воздействие множество факторов: характер измеряемой величины, качество применяемых средств измерений, метод измерений, условия измерения (температура, влажность, давление и т.п.), индивидуальные особенности оператора (специалиста, выполняющего измерения) и др. Под влиянием этих факторов результат измерений будет отличаться от истинного значения измеряемой величины.

Отклонение результата измерений от истинного значения измеряемой величины называют погрешностью измерения.

Это теоретическое определение погрешности, т.к. как истинное значение величины неизвестно. При метрологических работах вместо истинного значения используют действительное значение, за которое принимают обычно показание эталонов. В практической деятельности вместо истинного значения используют его оценку.

По форме числового выражения погрешности измерений подразделяют на:

1. Абсолютные погрешности – это разность между значением величины, полученным при измерении, и ее истинным значением, выражаемая в единицах измеряемой величины.
2. Относительная погрешность определяется отношением абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины. Например, вагон массой 50 т измерен с абсолютной погрешностью  $\pm 50$  кг, относительная погрешность составляет  $\pm 0,1$  %.

По характеру проявления погрешности измерений подразделяют на:

1. Систематическая погрешность остается постоянной или изменяется по определенному закону при повторных измерениях одной и той же величины. Если известны причины, вызывающие появление систематических погрешностей, то их можно обнаружить и исключить из результатов измерений.
2. Случайная погрешность изменяется случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины. Случайные погрешности относятся к случайным величинам (событиям, явлениям). В отличие от систематических погрешностей случайные погрешности нельзя исключить из результатов измерений. Однако их влияние может быть уменьшено путем применения специальных способов обработки результатов измерений, основанных на положениях теории вероятности и математической статистики.
3. *Грубая погрешность измерения* - погрешность, значение которой существенно выше ожидаемой.

В зависимости от последовательности причины возникновения различают следующие виды погрешностей:

1. Инструментальная погрешность - составляющая погрешности измерения, зависящая от погрешностей применяемых средств. Эти погрешности определяются качеством изготовления самих измерительных приборов.

2. Погрешность метода измерения - составляющая погрешности измерения, вызванная несовершенством метода измерений.
3. Погрешность настройки - составляющая погрешности измерения, возникающая из-за несовершенства осуществления процесса настройки.
4. Погрешность отсчёта - составляющая погрешности измерения, вызванная недостаточно точным считыванием показаний средств измерений.
5. Погрешность поверки - составляющая погрешности измерений, являющаяся следствием несовершенства поверки средств измерений. Погрешности от измерительного усилия действуют в случае контактных измерительных приборов. При оценке влияния измерительного усилия на погрешность измерения, необходимо выделить упругие деформации установочного узла и деформации в зоне контакта измерительного наконечника с деталью.

Влияющая физическая величина - физическая величина, не измеряемая данным средством, но оказывающая влияние на результаты измеряемой величины, например: температура и давление окружающей среды; относительная влажность и др. отличные от нормальных значений.

Погрешность средства измерения, возникающая при использовании его в нормальных условиях, когда влияющие величины находятся в пределах нормальной области значений, называют основной.

Если значение влияющей величины выходит за пределы нормальной области значений, появляется дополнительная погрешность.

Нормальные условия применения средств измерений - условия их применения, при которых влияющие величины имеют, нормальные значения или находятся в пределах нормальной (рабочей) области значений. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений и поверки регламентированы соответственно ГОСТ 8.050-73 и ГОСТ 8.395-80.

Нормальная температура при проведении измерений равна 20 °С (293 К), при этом рабочая область температур составляет 20 °С ± 1°.

Температурные погрешности вызываются температурными деформациями. Они возникают из-за разности температур объекта измерения и средства измерения. Существуют два основных источника, обуславливающих погрешность от температурных деформаций: отклонение температуры воздуха от 20 °С и кратковременные колебания температуры воздуха в процессе измерения.

Субъективные погрешности - погрешности, зависящие от оператора. Возможны четыре вида субъективных погрешностей:

1. погрешность отсчитывания - возникает из-за видимого изменения относительных положений отметок шкалы вследствие перемещения глаза наблюдателя - погрешность параллакса. Параллакс – это кажущееся смещение указателя относительно штриха шкалы, вызванное сдвигом глаза наблюдателя с перпендикуляра, опущенного через указатель на плоскость шкалы
2. погрешность присутствия - проявляется в виде влияния теплоизлучения оператора на температуру окружающей среды, а тем самым и на измерительное средство;

3. погрешность действия – вносится оператором при настройке прибора;

4. профессиональные погрешности - связаны с квалификацией оператора, с отношением его к процессу измерения.

Результат наблюдения - значение величины, полученное при отдельном наблюдении.

Результат измерения - значение величины, найденное в процессе измерения, после обработки результатов наблюдения.

Стабильность средства измерений - качественная характеристика средства измерений, отражающая неизменность во времени его метрологических свойств.

Для характеристики качества измерений применяют такие термины, как точность, правильность, сходимость и воспроизводимость измерений.

Точность измерений - качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. Высокая точность измерений соответствует малым погрешностям всех видов, как систематических, так и случайных.

Правильность измерений - качество измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей в их результатах. Результаты измерений правильный постольку, поскольку они не искажены систематическими погрешностями.

Сходимость измерений - качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в одинаковых условиях (одним и тем же средством измерений, одним и тем же оператором). Для методик выполнения измерений сходимость измерений является одной из важнейших характеристик.

Воспроизводимость измерений - качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях (в различное время, в разных местах, разными методами и средствами измерений). В процедурах испытаний продукции воспроизводимость является одной из важнейших характеристик.

В Законе РФ "Об обеспечении единства измерений" установлено, что положения этого Закона направлены на защиту интересов граждан, правопорядка и экономики страны от последствий недостоверных результатов измерений.

Для реализации положения Закона любая измерительная информация (приводимая в нормативных и технических документах, справочных пособиях и научно-технической литературе и др.), предназначенная для практического использования, должна сопровождаться указанием характеристик погрешности измерений.

## Список литературы

1. Ганевский Г.М., Гольдин И.И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. М.: Высшая школа, 1987г.
2. Зайцев С.А, Куранов А.Д., Толстов А.Н. Допуски и технические измерения. М.: Издательский центр «Академия», 2012.
3. -Покровский Б.С., Евстигнеев Н.А. Технические измерения в машиностроении. М.: Изд. центр Академия, 2012 г.
4. Интернет- ресурсы:
  - [www.i-mash.ru/](http://www.i-mash.ru/) (ГОСТ 25346-89. ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений);
  - [www.standartizac.ru/](http://www.standartizac.ru/) (Справочник «Стандартизация»).