1. Точность деталей, узлов и механизмов.

Точность в технике – это степень приближения истинного значения параметра, процесса, предмета к его заданному значению.

Требования к точности могут относиться к точности механического или другого вида обработки, механизмов и машин, систем автоматизированного управления, измерений и т.д.

Точность – это качественный показатель, характеризующий отличие этого показателя от заданного значения. Однако этот показатель невозможно использовать при нормировании требований о приближении значения к заданному.

Термин «погрешность» используется для количественной оценки точности. Погрешность – разность между приближенным значением некоторой величины и её точным значением.

Теория точности механизмов занимается двумя задачами.

Задача 1 состоит в определении рациональных параметров механизма и точностных требований к отдельным деталям и узлам на основе точности работы всего механизма. Решение этой задачи представляет большие трудности, так как исходя, из эксплуатационного назначения механизма и его суммарной точности нужно решить вопрос: о допускаемых отклонениях размеров всех звеньев, о допускаемых отклонениях формы поверхностей и требованиях к шероховатости поверхностей. Задача обычно решается методом постепенных приближений или путём наложения дополнительных условий.

Задача 2 заключается в расчёте результативной точности механизма на основе разработанных конструктивных чертежей и точностных требований к отдельным звеньям механизма. Эта задача решается проще, так как она сводится к суммированию влияния отдельных составляющих погрешностей механизма и к определению общей неточности рассчитываемого механизма. Исходя из подобного расчёта, могут быть обоснованно сформулированы требования к точности механизма в целом, на основе которых обычно выполняются контрольно-приёмные испытания. Кроме того, точностной расчёт помогает целесообразно откорректировать требования к отдельным деталям, исходя из учёта воздействия отдельных составляющих погрешностей на суммарную неточность механизма и трудности технологического обеспечения необходимой точности деталей.

2. Взаимозаменяемость и её виды.

Нормирование требований к точности связано с необходимостью обеспечения принципа взаимозаменяемости.

Взаимозаменяемостью изделий, их частей или других видов продукции (сырья, материалов и т.д.) называется их свойство равноценно заменять любой из множества экземпляров изделий, их частей или иной продукции другим однотипным экземпляром.

Можно выделить несколько видов взаимозаменяемости по разным классификационным признакам.

Полная взаимозаменяемость – это вид взаимозаменяемости, при которой обеспечивается возможность сборки любых независимо изготовленных с заданной точностью однотипных деталей в составные части, а последних – в изделия без дополнительных операций по обработке, без регулирования и без подбора.

Неполная взаимозаменяемость имеет место, когда при сборке может потребоваться установка детали либо узла с размерами определённой группы – групповая взаимозаменяемость (селективная сборка, например, при производстве подшипников) или требуется дополнительная обработка одного из элементов детали, или дополнительное регулирование положения деталей в узле.

Размерная (геометрическая) и параметрическая взаимозаменяемость. При установке электронно-лучевой трубки в телевизор последняя обладает размерной взаимозаменяемостью, но не обладает параметрической, поскольку необходима регулировка параметров электрических контуров с учётом конкретных параметров этой трубки. Параметрическая взаимозаменяемость чаще всего относится к устройствам, в которых эксплуатационные свойства характеризуются оптическими, электрическими и другими физическими параметрами.

Внешняя и внутренняя взаимозаменяемость. Это понятие относится к узлам и к изделию в целом.

Внешняя – это взаимозаменяемость по выходным данным узлам: его присоединительным размерам или эксплуатационным параметрам (подшипники и электродвигатель).

Внутренняя – это взаимозаменяемость деталей, входящих в узел, или узлов, входящих в изделие. (Подшипник не обладает внутренней взаимозаменяемостью, но обладает внешней).

Взаимозаменяемость не сводится только к облегчению сборки независимо изготовленных деталей и узлов, а это всеобъемлющее понятие современного производства, охватывающее экономические вопросы проектирования, изготовления и эксплуатации.

Основное назначение взаимозаменяемости заключается в обеспечении большого объёма производства изделий необходимого качества с минимальными затратами.

Основными достоинствами взаимозаменяемого производства являются:

1. Облегчается процесс конструирования. Конструктору не требуется каждый раз изобретать все детали и узлы, а можно (и нужно) использовать стандартные опробованные конструктивные решения. Он не должен придумывать точностные требования к деталям, а выбирает эти требования из соответствующих нормативных документов.
2. Обеспечивается широкая специализация и кооперирование.
3. Удешевляется производство. Это достигается за счёт специализации.
4. Упрощается процесс сборки.
5. Упрощается ремонт.

3. Ряды значений геометрических параметров.

Чтобы повысить уровень взаимозаменяемости и уменьшить номенклатуру изделий и типоразмеров заготовок, размерного режущего инструмента, оснастки и калибров, а также создать условия для эффективной специализации и кооперирования предприятий применяется принцип предпочтительности. Согласно этому принципу устанавливают несколько рядов значений стандартизуемых параметров с тем, чтобы при их выборе первый ряд предпочитать второму, второй – третьему и т.д. по такому принципу построены ряды шагов метрической резьбы, ряды нормативных углов, стандарты на допуски и посадки для гладких цилиндрических соединений и т.д. принцип предпочтительности основан на применении рядов предпочтительных чисел. Наиболее широко используют ряды предпочтительных чисел, построенные по геометрической прогрессии. Она представляет собой ряд чисел с постоянным отношением двух соседних чисел – знаменателем φ прогрессии. Наиболее удобными являются геометрические прогрессии, включающие

число 1 и имеющие $\varphi_{n=} \sqrt[n]{10}$. В соответствии с рекомендациями ИСО установлено четыре основных десятичных ряда предпочтительных чисел со знаменателем

φ: $\sqrt[5]{10}$ =1,5849≈1,6 для ряда R5;

$\sqrt[10]{10}$ =1,2589≈1,25 для ряда R10;

$\sqrt[20]{10}$=1,1220≈1,12 для ряда R40.

В отдельных случаях допускается применять ряд R80 с $\varphi= \sqrt[80]{10}$≈1,03 и производные ряды, полученные из основных R5-R40 и дополнительного R80 отбором каждого второго, третьего или какого-либо другого члена ряда. Можно также составлять ряды, которые в различных диапазонах имеют неодинаковые φ. При выборе ряда предпочтительных чисел целесообразно использовать ряды с большим значением φ, но выбор ряда необходимо технически и экономически обосновать.

Иногда применяют ряды предпочтительных чисел, построенные по арифметической прогрессии, например, 1, 2, 3, 4, 5, 6… или 25, 50, 75, 100, 125, 150… Для арифметического ряда характерно то, что разность между любыми двумя соседними числами его всегда постоянна. Применяют также ступенчато-арифметические ряды, у которых на отдельных отрезках прогрессии разности между соседними членами различны, например, ряды диаметров метрической резьбы: 14 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2; 2,2;… 3; 3,5; 4; 4,5; …; 145; 150; 155; 160 и т.д.

4. <u>Номинальный размер.</u>

Номинальный размер (D, d, **l** и др.) – размер, который служит началом отчёта отклонений. Для деталей, составляющих соединение, номинальный размер является общим. Номинальные размеры находят расчётом их на прочность и жёсткость, а также исходя из совершенства геометрических форм и обеспечения технологичности изделий.

Значения размеров, полученные расчётом, следует округлять (как правило, в большую сторону) в соответствии со значениями, указанными в ГОСТ 6636-69. номинальные значения линейных размеров (диаметров, длин, высот и т.д.) берутся из рядов предпочтительных чисел с определённым округлением. Например, по R5 (знаменатель 1,6) берутся значения 10; 16; 25; 40; 63; 100; 250; 400; 630 и т.д.

Технологические межоперационные размеры, размеры, зависящие от других принятых размеров, а также размеры, регламентированные в стандартах на конкретные изделия (например, средний диаметр резьбы h могут не соответствовать ГОСТ 6636-69).

5. <u>Действительный размер. Предельные размеры.</u>

Действительный размер – размер, установленный измерением с допускаемой погрешностью. Этот термин введён, потому что невозможно изготовить деталь с абсолютно точными требуемыми размерами и измерить их без внесения погрешности.

Предельные размеры – два предельно допускаемых размера элемента детали, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер. Больший из них называют наибольшим предельным размером, меньший – наименьшим предельным размером. Обозначаются они D_{max} и D_{min} для отверстия, - d_{max} и d_{min} для вала. Сравнение действительного размера с предельными даёт возможность судить о годности детали.

Необходимо выделить принципиальное положение: нормировать точность размера – это, значит, указать два его возможных (допускаемых) предельных размера. Однако при оформлении чертежей указание двух предельных значений размера неудобно, поэтому для этого применяют способ с использованием номинального размера и отклонений.

6. <u>Отклонения и допуски. Графическое изображение полей допусков.</u>

Отклонение – алгебраическая разность между размером (предельным или действительным) и соответствующим номинальным размером.

Поскольку размер может быть как больше, так и меньше номинального, то используется термины «верхнее» и «нижнее» отклонения при нормировании требований к точности размера.

Верхнее отклонение – алгебраическая разность между наибольшим предельным и соответствующим номинальным размером.

Нижнее отклонение – алгебраическая разность между наименьшим и соответствующим номинальным размером.

Верхнее отклонение обозначают ES у отверстий и es у валов, нижнее отклонение обозначают EI у отверстий, ei у валов.

Действительным отклонением называют алгебраическую разность между действительным и номинальным размерами. Отклонение является положительным (имеет знак +), если предельный или действительный размер больше номинального, а отрицательным (имеет знак -), если указанные размеры меньше номинального.

На чертежах номинальные и предельные линейные размеры и их отклонения проставляют в миллиметрах, например, $42^{+0,025}$; $42_{-0,025}$; $42^{+0,003}_{-0,013}$; $42^{-0,013}_{-0,024}$; $42^{+0,013}_{+0,003}$. Предельные отклонения в таблицах допусков указываются в микрометрах. При равенстве абсолютных значений отклонений их указывают, например, 60±0,2. Отклонение, равное нулю, на чертежах не проставляют, например, $200_{-0,2}$; $200^{+0,2}$.

Допуском Т (от латинского Tolerance – допуск) называют разность между наибольшим и наименьшим допускаемыми значениями того или иного параметра. Допуск Т размера – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютное значение алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями. Допуск всегда положителен. Он определяет допускаемое поле рассеяния действительных размеров годных деталей в партии, т.е. заданную точность изготовления.

Выбор допуска должен быть обоснован. Во всех случаях, где это, возможно, следует использовать большие допуски, так как это экономически выгодно для производства, но только в тех пределах, чтобы это не влияло на качество выпускаемой продукции.

Часто наравне с термином «допуск» употребляют термин «поле допуска». Поле допуска – поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Поле допуска определяется значением допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии.

Нулевая линия – линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладывают отклонения размеров при графическом изображении допусков. Обычно нулевая линия располагается горизонтально, и плюсовые отклонения от номинала откладываются вверх, а минусовые – вниз (рис.1).

На рис.1 указаны отклонения и границы, которые соответствуют предельным нормируемым размерам элемента детали. Между верхним и нижним отклонениями расположено поле допуска.

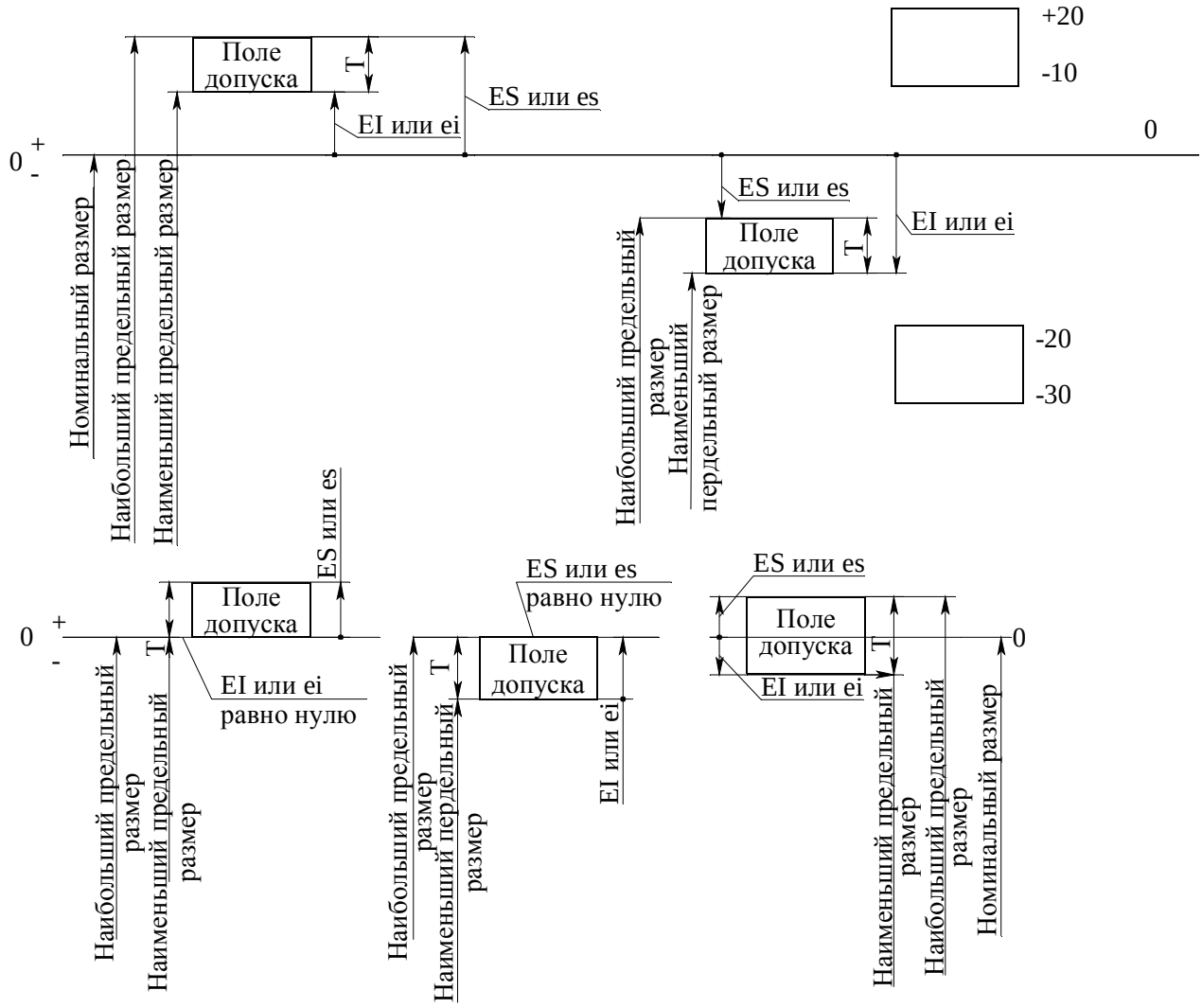


Рис. 1 Графическое изображение размеров и отклонений

Обычно при нормировании точности выделяют одно отклонение, которым характеризуют положение поля допуска относительно номинального размера. Это отклонение получило название – основное отклонение.

Основное отклонение – одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии. Основным отклонением является отклонение, ближайшее к нулевой линии, т.е. отклонение, которое характеризует возможное минимальное отклонение размера от номинального размера.

На рис.1 у полей допусков, расположенных над нулевой линией основным отклонением являются нижние отклонения, а расположенные под нулевой линией – верхние отклонения.

В отношении границ предельных размеров, ограниченных верхним и нижним отклонениями, используются ещё понятие предел максимума материала или предел минимума материала.

Предел максимума материала – термин, относящийся к тому из предельных размеров, которому соответствует наибольший объём (масса) материала, т.е. наибольшему предельному допускаемому размеру вала и наименьшему предельному допускаемому размеру отверстия.

Предел минимума материала – термин, относящийся к тому из предельных допускаемых размеров, которому соответствует наименьший объём (масса) материала, т.е. наименьшему предельно допускаемому размеру вала и наибольшему допускаемому размеру отверстия.

7. <u>Виды сопряжений в технике. Виды посадок.</u>

Две или несколько неподвижно или подвижно соединяемых деталей называют сопрягаемыми. Поверхности, по которым происходит соединение деталей, называют сопрягаемыми. Остальные поверхности называют несопрягаемыми (свободными).

По форме сопрягаемых поверхностей деталей различают:

гладкие цилиндрические и конические соединения, состоящие из охватывающей и охватываемой цилиндрических или конических поверхностей;

плоские соединения, состоящие из поверхностей, образованных плоскостями;

резьбовые и винтовые соединения, состоящие из винтовых поверхностей, имеющих в нормальном сечении треугольный, трапецеидальный или другой профиль;

зубчатые и червячные соединения, состоящие из периодически соприкасающихся друг с другом зубьев колёс или зубьев червячного колеса и винтовых поверхностей червяка;

шлицевые соединения, имеющие охватывающую (продольные пазы) и охватываемую (шлицы прямобочного, эвольвентного или другого вида профиля) поверхности, и другие соединения.

Вместо термина «охватываемая поверхность» применяют термин «вал». Вместо термина «охватывающая поверхность» применяют термин отверстие». Термины отверстие и вал относятся не только к цилиндрическим деталям круглого сечения, но и к элементам деталей другой формы, например, ограниченным двумя параллельными плоскостями (паз, шпонка).

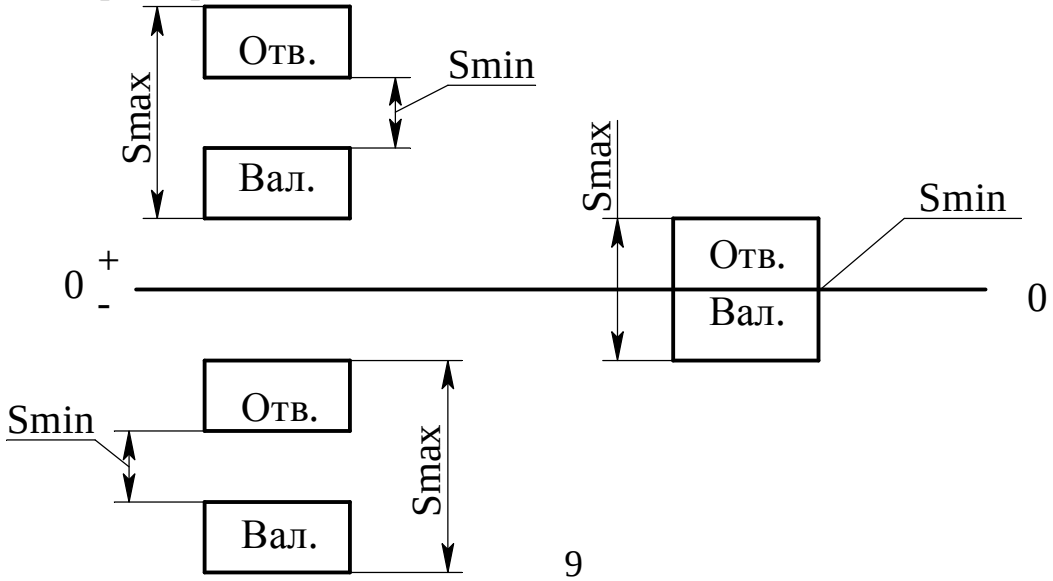
По степени взаимного перемещения сопрягаемых деталей различают подвижные соединения, в которых одна сопрягаемая деталь во время работы перемещается относительно другой в определённых направлениях, и неподвижные соединения, когда одна деталь неподвижна относительно другой в течение всего времени работы механизма. В последнем случае детали соединяются путём запрессовки вала в отверстие.

Степень подвижности одной детали относительно другой определяется посадкой.

Посадка – характер соединения деталей, определяемый значениями получающихся в ней зазоров или натягов. Зазор – разность между размерами отверстия и вала до сборки, если размер отверстия больше размера вала. Натяг - разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия.

Добавлением в определениях слов «до сборки» определяется тем, что в результате сборки может происходить деформация сопрягаемых поверхностей. посадки разделяют на три вида: посадки с зазором, посадки с натягом, переходные посадки.

При графическом изображении (рис.2) посадки с зазором поле допуска отверстия всегда расположено над полем допуска вала, т.е. размеры отверстия всегда больше размера вала.



Посадки с зазором характеризуются значением наименьшего S_{min} и наибольшего S_{max} зазоров, между которыми должен находиться действительный зазор при изготовлении деталей в пределах нормируемого допуска.

Предельные зазоры определяются по формулам:

$S_{max} = D_{max} – d_{min}$; $S_{min} = D_{min} – d_{max}$.

При графическом изображении (рис.3) посадки с натягом поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала, т.е. размеры отверстия меньше размеров вала.

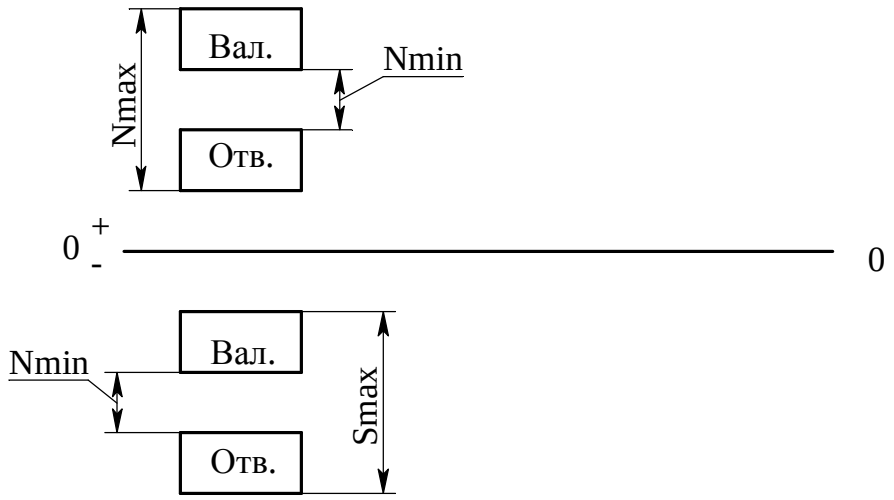


Рис. 3 Графическое изображение посадок с натягом

Посадки с натягом характеризуются значением наименьшего N_{min} и наибольшего N_{max} натягов, между которыми должен находиться действительный натяг. Предельные натяги определяются по формулам:

$N_{max} = d_{max} – D_{min}$; $N_{min} = d_{min} – D_{max}$.

Переходная посадка – посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга в соединении в зависимости от действительных размеров вала и отверстия. При графическом изображении (рис.4) поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью.

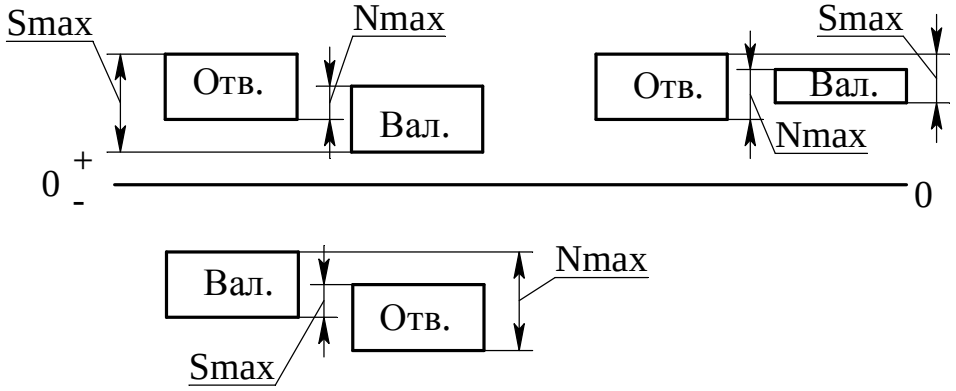


Рис. 4 Графическое изображение переходных посадок

Переходные посадки характеризуются наибольшим натягом N_{max} и наибольшим зазором S_{max}. Если при изготовлении окажется, что размер отверстия соответствует наибольшему предельному размеру D_{max}, а размер вала - наименьшему предельному размеру d_{min} то получится максимально допустимый зазор S_{max} в том сопряжении, т.е. $S_{max} = D_{max} – d_{min}$. При размере вала, после изготовления соответствующего наибольшему предельно допустимому d_{max}, а отверстие – наименьшему предельно допустимому D_{min}, получится наибольший допустимый натяг N_{max}, т.е. $N_{max} = d_{max} – D_{min}$. При равенстве действительных размеров вала и отверстия $N_{min} = S_{min} = 0$.

Переходные посадки используются взамен посадок с натягом, когда необходимо иногда производить разборку и сборку при эксплуатации. Обычно переходная посадка требует дополнительного закрепления сопрягаемых деталей, поскольку они имеют небольшие предельные зазоры и натяги.

8. <u>Расчёт и выбор посадок.</u>

Существуют три метода выбора допусков и посадок:

- метод аналогов, который заключается в том, что конструктор отыскивает в однотипных и других изделиях ранее спроектированных и эксплуатируемых, случаи применения сборочный единицы, подобной проектируемой, и назначает такие же или аналогичные допуски и посадки;

– метод подобия, являющийся развитием метода аналогом. Он возник в результате классификации деталей машин по конструктивным и эксплуатационным признакам и обобщения справочных материалов для определения допусков и посадок. При использовании этого метода для выбора допусков и посадок устанавливают аналогию конструктивных признаков и условий эксплуатации проектируемой сборочной единицы со справочными. Однако в справочниках конструктивные и эксплуатационные показатели классифицируются часто общими выражениями, не отражающими количественных значений параметров, что затрудняет выбор посадок. Общим недостатком названных методов является сложность определения признаков однотипности и подобия, возможность выбора ошибочных допусков и посадок.

– расчётный метод – наиболее обоснованный метод выбора допусков и посадок. Выбранные этим методом допуски и посадки при проектировании изде-

лий наиболее удовлетворяют эксплуатационно-конструктивным требованиям, предъявляемым к деталям, сборочной единице и изделию в целом.

9. **Единая система нормирования и стандартизации показателей точности.**

9.1 Общие понятия о системах допусков и посадок.

С развитием техники, развитием торговли, кооперации между отдельными предприятиями и отраслями стало необходимым ввести единый подход к нормированию показателей точности деталей и механизмов, чтобы можно было обеспечить взаимозаменяемость.

Решение вопроса о едином подходе к нормированию требований к размерам деталей выразилось в создании системы допусков и посадок.

Системой допусков и посадок называют совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов. Система предназначена для выбора минимально необходимых, но достаточных для практики вариантов допусков и посадок типовых соединений деталей машин, даёт возможность стандартизировать режущие инструменты и калибры, облегчает конструирование, производство и достижение взаимозаменяемости изделий и их частей, а также обуславливает повышение их качества.

В настоящее время большинство стран мира применяют системы допусков и посадок ИСО.

Наша страна применяет единую систему допусков и посадок (ЕСДП) и основные нормы взаимозаменяемости, которые базируются на стандартах и рекомендациях ИСО. ЕСДП распространяется на допуски размеров гладких элементов деталей и на посадки, образуемые при соединении этих деталей. Основные нормы взаимозаменяемости включают системы допусков и посадок на резьбы, зубчатые передачи, конуса и др.

9.2 Основные признаки системы допусков и посадок.

Любая система допусков и посадок должна обладать определёнными признаками. Можно выделить шесть таких признаков.

1. Интервал размеров.
2. Единица допусков.
3. Ряды точности (допуски).

4. Поля допусков отверстий и валов.
5. Посадки в системе отверстия и вала.
6. Нормальная температура.

В отношении ЕСДП система изложена в ГОСТ 25346-89 «ЕСПД. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений» и в ГОСТ 25347-82 «ЕСДП. Поле допусков и рекомендуемые посадки».

Установлено практикой, что с одинаковой трудностью можно изготовить детали в определенном диапазоне размеров, поэтому в любой системе допусков и посадок допуски даются одинаковыми для определённого интервала размеров, благодаря чему учитывается особенность обработки детали определённой точности в определённом диапазоне.

Установленные в системе допусков интервалы разделяются на основные и промежуточные. Например, свыше 3 до 6 мм, свыше 6 до 10 мм, свыше 30 до 50 мм и т. д. Промежуточные интервалы даются для размеров свыше 10 мм и делят каждый основной интервал на 2 или 3 интервала, например, свыше 30 до 40 мм, свыше 40 до 50 мм.

При назначении допусков необходимо было выбрать закономерность изменения допусков с учётом значения номинального размера. Поэтому в каждой системе имеется так называемая единица допуска, которая является как бы масштабом (мерой) допуска.

Единица допуска (i) – множитель в формулах допусков, являющийся функцией номинального размера и служащий для определения числового значения допуска.

В ЕСДП для размеров до 500 мм $i=0{,}45\sqrt[3]{D}+0{,}001D$, где D - среднегеометрическое значение из крайних значений каждого интервала номинальных размеров, т.е. $D=\sqrt{D_{\min} x D_{\max}}$ (например, для интервала свыше 6 до 10 мм $D=\sqrt{6x10}\approx 7{,}7$), i – единица допуска, мкм.

В зависимости от места использования элементов деталей, имеющих одинаковый номинальный размер, к ним могут предъявляться различные требования в отношении точности размеров. Поэтому для всех номинальных размеров (т.е. интервалов номинальных размеров) нужно давать несколько значений допусков. В каждой системе создаются такие ряды допусков, которые в ЕСДП называются ква-

литетами. В некоторых нормативных документах ряды точности называются степенью.

Квалитет (степень точности) – совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров.

В ЕСДП предусмотрено 20 квалитетов, обозначаемых порядковым номером, возрастающим с увеличением допуска:01; 0; 1; 2; … ; 18. сокращённо допуск по квалитету обозначается буквами IT (International Tolerance – международный допуск), а номер квалитета, например, IT8, означает допуск по 8-у квалитету.

Значения допусков получаются умножением единицы допуска I на определённое, постоянное для данного квалитета число, а IT=a·i, где a – число единиц допуска, зависящее от квалитета и не зависящее от номинального размера, например, для квалитетов 6, 8, 9, «а» соответственно равно 10, 16, 25.

В ЕСДП для указания положения поля допуска относительно номинального размера нормируются значения основных отклонений, которые обозначаются латинскими буквами прописными для отверстий и строчными для валов. В качестве основного отклонения нормируются отклонения, ближайшие к нулевой линии (рис.5). Всего предусмотрено по 28 основных отклонений для валов и отверстий.

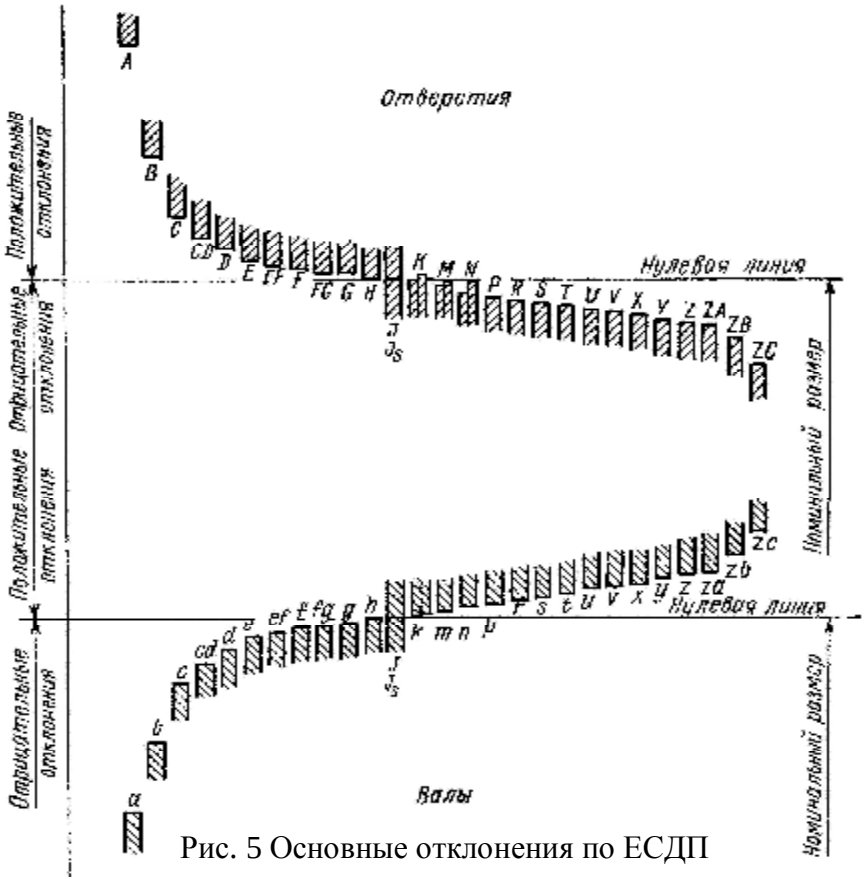


Рис. 5 Основные отклонения по ЕСДП

Некоторые особенности приведения основных отклонений.

а) Основные отклонения H и h равны нулю. Эти отклонения относятся к основному отверстию и основному валу и наиболее широко используются.

б) Основные отклонения валов от a до h и отверстий от A до H используются для образования полей допусков, предназначенных для посадок с зазором.

в) в переходных посадках используются чаще всего основные отклонения от js до n у валов, от Js до N у отверстия. Буквами js и Js фактически не обозначаются основные отклонения, а указывается, что поле допуска располагается симметрично относительно нулевой линии, а числовые значения верхнего и нижнего отклонения одинаковые и равны половине допуска соответствующего квалитета, но имеют противоположные знаки.

г) основные отклонения валов от p до zc и отверстий P до ZC используются в основном для образования полей допусков для посадок с натягом.

д) Значения основных отклонений нормируются разными в зависимости от интервалов номинальных размеров.

е) Основные отклонения отверстий, как правило (с некоторым исключение) равны числовому значению и противоположны по знаку основным отклонениям валов, обозначаемым той же буквой, для одних и тех же интервалов размеров.

Поле допуска в ЕСДП обозначаются сочетанием основного отклонения и квалитета. Условное обозначение полей допусков, поэтому состоит из указанных отклонений и номера из указания отклонения и номера квалитета, например, для валов: h7, d8, js6, для отверстий: H7, D8, Js6.

В ЕСДП нормируется одно отклонение (основное), а другое отклонение находится добавлением значения допуска к этому отклонению. Если основное отклонение является нижним, т.е. выше нулевой линии, то допуск добавляется со знаком минус.

Система ЕСДП допускает любое сочетание основных отклонений (букв) и квалитетов (цифр), но такой большой набор полей допусков не целесообразен , а технически в нем нет необходимости. Исходя из этого , в ЕДСП дается набор допусков как сочетание некоторых основных отклонений и квалитетов. Всего такой набор в ГОСТ 25347-82 включает 72 поля допуска отверстий и 80 поля допуска валов. Этот набор называют основным. Практически можно обойтись значитель-

но меньшим набором, поэтому в стандарте выделяется предпочтительный набор полей допусков, который включает 10 полей допусков для отверстий и 16 для валов.

В практической деятельности необходимо всегда стремиться использовать приведенные предпочтительные поля допусков. Это в значительно мере будет способствовать экономичности производства, поскольку только для этих полей допусков, в основном, выпускаются различные виды инструмента.

Предпочтительные поля допусков валов: g6; h6; js6; k6; n6; p6; r6; s6; f7; h7;e8; h8; d9; h9; d11; h11. Предпочтительные поля допусков отверстий: H7; J_s7; K7; N7; P7; F8; H8; E9; H9; H11.

Посадки во всех системах образуется сочетанием полей допусков отверстия и вала. Посадки с одинаковыми зазорами или натягами можно получить при разном положении полей допусков отверстий и вала. В нормативных документах на точность размеров всех стран мира используется принципиальный подход к ограничению свободы в установлении полей допусков валов и отверстий. Это ограничение сформулировано в понятии – система отверстия и система вала.

Принципиальный подход в этих системах заключается в том, что при образовании всех трёх видов посадок вводятся ограничение в расположении допусков одного из участников в сопряжении элемента, т.е. прилагается постоянное положение одного из полей допусков (вала или отверстия), причём один из предельных размеров вала или отверстия будет совпадать с номинальным размером. такие отверстия и валы получили название основные.

Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю. Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

Посадки в системе отверстия – посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков валов с одним полем допуска основного отверстия (рис.6а).

Посадки в системе вала – посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков отверстий с одним полем допуска основного вала (рис. 6б).

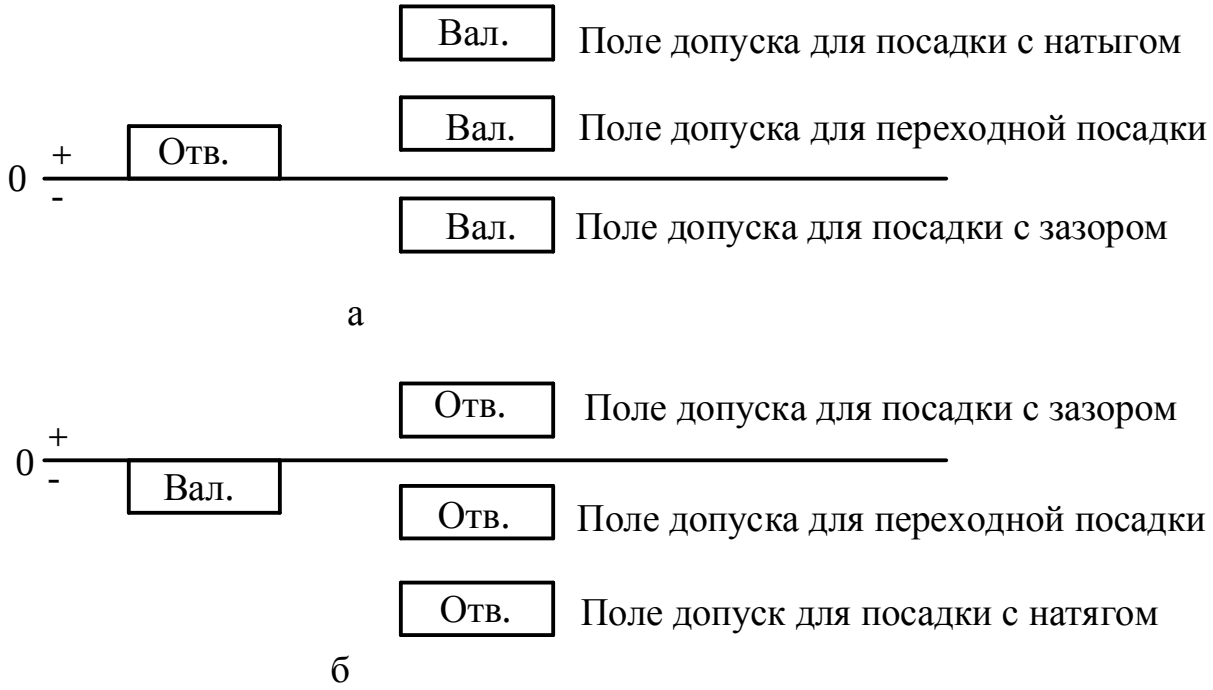


Рис. 6 Посадки: в системе отверстия (а); в системе вала (б)

Обозначение посадок состоит из написания этих полей допусков обычно в виде простой дроби, причём поле допуска отверстия всегда указывается в числителе, а поле допуска вала – в знаменателе.

Пример обозначения по ЕСДП: в системе отверстия $\frac{H7}{e6}$, в системе вала $\frac{E7}{h6}$ В текстовых документах обозначение посадок допускается в виде H7/e6 и E7/h6. На чертежах в обозначении посадок лучше указывать не только поле допусков, но и значение обоих отклонений, например:

$$ø50\ \frac{H7^{(+0.025)}}{f7(^{-0.025}_{-0.050})}; \qquad ø45\frac{H7^{(+0,025)}}{к6(^{+0,018}_{+0,002})}.$$

В ЕСДП даются рекомендуемые посадки в системе отверстия и в системе вала. Для образования посадок используются только квалитеты с 5 до 12 для отверстий и с 4 по 12 для валов. Всего рекомендуется к применению 68 посадок, из которых в системе отверстия 17 и в системе вала 10.

Изготовить и измерить отверстие одной и той же точности, что и вал, оказывается значительно сложнее, а следовательно, и дороже. Поэтому из экономических соображений выгоднее использовать систему отверстия, а не систему вала, хотя иногда и оказывается необходимым и экономически целесообразным использовать систему вала.

В зависимости от температуры, которую имеет изготовленная деталь, её размеры будут различными. Поэтому установлено во всём мире, что значение

размеров, которые даются в нормативных документах, относятся к случаю, когда температура этой детали равна 20°С.

10. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками.

Чертёж детали только тогда можно считать готовым, когда помимо изображения на нём конструкции с соответствующими сечениями и разрезами, указаны требования к точности всех её элементов. Для всех номинальных значений размеров на чертеже должны быть указаны основные отклонения и допуски.

Вместе с тем у любой детали требования к точности размеров всех элементов не могут быть одинаковыми, поскольку в каждой детали её эксплуатационное назначение определяется всего несколькими элементами. А остальные элементы играют роль связующих, но их тоже надо изготавливать, а, следовательно, и для них требуется установить требования к точности.

На практике к этим размерам установился следующий подход в отношении нормирования требований к точности. Разработчик указывает поля допусков у номинальных размеров тех элементов, ради которых разрабатывалась эта деталь и, которые определяют её эксплуатационные свойства. А для размеров остальных элементов непосредственно у контура детали указывает только номинальные размеры. Эти размеры и называются размерами с неуказанными допусками (на производстве их называют «свободными размерами»). Требования к точности их нормируются, но указываются одним полем допуска для всех валов, одним полем допуска для всех отверстий и одним полем допуска для элементов детали, не относящихся ни к валам, ни к отверстиям. Эти поля допусков указываются в технических условиях на деталь в правом углу форматки над штампом.

Требования к размерам элементов детали с неуказанными непосредственно у размера допусками нормируются в ГОСТ 25670-83. В соответствии с этим стандартом точность размеров с неуказанными допусками должна нормироваться с использованием квалитетов по ГОСТ 25346-89.

В указанном стандарте помимо рядов точности в виде квалитетов приведены ещё ряды точности, которые имеют следующие названия: точный (t_1), средний (t_2), грубый (t_3) и очень грубый (t_4). Между этими рядами существуют следующие соотношения: IT12~t_1; IT3, IT14~t_2; IT15, IT16~t_4. Классы это округлённые с точки зрения здравого смысла значения допусков по квалитетам.

На размеры с неуказанными допусками требования к точности указываются в технических условиях на деталь записью, например, H14; h14; $\pm\frac{IT14}{2}$ или $+t_2$; $-t_2$; $\pm\frac{t_2}{2}$.

11. <u>Правила указания точности размеров с односторонним отклонением вместо двустороннего (исполнительные или технологические размеры).</u>

Для удобства изготовителю в документации, поступающей на рабочие места, целесообразно (хотя нормативной документацией это не предусмотрено) пересчитывать размеры с двусторонними отклонениями на размеры с односторонними отклонениями.

Принципиальный подход при таком пересчёте заключается в изменении номинального размера. В качестве номинального размера, как это сделано в полях допусков основного отверстия и основного вала, принимается размер, который получается первым при обработке и от него даётся одностороннее отклонение. Это правило можно сформулировать следующим образом.

При пересчёте размеров с двусторонними отклонениями в размеры с односторонними отклонениями за значение номинального размера принимается размер, соответствующий пределу максимума материала (размер, получаемый первым при обработке, - наибольший допускаемый размер вала, наименьший допускаемый размер отверстия), и даётся одно отклонение, численно равное значению допуска, направленное в «тело» элемента детали (в плюс для отверстия и в минус для вала). Например, вал $Ø20^{+0,2}_{+0,1}$ - $Ø20,02_{-0,1}$; отверстие $Ø20^{-0,3}_{-0,5}$ - $Ø19,5^{+0,2}$. Такой пересчёт облегчает работу исполнителя, а если его не сделать, то рабочий должен будет этот пересчёт сделать сам, что в условиях цеха труднее.

12. <u>Нормирование отклонений формы, расположения и микронеровностей поверхностей деталей.</u>

<u>12.1 Общие понятия о точности формы. Основные термины.</u>

Получить идеальную форму деталей в процессе изготовления невозможно из-за погрешности станка, деформаций станка, инструмента и обрабатываемой детали, неравномерности припуска на обработку, неоднородности материала и т.д.

В то же время искажение формы элементов детали приводит к снижению эксплуатационных свойств этих деталей. Искажение формы детали приводит и к неопределённости в измерении размера.

Это делает необходимым ввести отдельное нормирование в отношении допускаемых искажений формы. Этот параметр получил название отклонения формы.

Отклонением формы называется отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от формы поверхности или номинального профиля.

Отклонение формы реального элемента от номинальной формы от номинальной формы оценивается наибольшим расстоянием от точек реального элемента по нормам к прилегающему элементу.

Профилем называется линия пересечения поверхности с плоскостью или заданной поверхностью.

Для количественной оценки отклонений формы необходимо иметь базу для отчёта этих отклонений, т.е. решить вопрос, связанный с изменением этих отклонений. Для такой цели используется понятие о прилегающей поверхности (или прилегающем профиле), от которой отчитываются количественные значения отклонений формы.

Прилегающей поверхностью (профилем) называется поверхность (профиль), имеющая форму номинальной поверхности (профиля), соприкасающаяся с реальной поверхностью (профилем) и расположенная вне материала детали так, что отклонение от неё наиболее удалённой точки реальной поверхности (профиля) в пределах нормируемого участка имеет минимальное значение.

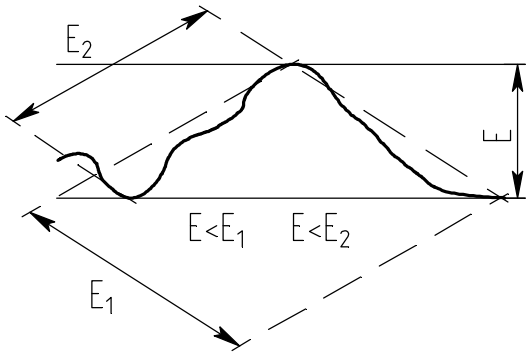


Рис. 7 Базы для отчета отклонений

Как видно из рис.7, не каждая прямая, касательная к профилю, является прилегающей, а только одна, которая отвечает условию, что расстояние от неё до самой удалённой точки реальной кривой является наименьшим. Основная трудность, которая возникает при измерении, заключается в трудности нахождения прилегающей поверхности или профиля, от которой необходимо производить от-

чёт отклонений формы. На практике очень часто не находят положения прилегающих и этим вносят погрешность.

Прилегающим цилиндром называется цилиндр минимального диаметра, описанного вокруг реальной наружной поверхности, или максимального диаметра, вписанного в реальную внутреннюю поверхность. Всё сказанное относится и к прилегающей окружности.

12.2 Отклонения формы плоских поверхностей.

Отклонение от плоскостности – наибольшее расстояние EFL от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка.

Отклонение от прямолинейности в плоскости – наибольшее расстояние EFL от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка.

Частными видами этих отклонений являются выпуклость и вогнутость.

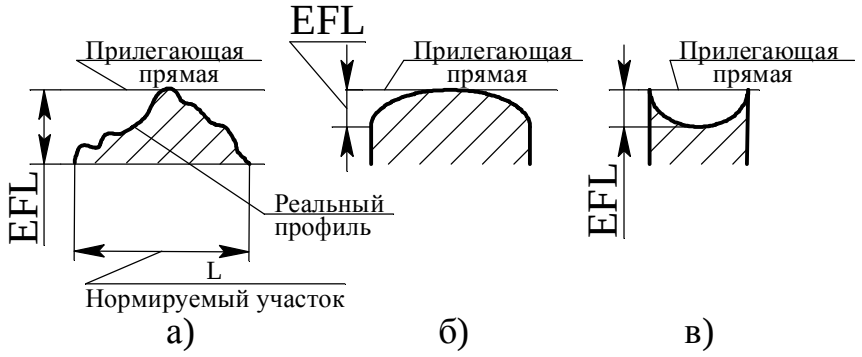


Рис. 8 Комплексное (а) и частные (б, в) отклонения от прямолинейности в плоскости.

12.3 Отклонения формы цилиндрических поверхностей.

Обобщающем показателем от цилиндрической поверхности является отклонение от цилиндричности.

Отклонением от цилиндричности называется наибольшее отклонение EFZ от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка (рис.9).

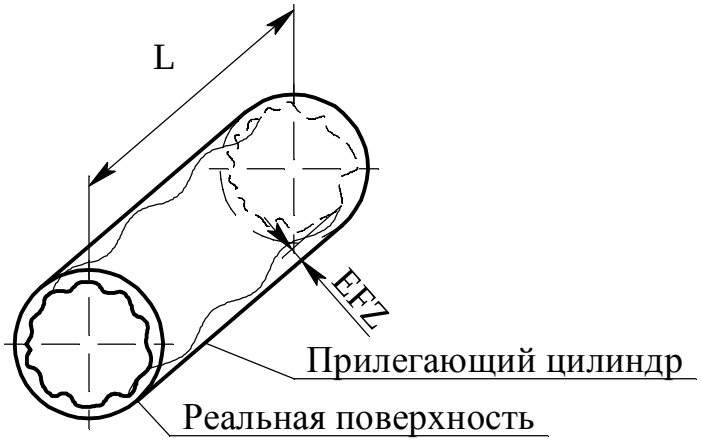


Рис. 9 Отклонения от цилиндричности

Этот обобщенный (комплексный) показатель мало обеспечен производственными измерительными средствами и используется только при поведении исследовательских работ. Поэтому он имеет скорее теоретический характер и на рабочих чертежах указывать его сейчас нецелесообразно.

Отклонением от круглости называется наибольшее расстояние ЕРК от точек реального профиля до прилегающей окружности.

Частными видами отклонений от круглости являются овальность и огранка.

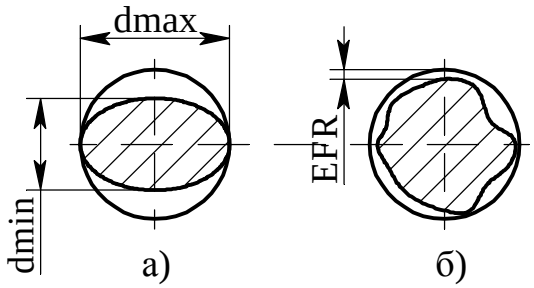


Рис. 10 Частные виды отклонений от круглости: овальность (а), огранка (б)

Овальность определятся EFR=(d_{max} – d_{min})/2. Огранки разделяют на огранки с чётным и нечётным числом граней. При чётном числе граней значение отклонений формы может быть определено при двухточечной схеме измерения. нечётную огранку по этой схеме измерять нельзя.

Отклонением профиля продольного сечения называется наибольшее расстояние (EFP) от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через её ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка.

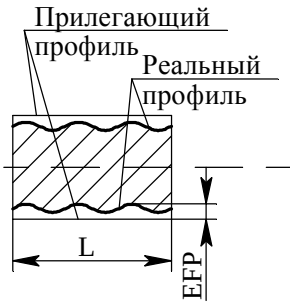


Рис. 11 Отклонение профиля продольного сечения

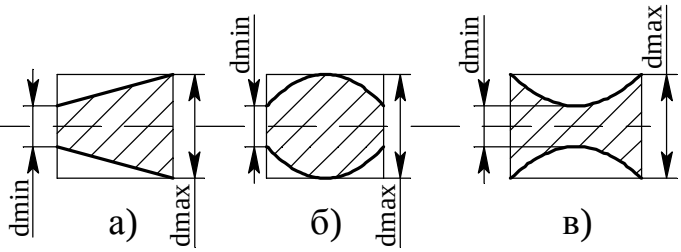


Рис. 12 Частные виды отклонений профиля продольного сечения:конусообразность (а), бочкообразность (б), седлообразность (в)

Этот параметр в виде комплексного показателя имеет скорее теоретический, чем практический характер, поскольку нет приборов для таких измерений. Целесообразно вместо этого показателя указывать требования к частным отклонениям профиля продольного сечения с учётом эксплуатационных требований к нормируемому элементу детали. Частными видами отклонений профиля продольного сечения является конусообразность, бочкообразность и седлообразность (рис.12). Количественное значение этих отклонений $EFP=(d_{max} - d_{min})/2$. Требования к ним указываются текстом в технических условиях на чертеже.

12.4 Отклонения расположения поверхностей элементов деталей. Основные положения.

Любая деталь состоит из поверхностей нескольких элементов, которые должны быть определённым образом расположены относительно друг друга, чтобы образовать конфигурацию детали. Изготовить деталь, чтобы составляющие её поверхности были абсолютно точно расположены относительно друг друга невозможно, а следовательно, возникает необходимость нормировать требования к точности изготовления в отношении правильности расположения поверхностей, из которых состоит деталь.

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

Отклонения формы должны исключаться из отклонения расположения. Для этого необходимо реальные поверхности заменять прилегающими поверхностями.

При нормировании точности расположения часто пользуются понятием «база». Базой называется элемент детали, по отношению к которому задаётся до-

пуск расположения рассматриваемого элемента, а также определяются соответствующие отклонения. Базами могут быть плоскости, оси, плоскости симметрии.

12.5 Виды отклонений расположения.

Используются семь параметров для нормирования требований к точности расположения: отклонение от параллельности, отклонение от перпендикулярности, отклонение наклона, отклонение от соосности, отклонение от симметричности, позиционное отклонение, отклонение от пересечения осей.

Отклонение от параллельности может нормироваться между различными поверхностями элементов детали.

1. Отклонение от параллельности плоскостей – разность EPA наибольшего и наименьшего расстояний между плоскостями в пределах нормируемого участка.
2. Отклонение от параллельности оси (или прямой) и плоскости.
3. Отклонение от параллельности прямых в плоскости.
4. Отклонение от параллельности осей (или прямых) в пространстве.
5. Отклонение от параллельности осей (или прямых) в общей плоскости.
6. перекос осей или прямых.

Требование к отклонению от перпендикулярности могут быть заданы в различном виде в зависимости от элементов, к которым относятся эти требования.

1. Отклонению от перпендикулярности плоскостей – отклонение угла между плоскостями от прямого угла (90°), выраженное в линейных единицах EPR на длине нормируемого участка.

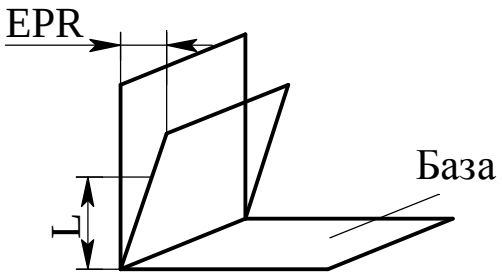


Рис. 13 Отклонение от перпендикулярности плоскостей

2. Отклонению от перпендикулярности плоскости или оси (или прямой) относительно оси (прямой).

3. Отклонению от перпендикулярности оси (или прямой) относительно плоскости в заданном направлении.

4. Отклонению от перпендикулярности оси (или прямой) относительно плоскости.

Отклонение наклона плоскости относительно плоскости или оси (или прямой) – отклонение угла между плоскостью и базой плоскостью или базой осью (прямой) от нормируемого угла, выраженное в линейных единицах EPN на длине нормируемого участка.

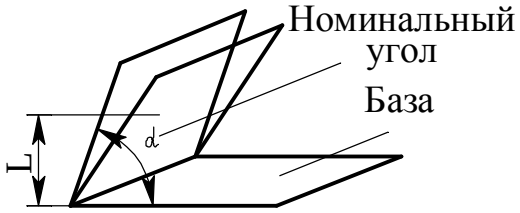
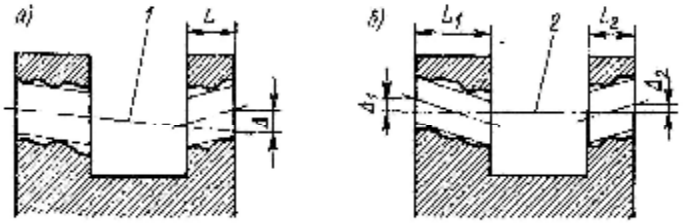


Рис. 14 Отклонение наклона плоскости относительно плоскости

Отклонение наклона оси (или прямой) относительно оси (прямой) или плоскостью.

В принципе возможны два варианта нормирования требований в отношении соосности в зависимости от используемой базы.

Отклонение от соосности относительно базовой поверхности EPC - наибольшее расстояние между осью рассматриваемой поверхности вращения и осью базовой поверхности на длине нормируемого участка (рис.15а).



1 – Ось базовой поверхности;
2 – Общая ось;
Δ = EPC; Δ_1 = EPC_1; Δ_2 = EPC_2;
L_1=a; L_2=b

Рис. 15 Отклонение от соосности относительно базовой поверхности (а), отклонение общей оси (б)

Отклонение от соосности относительно общей оси – наибольшее расстояние между осью рассматриваемой поверхности и общей осью двух или нескольких поверхностей вращения на длине нормируемого участка (рис.15б).

При условном обозначении требований к соосности применяют знаки ø и R, это означает, что допуск может быть задан в диаметральном и радиальном выражении. Рекомендуется указывать допуски в диаметральных выражениях. Указанные знаки используются и при нормировании позиционного отклонения.

Измерение отклонений от соосности вызывает определённые трудности, поэтому в целом ряде случаев вместо этого вида отклонений расположения для деталей типа тел вращения целесообразно нормировать суммарный допуск - радиальное биение и их полное радиальное биение, которые включают в себя соосность и отклонение от круглости или от цилиндричности.

В требованиях к симметричности элементов детали возможны два вида нормирования – относительно базового элемента или относительно общей плоскости (оси) симметрии.

Отклонение от симметричности относительно базового элемента - наибольшее расстояние между плоскостью симметрии (осью) рассматриваемого элемента и плоскостью симметрии базового элемента в пределах нормируемого участка (рис. 16а), EPS.

Отклонение от симметричности относительно общей плоскости симметрии – наибольшее расстояние между плоскостью симметрии (осью) рассматриваемого элемента (или элементов) и общей плоскостью симметрии двух или нескольких элементов в пределах нормируемого участка (рис. 16б).

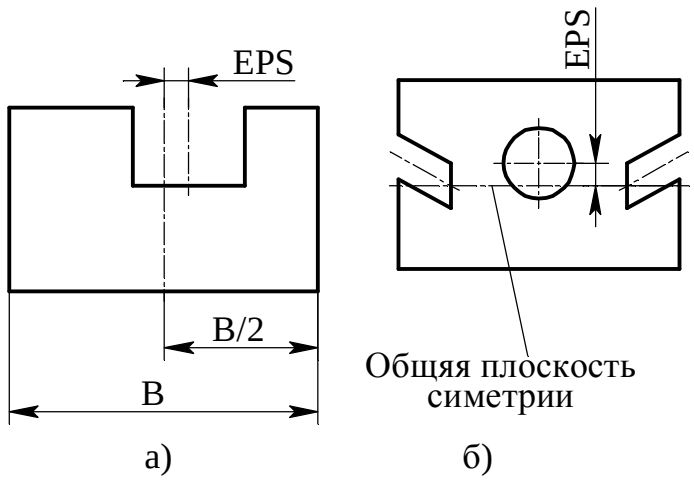


Рис. 16 Отклонение от симметричности

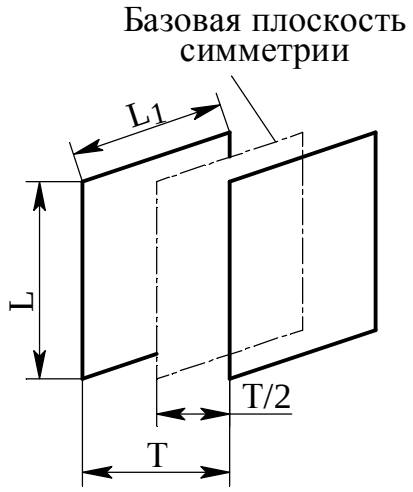


Рис. 17

При нормировании отклонений от симметричности используются указания допуска в диаметральном (знак Т) и радиальном выражении (знак Т/2) (рис.17).

Позиционное отклонение – наибольшее расстояние EPP между реальным расположением элемента детали (его центра, оси или плоскости симметрии) и его номинальным расположением в пределах нормируемого участка (рис.18).

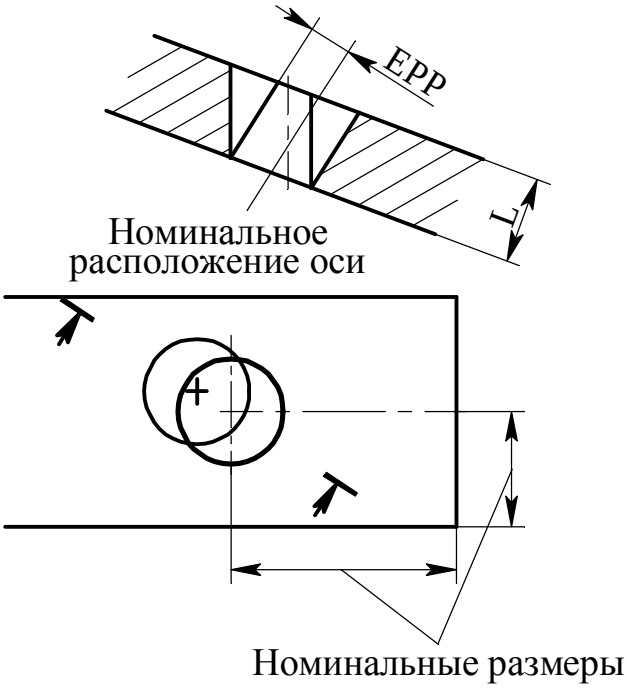


Рис. 18 Позиционное отклонение

Позиционное отклонение – в какой-то мере комплексное указание положения элементов детали. При нормировании этого отклонения координирующие элементы (размеры), указывающие номинальное положение нормируемых элементов, обозначаются в рамках. При нормировании точности позиционного отклонения допуски могут быть заданы в диаметральном и радиальном выражении.

Отклонение от пересечения осей – это наименьшее расстояние EPX между номинально пересекающимися осями (рис.19).

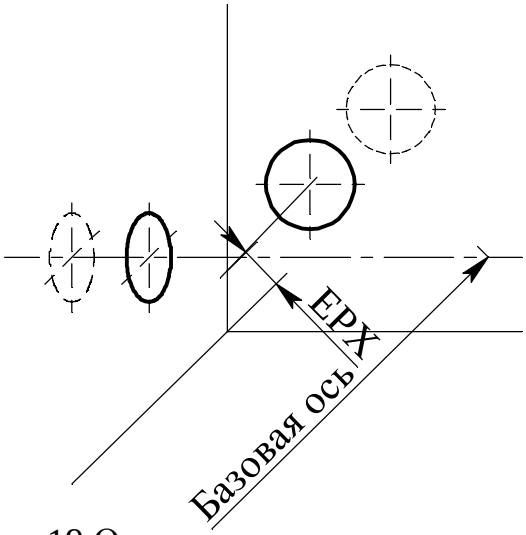


Рис. 19 Отклонение от пересечения осей

12.6 Суммарное отклонение.

Отклонения, которые нормируются единым значением, но касаются одновременно и отклонения расположения и отклонения формы, называются суммарными отклонениями. В отличие от отклонений расположения суммарные отклонения определяются по точкам реальной нормируемой поверхности относительно прилегающих базовых поверхностей элементов деталей.

Часто встречающиеся суммарные отклонения: суммарные отклонения от параллельности и плоскостности ECAE, суммарное отклонение от перпендикулярности и плоскостности ECRE, суммарное отклонение от наклона и плоскостности ECNE, радиальное биение ECR, торцевое биение ECA, биение в заданном направлении ECD, полное радиальное биение ECTR, полное торцевое биение ECTA.

Радиальное биение – разность ECR наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярностью, перпендикулярной базой оси (рис.20).

Радиальное биение является результатом совместного проявления отклонения от круглости (отклонение формы) профиля рассматриваемого сечения и отклонения его центра относительно базовой оси (отклонение расположения).

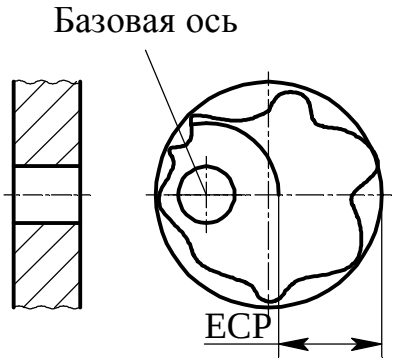


Рис. 20 Отклонение от симметричности

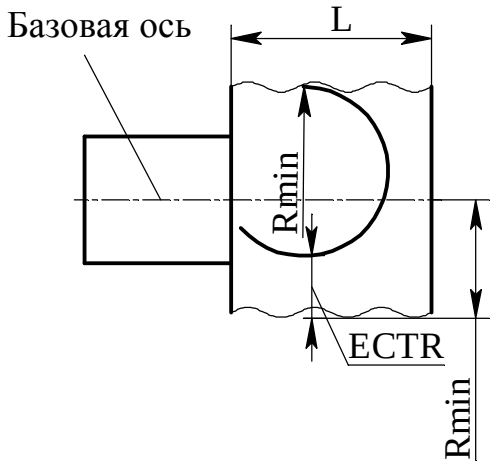


Рис. 21 Полное радиальное биение

Полное радиальное биение – разность ECTR наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка до базовой оси (рис.21). Полное радиальное биение является результатом совместного проявления отклонения от цилиндричности рассматриваемой поверхности (отклонение формы) и отклонения от соосности поверхности относительно базовой оси (отклонение расположения).

Торцевое биение – разность ЕСА наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси (рис.22).

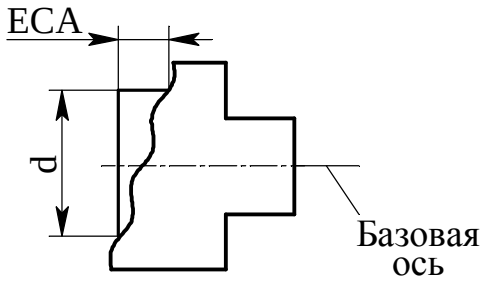


Рис. 22 Торцевое биение

Торцевое биение является результатом совместного проявления от общей плоскости точек, лежащих на линии пересечения торцевой поверхности с секущим цилиндром, соосным с осью детали (отклонение формы), и отклонения от перпендикулярности торца относительно оси базовой поверхности (отклонение расположения) на длине, равной диаметру рассматриваемого сечения. Торцевое биение должно определяться в сечении торцевой поверхности цилиндром заданного диаметра, соосным с базовой осью. Если диаметр цилиндра «d» не задан, торцевое биение можно измерять на любом радиусе от оси, но правильнее определять биение на наибольшем удалении от оси.

Полное торцевое биение – разность ЕСТА наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси. Оно является результатом совместного проявления отклонения от плоскостности рассматриваемой поверхности (отклонение формы) и отклонения её от перпендикулярности относительно базовой оси (отклонение расположения).

12.7 Обозначение на чертежах допусков формы и расположения поверхностей деталей.

Вид допуска формы и расположения согласно ГОСТ 2.308-79 следует обозначать на чертеже знаками, приведёнными в таблице

Таблица

Группа допусков	Вид допуска	Знак
Допуски формы	Допуск прямолинейности	-
	Допуск плоскостности	⏥
	Допуск круглости	○
	Допуск цилиндричности	⌭
	Допуск профиля продольного сечения	⌓
Допуски расположения	Допуск параллельности	//
	Допуск перпендикулярности	⊥
	Допуск наклона	∠
	Допуск соосности	◎
	Допуск симметричности	⌯
	Позиционный допуск	⌖
	Допуск пересечения осей	×
Суммарные допуски формы и расположения	Суммарный допуск параллельности и плоскостности	// ⏥
	Суммарный допуск перпендикулярности и плоскостности	⊥ ⏥
	Суммарный допуск наклона и плоскостности	∠ ⏥
	Допуск полного радиального биения	↗
	Допуск полного торцевого биения	⌰
	Допуск формы заданного профиля	⌒
	Допуск формы заданной поверхности	⌓

12.8 Указание на чертежах числовых значений отклонений формы и расположения поверхностей.

Если на чертеже не указано требование в отношении отклонений формы и расположения, то подразумевается, что это отклонение может быть в пределах поля допуска. В тех случаях, когда необходимо установить требования к точности формы и расположения, меньших допуска на размер, необходимо в чертежах сделать об этом соответствующее указание. Это указание может быть сделано двумя способами: или с использованием условным знаком и числовым значением допуска, или текстом в технических требованиях к детали. Предпочтение должно отдаваться условному обозначению.

Числовые значения допусков на отклонение формы и расположения поверхностей элементов деталей заданы в ГОСТ 24643-81 в виде рядов точности, названных степенями. Условно 16 степеней точности.

Знак и числовое значение допуска выписывают в рамку, указывая на первом месте знак, на втором – числовое значение допуска в миллиметрах и в третьем – при необходимости буквенное обозначение базы (баз) (рис. 23, а). Рамку соединяют с элементом, к которому относятся допуск, сплошной линией, заканчивающийся стрелкой (рис. 23, б). Если допуск относиться к оси или плоскости симметрии, соединительная линия должна быть продолжением размерной (рис. 23, в); если допуск относиться к общей оси (плоскости симметрии) соединительную линию проводят к общей оси (рис. 23, г). Если допуск относиться к участку поверхности заданной длины (площади), то её значение указывают рядом с допуском, отделяя от него накладной линией (рис. 23, д).

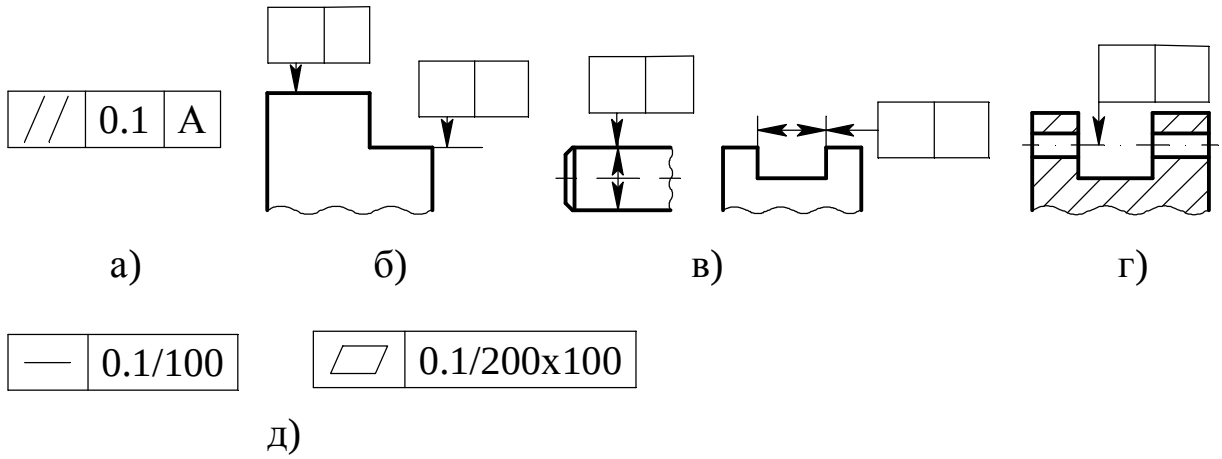


Рис. 23 Схемы указания допусков формы и расположения поверхностей

Базу обозначают зачернённым треугольником, который соединяют соединительной линией с рамкой допуска (рис. 24, а). При оформлении чертежа с помощью ЭВМ допускается треугольник не зачернять. Чаще базу обозначают буквой и соединяют её с треугольником (рис. 24, б). Если базой является ось или плоскость симметрии, треугольник располагают в конце размерной линии соответствующего размера поверхности (рис. 24, в).

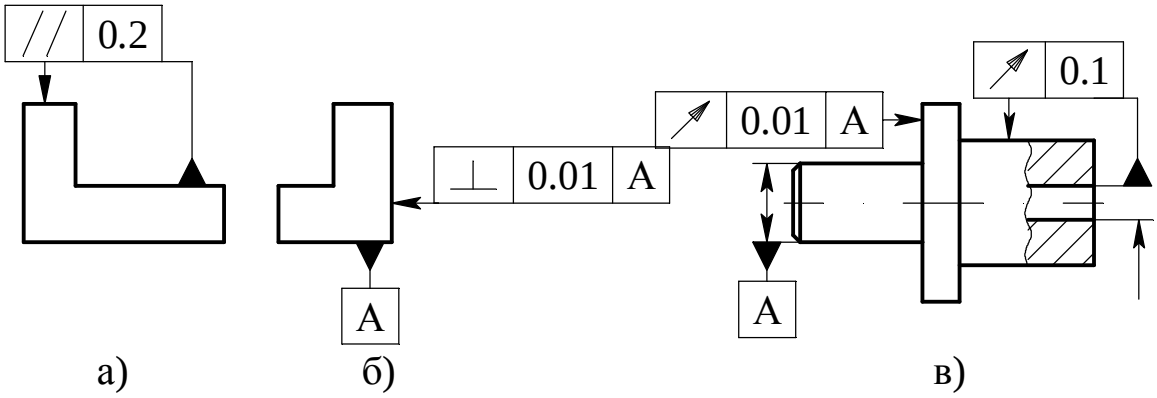


Рис. 24 Обозначение баз

12.9 Нормирование требований к шероховатости поверхности.

Необходимость отдельного нормирования значений поверхностных неровностей в качестве одного из показателей для оценки геометрической точности, вызвано тем, что эти неровности оказывают влияние на эксплуатационные свойства элементов деталей. Чем выше эти требования к точности элементов деталей, тем более жёсткие требования должны предъявляться к значениям поверхностных неровностей. Поверхностные неровности влияют на точность посадок, усталостную прочность, на антикоррозийные свойства поверхности, герметичность соединений, точность измерений и т.д.

Шероховатостью поверхности называется совокупность неровностей с относительно малыми шагами, выделенная на определённой (базовой) длине (ГОСТ 2789-73).

Неровности поверхности выделяются на определённой длине, т.е. на участке между двумя точками, а не на поверхности, хотя именно на участке между двумя точками, а не на поверхности, хотя именно на поверхности осуществляется контакт элементов детали. Эта условность вызвана со сложностями измерений по поверхности.

Под шероховатостью нормируются требования к поверхностным неровностям по профилям, получаемым в сечении рассматриваемой поверхности плоскостями, перпендикулярными этой поверхности.

Линия, на которой выделяется совокупность поверхностных неровностей, называется базовой линией.

Базовая линия – это линия заданной геометрической формы, определённым образом проведённая относительно профиля и служащая для оценки геометрических параметров поверхностных неровностей. Базовая линия при получении

профиля поверхности элемента детали проводится в виде линии эквидистантой геометрической формы поверхности.

В большинстве стран мира в качестве базовой линии используется средняя линия.

Средняя линия профиля (m) – это базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведённая так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля от этой линии минимально. О средней линии можно также говорить как о линии, проведённой таким образом, что площади над ней и под ней были одинаковы.

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

Нормируемые базовые длины можно ориентировочно разделить на три группы: **l**=0,01; 0,03; 0,08 мм – для относительно малых неровностей; **l**=0,25; 0,8 мм – для средних высот неровностей; **l**=2,5; 8; 25 мм – для больших неровностей.

Для практического нормирования шероховатости используются 6 параметров, характеризующих как высоту поверхностных неровностей, так и линейные (шаговых) показатели этих неровностей.

1. Среднее арифметическое отклонение профиля R_a – это среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$R_a = \frac{1}{\mathbf{l}} \int_0^{\mathbf{l}} |y| dx$ или приближённо: $R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left| y_i \right|$,

где: **l**- базовая длина, n – число выбранных точек профиля на базовой длине, y – отклонение профиля – расстояние между любой точкой профиля и средней линией (рис.25).

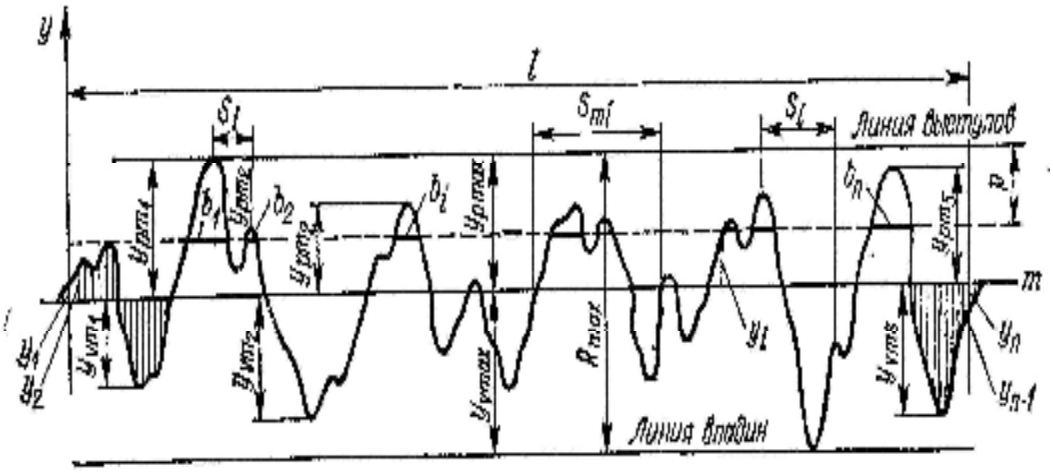


Рис. 25 Профилограмма и основные параметры шероховатости

Параметр R_a нормируется значениями от 0,012 до 100 мкм. Этот параметр геометрически интерпретируется высотой прямоугольника, построенного на базовой длине и равновеликого по площади фигуре, очерченной профилем неровностей и его средней линией.

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

$$R_z = \left(\sum_{i=1}^{5}\left|y_{pi}\right| + \sum_{i=1}^{5}\left|y_{vi}\right|\right) / 5$$

где: y^{pi} - высота i-го наибольшего профиля выступа; y^{vi} - глубина i-й наибольшей впадины профиля.

Параметр R_z нормируется значениями от 0,025 до 400 мкм.

3. Наибольшая высота неровностей профиля R_{max} – это расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины (рис.25). Нормируются значения от 0,025 до 400 мкм.

Параметры R_a, R_z, R_{max} выбираются по стандартным рядам чисел:

R_{max}, R_z – 400; 200; 100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2;1,6; 0,8; 0,4; 0,2; 0,1; 0,05; 0,02; 0,025 мкм;

Ra – 100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,4; 0,2; 0,1; 0,05; 0,025; 0,012 мкм.

4. Средний шаг неровностей профиля S_m – это среднее значение отрезков средней линии профиля, содержащий неровности профиля в пределах базовой длины (рис.25):

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

Под этим параметром понимается среднее значение длин отрезков средней линии, пересекающих профиль в трёх соседних точках и ограниченных двумя крайними точками. Нормируются значениями от 0,002 до 12,5 мм.

5. Средний шаг местных выступов профиля S – это среднее значение отрезков средней линии между проекциями на неё наивысших точек соседних выступов профиля в пределах базовой длины (рис.25):

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

Под этим параметров понимается среднее значение длин отрезков средней линии между проекциями на эту линию двух наивысших точек соседних выступов профиля. Нормируются значения от 0,002 до 12,5 мм.

6. Относительная опорная длина профиля t_p – это отношение сумм длин отрезков, отсекаемых на заданном уровне в материале профиля линией, эквидистантой средней линии в пределах базовой длины, к базовой длине (рис. 25):

$$t_p = \sum_{i=1}^{n} в_i / \mathbf{l}$$

где p – уровень сечения профиля – расстояние между линией выступов профиля и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов профиля.

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

Значения t_p также нормируются в процентах от базовой длины и выбираются из следующего ряда 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90%.

Параметры R_a и R_z характеризуют усреднённую высоту неровностей. В стандарте (ГОСТ 2789-73) указано, что параметр R_a является предпочтительным. Параметр R_a имеет преимущество по сравнению с другими высотными параметрами только в том, что он обеспечен надёжными средствами измерений.

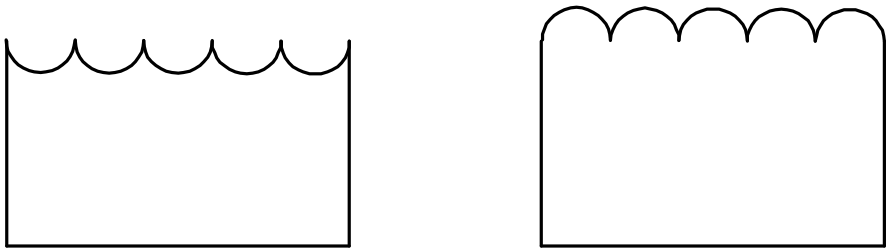
Параметр R_z целесообразно использовать при нормировании небольших неровностей и на малых по размерам поверхностях, где практически невозможно измерить с помощью щуповых приборов (профилометров) параметр R_a.

Параметр R_{max} используется, когда шероховатость имеет большие поверхностные неровности с регулярным профилем. Применяется параметр в качестве дополнения к параметрам Ra и Rz, когда разработчик хочет оградить поверхность

от отдельных больших выступов и впадин. Если не вводит дополнительных указаний об этих выпадающих неровностях, то усреднённые параметры R_a и R_z их «усреднят» и они не будут выявлены при измерении.

Шаговые параметры S_m, S также дублируют друг друга. На практике они применяются очень редко, только когда разработчик захочет, чтобы поверхность имела определённый вид обработки, а также при эксплуатационных требованиях к поверхности.

Параметр позволяет t_p выявить эксплуатационные свойства двух поверхностей, у которых все остальные параметры одинаковы. Только использование параметра t_p позволит установить, что поверхность на рис. 26, а будет быстрее изнашиваться, поскольку у неё неровности по параметру t_p будет меньше, чем у поверхности на рис. 26, б.



а б

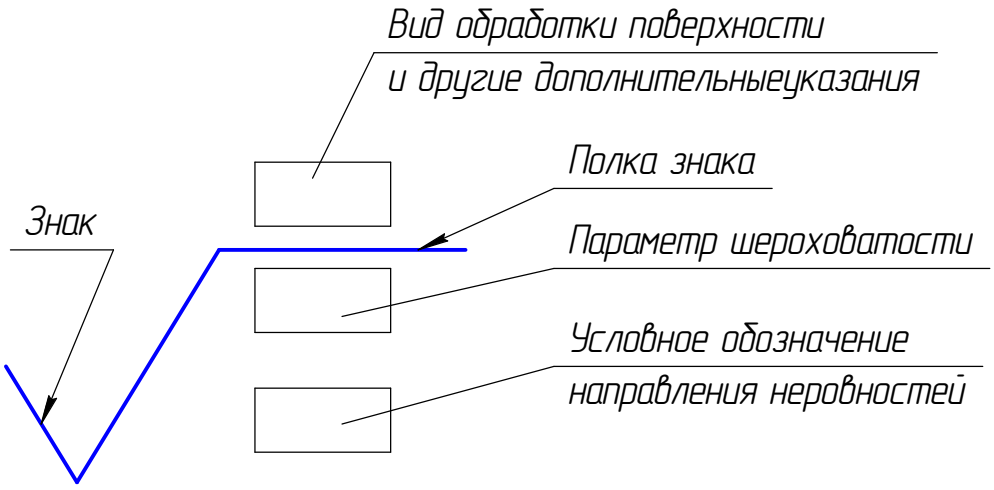
Рис. 26 Поверхностные неровности, достоверно оцениваемые через параметр t_p.

Если по условиям работы поверхности необходимо, чтобы неровности имели какое-то направление, то есть характерный «рисунок», то можно указать это требование на чертеже. Например, в зависимости от направления движения часто бывает целесообразным, чтобы неровности имели направление, совпадающее с направлением движения. В стандарте установлено шесть видов направлений неровностей, возможных для нормирования (рис. 27)

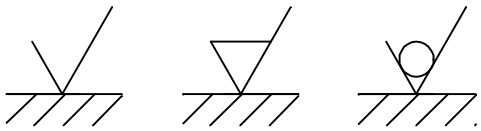
Типы направлений поверхностей	Схематическое изображение	Условные знаки
Параллельное		=
Перпендикулярное		⊥
Перекрещивающееся		X
Произвольное		M
Кругообразное		C
Радиальное		R

Рис.27 Направление поверхностных неровностей

Согласно ГОСТ 2.309-73 шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для выполняемых по данному чертежу поверхностей детали. Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рис. 28, а



а)



б) в) г)

Рис.28 Структура обозначения шероховатости поверхности

В обозначении шероховатости поверхности, вид обработки которой конструктор не устанавливает, применят знак, показанный на рис. 8, б; этот знак является предпочтительным. В обозначении шероховатости поверхности, образуемой удалением слоя материала, применяют знак, указанный на рис. 28, в. В обозначении шероховатости поверхности, образуемой без снятия слоя материала, применяют знак, показанный на рис. 28, г; поверхности, не обрабатываемые по данному чертежу, обозначают этим же знаком. Состояние поверхности, обозначенной этим знаком, должно удовлетворять требованиям, установленным соответствующим стандартом или техническими условиями на сортамент материала.

Значения параметра шероховатости R_a указывают в её обозначении без символа, например 0,4; для остальных параметров – после соответствующего символа, например R_{max} 6,3; S_m0,63; S0,32; R_z50; t_{50}70. Значения R_a, R_a и R_{max} даются в микрометрах; S_m и S в миллиметрах, t_p в процентах. Здесь указаны наибольшие допустимые значения параметров шероховатости, их наименьшее значения не ограничиваются.

При указании диапазона значений параметра шероховатости поверхности (наибольшего и наименьшего) в обозначении приводят пределы значений параметра, размещая их в две строки, например

1,6; R_z0,4; R_{max} 6,3; t_{50}50
0,8 0,2 3,2 70.

В верхней строке приводят значение параметра, соответствующее большей шероховатости.

При указании номинального значения параметра шероховатости поверхности в обозначении приводят это значение с предельными отклонениями, например 1,6±20%; R_z $100_{-10\%}$; S_m $0{,}63^{+20\%}$; t_{50}70±40% и т.п.

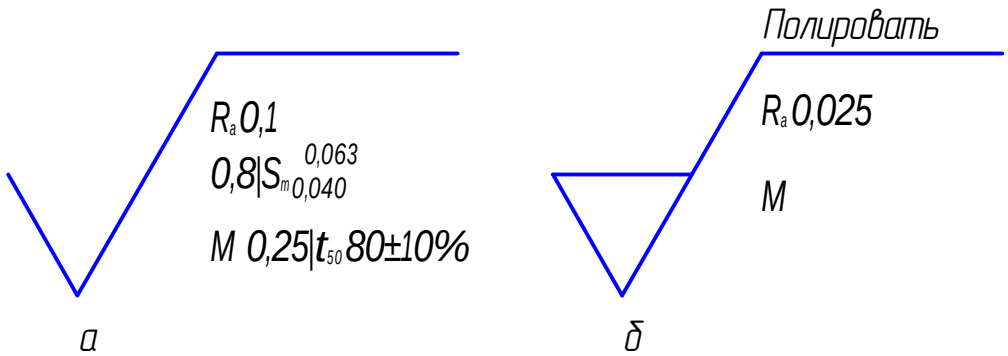


Рис 29 Пример обозначения шероховатости поверхности.

При указании двух и большего числа параметров шероховатости в обозначении их значения записывают сверху вниз в следующем порядке (рис. 29): параметр высоты неровностей профиля (R_a не более 0,025 мкм); значение базовой длины соответствует значением, приведённым в табл. 2 и ровно 0,08 мм); параметр шага неровностей профиля (S_m от 0,063 до 0,040 мм на базовой длине 0,8 мм); относительная опорная длина профиля (t_{50}80±10% на базовой длине 0,25 мм); полировать – вид дополнительной обработки; М – произвольное направление неровностей.

Таблица 2

Соотношение параметров R_a, R_{max}, R_z и базовой длины ℓ

R_a	R_z, R_{max}, мкм	ℓ, мм
До 0,025	До 0,10	0,08
Св. 0,025 до 0,4	Св. 0,10 до 1,6	0,25
Св. 0,4 до 3,2	Св. 1,6 до 12,5	0,8
Св. 3,2 до 12,5	Св. 12,5 до 50	2,5
Св. 12,5 до 100	Св. 50 до 400	8

13. Размерные цепи и методы их расчёта.

13.1. Основные понятия о размерных цепях.

Размерной целью называется совокупность взаимосвязанных размеров одной или нескольких деталей, расположенных в определённой последовательности по замкнутому контору.

Для облегчения решений задач по обеспечению точности размерных цепей их размеры удобнее представлять в виде, графиков, образующих замкнутый контур. Например, на рис. 30 показан эскиз простейшей детали, а на рис. 31 – изображение размерной цепи, состоящей из длин её элементов. Возможны и более сложные размерные цепи.

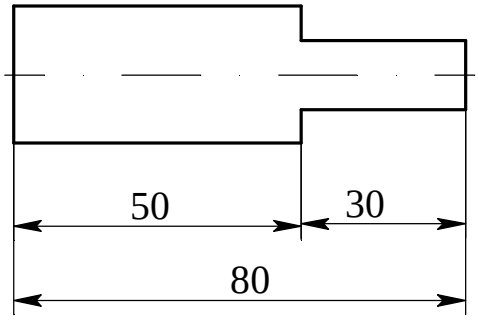


Рис. 30 Размерная цепь из элементов детали.

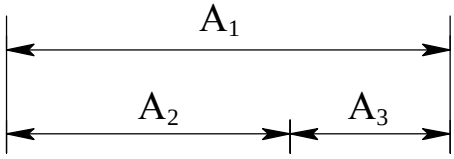


Рис. 31 Размерная цепь из элементов детали

Звеньями размерной цепи могут быть любые линейные и угловые параметры: диаметральные размеры, расстояние между поверхностями или осями, зазоры, натяги отклонения расположения поверхностей и т.д. Размеры, образующие размерную цепь, называются составляющими звеньями, или просто звеньями, и обозначаются чаще всего прописными русскими буквами с индексами (А1, А2,Б1, Б2, …). Иногда используются строчные буквы греческого алфавита, кроме α, δ, ξ, λ, ω.

В размерной цепи всегда выделяется одно звено, которое называется замыкающим звеном, а при решении некоторых задач и исходным звеном.

Замыкающим звеном называется размер (звено), получаемое в размерной цепи последним при обработке или сборке. Оно обозначается $А_{\Delta}$, $Б_{\Delta}$, γ_{Δ}.

Составляющие звенья цепи разделяются на увеличивающие и уменьшающий.

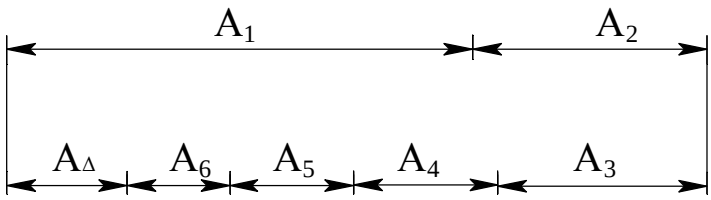


Рис. 32 Сложная размерная цепь
с параллельными звеньями.

Увеличивающим звеном размерной цепи называется звено, с увеличением которого размер замыкающего звена тоже увеличивается. Так, на риса. 32 звенья $А_1$ и $А_2$ являются увеличивающими, потому что при их увеличении звено $А_{\Delta}$ будет увеличиваться.

Уменьшающим звеном размерной цепи называется звено, с увеличением которого замыкающее звено уменьшиться. Так, на рис. 32 звенья $А_3$, $А_4$, $А_5$, $А_6$ являются уменьшающими звеньями.

<u>13.2. Виды размерных цепей.</u>

В зависимости от разных классификационных признаков можно указать несколько видов размерных цепей:

по расположению звеньев – плоские и пространственные, линейные и угловые;

по назначению – конструкторские, технологические и измерительные.

Надо иметь в виду, что любая конструкция представляет собой замкнутую размерную цепь. При обработке любой детали имеет место технологическая размерная цепь, где замыкающим звеном является размер обрабатываемого элемента детали. При измерении линейных размеров элементов детали средство измерений вместе с вспомогательными элементами образуют измерительную размерную цепь, где замыкающим звеном является размер измеряемого элемента детали.

Многие задачи, в том числе определение погрешностей монтажа, обработки и измерений, могут быть решены при рассмотрении замкнутой размерной цепи.

13.3. Размеры, отклонения и расчётные коэффициенты.

Номинальный размер - A_1, $Б_1$, β_1; наибольший предельный размер – A_1^{max}, β_1^{max}; наименьший предельный размер – A_1^{min}, β_1^{min}; верхнее отклонение - $\Delta_в(E_i)A_i$; допуск – $T(\delta)A_1$; координата середины поля допуска $\Delta_0(E_c)A_1 = \frac{\Delta_в A_1 + \Delta_н A_1}{2}$.

Относительное среднее квадратическое отклонение λ – коэффициент, характеризующий закон рассеяния размеров.

Коэффициент риска t_Δ – коэффициент, характеризующий вероятность выхода отклонений замыкающего звена за пределы поля допуска. передаточное отношение составляющего звена ξ – коэффициент, характеризующий степень влияния отклонения размера составляющего звена.

Для размерных цепей с параллельными звеньями передаточные отношения равны: $\xi A_i=+1$ – для увеличивающих звеньев; $\xi A_i=-1$ – для уменьшающих звеньев. В тех случаях, когда звенья размерной цепи расположены не параллельно, то размер составляющих звеньев берётся в виде проекции на линию замыкающего звена и роль передаточных отношений выполняют тригонометрические функции.

13.4. Методы достижения точности замыкающего звена.

Метод полной взаимозаменяемости – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается путём включения в неё составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений.

Метод неполной взаимозаменяемости – метод, при котором точность замыкающего звена размерной цепи достигается не при всех объектах, а у заранее обусловленной её части.

Точность при неполной взаимозаменяемости может быть обеспечена: методом групповой взаимозаменяемости (селективная сборка); методом пригонки (технологический); методом регулирования (конструкторский).

13.5. Задачи и методы расчёта размерных цепей.

Задача 1. Определение предельных размеров замыкающего звена размерной цепи, когда известны предельные размеры остальных составляющих звеньев.

Эту задачу можно назвать «проверочной» (обратной), поскольку необходимость в её решении возникает тогда, когда закончилось конструирование объекта и определилась его конструкция, т.е. известны значения всех составляющих звеньев и установлены требования к их точности. Необходимо определить, какое значение размера будет у замыкающего звена, при тех предельных размерах, которые имеют составляющие звенья, и соберётся ли узел при точности составляющих звеньев.

Задача 2. определение предельных размеров составляющих звеньев размерной цепи, когда известны предельные размеры замыкающего звена и предельные значения размеров составляющих звеньев. При решении этой задачи замыкающее звено обычно называют «исходным звеном».

Эту задачу называют «проектировочной» (прямой), поскольку решать её приходится при проектировании конструкции. Так, после того как определились конструкция узла или механизма и, исходя из конструктивных соображений, габаритные размеры всех деталей (стали известны номинальные размеры), а также стали известны требования к точности замыкающего (исходного) звена - например, известен необходимый зазор при сборке размерной цепи, требуется нормировать точность составляющих звеньев (задать на них отклонения от номинала), чтобы при сборке была обеспечена точность требуемого зазора (размер исходного звена).

При решении этих задач используются два метода расчёта.

Метод расчёта на максимум-минимум – метод, учитывающий только предельные отклонения звеньев размерной цепи и самые неблагоприятные их сочетания. Точность замыкающего звена при этом обеспечивается, безусловно.

Вероятностный метод – метод, учитывающий рассеивание размеров и вероятность различных сочетаний отклонений составляющих звеньев размерной цепи.

Использование теории вероятностей при расчёте размерных цепей позволяет расширить допуски на изготовление звеньев практически при очень небольшом риске нарушения значения замыкающего звена.

13.6. Расчёт размерных цепей. Проверочная (обратная) задача.

1. Определение номинального размера замыкающего звена.

Номинальный размер замыкающего звена равен сумме номинальных размеров увеличивающих звеньев минус сумма размеров уменьшающих звеньев. В общем, виде это выражение может быть представлено

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} \xi A_i x A_i,$$

где: i=1, 2, …, m – порядковый номер звена, включая, замыкающий;

ξA_i – передаточное отношение i-го звена.

2. Определение допуска замыкающего звена.

2.1 Метод максимума-минимума:

$$TA_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} \left| xA_i \right| TA_i$$

2.2 Вероятностный метод:

$$TA_\Delta = t_\Delta \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} x^2 A_i \, l^2 A_i T^2 A_i}$$

Для нормального закона распределения случайных величин $\lambda A_i = \frac{1}{3}$, и при

P%	0,1	0,27	0,5	1	2	3	5
t_Δ	3,29	3	2,81	2,57	2,32	2,17	1,96

Для знака равной вероятности рассеивания размеров деталей $\lambda A_i = \frac{1}{\sqrt{3}}$.

3. Определение координаты середины поля допуска замыкающего звена:

$\Delta_0 A_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} \xi A_i \Delta_0 A_i$, координата середины поля допуска i-го звена определяется по формуле $\Delta_0 A_i = \frac{\Delta_в A_i + \Delta_н A_i}{2}$.

4. Определение предельных отклонений замыкающего звена:

верхнее отклонение $\Delta_в A_\Delta = \Delta_0 A_\Delta + \frac{TA_\Delta}{2}$,

нижнее отклонение $\Delta_н A_\Delta = \Delta_0 A_\Delta - \frac{TA_\Delta}{2}$.

13.7. Расчёт размерных цепей. Проектировочная (прямая) задача.

Известны допуск замыкающего (исходного) звена и номинальные размеры составляющих звеньев, требуется определить допуски составляющих звеньев.

Эта задача может быть решена двумя способами.

Способ 1 – равные допуски на вес звенья размерной цепи. Этот способ используется в тех случаях, когда размеры всех звеньев незначительно отличаются по величине, допуски составляющих звеньев определяются по среднему значению допуска $T_{ср}A_i$. Это значение вычисляют по формулам:

при расчёте по методу максимума-минимума

$$T_{ср}A_i = \frac{TA\Delta}{\sum_{i=1}^{m-1} \left| xA_i \right|},$$

В частном случае, когда $|xAi| = 1$, $T_{ср}A_i = \frac{TA\Delta}{m-1}$,

при вероятностном методе расчёта

$$T_{ср}A_i = \frac{TA\Delta}{t\Delta\sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} x^2 Ai \cdot l^e Ai}}$$

После этого производиться корректировка, поскольку в общем случае значение допуска может оказаться не целым числом. При корректировке на звенья цепи, которые в действительности сложнее, чем остальные, назначаются большие допуски, а на другие, более простые в изготовлении, - меньшие. После такой корректировки производится проверочный расчёт, т.е. необходимо убедиться, что допуск замыкающего звена равен сумме допусков соответствующих звеньев.

Способ 2 – назначение допусков на размеры звеньев из одного ряда точности (по одному квалитету).

При этом способе учитывается, что номинальные размеры составляющих звеньев не находятся в одном интервале размеров, а следовательно, необходимо нормировать разные допуски. Но при этом принимается условие, что все звенья могут быть изготовлены по допускам одного квалитета. Решение задачи сводится к нахождению квалитета, по которому необходимо назначить допуски на составляющие звенья.

Для нахождения квалитета необходимо найти безразмерный коэффициент «а», характеризующий ряды точности, т.к. ТА=а·i,

где i – единица допуска, которая определена (ГОСТ 25346-89) для данного интервала размеров, в который входит i-ое звено.

При решении задачи методом максимума-минимума

$$a = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{i=1}^{m-1} \left| xA_i \right| \cdot i_i}$$

При решении задачи вероятностным методом

$$a = \frac{TA_{\Delta}}{t_{\Delta}\sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} x^2 A_i \cdot l^2 A_i \cdot i_i^2}}$$

Полученное значение коэффициента «а» в общем случае не совпадает со значением для определения квалитета. Поэтому выбирается ближайший квалитет и назначают допуски по стандарту в соответствии с номинальными размерами составляющих звеньев. После этой процедуры также проводится корректировка. Если был принят более точный квалитет, чем получился по расчёты, то сумма допусков составляющих звеньев будет меньше, чем допуск замыкающего звена, а если взят более грубый квалитет, то сумма допусков будет больше, чем допуск замыкающего звена. Корректировка сводится к тому, что на более сложные в изготовлении звенья размерной цепи назначаются большие допуски, а на относительно простые в изготовлении звенья – меньше. После корректировки опять необходимо провести проверочный расчёт, т.е. убедиться, что сумма допусков размеров, составляющих размерную цепь, равна или меньше допуска замыкающего звена. Обычно предельные отклонения для размеров увеличивающих звеньев принимают со знаком (+), а для размеров уменьшающих звеньев – со знаком (-) и численно равны допуску.

13.8 Обеспечение точности размерных цепей при неполной взаимозаменяемости.

Точность при неполной взаимозаменяемости может быть обеспечена: методом групповой взаимозаменяемости; методом пригонки; методом регулирования.

13.8.1. Метод групповой взаимозаменяемости (селективная сборка).

Существо метода заключается в том, что полная взаимозаменяемость обеспечивается не для всех сопрягаемых элементов деталей, изготовленных при одном допуске, а только для элементов деталей определённой размерной группы. Метод применяется чаще всего для образования посадок.

Метод групповой взаимозаменяемости заключается в следующем. На сопрягаемые элементы деталей назначаются относительно большие допуски. После изготовление все детали измеряются и раскладываются на отдельные группы в

зависимости от определённого диапазона размеров, на которые разбит исходный допуск (см. рис.33).

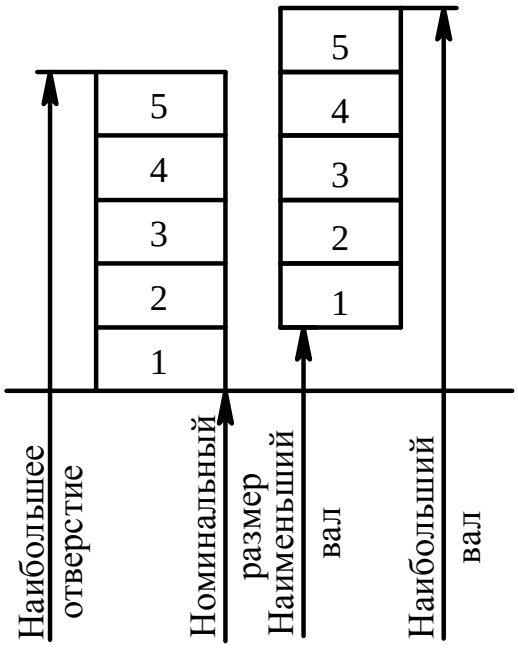


Рис. 33

Так, на рис.33 показаны пять групп размеров сопрягаемых элементов детали. В ряде производств, например, в подшипниковой промышленности, таких групп бывает до 50. при образовании посадок сопрягают между собой только элементы деталей определённой группы (на рисунке при исходных допусках вала и отверстия посадка будет переходная, а при сопряжении по группам образуется посадка с натягом).

Измерение и разделение элементов деталей на размерные группы чаще всего осуществляется с помощью контрольных автоматов.

<u>Пример</u>. <u>Дано:</u> отверстие $ø20^{+0,1}$, вал ø20±,05.

Необходимо собирать детали с S_{min} = 25мкм, S_{max}=75мкм.

<u>Решение</u>. Число групп сортировки

$$n=\frac{\sum_{1}^{m-1} T_i}{T_\Delta}$$

ТД=0,1 мм; Td=0,1мм. $T_\Delta = S_{max} - S_{min}$=75-25=50мкм=0,05мм

$$n=\frac{0,1+0,1}{0,05}=4$$

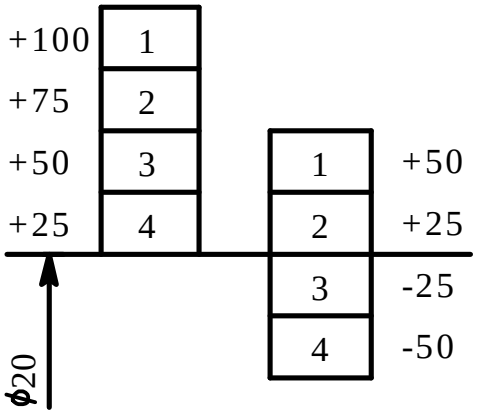


Рис. 34

Достоинство групповой взаимозаменяемости заключается в том, что можно использовать расширенные допуски на изготовление и получать сопряжения высокой точности.

Недостатки групповой взаимозаменяемости:

– усложняется технологический процесс изготовления введения 100% измерений деталей;

– необходимы дополнительные площади и тара для размещения групп деталей;

– ужесточаются требования к точности формы сопрягаемых поверхностей в пределах значений размерной группы;

– необходимо, чтобы кривые распределения размеров валов и отверстий были идентичны в отношении вида законов распределения и расположения центра группирования.

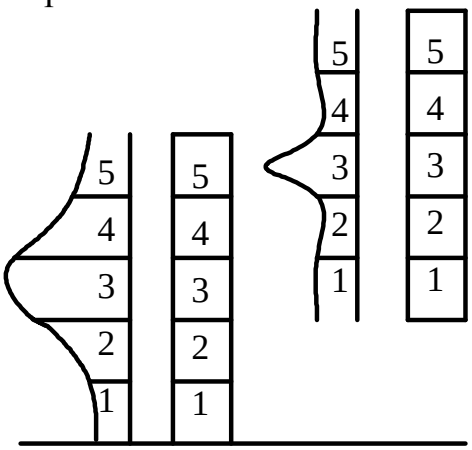


Рис. 35

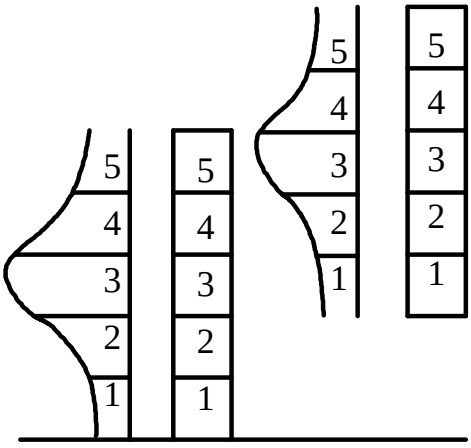


Рис. 36

Если центры группирования у вала и отверстия находятся в зонах разных размерных групп, то на сборку будет поступать разное количество деталей одной и той же размерной группы.

Групповая взаимозаменяемость широко применяется в подшипниковой промышленности и при производстве плунжерных пар двигателей внутреннего сгорания.

13.8.2. Метод прогонки (технологический).

При единичном и мелкосерийном производстве, например, в станкостроении установка узлов на станину станка сопровождается дополнительной обработкой (шабрением) поверхностей и проверкой степени прилегания сопрягаемых поверхностей «по краске». После такого изготовления нельзя переставить какой-либо узел с одного станка на другой без дополнительной обработки, т.е. нет полной взаимозаменяемости.

При изготовлении плунжерных пар (зазор 0,4…2 мкм) эти детали предварительно обрабатываются, чтобы они могли частично соединиться не по всей длине. После этого на специальных станках их притирают друг к другу с использованием абразивной пасты. И эта процедура продолжается до полного сопряжения поверхностей по всей длине. Степень приработки и значение зазора между плунжером и втулкой проверяется по количеству жидкости (керосина), проходящей через сопряжение за определённый промежуток времени под определённым давлением.

Достоинством этого метода является возможность обеспечить высокую точность сопряжения, чего невозможно добиться независимой механической обработкой.

Недостатком метода является большой объём ручных операции по пригонки, что делает производство более дорогим, поскольку требуются высококвалифицированные слесари-сборщики; отсутствует полная взаимозаменяемость, что создаёт трудности при замене изношенных деталей и узлов.

13.8.3. Метод регулирования (конструкторский).

При этом методе требуемая точность замыкающего звена достигается изменением (регулировкой) одного из звеньев, которое называется компенсационным.

Роль компенсатора обычно выполняют специальные звенья в виде прокладок, упоров, клиньев, регулировочных винтов и т.д. При этом остальные звенья размерной цепи обрабатываются со сравнительно большими допусками.

Этот метод весьма эффективен в условиях серийного и даже крупносерийного производства. В некоторых случаях, особенно когда необходимо обеспечить значение осевого зазора, допуски на все составляющие звенья, рассчитывая таким образом, чтобы обеспечить определённые размеры компенсационных звеньев. Эти компенсационные звенья (прокладки) заранее изготавливают требуемых размеров, и они легко подбираются после сборки остальных звеньев. Область применения этого метода ограничена определёнными конструкциями механизмов.

Достоинством метода является возможность относительно просто обеспечить точность замыкающего звена.

Недостаток метода – в необходимости дополнительной обработки или регулировки компенсационного звена. Недостаток компенсационных звеньев в виде резьбовых пар, клиньев заключается в том, что очень трудно зафиксировать размер этого звена после регулировки. Как бы тщательно не осуществлялось это фиксирование, возможно смещение фиксируемых деталей при закреплении. Регулируемые звенья без фиксирования изменяют свой размер в процессе эксплуатации.

16. Нормирование точности подшипников качения.

16.1 Основные положения.

Подшипник – это деталь или узел механизма, являющихся опорой для вращающихся валов. Подшипники воспринимают усилие, воздействующее на вал в радиальном и осевом направлении, и допускают вращение этого вала вокруг оси.

По принципу работы подшипники разделяют на подшипники скольжения и подшипники качения.

В подшипниках качения между поверхностью вращающейся детали и поверхностью опор располагаются шарики или ролики (кольца, тела качения, сепаратор).

По направлению воспринимаемой нагрузки подшипники разделяют на радиальные, радиально-упорные, упорные.

По форме тел качения и рабочих поверхностей колей подшипники разделяют на шариковые; шариковые сферические; роликовые цилиндрические – с короткими, длинными (игольчатыми) и витыми роликами; роликовые конические; роликовые сферические; коническо-сферические.

По числу рядов тел качения подшипники разделяются на однорядные, двухрядные и многорядные.

Подшипник качения – это стандартный узел, обладающий внешней взаимозаменяемостью своими присоединительными поверхностями (d,D,B).

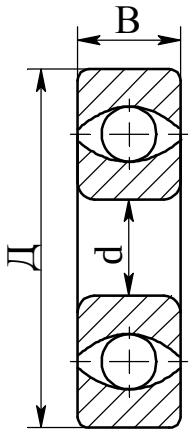


Рис. 40 Общий вид подшипника качения.

16.2 Ряды точности подшипников качения.

Установлено несколько классов точности подшипников (ГОСТ 520-89) в зависимости от используемых тел качения и от направления воспринимаемой нагрузки:

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

Классы 0, 6, 5, 4, 2 – для упорных и упорно-радиальных подшипников;

Классы 0, 6х, 6, 5, 4, 2 – для роликовых конических подшипников.

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

Класс точности подшипника характеризуется комплексом точностных требований, относящихся к отклонениям размеров, формы и расположения:

– требования к точности присоединительных размеров d,D,B, отклонений формы и расположения поверхностей колец и тел качения, шероховатость при-

соединительных поверхностей; требования к радиальному и торцевому (осевому) биению либо подшипника в сборе, либо отдельных колец.

Помимо классов точности для подшипников качения установлены три категории А, В, С в зависимости от нормирования других показателей точности, являющимися дополнительными к основным точностным требованиям.

К категории А относятся подшипники классов 5, 4, 2, Т, если к ним предъявляются дополнительные требования в отношении вибрации или в отношении волнистости и отклонения от круглости поверхностей качения и моменту трения, или радиальное, или осевое биение соответствует следующему более высокому классу.

К категории В относятся подшипники классов точности 0, 6х, 6, 5, для которых нормируется дополнительно одно из требований, например, регламентируются требования в отношении вибрации или в отношении радиального или торцевого биения и других параметров.

К категории С относятся подшипники классов точности 8, 7, 0, 6, к которым не предъявляются требования по уровню вибраций, моменту трения и другим требованиям, не указанным в стандарте (ГОСТ 520-89).

В отношении нормирования точности размера колец подшипников есть специфическая особенность по сравнению с нормированием точности обычных цилиндрических элементов деталей.

Для колец подшипников помимо предельных размеров, характеризующих точность изготовления нормируемых в виде верхнего и нижнего отклонений от номинального размера, нормируется ещё верхнее и нижнее отклонения от среднего диаметра ($Д_{тр}$, $d_{тр}$).

Средний диаметр ($Д_{тр}$, $d_{тр}$) цилиндрических поверхностей подшипника определяется как среднее арифметическое наибольшего и наименьшего значений диаметра, измеренного в различных сечениях кольца.

Требование к среднему диаметру является основным, и посадки осуществляются по значениям среднего диаметра. И если окажется, что размер кольца при измерении находится в поле допуска относительно номинального размера, а размер среднего диаметра выходит за пределы допуска, то такое кольцо считается браком.

<u>Пример</u>. Для кольца d=100 мм установлены требования для $d_{тр}$: ES=0,

EI=-0,02 мм, а для d-ES=+0,005 и EI=-0,025 мм, т.е. $d_{тр\ наиб}$=100 мм, $d_{тр\ наим}$=99,980 мм, $d_{нб}$=100,005 мм, $d_{нм}$=99,975 мм.

При измерении установлено, что $d_{нб}$=100,004 мм, $d_{нм}$=99,998 мм, то естиь размеры, находятся в пределах допуска номинального диаметра, а $d_{тр}$= (100,004+ +99,998)/2=100,001 мм, кольцо бракованное, т.к. среднее значение диаметра выходит за наибольший предельный размер.

Необходимость нормирования требований к точности среднего значения диаметра колец подшипников связано с тем, что кольца подшипников не обладают большой жёсткостью. При установке кольца на поверхность вала или в корпус оно деформируется, принимает в значительной мере форму сопрягаемой более жёсткой поверхности. Таким образом, действующим в сопряжении, оказывается усреднённый размер, а не предельный.

16.3 Условные обозначения подшипников качения.

Условные обозначения подшипника являются громоздкими и содержат большой объём информации о многих свойствах подшипника. Это обозначение состоит из знаков основного условного обозначения и знаков, обозначающих дополнительные требования к подшипнику.

Основное условное обозначение в общем случае содержит следующие признаки подшипника:

– размерную серию (серию диаметров и ширин) по ГОСТ 3378;

– тип и конструктивное исполнение по ГОСТ 3395;

– диаметр отверстия.

Пример: А75 – 1000094

А – категория подшипника; 7 – радиальный зазор по группе 7 ГОСТ 24810;

5 – класс точности 5 по ГОСТ 520;

1000094 – основное условное обозначение:

1 – серия ширин по ГОСТ 3478 (их десять 7, 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6);

00 – конструктивное исполнение по ГОСТ 3395;

0 – тип подшипника («0» – шариковый радиальный; «1» – шариковый радиальный сферический; «8» – упорный);

0 – диаметр внутренний менее 10 мм;

9 – серия диаметров по ГОСТ 3478 (девять серий 0, 8, 9, 1, 7, 2, 3, 4, 5);

4 – значение диаметра в мм.

Условные обозначения подшипников наносятся на любой поверхности кроме поверхности качения.

16.4 Поля допусков колец подшипников качения.

Для среднего диаметра отверстия подшипника установлены поля допусков L0, L6, L5, L4, L2, для среднего диаметра наружного кольца установлены поля допусков ℓ0, ℓ6, ℓ5, ℓ4, ℓ2. (L – от немецкого слова Lager – подшипник).

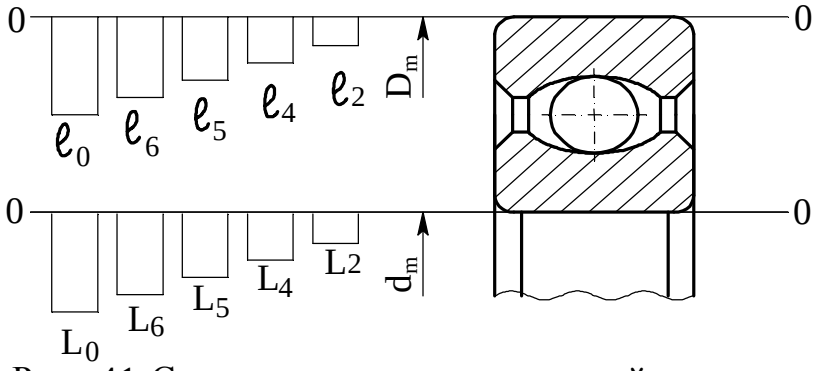


Рис. 41 Схема расположения полей допусков

При сопряжении подшипника с валом и отверстия с корпусом применяются посадки в системе отверстия и системе вала. Подшипник является основным узлом (готовый вал – наружный диаметр, и готовое отверстие – внутренне кольцо). Но поле допуска для внутреннего кольца dm расположено в «минус». При сопряжении с основным отверстием, у которого отклонение в «минус» часть полей допусков, которые в основной системе допусков и посадок для получения посадок с небольшим зазором, будут образовывать с кольцами подшипников посадки переходные. В то же время поля допусков, используемые в обычной системе допусков и посадок, для переходных посадок будут с кольцами подшипника образовывать посадки с небольшим натягом, (кольца имеют недостаточную жёсткость).

16.5 Поля допусков для размеров посадочных поверхностей валов и корпусов и технические требования к этим поверхностям под подшипники качения.

Для образования посадок с подшипниками качения из общей системы допусков и посадок (ГОСТ 24347-89) отобрана группа полей допусков. Полный набор этих полей приведён в ГОСТ 3325-85. Некоторые из них приведены в таблице.

Поля допусков валов

Класс точности подшипника	Поля допусков валов
0 и 6	f6, g6, h6, k6, m6, n6, js6, f7
5 и 4	g5, h5, js5, k5, m5, n5
2	g4, h4, js4, k4, m4, n4

Поля допусков отверстий

Класс точности подшипника	Поля допусков отверстий
0 и 6	G7, H7, Js7, K7, M7, N7, P7
5 и 4	G6, H6, Js6, K6, M6, N6
2	G5, H5, Js5, K5, M5, N5

Подшипник является податливым узлом, и форма его посадочной поверхности может меняться в зависимость от формы посадочной поверхности вала или отверстия (например, при посадке на вал овальной формы, кольцо примет форму овала и в подшипнике появится радиальное биение).

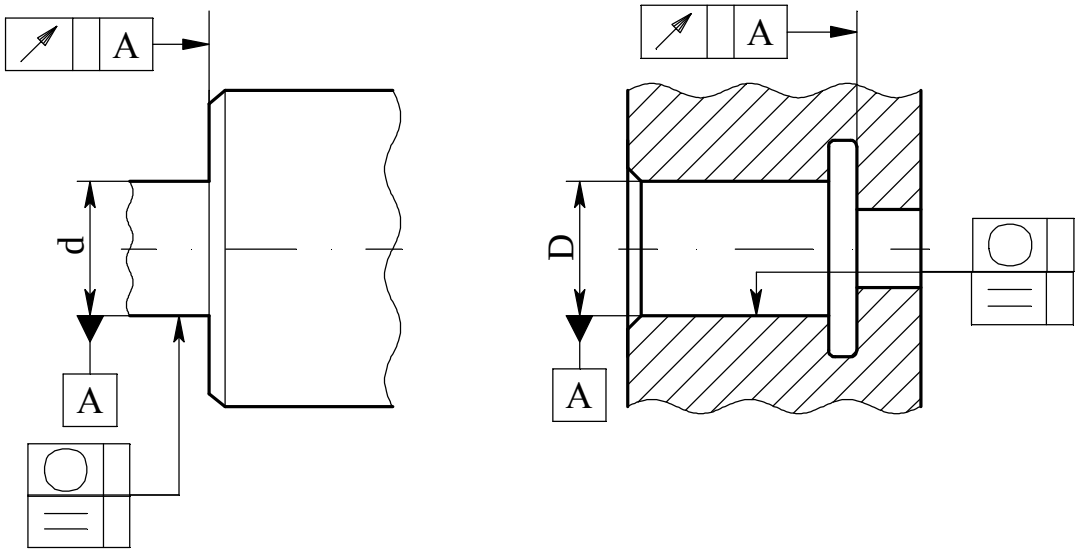


Рис. 42 Требования к отклонениям формы и биениям поверхностей под подшипник качения.

Как видно из рисунка, нормируются отклонения от круглости, отклонения профиля продольного сечения посадочных поверхностей и торцевое биение заплечиков.

В виду трудностей измерения отклонений профиля продольного сечения и круглости отверстий корпусных громоздких деталей ГОСТ 3325-85 ввёл новый нормируемый параметр – непостоянство диаметра отдельно в поперечном и продольном направлениях. Эти параметры нормируются в зависимости от точности размера, т.е. как часть допуска (Т) на размер посадочного элемента. Так для подшипников классов 0 и 6 допуск на непостоянство диаметра принять равным 0,5Т, для подшипников классов 5 и 4 – 0,03Т, для подшипников класса 2 – 0,25Т.

Подшипники качения обычно устанавливают парами на концах вала или противоположных отверстиях корпуса. Для этого необходимо нормировать требования к точности расположения осей посадочных поверхностей под подшипники для уменьшения угла перекоса колец подшипников.

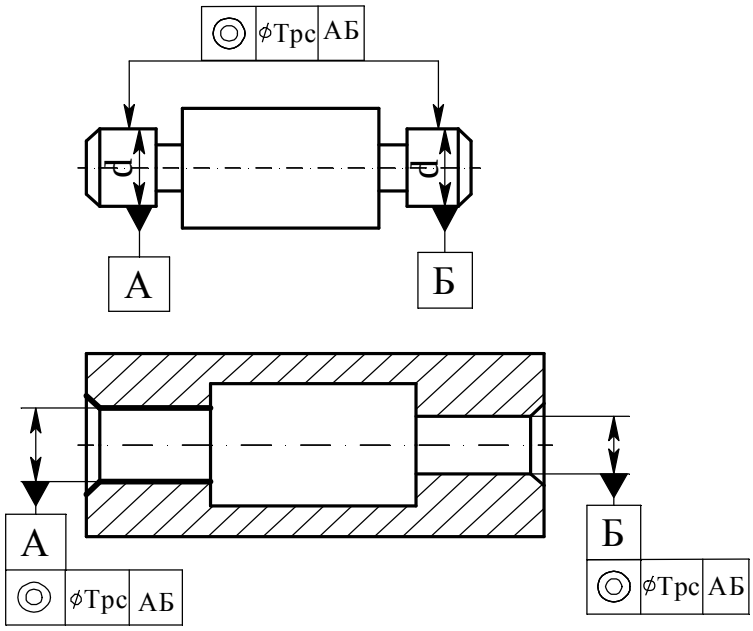


Рис. 43 Требования к соосности осей посадочных мест под подшипники качения

Как видно из рисунка, допуск соосности задан относительно общей оси. Однако реализовать это требование бывает весьма сложно, поэтому лучше нормировать радиальное биение посадочных поверхностей от общей оси, если измерить это биение возможно.

Требования к шероховатости поверхностей, на которые устанавливаются подшипники качения, в стандарте установлены в зависимости от класса точности подшипника.

Шероховатость Ra, мм

Посадочная поверхность	Класс точности подшипника	Диаметр подшипника	
		до 80 мм	свыше 80 до 500
вал	0	1,6	3,2
	6 и 5	0,8	1,6
	4	0,4	0,8
	2	0,2	0,4
отверстие в корпусе	0	1,6	3,2
	6, 5, 4	0,8	1,6
	2	0,4	0,8
опорные торцы заплечиков валов и корпусов	0	3,2	3,2
	6, 5, 4	1,6	3,2
	2	0,4	0,4

16.6 Выбор посадок для колец подшипников.

При установке подшипников используются все три вида посадок, т.е. с зазором, с натягом и переходные. Выбор характера сопряжений зависит от вида нагружения, скорости вращения и других условий работы подшипника. Общие соображения при выборе посадок:

1. Нельзя устанавливать с большим натягом наружные и внутренние кольца, т.к. может произойти заклинивание тел вращения.

2. Вращающееся кольцо на валу или в корпусе должно устанавливаться с гарантированным натягом.

3. При двухопорном вале (два подшипника на кольцах вала) посадка одного из не вращающихся колец должна быть с гарантированным зазором для компенсации температурных деформаций вала или корпуса.

Установлено три вида нагружения: местное, циркуляционное и колебательное. При местном нагружении постоянная по величине и направлению радиальная нагрузка воздействует на один и тот же ограниченный участок дорожки качения (наблюдается на не вращающемся конце подшипника) и вызывает мест-

ный износ. Необходима посадка этого кольца с небольшим зазором, вследствие чего кольцо в процессе работы периодически проворачивается, износ дорожки становится более равномерным.

Циркуляционный вид нагружения создаётся на кольце при постоянно направленной радиальной нагрузке, когда место нагружения перемещается по окружности кольца со скоростью его вращения. Посадка должна обеспечивать гарантированный натяг, исключающий проскальзывание этого кольца и детали.

Колебательное нагружение имеет место при одновременном действии на кольцо двух радиальных нагрузок: постоянной по направлению и вращающейся вокруг оси. В результате на одном участке дорожки качения они то усиливают друг друга, то – ослабляют. Одно кольцо (неподвижное) имеет колебательное нагружение, а другое циркуляционное (или местное в зависимости от соотношения вращающейся и неподвижной нагрузки).

Посадку циркуляционно нагруженного кольца следует подбирать по интенсивности радиальной нагрузки (Н/м):

$$P_R=F_R\cdot K_1\cdot K_2\cdot K_3/b,$$

где F_R – расчётная радиальная нагрузка на опору, Н;

b – ширина посадочной поверхности кольца подшипника (b=B-2r);

K_1, K_2, K_3 – коэффициенты, зависящие от условий работы подшипника.

17. Обозначение посадок подшипников.

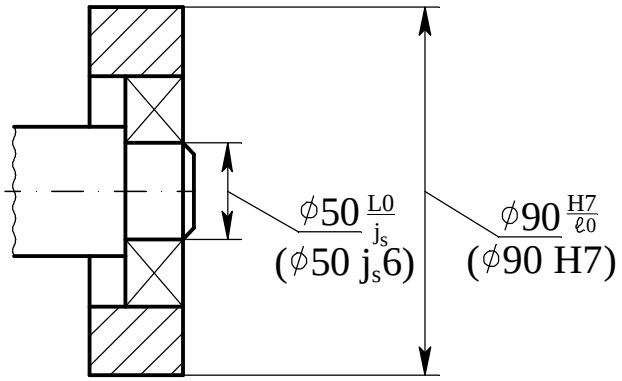


Рис. 44 Обозначение посадок подшипников

Стандартом допускается, а на производстве этим совместно пользуются, не указывать поле подшипника (в скобках). Существенный недостаток этого обозна-

чения в том, что на чертеже не указывается в явном виде точность используемого подшипника.

18. Нормирование точности шлицевых соединений.

Шлицевые соединения, в принципе, можно представить как много шпоночное соединение с равномерно расположенными шпонками. В зависимости от формы профиля зубьев у вала и Вадин у втулки имеются прямобочные и эвольвентные шлицевые соединения. Значительно реже применяются соединения с треугольным профилем. Шлицевые соединения используются для передачи больших крутящих моментов и когда необходимо обеспечить высокие требования к соосности (центрированию) вала и втулки.

18.1 Прямобочные шлицевые соединения.

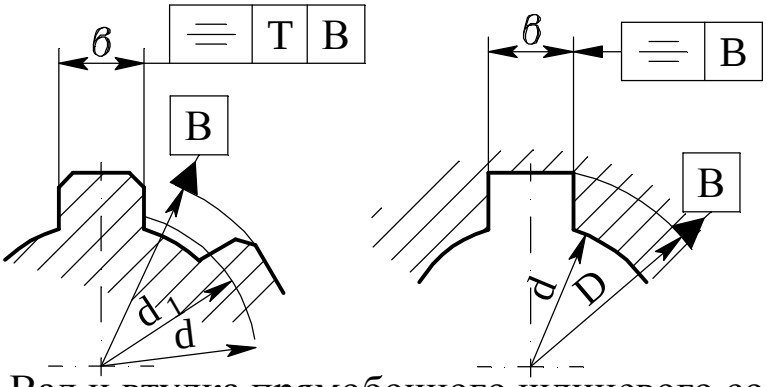


Рис. 45 Вал и втулка прямобочного шлицевого соединения

Эти соединения (рис.45) используются в подвижных (с зазором) и неподвижных (с натягом) соединениях, имеют чётное число зубьев (впадин) z=6, 8, 10, 16, 20. Установлено три градации высот и чисел зубьев для одного и того же внутреннего диаметра d, в соответствии с этим соединения делятся на лёгкую, среднюю и тяжёлую серию (ГОСТ 1139-80).

Допуски и посадки шлицевых соединений определяются их назначением и принятой системой центрирования между валом и втулкой, т.е. зависят от той поверхности, по которой производится основное сопряжение. Используют три способа центрирования: по наружной поверхности (D), по внутренней поверхности (d) и по боковым поверхностям зубьев (b). Шлицевое соединение отличается от гладкого тем, что сопряжение для шлицевых деталей осуществляется одновременно по трём поверхностям, т.е. о наружной поверхности, по внутренней поверхности и по боковым сторонам шлицев (зубьев). Таким образом, при нормировании точности шлицевого соединения необходимо нормировать одновременно

три посадки. Посадки эти должны быть разными по точности, т.к. невозможно изготовить все сопрягаемые поверхности одинаковой точности. Поверхность, для которой назначена более высокая точность сопряжений, будет обеспечивать точность совмещения осей, между другими поверхностями должен обеспечиваться гарантированный зазор.

Центрирование по D используется для подвижных и неподвижных соединений, подвергаемых малому износу. Для обеспечения этого сопряжения втулка должна изготавливаться с относительно небольшой твёрдостью, чтобы обеспечить обработку чистовой протяжкой. Вал может иметь большую твёрдость и обрабатываться шлифованием по наружному диаметру (фрезерованием получают зубья). Этот способ центрирования наиболее простой и экономичный.

Центрирование по d используется для подвижных соединений, для получения высокой точности в отношении совмещения осей вала и втулки. Объясняется это тем, что отверстия по внутреннему диаметру у втулки окончательно обрабатываются шлифованием, вал также. При этом они могут иметь большую твёрдость (износостойкость). Этот способ центрирования дорогой, но наиболее точный.

Центрирование по в используется, когда необходимо передать большие крутящие моменты, особенно при знакопеременной нагрузке, реверсировании. При этом способе не обеспечивается высокая точность совпадения осей вала и втулки, и поэтому он применяется значительно реже, чем два других.

Шлицевые детали образуют подвижные и неподвижные соединения, и поэтому нормируются отдельные поля допусков, отобранные по ГОСТ 25347-82.

Посадки шлицевых прямобочных соединений даны в виде рекомендаций в приложении к стандарту (ГОСТ 1139-80).

В условных обозначениях прямобочных шлицевых соединений валов и втулок указывается способ центрирования, число шлицев (зубьев), значение внутреннего диаметра и посадка по внутреннему диаметру, значение наружного диаметра и посадка по этому диаметру, значение ширины шлицев и посадка по шлицам.

<u>Пример:</u> $d-8\cdot 36\frac{H7}{f7}\cdot 40\frac{H12}{a11}\cdot 7\frac{H9}{f9}.$

Это обозначение указывает, что шлицевое соединение должно быть образовано при центрировании по внутреннему диаметру(d), имеет число зубьев 8 (z), значение внутреннего диаметра d=36 мм и посадка по внутреннему диаметру H7/f7, значение наружного диаметра D=40 мм и посадка по этому диаметру H12/a11, значение ширины шлицев (зубьев) b=7 мм и посадка по шлицам H9/ f9.

При центрировании по наружному диаметру (D):

$$D - 8 \cdot 36 \cdot 40 \frac{H7}{h7} \cdot 7 \frac{F10}{h7}$$

При центрировании по боковым сторонам шлицев (b):

$$b - 8 \cdot 36 \cdot 40 \frac{H12}{a11} \cdot 7 \frac{D9}{f8}.$$

Структура обозначений вала и втулки, например:

для втулки: d-8·36H7·40H12·7H9,

для вала: d-8·36f7·40a11·7f9.

20. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РЕЗЬБЫ

20.1. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РЕЗЬБ И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ

В зависимости от профиля, т.е. от вида фигуры в сечении, резьба бывает треугольной, трапецеидальной, упорной, круглой и прямоугольной.

В зависимости от поверхности, на которой нанесена резьба, она разделяется на цилиндрическую и коническую.

По эксплуатационному признаку резьбы бывают следующих видов: крепежные, кинематические, трубные и арматурные.

По числу заходов резьбы бывают однозаходные и многозаходные.

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

Наибольшее распространение имеет резьба треугольная с углом профиля 60°. Такая резьба известна во всем мире под названием «метрическая».

20.2. НОМИНАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ МЕТРИЧЕСКОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ И ЕГО ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Основным профилем резьбы является общий для наружной и внутренней резьбы профиль, который называется номинальным и размеры его линейных и угловых элементов служат основной для определения номинальных профилей для болта и гайки. В основу профиля метрической резьбы положен треугольник, у которого срезаны вершины.

Для образования рабочей высоты профиля H_1 из общей высоты равнобедренного треугольника H в профиле резьбы предусмотрен срез вершины острых углов у гайки H/4 и у болта H/8. Исходная высота профиля H установлена в зависимости от шага резьбы и равна 0,8660254 P, где P — шаг резьбы.

Наружный диаметр d и D (он же номинальный диаметр резьбы).

Внутренний диаметр d_1 и D_2 — диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы (болта или вершин внутренней цилиндрической резьбы (гайки).

Средний диаметр d_2 и D_2 — диаметр воображаемого цилиндра, соосного с резьбой, каждая образующая которого пересекает профиль таким образом, что отрезок, образованный при пересечении с канавкой, равен половине номинального шага.

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

В отношении шагов используется условное разделение их на крупные и мелкие. Например, для диаметра 20 мм устанавливаются шаги 2,5; 2; 1,5; 1; 0,75; 0,5 мм. Самый большой шаг 2,5 мм называют условно крупным шагом, а остальные — мелкими шагами. Для многозаходных резьб используется термин ход (произведение шага на число заходов).

Угол профиля резьбы α — угол между боковыми сторонами профиля. Для нормирования чаще используется угол $\alpha/2$ — угол наклона боковых сторон профиля. Это позволяет выявить перекос резьбы из-за неточности установки инструмента. Для резьб с несимметричным профилем углы наклона профиля β и γ $\alpha=\beta+\gamma$. Упорная резьба 3° и 30°.

Угол подъема ψ — угол между касательной к винтовой поверхности в точке, лежащей на среднем диаметре резьбы, и плоскостью, перпендикулярной оси резьбы. Для однозаходной резьбы

$$\mathrm{tg}\psi = \frac{P}{\pi d_2(\pi\pi_2)}.$$

Длина свинчивания *l* — длина взаимного соприкосновения наружной и внутренней резьб в осевом направлении. Часто этот элемент называют высотой гайки.

20.3. ПРИНЦИП ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ РЕЗЬБЫ. ПРИВЕДЕННЫЙ СРЕДНИЙ ДИАМЕТР РЕЗЬБЫ. УСЛОВИЯ ГОДНОСТИ РЕЗЬБЫ

По наружному и внутреннему диаметрам резьбового соединения предусматривается зазор, поэтому на свинчиваемость наружной и внутренней резьбы могут оказывать влияние только погрешности собственного среднего диаметра, шага и угла наклона боковых сторон профиля.

Стандартом установлены допуски на наружный диаметр болта, на внутренний диаметр гайки и на их средние диаметры.

Допуски по среднему диаметру T_{d2} и T_{D2} являются суммарными, т.к. одновременно с ограничением отклонений среднего диаметра предназначены и для ограничения в пределах длины свинчивания погрешностей резьбы по шагу и углу наклона сторон профиля.

В связи с этим у резьб различают действительный средний диаметр (измеренный на детали) и приведенный средний диаметр ($d_{2пр}$, $D_{2пр}$), учитывающий совокупное влияние на свинчиваемость всех перечисленных погрешностей.

За счет ошибок в шаге и перекосов в резьбе может не произойти свинчиваемость резьб наружной и внутренней, т.е. на самом деле. Этот кажущийся диаметр и называют приведенным средним диаметром $d_{2пр}$. У гаек ухудшение свинчиваемости соответствует кажущемуся уменьшению среднего диаметра, который обозначается $D_{2пр}$.

Предположим, что имеется у болта погрешность по размеру шага ΔP. Эта погрешность может быть местной, но обычно она является прогрессивной, возрастающей пропорционально числу полных шагов n на длине свинчивания (ΔP_n).

Рассмотрим возможность свинчивания такого болта. При равенстве средних диаметров болт в гайку не свинтится, т.к. действительное расстояние $P_{бп}$ между крайними витками болта окажется больше расстояния $P_{гп}$ гайки.

Величина требуемого изменения d_2 или D_2, необходимая для компенсации погрешностей шага, называется диаметральной компенсацией погрешностей шага резьбы $f_р$

$$f_p = \Delta P_n \cdot ctg\frac{\alpha}{2},$$ для метрической резьбы с $\alpha=60^o$

$$f_p = 1.732\Delta P_n.$$

При анализе погрешностей угла профиля резьбы обычно измеряют не угол α, а половину угла профиля α/2, при этом можно установить не только величину α, но и перекос резьбы. Величину Δα/2 при симметричном профиле резьбы находят как среднее арифметическое из абсолютных величин отклонений обеих половин угла профиля

$$\Delta\frac{\alpha}{2} = \frac{\left|\Delta\frac{\alpha}{2}_{пр}\right| + \left|\Delta\frac{\alpha}{2}_{лев}\right|}{2}.$$

Величина требуемого изменения среднего диаметра f_α (уменьшение d_2 у болта или увеличение D_2 у гайки), необходимая для компенсации погрешностей половина угла профиля Δα/2 называется диаметрической компенсацией погрешностей угла наклона боковых сторон профиля.

$$f_\alpha = \frac{2H_1 \cdot \Delta\frac{\alpha}{2}}{\sin\alpha},$$

Отклонение собственного среднего диаметра Δd_2 (ΔD_2) при изготовлении резьбы соответствует обычно допускам 8 и 9-го квалитета гладких соединений.

В результате суммарное диаметрическое влияние указанных трех видов погрешностей не должно выходить за границы табличного допуска среднего диаметра.

$$Td_2 = \Delta d_2 + f_p + f_\alpha \text{ и } T_{D2} = \Delta D_2 + f_p + f_\alpha.$$

Свинчиваемость будет обеспечена, если разность средних диаметров резьбы болта и гайки будет не меньше сумм диаметральных компенсаций шага и угла профиля обеих деталей.

Значение среднего диаметра резьбы, увеличенное для наружной или уменьшенное для внутренней резьбы на суммарную диаметральную компенсацию отклонений шага и угла наклона боковой стороны профиля, называют <u>приведенным средним диаметром</u>.

$$d_{2пр} = d_2' + f_p + f_\alpha \text{ и } D_{2пр} = D_2' - (f_p + f_\alpha),$$

где d_2' и D_2' — действительный (измеренный) средний диаметр наружной и внутренней резьб.

Приведенный средний диаметр можно представить как средний диаметр теоретической резьбы, не имеющей отклонений шага, угла профиля и отклонений формы, которая свинчивается с действительной резьбой без зазора и натяга.

Условие годности резьбы:

Для болта $d_2' \geq d_{2\min}$; $d_{2пр} \leq d_{2\max}$;

Для гайки $D_2' \leq D_{2\max}$; $D_{2пр} \geq D_{2\min}$.

20.4. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ МЕТРИЧЕСКИХ РЕЗЬБ

Из нескольких разновидностей метрических резьб наиболее широко применяется только резьба с зазорами. Систему допусков для посадок с зазорами у метрических резьб общего назначения, имеющих шаг 0,2…6 мм (при диаметрах 1…600 мм), устанавливает ГОСТ 16093—81.

Резьба полностью определяется пятью параметрами: тремя диаметрами, шагом и углом наклона боковых сторон. Нормируются же полями допусков средний диаметр (d_2 и D_2), наружный диаметр болта d и внутренний диаметр D_1 гайки. Допуски на наружный диаметр гайки D и на внутренний диаметр болта d_1 не установлены. У гайки ограничивается только нижним отклонением EI наименьшее значение наружного диаметра D_{min} для получения зазора, а для болта — наибольшее значение внутреннего диаметра d_{1max} верхним отклонением es также для получения зазора по этому диаметру в резьбовом соединении.

ГОСТ 16093—81 устанавливает для метрических резьб степени точности 3…10, которые для диаметров назначаются лишь выборочно.

Вид резьбы	Диаметр резьбы	Степени точности
Наружная	d	— 4 — 6 — 8 — —
	d_2	3 4 5 6 7 8 9 10*
Внутренняя	D_2	— 4 5 6 7 8 9* —
	D_1	— 4 5 6 7 8 — —

* — резьба пластмассовых деталей.

Все отклонения и допуски отсчитываются от номинального профиля в направлении, перпендикулярном оси резьбы. На схемах принять указывать половинные величины, полагая, второй половиной расположенными на диаметрально противоположных профилях изделия.

Положение полей допусков резьбы относительно элементов номинального профиля определяется основным отклонением. Для наружных резьб предусмотрено пять верхних отклонений es, обозначаемых в порядке возрастания зазора буквами h, g, f, e, d; для внутренних резьб четыре нижних отклонения EI, обозначаемых H, G, F, E. Выбранная величина основного отклонения соблюдается единой по всему профилю, т.е. распространяется и на нормируемые диаметры d_1 и D. Большие отклонения d, e, f, E, F, G преимущественно назначают для резьб с защитными покрытиями, причем предельные значения у них контролируют до нанесения покрытия. Если в технической документации нет специальных указаний о размерах резьбы после покрытия, то они не должны выходить за пределы номинальных профилей (соответствовать основным отклонениям h и H).

После допусков во впадины резьбы «в тело» предельными значениями не ограничены. При неоговоренной форме впадин болта не разрешается, чтобы впадины получились глубже плоского среза на расстоянии H/8.

При оговоренной закругленной впадине болта радиус кривизны впадины ни в одной из точек не должен быть менее H/8 ≈ 0,1P.

Так как при изготовлении трудность обеспечения заданной точности резьбы зависит от имеющейся у нее длины свинчивания (главным образом, из-за погрешностей шага), ГОСТ 16093—81 по этому признаку устанавливает три группы резьб: короткие S, нормальные N и длинные L. Для N есть длины граничные l_{Nmax} и l_{Nmin}.

Допуск резьбы, если нет особых указаний, относится к наибольшей нормальной длине свинчивания интервала или ко всей длине резьбы, если она меньше этой величины.

Длина свинчивания N в условном обозначении резьбы не указывается. Длина свинчивания, к которой относится допуск резьб, должна быть указана в обозначении резьбы, если она относится к группе L или к группе S, но меньше, чем вся длина свинчивания.

В соответствии со сложившейся практикой поля допусков условно сгруппированы в три класса точности и рекомендованы к применению в зависимости от длины свинчивания. Указанные поля являются ограничительным отбором. При наличии основания допускается применять их в других сочетаниях. Поле допусков 6g и 6H предпочтительны. Рекомендуется в резьбовых соединениях сочетать поля допусков одного класса точности. Поля допусков точного класса следует назначать для ответственных соединений, при высоких требованиях стабильности характеристики посадки или обеспечению по резьбе повышенной соосности (при

отклонениях h и H). Средний класс является основным для резьб общего применения. Грубый класс является используют редко, для неответственных соединений или при неблагоприятных условиях обработки (по горячекатаной заготовке, в глубоких глухих отверстиях и т.п.).

Класс точности	Поле допуска при длине свинчивания			
	S		N	L
Наружная резьба				
Точный	—	(3h4h)	— — — 4g 4h	— — (5h4h)
Средний	5g6g	(5h6h)	6d 6e 6f **6g** 6h	(7e6e) 7g6g (7h6h)
Грубый	—	—	— — — 8g, (8h)	— 9g8g —
Внутренняя резьба				
Точный	—	4H	— 4H5H; 5H	— 6H
Средний	(5G)	5H	6G **6H**	(7G) 7H
Грубый	—	—	7G 7H	(8G) 8H

20.5. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ МЕТРИЧЕСКИХ РЕЗЬБ С ЗАЗОРАМИ

Условное обозначение поля допуска диаметре резьбы состоит из цифры, соответствующей принятой степени точности, и буквы, обозначающей основное отклонение, например, 4h, 6g, 8H. При необходимости разрешается комбинировать степени точности (но не основные отклонения) по двум диаметрам одной резьбы. В этом случае в обозначении указывают два поля допуска, сначала по среднему, а затем по второму нормируемому диаметру, например 7h6h (средний и наружный диаметры для болта), 4H5H (средний и внутренний диаметры для гайки). Полное обозначение метрических резьб:

M 18-6H — внутренняя резьба с крупным шагом, шестой степени точности по D_2 и D_1 и основным отклонением H;

M 12×1,5 - 7g6g-18-R — наружная резьба с мелким шагом 1,5 мм, седьмой степени точности по d_2 и шестой — по d с основным отклонением «g», с длиной свинчивания группы L, равной 18 мм (при d = 12 мм и P = 1,5 мм длины N находятся в интервале 5, 6 … 16 мм), с радиусным отклонением;

M 30×4,5 (P1,5) LH – 6H/6g — резьбовое соединение, имеющее ход 4,5 мм, шаг 1,5 мм (следовательно, трехзаходная), резьба левая, у болта 6 степень по d и d_2, у гайки 6 степень по D_2 и D_1, основное отклонение у гайки H, у болта — «g», длина свинчивания нормальная, форма впадин болта неоговорена.

21. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

21.1. ПРИНЦИП НОРМИРОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

Особая трудность в отношении нормирования точностных требований к зубчатым передачам заключается в том, что детали эти являются сложными по своей геометрической форме, а кроме того, они являются элементами кинетической цели. Поэтому и необходимо учитывать при нормировании, что их основное

служебное назначение — передача движения с одного вала на другой при необычной геометрической форме.

Требования к характеристикам передаваемого движения оказываются не одинаковыми для всего многообразия зубчатых передач. Так, в кинетических целях металлорежущих станков и делительных механизмах основное требование к зубчатой передаче — это обеспечение точности углов поворота за полный оборот колеса. Для зубчатых передач в автомобилях, редукторах станков одним из основных показателей является плавность работы, т.е. минимальный шум, а это происходит из-за точности вращения колеса за малые углы его поворота, т.е. из-за непостоянства передаточного отношения в пределах оборота.

Для зубчатых колес в подъемных механизмах, лебедках не так важно, какова будет точность угла поворота в пределах оборота или на малых углах поворота, как важно, чтобы сопрягаемые зубья касались при зацеплении как можно больше своей поверхностью, т.е. обеспечивали хороший контакт рабочих поверхностей.

Специфические требования возникают к зубчатым передачам, работающим в условиях высоких температур, а также к реверсивным передачам. Для таких передач очень важным является требование к боковому зазору, т.к. большинство зубчатых колес работают по одной стороне профиля, а по другой стороне, т.е. по нерабочим поверхностям зубьев должен обеспечиваться гарантированный боковой зазор.

Исходя из необходимости правильного нормирования требований к точности зубчатых колес для обеспечения разнообразных эксплуатационных показателей установлены четыре группы почти независимых требований, которые названы нормами точности.

Нормы точности на зубчатые колеса и передачи представляют собой набор требований к точности геометрических и кинематических параметров зубчатых колес и передач для оценки этой точности в отношении определенного эксплуатационного признака.

Называются эти нормы: нормы кинематической точности, нормы плавности работы, нормы контакта зубьев, нормы бокового зазора.

21.2. РЯДЫ ТОЧНОСТИ ДЛЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

Первые три группы норм относится к характеристике процесса вращения, а четвертая норма (боковой зазор) не характеризуется точность вращения колес и передач, поэтому при нормировании точности зубчатых колес принято давать единые ряды точности для первых трех норм точности, т.е. характеризующим процесс зацепления. Эти ряды точности названы степенями точности.

В ГОСТ 1643—81 «Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски.» нормируется 12 степеней точности для эвольвентных зубчатых колес и передач с диаметром колес до 6300 мм, модулем от 1 до 55 мм. Чем меньше номер степени точности, тем точнее колесо или передача.

Практически невозможно найти колесо, чтобы от него требовался одинаковый уровень точности и в отношении точности вращения за один оборот, и в отношении контакта. Обычно одно из этих требований является доминирующим. Поэтому при нормировании допускается комбинирование разных степеней точности по нормам кинематической точности, плавности работы и контакта. При ком-

бинировании степеней из разных норм существуют определенные ограничения из-за невозможности практического изготовления колес при большой разнице в степенях точности по разным нормам.

21.3. РЯДЫ ТОЧНОСТИ ПО ПАРАМЕТРАМ БОКОВОГО ЗАЗОРА

Основным показателем бокового зазора в стандартах указывается гарантированный боковой зазор — это наименьший зазор, который получается при выполнении требований к колесу пары, которые нормируют в стандарте (j_{nmin}).

В стандарте нормируется ряд, состоящий из шести групп точности, которым дано название виды сопряжений и введены условные обозначения: Н, Е, Д, С, В, А (Н — гарантированный зазор равен нулю; А — наибольший боковой зазор). (1-й ряд точности).

В связи с тем, что на значение бокового зазора оказывает влияние межосевое расстояние передачи, а не только параметры колес, в стандарте установлены ряды точности, состоящие из шести классов отклонений межосевого расстояния, обозначенный римскими цифрами с I по VI в порядке убывания точности (это можно считать 2-м рядом точностей по боковому зазору). Гарантированный боковой зазор обеспечивается при соблюдении для сопряжений Н и Е класса II по межосевому расстоянию, а для сопряжений Д, С, В, А классов III, IV, V, VI соответственно. Стандарт разрешает изменять указанные соответствия. Наибольшее предельное значение бокового зазора и его колебание стандарт непосредственно не нормирует, а ограничивает условными видами допусков на боковой зазор, обозначенных буквами h, d, c, b, *a*, z, y, x в порядке возрастания допуска T_{jn}. Стандарт устанавливает, что видам сопряжений Н и Е должен соответствовать вид допуска h, а видам сопряжений Д, С, В, А — виды допусков d, c, b и *a* соответственно. Однако это соответствие можно изменять и использовать виды допусков x, y, z.

21.4. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

Точность колеса и передачи характеризуется степенью точности по трем эксплуатационным показателям вращения (кинематической точности, плавности работы и полноты контакта), видом сопряжения, видом допуска и классом межосевого расстояния. Бывают случаи, когда надо указывать значение бокового зазора, если класс межосевого расстояния принят грубее, чем это рекомендовано стандартом.

Примеры:

1) 8—7—6 Ва ГОСТ 1643—81 (8-я степень точности по нормам кинематической точности; 7-я степень точности по нормам плавности; 6-я — по нормам контакта; В — вид сопряжения; а — вид допуска на боковой зазор).

2) 8-С ГОСТ 1643—81 (8-я степень точности по всем трем нормам, вид сопряжения С и используются рекомендуемые стандартом соответствия между видом сопряжения и классом отклонения межосевого расстояния (вид допуска «С», класс межосевого расстояния IV);

3) 8—7—6—Са/V—128 ГОСТ 1643—81 (здесь 128 — уменьшенный боковой зазор j_{nmin}=128 мкм при межосевом расстоянии передачи a_{ω}=450 мм). Если для

передачи принят класс отклонений межосевого расстояния, не соответствующий данному виду сопряжения, то измененная величина гарантированного бокового зазора j'_{nmin} определяется по формуле

$$j'_{nmin} = j_{nmin} - 0{,}68(|f'_a| - |f_a|),$$

где j_{nmin}, f_a — табличные значения для данного вида сопряжения; f'_a — отклонение межосевого расстояния для принятого (более грубого) класса отклонений межосевого расстояния.

$$j'_{nmin} = 155 - 0{,}68(120 - 80) = 128 \text{ мкм}$$

Возможен случай, когда на одну из норм точности не задается степень точности, тогда вместо соответствующей цифры указывается буква N. Например, N—7—6—В ГОСТ 1643—81.

21.5. НОРМИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ КИНЕМАТИЧЕСКУЮ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

На кинематическую точность колеса влияют погрешности шагов и их радиальные и тангенциальные составляющие. Радиальные являются следствием смещения оси вращения колеса относительно оси посадочного отверстия, вторые вызываются погрешностью цепей обката зубчатого станка (несогласованность угловых поворотов обратимого колеса и зубообрабатывающего инструмента).

Для обеспечения кинематической точности предусмотрены нормы, ограничивающие кинематическую погрешность передачи и кинематическую погрешность колеса.

Кинематической погрешностью передачи $F_{кпп}$ называют разность между действительными $\varphi_{2д}$ и нормальными (расчетными) $\varphi_{2н}$ углами поворота ведомого зубчатого колеса 2-й передачи, выраженную в линейных величинах длиной дуги его делительной окружности, т.е.

$$F_{кпп} = (\varphi_{2д} - \varphi_{2н}) \cdot r.$$

наибольшая кинематическая погрешность передачи F'_{ior} определяется наибольшей алгебраической разностью значений кинематической погрешности передачи за полный цикл изменения относительного положения зубчатых колес. Наибольшая кинематическая погрешность передачи ограничена допуском F'_{io}. Допуски на большую кинематическую погрешность передачи в стандарте не приведены. Они представляют собой сумму допусков на кинематическую погрешность ее колес, т.е.

$$F'_{io} = F'_{i1} + F'_{i2}.$$

Кинематической погрешностью зубчатого колеса $F_{кпк}$ называют разность между действительным и нормальным (расчетным) углами поворота зубчатого

колеса на его рабочей оси, ведомого точным (измерительным) колесом при нормальном взаимном положении осей вращения этих колес; ее выражают в линейных величинах длиной дуги длительной окружности. Под рабочей осью понимают ось колеса, вокруг которой оно вращается в передаче.

Небольшая кинематическая погрешность зубчатого колеса F'_{ir} — наибольшая алгебраическая разность значений кинематической погрешности зубчатого колеса в передачах полного оборота. Эта погрешность ограничивается допуском F'_i (значения в стандарте не приведены). Допуск $F'_i = F_p + f_f$, где F_p — допуск на накопленную погрешность шага колеса в зависимости от степени точности по нормам кинематической точности; f_f — допуск на погрешность профиля зуба, назначаемого в зависимости от степени точности по нормам плавности.

Накопленная погрешность k шагов F_{pkr} — наибольшая разность дискретных значений кинематической погрешности зубчатого колеса при номинальном его повороте на k целых угловых шагов:

$$F_{pkr} = (\varphi - k \cdot \frac{2\pi}{z})r,$$

где φ — действительный угол поворота зубчатого колеса; z — число зубьев колеса; $k \cdot 2\pi/z$ — номинальный угол поворота колеса ($k \geq 2$ — число целых угловых шагов); r — радиус делительной окружности.

При отсутствии специальных требований допуск F_{pk} назначается для длины дуги делительной окружности, соответствующей 1/6 части числа зубьев колеса.

Накопленная погрешность шага зубчатого колеса F_{pr} (допуск F_p) — наибольшая алгебраическая разность значений накопленных погрешностей, найденных для всех значений k в пределах от 2 до z/2 (в пределах зубчатого колеса).

Погрешность обката F_{cr} — составляющая кинематической погрешности колеса, определяется при его вращении на технологической оси, исключив циклические погрешности зубовой частоты и кратных ей более высоких частот.

Под технологической понимают ось колеса, вокруг которой оно вращается в процессе окончательной механической обработки зубьев с обеих сторон. Погрешность F_{cr} можно определить, измерив погрешность кинематической цепи деления зубчатого станка. Допуск F_c принят равным допуску на колебание длины общей нормали F_{vw}.

Колебания длины общей нормали F_{vwr} — разность между наибольшей и наименьшей действительными длинами общей нормали в одном и том же зубчатом колесе:

$$F_{vwr} = W_{наиб} - W_{наим}.$$

Длина общей нормали зубчатого колеса W — расстояние между двумя параллельными плоскостями, касательными к двум разноименным активным боковым поверхностям зубьев колеса. Общая нормаль к эквольвентным профилям является одновременно касательной к основной окружности. Эта погрешность ограничена допуском F_{vw}. Колебания длины общей нормали зависит от тангенциальной составляющей погрешности обката.

Радиальная биение зубчатого венца F_{rr} — разность действительных (измеренных) предельных положений исходного контура в пределах зубчатого колеса (от его рабочей оси). Этот показатель характеризует радиальную составляющую кинематической погрешности колеса. Практически F_{rr} определяется разностью расстояний от рабочей оси колеса постоянных хорд $\overline{S_c}$ зубьев. Радиальное биение зубчатого венца вызвано неточным совмещением рабочей оси колеса с технологической осью при обработке зубьев, а также радиальным биением делительного (червячного) колеса станка.

Колебания измерительного межосевого расстояния за оборот колеса F''_{ir} — разность между наибольшим и наименьшим действительными (измеренными) межосевыми расстояниями при двухпрофильном зацеплении измерительного зубчатого колеса с проверяемым при повороте последнего на полный оборот. Этот показатель характеризует радиальную составляющую кинематической погрешности колеса. Это колебание ограничивается допуском F''_i, который принят в 1,4 раза больше допуска на радиального биение зубчатого венца F_r.

21.6. НОРМИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ПЛАВНОСТЬ РАБОТЫ ПЕРЕДАЧИ

Плавность работы передачи определяется параметрами, погрешности которых многократно (циклически) проявляются за оборот зубчатого колеса и составляют часть кинематической погрешности. Аналитически или с помощью анализаторов кинематическую погрешность можно представить в виде спектра гармонических составляющих, амплитуда и частота которых зависит от характера составляющих погрешностей.

Наиболее полно плавность работы передачи характеризуется циклической погрешностью.

Циклической погрешностью колес f_{zkr} и передачи f_{zkor} называется удвоенная амплитуда (размах) гармонической составляющей кинематической погрешности колеса или передачи. Для ограничения циклической погрешности установлены допуски f_{zko} — для передачи и f_{zk} — для колеса. Допуски f_{zko} и f_{zk} для любой частоты определяются по формуле

$$f_{zko}=f_{zk}=(k_ц^{-0,6}+0,13)F_r,$$

где $k_ц$ — частота циклов за оборот зубчатого колеса; F_r — допуск на радиальное биение зубчатого венца тоже степени точности, что и f_{zk}.

Циклической погрешности зубцовой частоты колеса f_{zzr} и передачи f_{zzor} называется циклическая погрешность с частотой повторения, равной частоте входа зубьев в зацепление с измерительным зубчатым колесом f_{zzr} или при зацеплении в паре f_{zzor}. Для ограничения этой погрешности установлены допуски f_{zz} и f_{zzo}, причем $f_{zz}=0,6f_{zzo}$. Эти допуски зависят от частоты циклической погрешности k_z (равной числу зубьев колес z), степени точности, коэффициента осевого перекрытия ε_β и модуля m.

Местные кинематические погрешности передачи f'_{ior} и зубчатого колеса f'_{ir} определяется наибольшей разностью между местными соседними экстремальными (минимальными и максимальными) значениями кинематической погрешности

передачи или зубчатого колеса за полный цикл вращения колес передачи или в пределах оборота колеса. Эти погрешности ограничиваются допусками соответственно f'_{io} и f'_{i}, причем

$$f'_i = \left|f'_{pt}\right| + f_f .$$

Колебание измерительного расстояния на одном зубе f''_{ir} отличается от ранее рассматриваемого F''_{ir} только выявлением этой погрешности при повороте контролируемого колеса на один угловой шаг (на одном зубе).

Отклонением шага зацепления f_{pbr} называется разность между действительным (измеренным) и нормальными шагами зацепления. Под действительным шагом зацепления понимается кротчайшее расстояние между двумя параллельными плоскостями, касательными к двум одноименным октавным боковым поверхностям соседних зубьев зубчатого колеса (ранее этот параметр назывался основным шагом).

Отклонением шага зубчатого колеса f_{ptr} (окружного шага) называется дискретное значение кинематической погрешности зубчатого колеса при повороте его на один номинальный угловой шаг. Установлены верхние и нижние предельные отклонения шага $\pm f_{pt}$ и шага зацепления $\pm f_{pb}$, причем

$$\left|f_{pb}\right| = \left|f_{pt}\right|\cos\alpha.$$

Погрешность профиля зуба f_{fr} — расстояние по нормали между двумя ближайшими нормальными торцевыми профилями, между которыми размещаются действительный торцевой активный профиль колеса.

Погрешность профиля вызывает неравномерное движения колес, дополнительные нагрузки, а также умешают поверхность контакта зубьев. Предельная погрешность профиля регламентируется допуском f_f.

21.7. НОРМИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ПОЛНОТУ КОНТАКТА ЗУБЬЕВ

Для повышения износостойкости и долговечности зубчатых передач необходимо, чтобы полнота контакта сопряженных боковых поверхностей зубьев колес была наибольшей. При неполном и неравномерном прилегании зубьев уменьшается несущая площадь поверхности их контакта, неравномерно распределяются контактные напряжения и смазочный материал, что приводит к интенсивному изнашиванию зубьев. Для обеспечения необходимой полноты контакта зубьев в передаче установлены наименьшие размеры суммарного пятна контакта.

Суммарным пятном контакта называют часть активной боковой поверхности зуба колеса, на которой располагаются следы прилегания зубьев парного колеса собранной передачи после вращения под нагрузкой, устанавливаемой конструктором. Пятно контакта определяется относительными размерами (в %): по длине зуба — отношением расстояния *а* между крайними точками следов прилегания за вычетом разрывов *с*, превышающих модуль в нем, к длине зуба *в*, т.е. $[(a-c)/в]\cdot 100$ %; по высоте зуба — отношением средней (по длине зуба) высоты следов

прилегания h_m к высоте зуба, соответствующей активной боковой поверхности h_p, т.е. $(h_m/h_p)\cdot 100$ %.

Мгновенным контактом называется часть активной боковой поверхности большого зубчатого колеса передачи, на которой располагаются следы его прилегания к зубьям меньшего зубчатого колеса, покрытого красителем, после поворота большого зубчатого колеса собранной передачи на полный оборот при легком торможении, обеспечивающим непрерывное контактирование зубьев обоих зубчатых колес. На практике наиболее часто определяется мгновенное пятно контакта.

На полноту контакта зубьев влияют погрешности формы зубьев и погрешности их взаимного расположения передаче.

Отклонение осевых шагов по нормали F_{pxnr} называется разность между действительным осевым расстоянием зубьев и суммой соответствующего числа номинальных осевых шагов, умноженное на синус угла наклона длительной линии зуба. Под действительным осевым расстоянием понимается расстояние между одноименными линиями зубьев косозубового зубчатого колеса по прямой, параллельной рабочей оси. Предельные отклонения осевых шагов по нормали означают: верхнее $+F_{pxn}$, нижнее $-F_{pxn}$. Данный параметр в промышленности почти не используется.

Погрешностью направления зуба $F_{\beta r}$ — расстояние по нормали между двумя ближайшими нормальными делительными линиями зуба в торцевом сечении, между которыми проходит действительная делительная линия зуба, соответствующая рабочей ширине зубчатого колеса. Под действительной делительной линией зуба понимают линию пересечения действительной боковой поверхности зуба зубчатого колеса делительным цилиндром, т.е. ось которого совпадает с рабочей осью. Погрешность $F_{\beta r}$ ограничивается допусков F_β.

Суммарной погрешностью контактной линией F_{kr} (погрешность формы и расположения) называется расстояние по нормали между двумя ближайшими к друг другу и нормальными контактными линиями, условно наложенными на плоскость (поверхность) зацепления, между которыми размещается действительная контактная линия на активной боковой поверхности. Под контактной линией понимают линию пересечения поверхности зуба плоскостью зацепления. Допуск на суммарную погрешность контактной линии F_k для данного модуля зависит от ширины колеса.

Отклонение от параллельности осей f_{xr} и перекос f_{yr} осей характеризуют точность монтажа передачи с нерегулируемым расположением осей. точность монтажа передачи определяется также отклонениями межосевого расстояния f_{ar}. Для этой погрешности установлены предельные отклонения: верхнее $+f_a$ и нижнее $-f_a$.

21.8. НОРМИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ БОКОВОЙ ЗАЗОР

Боковой зазор обеспечивают путем радиального смещения исходного контура рейки (зуборезного инструмента) от его номинального положения в тело колеса. Под номинальным положением исходного контура понимают положение

исходного контура на зубчатом колесе, лишенном погрешности, при котором номинальная толщина зуба соответствует плотному двухпрофильному зацеплению.

Дополнительное смещение исходного контура E_{Hr} от его номинального положения в тело зубчатого колеса осуществляют для обеспечения передачи гарантированного бокового зазора. Наименьшее дополнительное смещение исходного контура назначают в зависимости от степени точности по нормам плавности в виде сопряжения и обозначают: для зубчатых колес с внешними зубьями — E_{Hs}, для колес с внутренними зубьями через $+E_{Hi}$. Допуск T_H на дополнительное смещение исходного контура установлен в зависимости от допуска на радиальное биение F_r и вида сопряжения $T_H>F_r$.

Для обеспечения бокового зазора можно нормировать отклонение средней длины общей нормали E_{wmr}, или отклонение простой длины общей нормали E_{wr}, наименьшее отклонение толщины зуба $-E_{cs}$, или предельные отклонения измерительного межосевого расстояния $E_{a''s}$ ($E_{a''i}$). Связь смещения исходного контура с боковым зазором j_n и уменьшением толщины зуба по постоянной хорде E_{cs}: $j_{nmin}=2E_{Hs}\sin\alpha$; $E_{cs} = 2E_{Hs}tg\alpha$. Установлены допуски на среднюю длину общей нормали T_{Wm} и на толщину зуба по постоянной хорде T_s на длину общей нормали T_W (постоянная хорда $\overline{S_c}$ =1,387m, высота до постоянной хорде $\overline{h_c}$ =0,7476m).

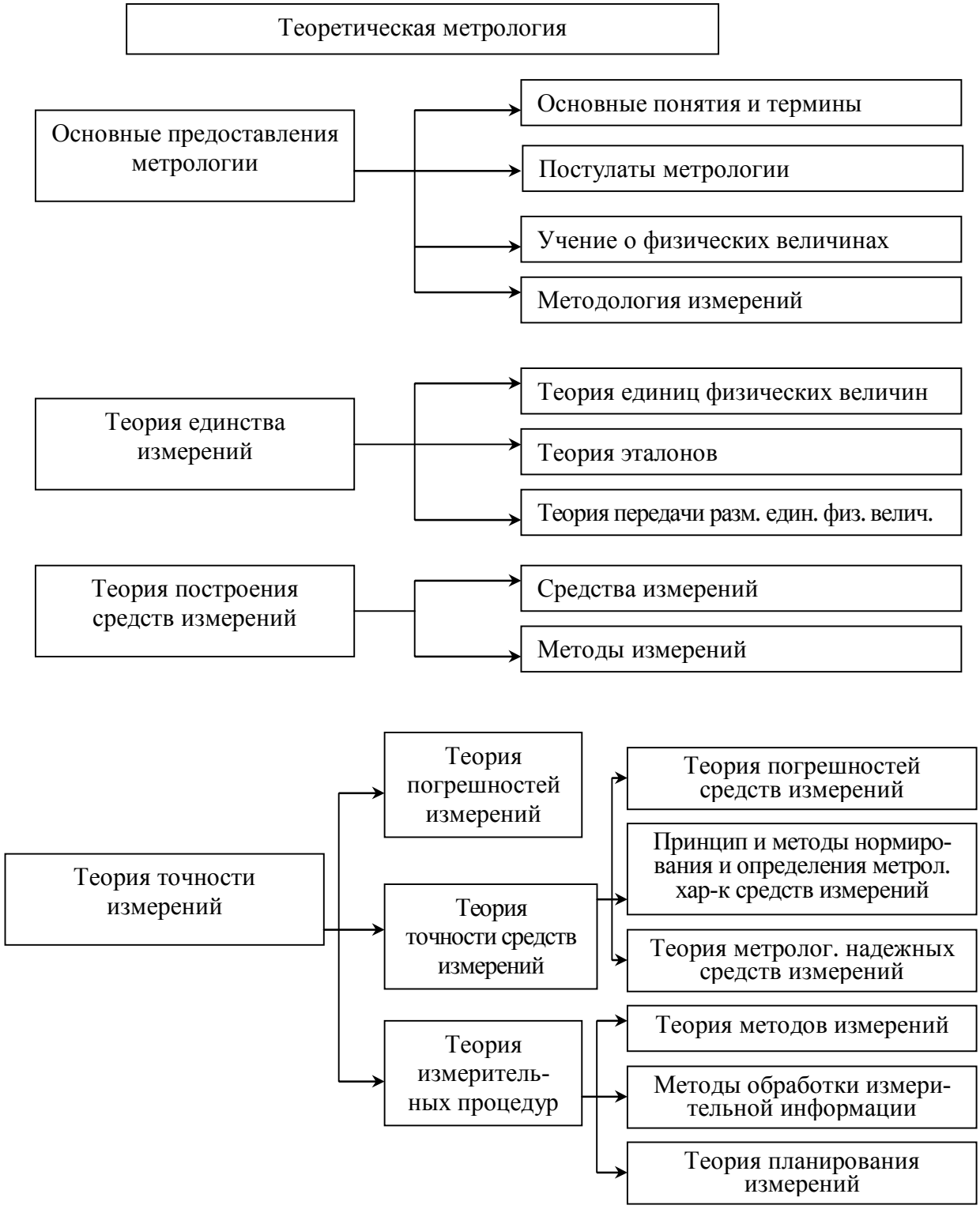
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ

Метрология (от греч. «метрон» – мера, «логос» – учение) — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности (МИ 2247-93 «Рекомендация. Метрология. Основные термины и определения»).

Метрология делится на три самостоятельных и взаимно дополняемых раздела, основным из которых является «Теоретическая метрология». В нем излагаются общие вопросы теории измерений. Раздел «Прикладная метрология» посвящен изучению вопросов практического применения в различных сферах деятельности результатов теоретических исследований. В разделе «Законодательная метрология» рассматриваются комплексы взаимосвязанных и взаимообусловленных общих правил, требований и норм, а также другие вопросы, нуждающиеся в регламентации и контроле со стороны государства, направленные на обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений (МИ 2247-93).

Основное понятие метрологии — измерение. Измерением называют совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства, хранящего единицу величины и позволяющего сопоставить с нею измеряемую величину.

Структура теоретической метрологии:



2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ОБЪЕКТАМИ ИЗМЕРЕНИЯ

Все объекты окружающего мира характеризуются своими свойствами.

Свойство — философская категория, выражающая такую сторону объекта, которая обуславливает его различие или сущность с другими объектами и обнаруживается в его отношениях к ним. Свойство — категория качественная. Для количественного описания различных свойств вводится понятие величины.

Величина — это свойство чего-либо, которое может быть выделено среди других свойств и оценено тем или иным способом, в том числе и количественно. Величина не существует сама по себе, она имеет место лишь постольку, поскольку существует объект со свойствами, выраженными данной величиной.

Анализ величин позволяет разделить их на два вида: реальные и идеальные. Идеальные величины главным образом относятся к математике и являются обобщением (моделью) конкретных реальных понятий.

Реальные величины делятся на физические и нефизические. Физическая величина в общем случае может быть определена как величина, свойственная материальным объектам, изучаемых в естественных (физика, химия) и технических науках. К физическим следует отнести величины, присущие общественным наукам — философии, социологии, экономике и т.п.

Физической величиной называют одно из свойств физического объекта, которое является общим в качественном отношении для многих физических объектов, отличаясь при этом количественным значением. Так, свойство «прочность» в качественном отношении характеризует такие материалы, как сталь, дерево, ткань, стекло и многие другие, в том время как степень (количественное значение) прочности — величина для каждого из них совершенно разная.

Физические величины можно разделить на измеряемые и оцениваемые. Измеряемые ФВ могут быть выражены количественно в виде определенного числа установленных единиц измерения. У оцениваемых величин нет единиц измерения. Оценивание величины осуществляется при помощи шкал. *Шкала величины* — упорядоченная последовательность ее значений, принятая по соглашению на основании результатов точных измерений.

Для того, чтобы можно было установить для каждого объекта различия в количественном содержании свойства, отображаемого физической величиной, в метрологии введены понятия ее размера и значения.

Размер физической величины — это количественное содержание в данном объекте свойства, соответствующего понятию «физическая величина». например, каждое тело обладает определенной массой, вследствие чего тело можно различать по их масс, т.е. по размеру интересующей нас ФВ.

Значение физической величины —это оценка ее размера в виде некоторого числа принятых для нее единиц. Его получают в результате ее измерения или вычисления в соответствии с основным уравнением измерения $Q=q[Q]$, связывающим между собой значение ФВ Q, числовое значение q и выбранную для измере-

ния единицу [Q]. В зависимости от размера единицы будет меняться числовое значение ФВ, тогда как размер ее будет одним и тем же.

Единица физической величины — это ФВ фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное единице, и которая применяется для количественного путем их законодательно закрепленного определения метрологическими органами государства.

Совокупность ФВ, образованная в соответствии с принятыми принципами, когда одни величины принимаются за независимые, а другие являются их функциями, называется *системой физических величин*.

Обоснованно, но в общем произвольным образом выбираются несколько ФВ, называемых основными. Остальные величины, называемые произвольными, выражаются через основные на основе известных уравнений связи между ними, например, сила, давление и др.

В названии системы ФВ применяют символы величин, принятых за основные. Например, система величин механики, в которой в качестве основных используется длина (L), масса (M) и время (T), называется системой LMT. Действующая в настоящее время международная система СИ должна обозначаться символами LMTIQNJ, соответствующими символами основных величин: длина (L), массе (M), времени (T), силе электрического тока (I), температуре (Q), количеству вещества (N) и силе света (J).

Совокупность основных и произвольных единиц ФВ, образованная в соответствии с принятыми принципами, называется системой единиц физических величин. Единица основной ФВ является основной единицей данной системы. В РФ используется система единиц СИ, введенная ГОСТ 8.417—81 «ГСП. Единицы физических величин». В качестве основных единиц приняты (м) метр, килограмм (кг), секунда (с), ампер (А), кельвин (К), моль (моль) и кандела (Кд). В системе СИ введено понятие дополнительных единиц, к которым отнесены единицы плоского и телесного углов — радиан (рад) и стерадиан (ср).

Произвольная единица — это единица произвольной ФВ системы единиц, образованная в соответствии с уравнениями, связывающими производными. Например, частота (герц — Гц — $с^{-1}$), сила, вес (ньютон — Н — $м·кг·с^{-2}$), давление (паскаль — Па — $м^{-1}·кг·с^{-2}$), мощность (ватт — Вт — $м^{2}·кг·с^{-3}$), электрическое напряжение (вольт — В — $м^{2}·кг·с^{-3}·А^{-1}$) и т.д.

Единицы ФВ делятся на системные и внесистемные. *Системная единица* — единица ФВ, входящая в одну из принятых систем. Все основные, произвольные, кратные и дольные единицы являются системными.

Внесистемная единица — это единица ФВ, не входящая ни в одну из принятых систем единиц. Внесистемные единицы по отношению к единицам СИ разделяют на четыре вида:

— допускаемые наравне с единицами СИ, например: единицы массы — тонна (т) плоского угла — градус, минута, секунда; объема — литр (л), время —

минута (мин), час (ч), сутки (сут), площадь — гектар (га), энергия — электрон-вольт (эВ), полная мощность — вольт-ампер (В·А);

— допускаемые к применению в специальных областях, например: астрономическая единица, парсек, световой год — единицы длины в астрономии; диоптрия — единица оптической силы в оптике и т.д.

— временно допускаемые к применению наравне с единицами СИ, например: морская миля – в морской навигации; карат – единица массы в ювелирном деле и др. Эти единицы должны изыматься из употребления в соответствии с международными соглашениями;

— изъяты из употребления, напрмиер: миллиметр ртутного столба — единица давления; лошадиная сила – единица мощности и некоторые другие.

Различают кратные и дольные единицы ФВ. Кратная единица — в целое число раз превышающая системную или внесистемную единицу. Например, километр равен 10^3 м, т.е. кратна метру (дека — 10^1) – да, (г), гекто – 10^2, (к) кило – 10^3, (м) мега – 10^6, гига – 10^9 (г), тера – 10^{12} (т), пета – 10^{15} (П), экса – 10^{18} (э). Дольная единица — в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы, например, деци – 10^{-1} (д), санти – 10^{-2} (с), милли – 10^{-3} (м), микро – 10^{-6} (мк), нано – 10^{-9} (н), пико – 10^{-12} (п), фемто – 10^{-15} (ф), атто – 10^{-18} (а).

3. ИЗМЕРЕНИЕ

Измерением называют совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства, хранящего единицу величины и позволяющего сопоставить с нею измеряемую величину.

Измерение — сложный процесс, включающий в себя взаимодействие целого ряда структурных элементов. К ним относятся: измерительная задача, объект измерения, субъект измерения, условия измерения, принцип, метод и средства измерения и его модель, результат и погрешность измерения.

3.1. ВИДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения могут быть классифицированы по ряду признаков:

По способу получения информации измерения разделяют на прямые, косвенные, совокупные и совместные.

Прямые измерения — это непосредственное сравнение физической величины с ее мерой. Например, при определении длины объекта линейкой происходит сравнение искомой величины (количественного выражения значения длины) с мерой, т.е. – линейкой.

Косвенные измерения — это измерения, при которых значение измерений величины находят на основании известной зависимости между ней и величинами, подвергаемыми прямым измерениям, которые проводились в одинаковых условиях. Так, если измерить силу току амперметром, а напряжение вольтметром, то можно рассчитать мощность электрической цепи по известной зависимости $N=I\cdot U$.

Совокупным называются проводимые одновременно измерение нескольких одноименных величин, при которых их искомые значения находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин.

Совместными называются проводимые одновременно измерения двух или нескольких неодноименных величин для установления зависимости между ними.

По характеристики точности измерения делится на равноточное и неравноточное.

Равноточными называются измерения какого-либо ФВ, выполненные одинаковыми по точности средствами измерений (СИ) и в одних и тех же условиях. Неравноточными называются измерения ФВ, выполненные различными по точности СИ и (или) в разных условиях.

По количеству измерительной информации различают однократные и многократные измерения.

Однократными называют измерения, выполненные один раз, к многократным относятся измерения одного и того же размера ФВ, следующие друг за другом. При числе отдельных измерений болдее четырех их резултаты могут быть обработаны в соответствии с требованиями математической статисктики. Преимущественно многократных измерений — в значительном снижений влияний случайных факторов на погрешность измерения.

По характеру изменения измеряемой величины в процессе измерений бывают статические и динамические измерения.

Статические измерения имеют место тогда, когда измеряемая величина практически постоянна на протяжении времени измерения.

Динамические измерения — это измерения изменяющейся по размеру ФВ.

3.2. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Под методом измерений понимают совокупность приемов использваония принципов и средств измерений.

Принцип измерений — физическое явление или эффект, положенный в основу измерений тем или иным типом средств измерений. Например, использование силы тяжести при измерении массы взвешивания.

Методы измерений можно классифицировать по различным признакам. Наиболее разработанной является классификация по совокупности приемов использование принципов и средств измерений.

По этой классификации различают метод непосредственной оценки и методы сравнения. Эти названия не совсем удачны, т.к. наводят на мысль о возможности измерения без сравнения. Представляется более правильным говорить о опосредованном и непосредственным сравнении с мерой.

Сущность метода непосредственной оценки состоит в том, что о значении измеряемой величины судят по показанию одного (прямые измерения) или нескольких (косвенные измерения) средств измерений, которые заранее проградуи-

рованы в единицах измеряемой величины. Для измерения этим методом применяют много средств измерений: линейки, амперметры, манометры и др. Достоинствами этого метода являются быстрота получения результата измерений, возможность непосредственного наблюдения за изменениями измеряемой величины. Однако его точностные возможности ограничены погрешностями градуировки средств измерений.

Другую группу образуют методы сравнения: нулевой, дифференциальный, совпадений, замещения. Это методы, при которых измеряемая величина сравнивается с величиной, воспроизводимой мерой.

Следовательно, отличительной способностью этих методов сравнения является непосредственное участие мер в процессе измерения.

Нулевой метод — метод сравнения, в котором эффект воздействия на прибор сравнения измеряемой величины полностью компенсируется воздействием величины, воспроизводимой мерой. Нулевой метод широко используют при измерении массы на равноплечих весах; при измерении сопротивлений, индуктивностей, емкостей с помощью мостов. Точностные возможности данного метода определяются погрешностью калибровки мер и собственными погрешностями прибора сравнения.

Дифференциальный или *разностный метод* характеризуется измерением разности между значениями измеряемой величины и величины, воспроизводимой мерой.

Дифференциальный метод позволяет получить точные результаты даже при использовании приборов, имеющих не очень высокие точностные характеристики, если значение величины воспроизводимой мерой, достаточно близко к значению измеряемой величины. Действительно, в этом случае относительная погрешность (δ_x) измерений величины x будет равна

$$\delta_x = \frac{a}{x}\delta_и + \delta_м,$$

где $\delta_м$ — относительная (отнесенная к номинальному значению меры $x_н$) погрешность калибровки меры; $\delta_и$ — инструментальная погрешность (погрешность прибора, используемого для измерения разности $a=x-x_м$). При малых значениях a влияние $\delta_и$ на точность результата измерений может быть «сведено на нет».

Вследствие отмеченного дифференциальные методы измерений получают преимущественное распространение там, где необходима высокая точность измерений.

Метод совпадений — метод сравнения с мерой, при котором разность между измеренной величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют по совпадению отметок шкал или периодических сигналов. Метод совпадений используют при сравнении хода часов с радиосигналами точного времени, стробоскопических измерениях скорости вращения. По принципу метода совпадений

построен нониус, входящий в состав штангенциркуля, микрометра и других инструментов и приборов.

Метод измерений замещением — это метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой.

Обе эти величины включаются одна за другой в одну и ту же часть измерительной цепи прибора, поэтому точностные возможности измерений повышаются, исключаются систематические погрешности.

Пример. Взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь в одну и ту же чашку весов (метод Борда).

4. ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. ПОНЯТИЕ ОБ ИСТИННОМ ЗНАЧЕНИИ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ

При анализе измерений необходимо четко разграничивать два понятия: истинные значения физических величин и их эмпирические проявления — результаты измерений.

Истинные значения физический величин — это значения, идеальным образом отражающие свойства данного объекта как в количественном, так и в качественном отношении. Они не зависят от средств нашего познания и являются той абсолютной истиной. К которой мы стремимся, пытаясь выразить их в виде числовых значений.

Результатами измерений, напротив, являются продуктами нашего познания. Разница Δ между результатами измерений $X_{изм}$ и истинным значением $X_{ист}$ измеряемой величины называется погрешностью измерения:

$$\Delta = x_{изм} - x_{д}.$$

4.2. ИСТОЧНИКИ И ВИДЫ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Причины возникновения погрешностей измерений могут быть выявлены из анализа процесса измерения физической величины, в котором участвуют объект измерения, средство измерений, оператор и условия, в которых выполняют измерений.

Принято объект измерения считать неизменным. Все остальные составляющие процесса измерения — и средства, и условия, и оператор — все время меняются. Эти изменения могут быть случайными, их мы не в состоянии предвидеть. Они могут быть и не случайными, но такими, которые мы не смогли заранее предусмотреть и учесть. Если они влияют на результаты измерений, то при повторных измерениях одной и той же величины результаты будут отличаться один от другого тем сильнее, чем больше факторов не учтено и чем сильнее они меняются.

По способу выражения различают абсолютные и относительные погрешности измерения.

Абсолютная погрешность Δ измерения — алгебраическая разность между результатами измерения или измеренными значениями величины $X_{изм}$ и действительным ее значением $X_д$

$$\Delta = x_{изм} - x_д.$$

Необходимо различать термины «абсолютная погрешность» и «абсолютное значение погрешности», которое определяется как значение абсолютной погрешности без учета ее знака.

Например, если погрешность измерения выражается как ± 0,2 мм, то абсолютное значение погрешности $|\pm 0{,}2|$ мм=0,2мм.

Относительная погрешность δ измерения — отношение абсолютной погрешности измерения к действительному значению измеряемой величины.

$$\delta = \frac{\Delta}{x_д} \text{ (}\textit{может быть } \delta \approx \frac{\Delta}{x_{изм}}.$$

Часто выражается в процентах.

По источникам их возникновения погрешности подразделяются на инструментальные, методические и субъективные.

Инструментальные погрешности обуславливаются свойствами средств измерений (стабильностью, чувствительностью к внешним воздействиям и т.п.), их влиянием на объект измерения, технологией, и качеством их изготовления (например, неточностью градуировки или нанесения шкалы).

Методические погрешности возникают вследствие несовершенства, неполноты теоретических обоснований принятого метода измерений, непостоянства теоретических или эмпирических коэффициентов рабочих уравнений, используемых для оценки результата измерений, при изменении свойств измеряемых объектов, режимов и условий измерений, из-за неправильного выбора измеряемых величин (неадекватно описывающих модели интересующих свойств объекта).

Выявить и исключить методические погрешности — это главное в технике эксперимента.

В большинстве случаев методические погрешности носят систематический характер, однако возможно и случайное их проявление.

Субъективные погрешности вызываются состоянием оператора, проводящего измерения, его положением во времени работы, несовершенством органов чувств, эргономическими свойствами средств измерений. Все это, как правило, сказывается на точности визирования и отсчета.

По характеру проявления, по способам обнаружения и учета погрешности измерений подразделяют на систематические, случайные и грубые.

4.3. СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Систематической погрешностью называют соответствующую погрешности измерения, остающуюся постоянной или же изменяющуюся по определенному закону при повторных измерениях одной и той же физической величины.

Это вызвано тем, что остаются постоянными или изменяются определенным образом причины, вызывающие систематическую погрешность, и имеется строгая функциональная зависимость, связывающая эти причины с погрешностью.

Методы обнаружения и исключения систематических погрешностей

Наибольшую опасность представляют невыявленные систематические погрешности, о существовании которых даже не подозревают. Эти погрешности бывали причиной ошибочных научных выводов, установления ложных физических законов, создания неудовлетворительных конструкций приборов.

Для того, чтобы обнаружить и исключить систематические погрешности измерения, необходимо проанализировать всю совокупность опытных данных.

Постоянные систематические погрешности могут быть обнаружены путем сравнения результатов измерений с другим, полученными с помощью более высоточных меодов и средств (образцовых СИ).

Иногда эти погрешности могут быть устранены специальными приемами проведения процесса измерения.

Так, точные взвешивания на равноплечих весах) часто производят по способу Борда, который состоит в следующем (способ замещения).

На одну чашку весов кладут взвешиваемую массу. Весы приводят в равновесие, накладывая на другую чашку какой-либо негигроскопичный, неиспаряющийся груз, например, дробь. Затем взвешиваемую массу снимают и на их место кладут гири. Значение массы гирь, потребовавшихся для восстановления равновесия, соответствует значению взвешиваемой массы. Таким образом, достигается исключение из результата взвешивания погрешности из-за неравноплечности весов.

Способом Борда (способ замещения) широко используется при измерениях электрических параметров — сопротивление, емкости, индуктивности — с помощью мостовых или компенсационных схем.

Функциональные (переменные) систематические погрешности обнаруживают используя статистические способы (способ последовательных разностей, дисперсионный анализ, способ сопоставления средних, комбинированных критериев).

4.4. СЛУЧАЙНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Когда при проведении повторных наблюдений одной и той же постоянной величины получаем результаты, отличающиеся друг от друга. Это свидетельствует о наличии в них случайных погрешностей.

Каждая такая погрешность возникает вследствие одновременного воздействия на результат наблюдения многих случайных возмущений (трение, случайный дрейф характеристик элементов, шума) и масса является случайной величиной. В этом случае предсказать результат отдельного наблюдения и исправить его введение поправки невозможно. Можно лишь с определенной долей уверенности утверждать, что истинное значение измеряемой величины находится в пределах разброса результатов наблюдений от x_{min} до x_{max}, x_{min}, x_{max} — соответственно, нижняя и верхняя границы разброса.

Однако, остается неясным, какова вероятность появления того или иного значения погрешности, какое из множества лежащих в этой области значений величины принять за результат измерения и какими показателями охарактеризовать случайную погрешность результата. Ответ на этот вопрос основывается на рассмотрении результатов наблюдений и случайных погрешностей как случайных величин. Методы теории вероятностей и математической статистики позволяют установить вероятностные (статистические) закономерности дать количественные оценки результатов измерения и его случайной погрешности.

Для характеристики свойств случайной величины в теории вероятностей используют понятие закона распределения вероятностей случайной величины. Различают две формы описания закона распределения: интегральную и дифференциальную. В метрологии преимущественно используется дифференциальная форма — закон распределения плотности вероятностей случайной величины.

Рассмотрим формирование дифференциального закона на примере измерений с многократными наблюдениями. Пусто произведено n последовательных наблюдений одной и той же величины x и получена группа наблюдений x_1, x_2, x_3,…, x_n. Каждое из значений x содержит ту или иную случайную погрешность. Расположим результаты наблюдений в порядке их возрастания, от x_{min} и найдем размах ряда L=L/k, подсчитаем количество наблюдений n_k, попадающих в каждый интервал. Изобразим полученные результаты графически, нанеся на оси абсцисс значения физической величины и обозначив границы интервалов, а по оси ординат — относительную частоту попаданий n_k/n. Построив на диаграмме прямоугольники, основанием которых является ширина интервалов, а высотой n_k/n, получим гистограмму, дающую представление о плотности распределения наблюдений в данном опыте.

На рис. 1. показана полученная в одном из опытов гистограмма, построенная на основании результатов 50 наблюдений, сгруппированных в табл. 1.

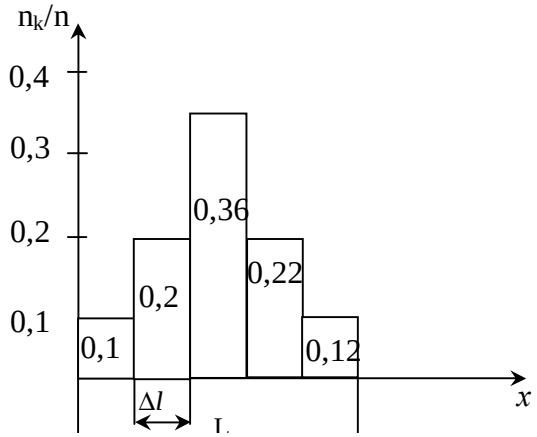


Таблица 1

Номер интервала	1	2	3	4	5
n_k	5	10	18	11	6
n_l/n	0,1	0,2	0,36	0,22	0,12

Рис. 1. Гистограмма

В данном опыте в первый и последующие интервалы попадает соответственно 0,1; 0,2; 0,36; 0,22; 0,12 от общего количества наблюдений; при этом очевидно, что сумма этих чисел равна единице.

При бесконечном увеличении числа наблюдений n →∞ и бесконечном увеличении ширины интервалов $\Delta l \to 0$, ступенчатая кривая, огибающая гистограмму, перейдет в плавную кривую $f(x)$, называемую кривой плотности распределения вероятностей случайных величин, а уравнение, описывающее ее, — дифференциальным законом распределения. Кривая плотности распределения вероятностей всегда неотрицательна и подчинена условию нормирования в виде

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1$$

Закон распределения дает полную информацию о свойствах случайной величины и позволяет ответить на поставленные вопросы о результате измерения и его случайной погрешности. Если известен дифференциальный закон распределения случайной величины $f(x)$, то вероятность P ее попадания в интервал от x_1 до x_2

$$P\{x_1 \le x \le x_2\} = \int_{x_1}^{x_2} f(x)dx.$$

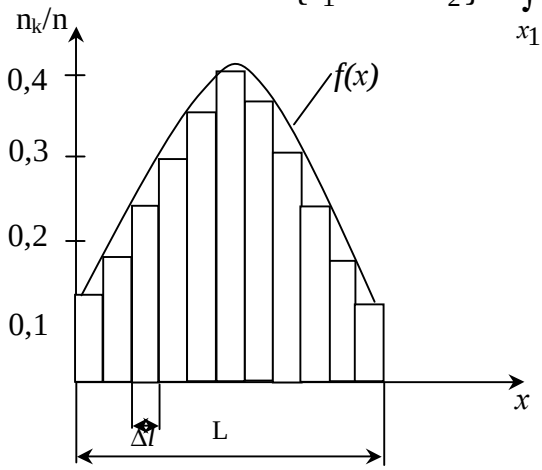


Рис. 2. Кривая плотности распределения вероятностей

Графически эта вероятность выражается отношением площади, лежащей под кривой $f(x)$ в интервале от x_1 до x_2 к общей площади, ограниченной кривой распределения.

Кроме непрерывных случайных величин в метрологической практике встречаются и дискретные случайные величины. Пример распределения дискретной случайной величины приведен на рис. 3.

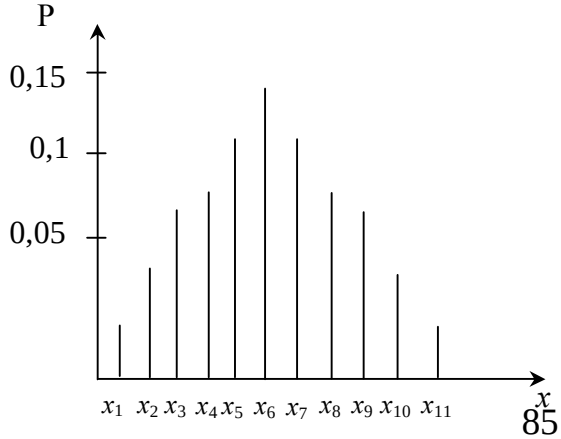


Рис. 3. Распределение дискретной случайной величины

Для описания частных свойств случайных величин используют числовые характеристики распределений. В качестве числовых характеристик выступают моменты случайных величин: начальные и центральные. Все они представляют собой некоторые средние значения; причем, если усредняются величины, называются начальными, а если от центра закона распределения — то центральными.

Начальный момент k-го порядка определяется формулами

$$m_l = \int_{-\infty}^{+\infty} x^k \cdot f(x)dx;$$

$$m_k = \sum_{i=1}^{n} x_i^k \cdot p_i,$$

где p_i — вероятность появления дискретной величины.

Здесь и ниже первая формула относится к непрерывным, а вторая к дискретным случайным величинам.

Из начальных моментов наибольший интерес представляет математическое ожидание случайной величины (k=1),

$$m_1 = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)dx;$$

$$m_1 = \sum_{i=1}^{n} x_i p_i.$$

Центральные моменты k-го порядка рассчитываются по формулам

$$\mu_k = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - m_1)^k f(x)dx;$$

$$\mu_k = \sum_{i=1}^{n} (x_i - m_1)^k p_i.$$

Из центральных моментов особенно важную роль играет второй момент (k=2), дисперсия случайной величины D

$$D = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - m_1)^2 f(x)dx;$$

$$D = \sum_{i=1}^{n} (x_i - m_1)^2 p_i.$$

Дисперсия случайной величины характеризует рассеяние отдельных ее значений. Дисперсия имеет размерность квадрата случайной величины и выражает как бы мощность рассеяния относительно постоянной составляющей. однако чаще пользуются положительным корнем квадратным из дисперсии — средним квадратическим отклонением (СКО), которое имеет размерность самой случайной величины.

Распределение погрешностей результатов наблюдений, как правило, являются симметричными относительно центра распределения, поэтому истинное

значение измеряемой величины может быть определено как координата центра рассевания $x_ц$, т.е. центра симметрии распределения случайной погрешности (при условии, что симметричная погрешность исключена). Отсюда следует принятое в метрологии правило оценивания результата измерения ($x_ц \pm \Delta x$). Координата $x_ц$ может быть медианой, математическим ожиданием случайной величины.

В практике измерений встречаются различные формы кривой закона распределения, однако чаще всего имеют дело с нормальным, а равномерным распределением плотности вероятностей.

Нормальное распределение плотности вероятностей (рис. 4) характерно тем, что согласно центральной предельной теореме теории вероятностей, такое распределение имеет сумму бесконечно большого числа малых случайных возмущений с любыми распределениями. Применительно к измерениям это означает, что нормальное распределение случайных погрешностей возникает тогда, когда на результат измерения действует множество случайных возмущений, ни одно из которых не является преобладающим. Практически, суммарное воздействие даже сравнительно небольшого числа возмущений приводит к закону распределения результатов и погрешностей измерений, близкому к нормальному.

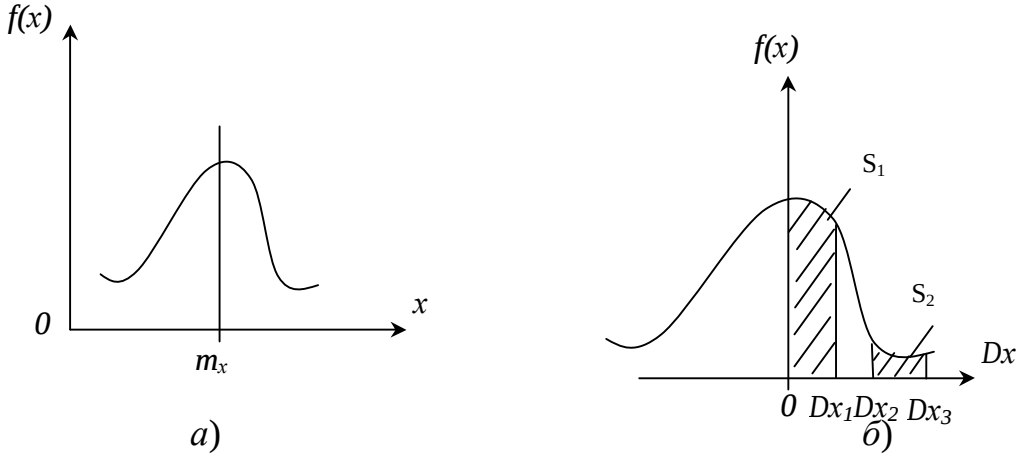


Рис. 4. Кривые нормального распределения

В аналитической форме нормальный закон распределения выражается формулой

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x - m_x)^2}{2\sigma^2}\right],$$

где x — случайная величина;

m_x — математическое ожидание случайной величины;

s — среднее квадратическое отклонение.

Перенося начало координат в центр распределения m_x и откладывая по оси абсцисс погрешность $\Delta x = x - m_x$, получим кривую нормального распределения погрешностей

$$f(\Delta x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\Delta x^2}{2\sigma^2}\right],$$

Для группы из n наблюдений, распределенных по нормальному закону

$$m_x = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i;$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - m_x)^2}{n-1}}.$$

Кривая нормального распределения погрешностей симметрична относительно оси ординат. Это означает, что погрешности, одинаковые по величине, но противоположные по знаку, имеют одинаковую плотность вероятностей, т.е. при большом числе наблюдений встречаются одинаково часто. Математическое ожидание случайной погрешности равно нулю.

Из характера кривой следует, что при нормальном законе распределения малые погрешности будут встречаться чаще, чем большие. Так, вероятность появления погрешностей, укладывающихся в интервал от 0 до Δx_1, характеризуемая площадь S_1, будет значительно больше, чем вероятность появления погрешностей в интервале от Δx_2 до Δx_3 (площадь S_2).

На рис. 5. изображены кривые нормального распределения с различными средними квадратическими отклонениями (СКО), причем $\sigma_1<\sigma_2<\sigma_3$.

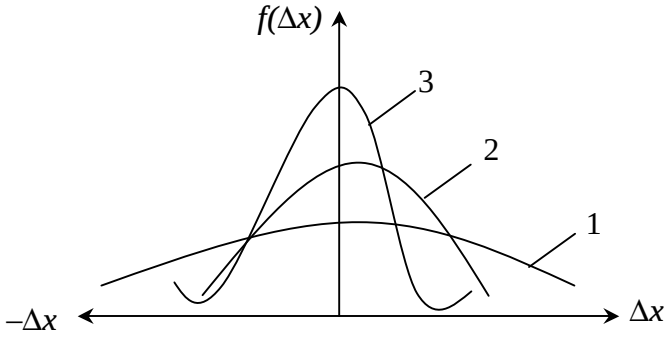


Рис. 5. Рассеяние результатов наблюдений

Сравнивая кривые между собой можно убедиться, что чем меньше СКД, тем меньше рассеяние результатов наблюдений и тем больше вероятность того, что большинство случайных погрешностей в них будет мало. Естественно заключить, что качество измерений тем выше, чем меньше СКД случайных погрешностей.

Если случайная величина x принимает значения лишь в пределах некоторого конечного интервала от x_1 до x_2 с постоянной плотностью вероятностей (рис. 6), то такое распределение называется равномерным и описывается соотношениями

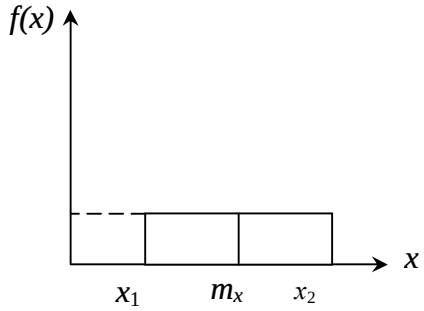


Рис. 6. Равномерное распределение случайной величины

$$f(x) = c, \ при \ x_1 \le x \le x_2;$$
$$f(x) = 0, \ при \ x < x_1 \ и \ x > x_2.$$

Так как площадь, ограниченная кривой распределения равна единице, то

$$c(x_2 - x_1) = 1.$$

$$\text{и } c = \frac{1}{x_2 - x_1}$$

С учетом этого плотность распределения

$$\begin{cases} f(x) = \dfrac{1}{x_2 - x_1}, \ при \ x_1 \le x \le x_2; \\ f(x) = 0, \ при \ x < x_1, \ x > x_2. \end{cases}$$

Математическое ожидание величины x

$$m_x = \frac{x_1 + x_2}{2}.$$

Дисперсия величины x определяется по формуле

$$D_x = \frac{(x_2 - x_1)^2}{12},$$

откуда СКО

$$\sigma = \frac{x_2 - x_1}{2\sqrt{3}}.$$

4.5. ВАРИАНТЫ ОЦЕНКИ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

Для количественной оценки случайных погрешностей и установлении границ случайной погрешности результата измерения могут использоваться: предельная погрешность, интервальная оценка, числовые характеристики закона распределения.

Предельная погрешность Δ_m — погрешность, больше которой в данном измерительном эксперименте не может появиться. Недостатком такой оценки является то, что она не содержит информации о характере закона распределения случайных погрешностей. При арифметическом суммировании предельных погрешностей получаемая сумма может превышать действительные погрешности.

Более универсальными и информативными являются квантильные оценки. Площадь, заключенная под всей кривой плотности распределения погрешностей, отражает вероятность всех возможных значений погрешности и по условиям нормирования равна единице. Эту площадь можно разделить вертикальными линиями на части. Абсциссы таких линий называются квантилями. Так, на рис. 7 Δx_1 есть 25 %-ная квантиль, т.к. площадь под кривой $f(\Delta x)$ слева от нуля составляет 25 % всей площади. Между Δx_1 и Δx_2 заключено 50 % всех возможных значений погрешностей, а остальные лежат вне этого интервала.

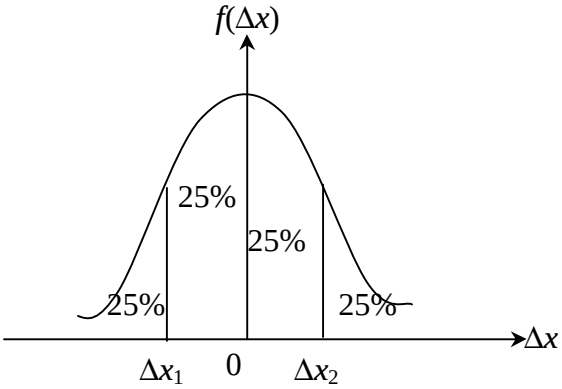


Рис. 7. Квантильные оценки случайной погрешности

Квантильная оценка погрешности представляется интервалом от – $\Delta x(p)$ до + $\Delta x(p)$, на котором с заданной вероятностью p встречаются $p \cdot 100\%$ всех возможных значений случайной погрешности. Интервал с границами $\pm\Delta x(p)$ называется *доверительным интервалом*, а соответствующая ему вероятность — *доверительной вероятностью*. Принять границы доверительного интервала (доверительные границы) указать симметричными относительно результата измерения.

Так как квантили, ограничивающие доверительный интервал погрешности могут быть различными, то при оценивании случайной погрешности доверительными границами необходимо одновременно указать значение принятой доверительной вероятности (например, ±3 В при p=0,95).

Доверительные границы случайной погрешности $\Delta x(p)$, соответствующие доверительной вероятности p, находят по формуле

$$\Delta x(p) = t\sigma,$$

где t — коэффициент, зависящий от p и формы закона распределения.

Таблица 2

ts	p
$\pm 1s$	0,68
$\pm 2s$	0,95
$\pm 3s$	0,997
$\pm 4s$	0,999

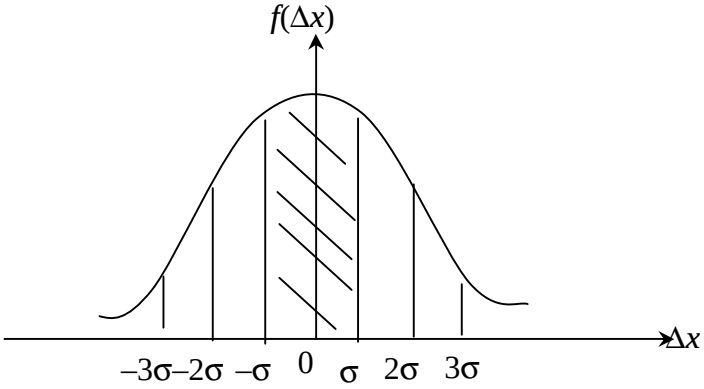


Рис. 8. К понятию доверительных интервалов

На графике нормального распределения погрешностей (рис. 8) по оси абсцисс отложены интервалы с границами ±σ, ±2σ, ±3σ, ±4σ. Доверительные вероятности для этих интервалов приведены в табл. 2.

Как видно из таблицы, оценка случайной погрешности группы наблюдений интервалом ±1σ соответствует доверительной вероятности 0,68. Такая оценка не дает уверенности в высоком качестве измерений, поскольку 30 % от всего числа наблюдений может выйти за пределы указанного интервала, что совершенно не-

приемлемо при однократных измерениях и дезинформирует потребителя измерительной информации.

Доверительному интервалу ±3σ соответствует p=0,997. Это означает, что практически с вероятностью очень близкой к единице ни одно из возможных значений погрешности при нормальном законе ее распределения не выйдет за границы интервала. Поэтому, при нормальном распределении погрешностей, принято считать случайную погрешность с границами ±3σ предельной (максимально возможной) погрешностью. Погрешности, выходящие за эти границы, классифицируются как грубые или промахи.

В целях единообразия в оценивании случайных погрешностей интервальными оценками при технических измерениях доверительная вероятность равной 0,95. для особо точных и ответственных измерениях принимают более высокую доверительную вероятность.

Недостатком оценивая случайной погрешности доверительным интервалом при протизвольно выбираемых доверительных вероятностей является невозможность суммирования нескольких погрешностей, так как доверительный интервал суммы не равен сумме доверительных интервалов.

В теории вероятностей показана, что суммирование статически независимых случайных величин осуществляется суммированием их дисперсий

$$D_{\sum} = \sum_{i=1}^{n} D_i \ \ или \ \ s_{\sum} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} s_i^2}$$

Таким образом, для того чтобы отдельные составляюие случайной погрешности можно было суммировать расчетным путем, они должны быть представлены своими СКО, а не предельными или доверительными границами.

5. ПРЯМЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ С МНОГОКРАТНЫМИ НАБЛЮДЕНИЯМИ. ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Рассмотрим группу из n независимых результатов наблюдений случайной величины x, подчиняющейся нормальному распределению.

Поскольку число наблюдений в группе, на основании которых вычислено среднее арифметическое m_x ограничено, то, повторив заново серию наблюдений, мы убедимся в рассеянии средних арифметических значений. Характеристикой этого рассеяния является среднее квадратическое отклонение арифметического $S_{\bar{x}}$.

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - m_x)^2}{n \cdot (n-1)}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}.$$

Среднее квадратическое отклонение $S_{\bar{x}}$ используется для оценки погрешности результата измерений с многократными наблюдениями.

При одинаковой доверительной вероятности доверительный интервал среднего арифметического в $\sqrt{n}$ раз уже доверительного интервала результата наблюдения.

При нормальном законе распределения плотности вероятностей результатов наблюдений и небольшом числе наблюдений среднее арифметическое подчиняется закону распределения. Стьюдента с тем же средним арифметическим значением m_x. Особенностью этого распределения является то, что доверительный интервал с уменьшением числа наблюдений расширяется, по сравнению с нормальным законом распределения при той же доверительной вероятности.

Обработка результатов наблюдений производится в следующей последовательности.

1. Исключить известные систематические погрешности из результатов наблюдений (введение поправки).

2. Вычислить среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений, принимая за результат измерения:

$$\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i.$$

3. Вычислить оценку среднего квадратического отклонения результатов наблюдения

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}{n-1}}.$$

Вычислив оценку СКО результата наблюдений, целесообразно проверить наличие в группе наблюдений грубых погрешностей, помня, что при нормальном законе распределения ни одна случайная погрешность $x_i - \overline{x}$, с вероятностью практически равной единице (p=0,997), не может выйти за пределы $\pm 3\sigma$. Наблюдения, содержащие грубые погрешности, исключают из группы и заново повторяют вычисления $\overline{x}$ и $\tilde{\sigma}$.

4. Вычислить оценку СКО результата измерения $S_{\overline{x}}$ по формуле

$$S_{\overline{x}} = \frac{\tilde{\sigma}}{\sqrt{n}}.$$

5. Проверить гипотезу о том, что результаты наблюдений принадлежат нормальному распределению.

Приближенно о характере распределения можно судить, посторив гистограмму. Более точно проверяют гипотезу используя специальные критерии (χ^2 — Пирсона, ω^2 — Мизеса-Смирнова и др.).

При числе наблюдений n>15 принадлежность их к нормальному распределению не проверяют, а доверительные границы случайной погрешности результата определяют лишь в том случае, если достоверно известно, что результаты наблюдений принадлежат нормальному закону.

6. Вычислить доверительные границы ε случайной погрешности результата измерения при заданной вероятности p:

$$\varepsilon = t_q \cdot S_{\bar{x}},$$

где t_q — коэффициент Стьюдента.

7. Вычислить границы суммарной неисключенной систематической погрешности результата измерений.

Неисключенная систематическая погрешность результата образуется из неисключенных систематических погрешностей метода, средства измерения, погрешностей и др.

При суммировании эти составляющие рассматриваются как случайные величины. При отсутствии данных о виде распределения составляющих систематических погрешностей их распределения принимают за равномерные и границы неисключенной систематической погрешности результата измерения q вычисляют по формуле

$$\theta = k\sqrt{\sum_{i=1}^{m}\theta_i^2},$$

где q_i — граница i-й неисключенной составляющей систематической погрешности; k — коэффициент, определяемой принятой доверительной вероятностью (при p=0,95 k=1,1); m — количество неисключенных составляющих.

8. Вычислить доверительные границы погрешности результата измерения.

Анализ соотношения между неисключенной систематической погрешностью и случайной погрешностью показывает, что если $q/S_{\bar{x}}$<0,8, то неисключенной систематической погрешностью можно пренебречь и принять границы погрешности результата равным ±ε. Если $q/S_{\bar{x}}$>8, то случайной погрешностью можно пренебречь и принять границы погрешности результата Δ равным ±q.

Если оба неравенства не выполняются, вычисляют СКО результата как сумму неисключенной систематической погрешности и случайной составляющей:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m}\frac{\theta_i^2}{3} + S_{\bar{x}}^2}.$$

Границы погрешности результата измерения в этом случае вычисляют по формуле

$$\Delta = \pm K S_{\Sigma} .$$

Коэффициент K вычисляют по эмпирической форме

$$K = \frac{\varepsilon + \theta}{S_{\bar{x}} + \sqrt{\sum_{i=1}^{m}\frac{\theta_i^2}{3}}}.$$

Стандартом регламентирована и форма записи результатов (методические указания МИ 1317—86) измерений. При симметричном доверительном интервале

погрешности результат измерения представляют в форме $\bar{x} \pm \Delta, p$, *где* $\bar{x}$ — результат измерения.

При отсутствии данных о видах функции распределения составляющих погрешности результата или при необходимости дальнейшей обработки результатов, результат измерения представляют в форме $\bar{x}$, $S_{\bar{x}}$, n, θ.

6. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, СВЯЗАННЫЕ СО СРЕДСТВАМИ ИЗМЕРЕНИЙ

Средство измерений является обобщенным понятием, объединяющим самые разнообразные конструктивно законченные устройства, которые реализуют одну из двух функций:

— воспроизводят величину заданного (известного) размера, например, гирезаданную массу;

— вырабатывают сигнал (показание), несущий информацию о значении измеряемой величины.

6.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ (СИ)

По роли, выполняемой в системе обеспечения единства измерений, СИ делятся на:

1. метрологические, предназначенные для измерений, не связанных с передачей размера единиц.

2. рабочие, применяемые для измерений, не связанных с передачей размера единиц.

По уровню автоматизации все СИ делятся на три группы:

1. неавтоматически;

2. автоматизированные, производящие в автоматическом режиме одну или часть измерительной информации;

3. автоматические, производящие в автоматическом режиме измерения и все операции, связанные с обработкой их результатов, регистраций, передачей данных или выработкой управляющих сигналов.

По уровню стандартизации СИ подразделяются на:

1. стандартизированные, изготовленные в соответствии с требованиями государственного или отраслевого стандарта;

2. нестандартизированные (уникальные), предназначенные для решения спе5циальной измерительной задачи.

Основная масса СИ являются стандартизированными. Они серийно выпускаются промышленными предприятиями и в обязательном порядке подвергаются государственным испытаниям.

Классификация по роли в процессе измерения и выполняемым функциям является основной и представлена на рис. 9.

Рис. 9. Классификация средств измерений по их роли в процессе измерения и выполняемых функциям

6.2. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Элементарные средства измерений предназначены для реализации отдельных операций измерения. К ним относятся меры, устройства сравнения и измерительные преобразователи.

Мера — это средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения ФВ одного или нескольких размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

Меры подразделяют на следующие типы:

— однозначные, воспроизводящие ФВ одного размера: гире 1 кг, плоскопараллельная концевая мера 100 мм, конденсатор постоянной емкости;

— многозначные, воспроизводящие ФВ разных размеров, например, штриховая мера длины. Кроме того, различают наборы мер, магазины мер, установочные, встроенные и ввозимые меры.

Устройство сравнения (компаратор) — это средство измерения, дающее возможность сравнить друг с другом меры однородных величин или же показания измерительных приборов. Примером могут служить: рычажные весы, на одну чашку которых устанавливается образцовая гиря, а на другую — поверяемая. Во многих простых СИ роль компаратора выполняют органы чувств объекта, его

зрение, например при сравнении отклонения указателя прибора и числа делений нанесенных на его шкале.

Измерительный преобразователь (ИП) — это техническое устройство, построенное на определенном физическом принципе и выполняющее одно частное измерительное преобразование, т.е. операцию преобразования входного сигнала x в выходной y, информационный параметр которого с заданной степенью точности функционально связан с информативным параметром входного сигнала и может быть измерен с достаточной точностью.

Информативным параметром входного сигнала СИ является параметр входного сигнала, функционально связанный с измеряемой величиной и используемый для передачи ее значения или являющийся самой измеряемой величиной.

Важнейшей характеристикой ИП является функция (уравнение) преобразования, которая описывает статические свойства преобразователя и в общем случае записывается в виде $y=F(x)$.

В большинстве случаев стремятся иметь линейную функцию преобразования. Функция $y(x)$ идеального ИП при отсутствии помех описывается уравнением $y=kx$. (k — постоянный коэффициент передачи).

По местоположению в измерительной цепи преобразователи делятся на первичные и промежуточные. Первичный преобразователь — это такой ИП, на который непосредственно воздействует измеряемая физическая величина. промежуточные преобразователи располагаются в измерительной цепи после первичного.

По характеру преобразования входной величины ИП делятся на линейные и нелинейные. Линейный преобразователь — это ИП, имеющий линейную связь между входной и выходной величинами. У линейных ИП связь эта нелинейная.

По виду входных и выходных величин ИП делятся на:

— аналоговые, преобразующих одну аналоговую величину в другую аналоговую величину;

— аналого-цифровые (АЦП), предназначенные для преобразования измерительного сигнала в цифровой код;

— цифроаналоговые (ЦАП), предназначенные для преобразования цифрового кода в аналоговую величину.

6.3. КОМПЛЕКСНЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Комплексные СИ предназначены для реализации всей продукции измерения. К ним относятся измерительные приборы и установки, измерительные системы и измерительно-вычислительные комплексы.

Измерительный прибор — средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне ее изменения и выработки сигнала измерительной информации, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Обобщенная структурная схема измерительного прибора показана на рис. 10.

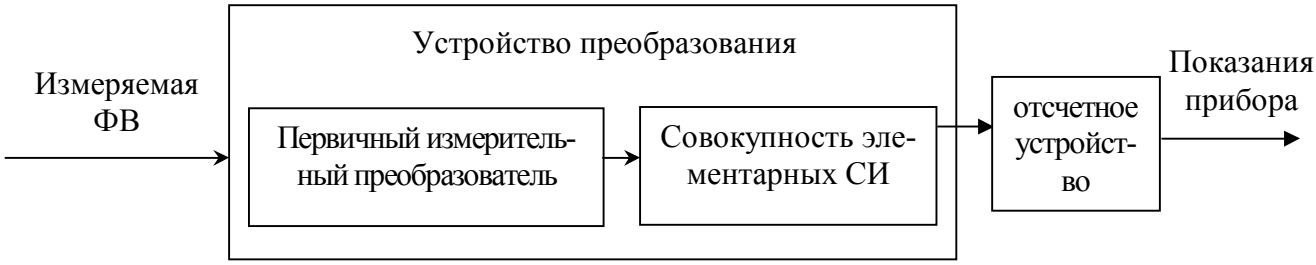


Рис. 10. Обобщенная структурная схема измерительного прибора

Отсчетное устройство — это элемент СИ, преобразующий измерительный сигнал в форму, доступную восприятием органов чувств человека.

По форме представлений показаний отсчетные устройства делятся на аналоговые и цифровые.

По форме индикации измерительной величины различают измерительные приборы:

— показывающие, которые допускают только отсчитывание показанной измерительной величины, например стрелочный или цифровой вольтметр;

— регистрирующие, предусматривающие регистрацию показанной на том или ином носителе информации, например на бумажной ленте. Регистрация может производится в аналоговой или цифровой форме. Различают самопишущие и печатающие приборы.

По назначению измерительные приборы делятся на амперметры, вольтметры, термометры и т.д.

По форме преобразования используемых измерительных сигналов приборы подразделяют на аналоговые и цифровые.

Измерительная установка — это совокупность функционально объединенных средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, предназначенная для выработки сигналов измерительной информации в удобной для непосредственного восприятия наблюдателем форме и расположения в одном месте.

Измерительную установку, предназначенную для испытания каких-либо изделий, называют испытательным стендом.

Измерительную установку с включенными в нее эталонами, применяемую для проверки СИ, называют поверочной установкой.

Некоторые измерительные установки называют измерительными машинами, например КИМ.

Физиологическая ограниченность возможностей человека в восприятии и обработке больших объемов информации стала причиной появления измерительных систем.

Измерительные системы — это совокупность функционально объединенных средств измерений, средств вычислительной техники и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи, предназначенных для выработки сигналов измерительной информации о физических величинах, свойственных данному объекту, в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и (или) использования в автоматических системах управления. Примерами могут служить системы уравнения. Примерами могут служить системы предназначенные для контроля технологического процесса производства какого-либо изделия, например производства стали, электроэнергии и т.п.

В зависимости от назначения измерительной системы разделяют на измерительные, контролирующие, управляющие. По числу измерительных каналов системы подразделяют на одну- и многоканальные.

Важной их разновидностью являются информационно-измерительные системы (ИИС), предназначенные для представления измерительной информации в виде, необходимом потребителю. По организации алгоритма функционирования различают системы:

— с заранее заданным алгоритмом работы, правила функционирования которых не меняются, поэтому они могут использоваться только для исследования объектов, работающих в постоянном режиме;

— программируемые, алгоритм работы которых меняется по заданной программе, составленной в соответствии с условиями функционирования объекта исследования;

— адаптивные, алгоритм работы которых изменяется, приспосабливаясь к изменениям измеряемых величин и условий работы объекта.

Наиболее перспективным методом разработки и производства ИИС является метод агрегатно-модульного построения из сравнительно ограниченного набора унифицированных, конструктивно законченных узлов или блоков. Связь между блоками системы и их совместимость устанавливается посредством стандартных интерфейсов. Под интерфейсом понимается совокупность механических, электрических и программных средств, позволяющих объединить блоки в единую систему.

Важной разновидностью ИИС являются измерительно-вычислительные комплексы (ИВК) — функционально объединенная совокупность средств измерений, компьютеров и вспомогательных устройств. Основными признаками принадлежности средств измерений к ИВК являются: наличие процесса или компьютера; программное управление средствами измерений; наличие нормируемых метрологических характеристик; блочно-модульная структура, состоящая из технической (аппаратной) и программной (алгоритмической) подсистем.

ИВК предназначены для выполнения функций:

— осуществление прямых, косвенных, совместных или совокупных измерений ФВ;

— управление процессом измерений и воздействие на объект измерений;

— представлено оператору результатов измерений в требуемой виде.

Каждый ИВК — это сложное техническое устройство, поэтому содержит средства диагностики его состояния.

6.4. ПОГРЕШНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

погрешность средства измерения — разность между показанием СИ и истинным (действительным) значением измеряемой ФВ. Она характеризует точность результатов измерений, проводимых данным средством.

Погрешности средств измерений выражают в виде абсолютной, относительной и приведенной погрешности.

Под абсолютной погрешностью средства измерения понимают разность между его показанием x_n и действительным значением измеряемой ФВ x_∂.

$$\Delta = x_n - x_\partial.$$

Она выражается в единицах измеряемой величины. Однако не может в полной мере служить показателем точности СИ, так как одно и то же ее значение, например, Δ=0,05 мм при x_n = 1 мм — низкой.

Относительная погрешность СИ — погрешность выражается отношением абсолютной погрешности СИ к действительному значению измеряемой ФВ в пределах диапазона измерений

$$\delta = \frac{\Delta}{x_\partial} \cdot 100\%.$$

Приведенная погрешность СИ — это отношение абсолютной погрешности СИ к нормирующему значению x_N, чаще всего за него принимают верхний предел измерений данного СИ.

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100\%.$$

Погрешность СИ нормируются зданием пределов допускаемых значений (абсолютных значений погрешностей измерений, $|\pm 2| = 0{,}2$).

6.5. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Метрологические характеристики (МХ) — это характеристики свойств средства измерений, оказывающих влияние на результат измерения и его погрешности. Характеристики, устанавливаемые нормативно-техническими документами, называются нормируемыми, а определяемые экспериментально-действительными.

Номенклатура МХ, правила выбора комплекса нормируемых МХ для средств измерений и способы их нормирования определяются стандартом ГОСТ 9.009— 84 «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений».

МХ средств измерений:

— определять результаты измерений и рассчитывать оценки характеристик инструментальной составляющей погрешности измерения в реальных условиях применения СИ;

— рассчитывать МХ каналов измерительных систем, составляющих из ряда СИ с известными МХ;

— производить оптимальный выбор СИ, обеспечивающих требуемое качество измерений при известных условиях из применения;

— сравнить СИ различных типов с учетом условий применения.

Перечень нормируемых МХ делится на группы:

1. Метрологические характеристики, предназначенные для определения результатов измерений:

— функция преобразования $F(X)$;

— значение $У$ однофазной меры или значения $У_i$ многозначной меры;

— цена деления шкалы измерительного прибора или многозначной меры;

— характеристики цифрового кода, используемого в СИ и их элементах.

2. Метрологические характеристики погрешностей средств измерений.

Эта группа характеристик описывает погрешности, обусловленные собственными свойствами СИ в нормальных условиях эксплуатации. Суммарное их значение образует основную погрешность СИ. Эти характеристики описываются либо только значением систематической составляющей Δ_{os} или его математическим ожиданием $M[\Delta_{os}]$ и СКО $\sigma[\Delta_{os}]$, случайная составляющая инструментальной погрешности описывается или СКО $\sigma[\Delta_o]$, или СКО совместно с нормализованной автокорреляционной функции $r_\Delta(t)$, или функцией спектральной плотности $S(\omega)$. Характеристика случайной составляющей погрешности от гистерезиса нормируется путем установления предела Нор допускаемой вариации выходного сигнала (показания) СИ.

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ К ВЛИЮЩИМ ВЕЛИЧИНАМ:

— функция влияния $\psi(\xi)$ — это зависимость изменения МХ средства измерений от изменения влияющей величины или их совокупности в рабочих условиях применения СИ.

Нормирование функции производится путем установления ее номинального значения и пределов допустимых отклонений от него.

— изменения значений метрологических характеристик СИ, вызваны изменениями влияющих величин в установленных пределах $\varepsilon(\xi)$.

Эти изменения нормируются путем установления пределов допускаемых изменений характеристики при изменении влияющей величины в заданных пределах.

4. ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Для описания динамических погрешностей используют следующие характеристики:

— полная динамическая характеристика аналоговых СИ, в качестве которой используют одну из характеристик: переходную h(t), импульсную переходную g(t), амплитудно-фазовую G(jω), амплитудно-частотную A(ω), передаточную функцию G(p);

— частотные динамические характеристики аналоговых СИ: время реакции t_r, коэффициент демпфирования χ_{dam}, постоянная времени T и др.;

— частные динамические характеристики АЦП и цифровых измерительных приборов: время реакции t_r, погрешность дотирования отсчета t_d, максимальная частота измерений и др.

5. ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ, ОТРАЖАЮЩИХ ИХ СПОСОБНОСТЬ ВЛИЯТЬ НА ИНСТРУМЕНТАЛЬНУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ ВСЛЕДСТВИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ С ЛЮБЫМ ИЗ ПОДКЛЮЧЕННЫХ К ИХ ВХОДУ ИЛИ ВЫХОДОВ КОМПОНЕНТОВ, НАПРИМЕР ОБЪЕКТОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ДР.

Например, на погрешность измерения температуры с помощью термопар и термометров существенно влияет обмен тепловой энергии между объектом и прибором. Такие характеристики часто называют импедансными, или просто импендансами.

Рассматриваемые характеристики нормируются путем установления номинальных значений имендансных характеристик и пределов допускаемых отклонений от них.

Нормируемые МХ должны обеспечить возможность статического объединения, суммирования составляющих инструментальной погрешности измерений. В общем случае она может быть определена как сумма (объединение) следующих составляющих погрешности:

— $\Delta_o(t)$, обусловленной отличием действительной функции преобразования в нормальных условиях от номинальной, приписанный соответствующими документами данному типу СИ. Эта погрешность называется основной;

— Δ_{ci}, обусловленной реакцией СИ на изменение внешних влияющих величин и неинформативных параметров входного сигнала относительно их номинальных значений. Эта погрешность называется дополнительной;

— Δ_{dyn}, обусловленной реакцией СИ на скорость (частоту) изменения входного сигнала. Эта составляющая, называемая динамической погрешностью, зависит и от динамических свойств средств измерений, и от частотного спектра входного сигнала;

— Δ_{int}, обусловленной взаимодействием СИ с объектом измерений или с другими СИ, включенным последовательно с ним в измерительную систему. Эта

погрешность зависит от характеристик и параметров входной цепи СИ и выходной цепи объекта измерений. Таким образом, инструментальная погрешность СИ можно представить в виде

$$\Delta = \Delta_o(t) \cdot \sum_{i=1}^{L} \Delta_{ci} \cdot \Delta_{dyn} \cdot \Delta_{\text{int}}.$$

Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности устанавливают по формуле

$$\Delta = \pm a$$

или

$$\Delta = \pm(a + вx)$$

где *а, в* — постоянные величины, *x* — значение измеряемой величины на входе (выходе) СИ или число делений, отмеченных по шкале.

Пределы допускаемой приведенной основной погрешности устанавливают по формуле

$\gamma = \pm p$ %, где p — отвлеченное число положительное, выбираемое из ряда (1; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6)$\cdot 10^n$ (n=1,0,-1,-2, …)

Пределы допускаемой относительной основной погрешности устанавливаются по формулам

$$\delta = \pm q\% \text{ или } \delta = \pm\left[c + d\left(\left|\frac{x_k}{x}\right| - 1\right)\right],\%$$

где q — отвлеченное число, выбираемое из ряда для приведенной погрешности; x_k — больший (по модулю) из пределов измерений; c и d — положительные $c = в + d$; $d = \dfrac{a}{|x_k|}$.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности, как правило, устанавливают в виде данного (кратного) значения предела допускаемой основной погрешности.

6.6. КЛАССЫ ТОЧНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Учет всех нормируемых метрологических характеристик средства измерений при оценивании погрешности результата измерения довольно сложное и трудоемкая процедура, оправданная при измерениях повышенной точности. При измерениях на производстве, в обиходе такая точность не всегда нужна. В то же время, определенная информация о возможной инструментальной составляющей погрешности измерения необходима. Такая информация дается указанием класса точности средства измерений.

Под классом точности понимают обобщенную характеристику точности средств измерений данного типа, определяющую пределами допускаемой основной погрешности. Классы точности присваивают средствам измерений при их

разработке на основании исследований и испытаний представительной партии средств измерений данного типа.

Классы точности средств измерений обозначаются условными знаками «буквами, цифрами». Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых выражаются в форме приведенной погрешности или относительной погрешности, классы точности обозначаются числами, равными этим пределам в %. Чтобы отличить относительную погрешность от приведенной, обозначения класса точности в виде относительной погрешности обводят кружком 2,5.

Если погрешность нормированная в % от длины шкалы, то под обозначением класса ставится знак ∨. Если погрешность нормирована формулой

$\delta = \pm\left[c + d(\left|\frac{x_k}{x}\right| - 1)\right],\%$, то класс точности обозначается как *c/d* (например, 0,02/0,01).

Пример. На шкале амперметра с пределами измерения 0…10 А нанесено обозначение класса точности 2,5. Это означает, что для данного прибора нормировка приведенная погрешность. Подставляя в $x_н$=10 А и р=2,5 получим $\Delta = \frac{x_н}{100} \cdot 2{,}5 = 0{,}25\ A$.

Если бы обозначение класса точности было 2,5, то погрешность следовало бы вычислить в процентах от измеренного значения. Так, при $I_{изм}$=2А, погрешность прибора не должна превышать $\frac{2 \cdot 2{,}5}{100} = 0{,}05\ A$.

7. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.

7.1. ПОНЯТИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Метрологическое обеспечение (МО) — установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

Основными целями метрологического обеспечения являются:

— повышение качества продукции;

— обеспечение взаимозаменяемости деталей, узлов и агрегатов;

— достижение требуемой степени готовности и эффективности применения средств измерений;

— повышение эффективности мероприятий по организации безопасных условий труда и охраны окружающей среды.

Основными видами работ по метрологическому обеспечению организациях являются:

— проведение анализа состояния с измерением;

— проведение метрологической проработки и метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации;

— проведение работ или участие в работах по выбору средств измерений и методик проведения измерений;

— обеспечение производства необходимыми средствами измерений;

— участие в работах по анализу точности технологического процесса;

— участие в работах по сертификации продукции;

— организация работ по проверке и калибровке средств измерений.

7.2. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ, НАУЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Научной основой метрологического обеспечения является метрологичя.

Организационной основой метрологического обеспечения является метрологическая служба России. Технические средства включают различные системы, в том числе: эталонов, передачи размеров единиц от эталона рабочим средствам измерения, стандартных образцов, стандартных справочных данных и др.

Правила и нормы по метрологическому обеспечению единства измерений установлены в Законе РФ «Об обеспечении единства измерений» и в нормальных документах Государственной системы обеспечения единства измерении (ГСИ).

Методической основой метрологического обеспечения являются методики выполнения измерений. МВИ — это совокупность правил, норм и требований к методу измерений, средствам измерений и оператору, выполняющему измерения, к алгоритму измерений и вычислений, соблюдение которых гарантирует получение результата измерения с требуемой точностью

Методики выполнения измерений должны быть стандартизированы или аттестованы.

7.3. ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Единство измерений — это такое состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности измерений не выходят за установленные границы с заданной вероятностью.

Правовой основой обеспечения единства измерений служит законодательная метрология — свод государственных актов и нормативно-технических документов различного уровня, регламентирующих метрологические правила, требования и нормы.

Гарантией обеспечения единства измерений в стране является экономический механизм саморегулирования хозяйства, а также государственная и производственная дисциплина, предусматривающие экономические санкции, материальную, административную и уголовную ответственность за нарушение требований законодательной метрологии.

В организационном плане единство измерений обеспечения Метрологической службой РФ, состоящей из государственной и ведомственных метрологических служб.

Технической базой обеспечения единства измерений является система воспроизведения единиц физических величин и передачи информации об их размерах всем средствам измерений в стране.

Для обеспечения единства измерений необходима тождественность единиц, в которых проградуированы все существующие СИ одной и той же величины. Это достигается путем точного воспроизведения и хранения в специализированных учреждениях установленных единиц ФВ и передачи их размеров применяемым СИ.

Эталон — средство измерений (или комплекс СИ), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по проверочной схеме СИ и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке.

Эталоны классифицируются на первичные, вторичные и рабочие.

Первичный эталон — это эталон, воспроизводящий единицу физической величины с наивысшей точностью, возможной в данной области измерений на современном уровне научно-технических достижений. Первичный эталон может быть национальным (государственным) и международным. Государственные эталоны утверждает Госстандарт РФ.

Международные эталоны хранит и поддерживает Международное бюро мер и весов (МБМВ). МБМВ производят систематические сличения национальных эталонов крупнейших метрологических лабораторий разных стран с международными эталонами.

Вторичный эталон — хранит размер единицы, полученной путем сличения с первичным эталоном соответствующей ФВ. Эти эталоны создаются и утверждаются в тех случаях, когда это необходимо для организации поверочных работ, а также для обеспечения сохранности поверочных работ, а также для обеспечения сохранности и наименьшего износа государственного эталона.

Рабочий эталон воспринимает размер единицы от вторичного эталона и в свою очередь служит для передачи размера менее точному рабочему эталону (или эталону более низкого разряда) и рабочим средствам измерений.

Обеспечение правильной передачи размера единиц ФВ от эталонов рабочим средствам измерений осуществляется посредством поверочных схем. *Поверочная схема* — это нормативный документ, который устанавливает соподчинение СИ, участвующих в передачи размера единицы от эталона к рабочим СИ с указанием методов и погрешности, и утвержден в установленном порядке. Основные положения о поверочных схемах приведены в ГОСТ 8.061—80 «ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение». Поверочные схемы состоят из чертежа и текстовой записи. На чертеже указывают наименование средств измерений, диапазоны значений ФВ, обозначения и значения погрешностей, наименование методов

поверки. Текстовая часть включает вводную часть и пояснение к элементам чертежа.

7.4. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РФ ОБ ОБЕСПЕЧЕНИИ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

В 1993 г. принят Закон РФ «Об обеспечении единства измерений». Цели Закона состоят в следующем:

— защита прав и законных интересов граждан, установленного правопорядка и экономики РФ от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений;

— содействие научно-техническому и экономическому прогрессу на основе применения государственных эталонов единиц величин и использования результатов измерений гарантированной точности, выраженных в допускаемых к применению в стране единицах;

— создание благоприятных условий для развития международных и межфирменных связей;

— регулирование отношений государственных управления РФ с юридическими и физическими лицами по вопросам изготовления, выпуска, эксплуатации, ремонта, продажи и импорта СИ;

— адаптация российской системы измерений к мировой практике.

Закон определяет: основные метрологические понятия (приведены определения основным метрологическим терминам); компетенцию Госстандарта России в области обеспечения единства измерений; единицы величин, государственные эталоны, средства измерений и методики выполнения измерений; компетенцию и структуру Государственной метрологической службы и других государственных служб обеспечения единства измерений; Метрологические службы государственных органов управления РФ и юридических лиц (предприятий и организаций); сферы распространения государственного метрологического контроля и надзора; виды государственного Метрологического контроля и надзора; права, обязанности и ответственность государственных инспекторов по обеспечению единства измерений; условия использования средств измерений в сферах распространения Государственного метрологического контроля и надзора (утверждение типа, поверка); требования к выполнению измерений по аттестованным методикам; основные положения калибровки и сертификации СИ; лицензирование деятельности предприятий и физических лиц по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений; ответственность за нарушение положений Закона; источники финансирования работ по обеспечению единства измерений.

7.5. ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Законодательные основы российской метрологии определены сегодня актами:

— Конституция РФ (ст. 71, Р), которая устанавливает, что в ведении РФ находятся стандарты, эталоны, метрическая система и исчисление времени, и закрепляет централизованное руководство основными вопросами законодательной метрологии (единицы величин, эталоны и связанные с ними другие метрологические основы);

— Закон РФ «Об обеспечении единства измерений», устанавливающий правовые основы обеспечения единства измерений, регулирующий отношения государственных органов управления РФ с юридическими и физически лицами по вопросам изготовления, выпуска, эксплуатации, ремонта и импорта средств измерений и направленный на защиту прав и интересов граждан, установленного правопорядка и экономии страны от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений;

— Постановление Правительства РФ «Об организации работ по стандартизации, обеспечению единства измерений, сертификации продукции и услуг» от 12 февраля 1994 г № 100.

Для реализации положений Закона РФ «Об обеспечении единства измерений» разработаны подзаконные акты — нормативные документы по метрологии.

Законодательные акты и нормативные документы составляют правовую основу Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ).

Нормативные документы ГСИ устанавливают основные требования в области метрологического обеспечения. Первые метрологические стандарты были утверждены в 1966, а первые руководящие документы рекомендательного характера — МИ, получившие широкое признание и распространение. После принятия Закона были разработаны нормативные документы в виде правил (ПР 50.2…), которые после регистрации в Министерстве юстиции имеют обязательный характер.

Ответственность за нарушение метрологических норм и правил установлена Законом РФ «Об обеспечении единства измерений». Ст. 20 Закона устанавливает различные меры пресечения или предупреждения нарушений (запреты, обязательные предписания и др.). Ст. 25 предусматривает возможность привлечения нарушений к административной, гражданско-правовой или уголовной ответственности.

Принята новая редакция ст. 170 Кодекса РФ об административных правонарушениях «Нарушение обязательных требований государственных стандартов, правил обязательных требований государственных стандартов, правил обязательной сертификации, нарушение требований нормативных документов по обеспечению единиц измерений», которая предусматривает ответственность за любые нарушения требований нормативных документов по обеспечению единства измерений.

Нижний предел штрафа варьируется в зависимости от допущенного правонарушения установлен от пяти до ста минимальных размеров оплаты труда.

Гражданско-правовая ответственность наступает в ситуациях, когда в результате нарушений метрологических правил и норм юридически и физическим

лицам причинен имущественный или личный ущерб. Причиненный ущерб подлежит возмещению по иску потерпевшего на основании соответствующих актов гражданского законодательства.

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

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

7.6. СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ СЛУЖБ

Метрологическая служба России состоит из Государственной метрологической службы, а также из метрологических служб государственного управления и юридических лиц.

В состав Государственной метрологической службы (ГМС) входят семь государственных научных метрологических центров (ГНМЦ): Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС, Москва), НПО «ВНИИ метрологии имени Д.И. Менделеева» ((ВНИИМ, Санкт-Петербург), НПО «ВНИИ физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ, Московская область), Сибирский государственный научно-исследовательский институт метрологии(СНИИМ , Новосибирск), Уральский научно-исследовательский институт метрологии (УНИИМ, Екатеринбург), Всероссийский научно-исследовательский институт расходометрии (ВНИИР, Казань), Восточно-Сибирский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений (ВС ВНИИФТРИ, Иркутск). Научные центры являются хранителями государственных эталонов, проводят исследования в области теории измерений, применения принципов и методов высокоточных измерений, разработки научно-методических основ совершенствования Российской системы измерений.

Органами Государственной метрологической службы являются центры стандартизации, метрологии и сертификации ЦСМ и М, расположенные по всей территории России (их более 100).

Основные задачи, права и обязанности метрологических служб государственных органов управления и юридических лиц любых форм собственности определены в Правилах по метрологии ПР 50.732—93 «ГСИ. Типовое положение о метрологической службе государственных органов управления и юридических лиц».

Метрологическая служба государственного управления представляет собой систему, образуемую приказом его руководителя, которая может включить: подразделение (службу) главного метролога в центральном аппарате; головные и базовые организации метрологической службы в отраслях; метрологические службы предприятий.

К основным задачам метрологических служб предприятий относятся:

— калибровка средств измерений;

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

— выдача обязательных предписаний, направленных на предотвращение, прекращение или устранение нарушений метрологических правил и ном;

— проверка своевременности представления средств измерений на испытание в целях утверждения типа средств измерений, а также на поверку и калибровку;

— анализ состояния измерений, испытании и контроля на предприятии, в организации.

Метрологические службы предприятий должны уделять особое внимание состоянии. Измерений, соблюдению метрологических правил и норм в сферах деятельности предприятий, предусмотренных Законом (ст. 13): при испытаниях и контроле качества продукции в целях определения соответствия обязательным требованиям государственных стандартов, при выполнении предприятием работ по обязательной сертификации продукции и услуг и др.

Специалисты метрологических служб предприятия должны принимать активное участие в аттестации испытательных подразделений, в подготовке к сертификации систем качества.

Метрологические службы предприятий могут быть аккредитованы на право калибровки средств измерений на основе договоров, заключаемых с государственными научными метрологическими центрами или органами ГМС. Заинтересованные метрологические службы предприятий любой ведомственной принадлежности и формы собственности по своей инициативе могут быть аккредитованы на техническую компетентность в области обеспечения единства и требуемой степени точности измерений. Эта деятельность может определятся и как метрологическая услуга, оказывающая юридически и физическим лицам.

7.7. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И НАДЗОР ЗА СРЕДСТВАМИ ИЗМЕРЕНИЙ

Закон «Об обеспечении единства измерений» устанавливает следующие виды государственного метрологического контроля:

— утверждение типа средств измерений;

— проверка средств измерений, в том числе эталонов;

— лицензирование деятельности юридических и физических лиц за право изготовления, ремонта, продажи и проката СИ.

Государственный метрологический надзор осуществляется:

— за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами, соблюдением метрологических правил и норм;

— за количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций;

— за количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже.

Государственный метрологический контроль и надзор (МКиН) осуществляется только в сферах, установленных Законом. Поэтому разрабатываемые, производимые, поступающие по импорту и находящиеся в эксплуатации СИ делятся на две группы:

— предназначенные для применения и применяемые в сферах распространения ГМКиН. Эти средства измерений признаются годными для применения после их испытаний и утверждения типа и последующих первичной и периодической поверок;

— не предназначенные для применения и не применяемые в сферах распространения ГМКиН. За этими средствами измерений надзор со стороны государства (Госстандарта РФ) не проводится.

Юридические и физические лица-владельцы такого рода СИ сами должны устанавливать систему поддержания их в работоспособном состоянии (в соответствии с условиями эксплуатации и установленными требованиями), в том числе в рамках Российской системы калибровки и добровольной сертификации средств измерений.

ГМКи Н распространяются на:

— здравоохранение, ветеринарию, охрану окружающей среды, обеспечение безопасности труда, торговые операции и взаимные расчеты, обеспечение обороны государства;

— производство продукции, поставляемую по контрактам для государственных нужд в соответствии с законодательством РФ;

— испытания и контроль качества продукции в целях определения соответствия обязательным требованиям государственных стандартов РФ, обязательную сертификацию продукции, услуг и т.д.

Утверждение типа СИ — это первая соответствующая государственного метрологического контроля.

Система испытаний и утверждения типа средств измерений (Система) включает: испытания СИ с целью утверждения типа; принятия решения об утверждении типа, его государственную регистрацию и выдачу сертификата об утверждении типа; испытания СИ на соответствие утвержденному типу; признание утверждения типа или результатов испытаний типа, проведенных организациями зарубежных стран; информационное обслуживание потребителей СИ, контрольно-надзорных органов и органов государственного управления.

Испытания СИ для целей утверждения типа по программе, которая устанавливает объем и методику испытаний, продолжительность испытаний, а также перечень документов, необходимых для государственной регистрации средств измерений утвержденных типов.

Заявки на проведение испытаний направляют в Госстандарт России. Он принимает решение по заявке и направляет поручение государственным центрам испытаний средств измерений (ГЦИ СИ) на проведение испытаний.

При успешных испытаниях Госстандарт РФ принимает решение об утверждении типа СИ, которое удостоверяется сертификатом об утверждении типа с указанием срока действия сертификата СИ, на которые выданы сертификаты об утверждении типа, подлежат регистрации в Государственном реестре СИ.

Второй составляющей государственного метрологического контроля является поверка средств измерений. Это совокупность операций, выполняемых органами Государственной метрологической службы или другими уполномоченными на то органами и организациями с целью определения и подтверждения соответствия СИ установленным техническим требованиям.

СИ, подлежащие ГМКиН, подвергаются поверке при выпуске и производстве, или ремонте, при ввозе по импорту и эксплуатации. Допускается продажа и выдача на прокат только поверенных СИ. Эту поверку осуществляют органы ГМС, государственные научные метрологические центры (ГНМЦ), а также аккредитованные метрологической службой юридических лиц. Если средство измерений по результатам поверки признано пригодным к применению, то на него и (или) техническую документацию наносится оттиск поверительного клейма и (или) выдается «Свидетельство о поверке».

В России применяются следующие виды поверок СИ: первичная, периодическая, внеочередная, инспекционная и экспертная.

Первичной проверке подвергаются СИ утвержденных типов, которые произведены или отремонтированы в России, ввезены по импорту.

Периодической поверке подлежат находящиеся в эксплуатации (или хранящиеся) СИ. *Внеочередную поверку* проводят при эксплуатации (хранении) СИ в случае: повреждения знака поверительного клейма, а также утраты свидетельства о поверке; ввода в эксплуатацию СИ после длительного хранения (более одного межповерочного интервала); проведение повторной настройки, известного или предполагаемого ударного воздействия на СИ или неудовлетворительной работы прибора; продажи (отправки) потребителю СИ, не реализованных по истечению срока, равного половине межповерочных интервалов на них; применение СИ в качестве комплектующих по истечению срока, равного половине межповерочных интервалов на них.

Инспекционную поверку проводят для выявления пригодности к применению СИ при осуществлении государственного метрологического надзора.

Экспертную поверку проводят при возникновении спорных вопросов по метрологическим характеристикам их к применению.

Поверка проводится на основании заявок юридического или физических лиц в соответствующий орган ГМС, который поверяет полноту информации, уточняет место, сроки и объем поверки, а также размер оплаты работ заявителем.

7.8. КАЛИБРОВКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Калибровка средств измерений — это совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и/или пригодности к применению СИ, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору. Вывод о пригодности делает калибровочная лаборатория.

В отличие от поверки, которую осуществляет органы государственной метрологической службы, калибровка может проводится любой метрологической службой (или физическим лицом) при наличии надлежащих условий для квалифицированного выполнения этой работы. Калибровка — добровольная операция и ее может выполнять также и метрологическая служба самого предприятия.

Однако добровольный характер калибровки не освобождает метрологическую службу предприятия от необходимости соблюдать определенные требования. Главное из них обязательная «привязка» рабочего СИ к национальному (государственному) эталону. Таким образом, функцию калибровки следует рассматривать, как составную часть национальной системы следует обеспечения единицы измерений.

Результаты положительной калибровки удостоверяются калибровочным знаком или выдачей сертификата, а также записью в эксплуатационной документации.

Предприятия, заинтересованные в повышении конкурентоспособности продукции, аккредитуются в Российской системе калибровки (РСК) на право проведения калибровочных работ.

Основными работами проводимыми РСК являются:

— организация и осуществление аттестации органов РСК на право аккредитации калибровочных лабораторий;

— организация и осуществление аккредитации калибровочных лабораторий на право калибровки СИ;

— разработка методик калибровки СИ;

— организация обмена опытом специалистов-метрологов, проведение консультаций, конференций по проблемам РСК;

— заключение договоров о взаимном признании национальных систем аккредитации калибровочных лабораторий с другими странами.

Основой РСК является калибровочная лаборатория.

ВНИИ метрологической службы (ВНИИМС) является научно-организационным центром РСК.

Национальным центральным органом РСК является Управление метрологии Госстандарта РФ.

Органами РСК являются метрологические НПО и НИИ, территориальные органы Госстандарта РФ и другие юридические лица, аттестованные на право аккредитации калибровочных лабораторий.

7.9. СЕРТИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

В соответствии с Законом РФ «О сертификации продукции и услуг» в России Система сертификация средств измерений, которая носит добровольный характер и удостоверяет соответствие измерительных средств заявителей метрологическим правилам и нормам.

Организационно в Систему входят: Управление метрологии Госстандарта РФ — Центральный орган Системы, Координационный Совет, Апелляционный комитет, научно-методический центр — ВНИИМС, органы по сертификации, испытательные лаборатории (центры) СИ.

Система сертификации СИ предусматривает:

— добровольную сертификацию СИ на соответствие метрологическим нормам и правилам по любым видам измерений;

— разработку, ведение и актуализацию нормативных документов, устанавливающих метрологические правила и нормы на СИ;

— разработку, ведение и актуализацию типовых программ испытаний для целей сертификации СИ;

— апробирование и утверждение в процессе сертификации методик калибровки СИ, а также подготовку предложений по межкалибровочным интервалом;

— аттестацию методик выполнения измерений с помощью сертифицированных средств измерений;

— создание разветвленной сети аккредитованных по видам измерений органов по сертификации СИ и испытательных лабораторий (центров) конкретных групп СИ;

— сотрудничество с национальными метрологическими службами стран по взаимному признанию аккредитации органов, лабораторий (центров), сертификатов соответствия, знаков соответствия, а также результатов сертификации СИ.

Основные цели Системы:

— обеспечение единства измерений;

— содействие экспорту и повышение конкурентоспособности СИ.

Основные задачи Системы:

— проверка и подтверждение соответствия СИ установленным в распространяющихся на них нормативных документах метрологическим нормам и требованиям;

— проверка обеспеченности сертифицированных СИ методами и средствами калибровки для передачи размеров от утвержденных Госстандартом РФ эталонов;

— проверка соответствия СИ дополнительным требованиям, указанным заявителем.

Сертификат соответствия выдает заявителю Центральный орган Системы или орган по сертификации на основе лицензированного соглашения с Центральным органом; они устанавливают и срок действия сертификата.

7.9. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПО МЕТРОЛОГИИ

Наиболее крупные международные метрологические организации — Международная организация мер и весов (МОМВ) и Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ).

В 1875 г. 17 странами (в том числе и Россией) была подписана Метрическая конвенция, цель которой — унификация национальных систем единиц измерений и установление единых фактических эталонов длины и массы (метра и килограмма). На основе этой Конвенции была создана МОВМ. Научные разработки комитетов МОМВ имеют большое практическое значение. Это принятие Международной Системы Единиц СИ (1960), нового определения секунды (1967) и создание новейших стандартов частоты. Россия как участница МОМВ пользуется регулярным сличением шкалы времени с международной шкалой атомного времени TAI, в установлении которой используется национальные эталоны США, Германии, Канады, специальные спутники связи, рабочие эталоны и промышленные атомные стандарты частоты западноевропейских государств. России это дает возможность поддерживать заданную точность государственного первичного эталона времени и частоты и систему их передачи с наименьшими затратами.

МОЗМ учреждена в 1956 г., объединяет 80 государств, в т.ч. Россию. Цель МОЗМ — разработка общих вопросов заокнодательной метрологии, в том числе обеспечение единообразия определения типов, образцов и систем измерительных приборов; рекомендации по их испытаниям для унификации метрологических характеристик; порядок поверки и калибровки СИ; гармонизации поверочной аппаратуры, методов сличения; оказание научно-технического содействия развивающимся странам в создании и организации работ метрологических служб и их оснащении надлежащим оборудованием; установлении единых принципов подготовки кадров в области метрологии с учетом различных уровней квалификации.

Особо следует отметить деятельность МОЗМ по сертификации средств измерений. С 1995 г. введена Система сертификатов МОЗМ, к которой присоединилась и Россия. Сертификат МОЗМ дает гарантию изготовителю СИ в том, что изделие соответствует международным требованиям, которое признаются большинством государств мира.

Среди региональных организаций по метрологии можно назвать УВРОМЕТ, ВЕЛМЕТ, EAL.

Европейская метрологическая организация (ЕВРОМЕТ), созданная в 1987 г., объединяет страны-члены ЕС. Основные направления практической деятельности: координация реализации финансовых средств, отведенных для нужд метрологии; координация проектов по созданию эталонно; проведение экспертизы национальных эталонов; информационное обеспечение стран-членов.

Западно-Европейское объединение по законодательной метрологии (ВЕЛМЕТ) основано в 1989 г. с целью координации деятельности национальных служб законодательной метрологии стран ЕС ля устранения препятствий в торговле в рамках Европейского Союза. Организация считает реальным способом достижения этих целей обеспечения взаимного признания сертификатов испытаний и поверки средств измерений.

Западно-Европейское объединение по калибровке (EAL) создано в 1989 г. странами-членами ЕС с целью содействия взаимному признанию национальных сертификатов о калибровке СИ, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору. Членами Объединения являются калибровочные национальные службы.

ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

(10 июня 1993 г. принят закон РФ «О стандартизации»)

1. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ЕЕ ЦЕЛИ

Стандартизация — это деятельность по установлению норм, правил и характеристик (далее – требования) в целях обеспечения:

— безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества;

— технической и информационной совместимости, а также взаимозаменяемости продукции;

— качества продукции, работ и услуг в соответствии с уровнем развития науки, техники и технологии;

— единства измерений;

— экономии всех видов ресурсов;

— безопасности хозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и технологических катастроф и других чрезвычайных ситуаций;

— обороноспособности и мобилизационной готовности страны.

2. ИСТОРИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ

В Древнем Египте при строительстве использовали кирпичи постоянного размера (410×200×130 мм). Замечательные памятники греческой архитектуры собраны из сравнительно небольшого числа «стандартных» деталей. Из истории Древнего Рима известно об установлении единых диаметров труб для водопроводов.

В России стандартизация впервые была введена в кораблестроении, где с 1701 года указами Петра I и сената были определены образцы галер, якорей, предметов корабельного снаряжения и вооружения. Это позволило в короткий срок создать русский флот. В 1715 г. на тульских оружейных заводах были установлены единые калибры.

Развитие железнодорожного транспорта в России в конце XIX и начале XX веков вызвало необходимость стандартизации ширины колец(1524 мм), цветов окраски вагонов, высота сцепных устройств, диаметров колес. различных материалов и изделий, используемых при строительстве и эксплуатации железных дорог.

Первой страной, в которой была образована национальная организация по стандартизации, была Англия. Во время первой мировой войны и после ее окончания были созданы национальные организации по стандартизации в Голландии, Германии, Франции, Швейцарии, США, Бельгии, Канаде, Австрии, Италии, Японии, Венгрии и т.д.

Организационно советская стандартизация оформлялась 15 сентября 1925 года, когда был создан Комитет стандартизации при Совете Труда и Обороны, с

1978 г. — Государственный Комитет СССР по стандартам, с 1989 г. — Государственный Комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 26.11.1991 г. указом Президента России образован Государственный Комитет РФ по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт России).

3. ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Правовые основы стандартизации в России установлены Законом РФ «О стандартизации». Положения Закона обязательны к выполнению всеми государственными органами управления, субъектами хозяйственной деятельности независимо от норм собственности, а также общественными объединениями.

Закон определяет меры государственной защиты интересов потребителей и государства через требования, правила, нормы, вносимые в государственные стандарты при их разработке, и государственный контроль за выполнением обязательных требований стандартов при их применении.

Кроме данного закона, отношения в области стандартизации в России регулируется издаваемыми в соответствии с ним актами Законодательства РФ, например, Федеральным Законом «О внесении изменений и дополнений в законодательные акты РФ в связи с принятием законов РФ «О стандартизации», «Об обеспечении единства измерений», «О сертификации продукции и услуг» (1995 г); Постановлениями Правительства РФ, принятыми во исполнение Закона «О стандартизации», приказами Госстандарта РФ. Например, приказом Госстандарта РФ утвержден «Порядок проведения Госстандарта России Государственного контроля и надзора за соблюдением обязательных требований государственных стандартов, правил обязательной сертификации и за сертифицированной продукцией».

4. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ РФ, ГСС РФ

Основными терминами и понятиями современной ГСС РФ являются следующие.

Объект стандартизации — конкретная продукция, конкретные услуги, конкретные работы (конкретный производственный процесс) или группы однородной конкретной продукции, группы однородных конкретных услуг, группы однородных конкретных производственных процессов.

Аспект стандартизации — направление стандартизации выбранного объекта стандартизации, характеризующее определенное свойство (или группу свойств) данного объекта.

Так, аспектами стандартизации конкретной продукции или группы однородной конкретной продукции являются:

— термины и определения;

— условные обозначения и сокращения;

— классификация, требования к главным параметрам и (или) размерам (показатели целевого или функционального назначения);

— требования к основным показателям уровня качества (полезности);

— требования к основным показателям уровня экономичности;

— требования к комплектности продукции;

— требования к методам и средствам хранения и транспортировки;

— требования к методам и средствам восстановления (ремонта);

— требования безопасности продукции для жизни, здоровья и имущества при ее производстве, обращении и потреблении;

— требования охраны окружающей природной среды (требования к экологичности опасным свойствам продукции при ее производстве, обращении и потреблении);

— требования к правилам и средствам приемки продукции;

— требования к методам, методикам и средствам контроля (испытаний, измерений, анализа) показателей уровня качества продукции;

— требования к маркировки продукции;

— требования к упаковке продукции, транспортной и потребительской таре;

— требования и условия технически эффективного и безопасного потребления (эксплуатации или использование) продукции по ее целевому (или функциональному) назначению;

— требования и условия технически эффективной и безопасной утилизации (или захоронения или уничтожения);

ГСС РФ должна обеспечить решение ряда задач. Главными из них являются:

— более полное использование возможностей стандартизации в проведении социальной политики, защите интересов общества и отдельных граждан в области безопасности продукции для жизни и здоровья населения, охраны окружающей среды;

— повышение эффективности стандартизации в обеспечении совместимости, взаимозаменяемости и повышение качества продукции, экономии трудовых и материальных ресурсов;

— обеспечение конкурентоспособности отечественной продукции на мировом рынке, устранении технических барьеров во внешней торговле;

— обеспечение соответствия основных положений и принципов построения государственной системы стандартизации международным требованиям для перехода к широкому применению в народном хозяйстве международных, региональных стандартов и национальных стандартов зарубежных стран.

Нормативный документ по стандартизации — это документ, содержащий правила, общие принципы, характеристики, касающиеся объектов стандартизации, определенных видов деятельности или из результатов, и доступный широкому кругу пользователей.

К нормативным документам по стандартизации в России относятся стандарты, технические результаты, общероссийские классификаторы технико-экономической информации (ОКТЭИ), а также правила по стандартизации.

Стандарт — нормативный документ по стандартизации, разработанный на основе согласия заинтересованных сторон, принятый (утвержденный), признанным органом (предприятием). Стандарты основываются на обобщенных результатах достижения науки, техники и практического опыта, цель их применения — получение оптимальной пользы для общества.

Государственный стандарт РФ (ГОСТ Р) — стандарт, принятый Государственным комитетом РФ по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт России) или Государственным комитетом РФ по жилищной и строительной политике (Госстрой России). Разрабатывается на конкретную продукцию (или группы конкретной продукции), конкретные производственные процессы или их элементы (или группы процессов или их элементов), имеющие преимущественно общенародное хозяйственное значение (применение).

Технический регламент — документ, который устанавливает характеристики продукции или связанные с ней процессы и методы производства. Он может также включать требования к терминологии, символам, упаковке, маркировке или этикетированию продукции. Соблюдение технического регламента обязательно (в соответствии с Соглашением техническим барьером в торговле, принятым в рамках Всероссийской торговой организации — ВТО).

В качестве технических регламентов в России рассматриваются: техническое законодательство РФ; указы Президента РФ и постановления Правительства, содержащее требования технического характера; стандарты, содержащие требования, а также технические нормы и правила специальных государственных контрольно-надзорных органов (СНиП, САНПиН и др.)

Общероссийские классификаторы технико-экономической инфраструктуры (ОКТЭИ) — систематизированные своды классификационных группировок определенных объектов классификации, содержащие их условные цифровые коды и наименования. Разрабатываются на продукцию, услуги, производственные процессы и их элементы, имеющие общенародное хозяйственное значение (применение).

В России это, например:

– Общероссийский классификатор продукции (ОКП);

– Общероссийский классификатор видов экономической деятельности, продукции и услуг (ОКДП);

– Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности (ТНВЭД);

– Общероссийский классификатор стандартов (ОКС).

Стандарт отрасли (ОСТ) — стандарт, принятый государственным органом управления в пределах его компенсации. Разрабатывается на конкретную продукцию (группы), конкретные услуги (группы), конкретные производственные про-

цессы или их элементы, имеющих преимущественно внутриотраслевое значение (применение).

Стандарт предприятия (СТП) — стандарт, утвержденный самим предприятием (объединением), имеющий применение в основном на самом предприятии.

Стандарт научно-технического, инженерного общества (СТО) — стандарт, принятый научно-техническим, инженерным обществом или другим общественным объединением. Особенностью этой категории стандартов является рекомендуемым (не обязательными для применения).

Правила по стандартизации (ПР) — нормативный документ по стандартизации, принятый Госстандартом России и содержащий, во-первых, типовые организационно-технические и (или) общественные правила, общие принципы, характеристики, нормы, соблюдение которых являются обязательны при выполнении производственных процессов определенного вида в сфере стандартизации, метрологии, сертификации и аккредитизации, а во-вторых, обязательные требования к оформлению результатов этих работ. Правила по стандартизации никогда не разрабатываются на собственную продукцию и услуги, а только в следующих случаях:

— при необходимости детализации обязательных требований соответствующих основополагающих организационно-технических и (или) общетехнических стандартов (ГОСТ Р);

— при отсутствии таких стандартов (для более оперативного урегулирования определенных организационно-технических и (или) общетехнических отношений);

— при нецелесообразности разработки и принятия в обоснованных случаях соответствующих организационно-технических и (или) общетехнических стандартов.

Правила по стандартизации принимают Госстандартом России и Госстрой России. Если они прошли регистрацию в Министерстве юстиции России, то требование, содержащиеся в них, являются обязательным.

Рекомендации по стандартизации (Р) разрабатываются на конкретные производственные процессы и их элементы, связанные с решением задач организации, координации и осуществления работ по стандартизации, метрологии и сертификации. Рекомендации по стандартизации принимают Госстандартом, Госстрой, а также подчиненные им всероссийским НИИ. Положения, содержащиеся в рекомендациях, являются добровольными.

Международный стандарт (МС) — стандарт, принятый международной (мировой) организацией по стандартизации. Таковыми являются неправительственные организации ИСО (ISO) и МЭК (IEC), поэтому статус стандартов, принятый для применения в странах — членах ИСО и МЭК, добровольный.

Международный (региональный) стандарт — стандарт, принятый международной региональной организацией. Так, существуют европейские стандарты CEN, CENELEC и ETSI, которые принимаются межправительственными европей-

скими организациями: Европейским комитетом по стандартам (CEN), Европейским комитетом электротехнической стандартизации (CENELEC) и Европейским институтом телекоммуникационных стандартов (ENSI). В соответствии с директивами ЕС статус указанных стандартов для их применения в странах-членах УЭС обязательным.

Межгосударственный стандарт (ГОСТ) — стандарт, принятый национальным органом по стандартизации. Таковыми являются, например, государственные стандарты РФ (ГОСТ Р), Украины (ДСУ), Германии (DIN).

Гармонизированный стандарт — национальный стандарт, требования которого технически идентичны, т.е. тождественны или выше, но не противоречат требованиям к конкурентному объекту стандартизации, установленным в соответствующем международном стандарте или в региональном стандарте, или в прогрессивном национальном стандарте зарубежной страны, с которым гармонизируется данный национальный стандарт.

Комплекс стандартов — это совокупность взаимосвязанных государственных и (или) международных стандартов, объединенных общей целевой направленностью и устанавливающих согласованные, преимущественно основополагающие организационно-технические и (или) общетехнические требования к взаимосвязанным объектам стандартизации.

В России и странах-членах СНГ применяются, например, следующие комплексы государственных и межгосударственных стандартов:

1. ГСС РФ;
2. ЕСКД;
3. ЕСТД;
4. ГСИ; ЕСТПП и др.

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) — эта система устанавливает для всех предприятий и организаций страны порядок проектирования, единые правила выполнения и оформления чертежей и ведения чертежного хозяйства. Используя ЕСКД, можно применять ЭВМ для проектирования и обработки технической документации. Весь комплекс утвержденных стандартов ЕСКД включает свыше 200 стандартов.

Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) включает комплекс стандартов, устанавливающих современные методы и средства организации управления и решения задач технологической подготовки производства и решает следующие задачи: технологический анализ изделия; организационно-технологический анализ производства; планирование, учет и управление технологической подготовкой производства; разработка комплекса технологических процессов; построение системы контроля качества; проектирование и изготовление средств производства; разработка нормативной базы производства; отсадка технологических процессов, оборудования и оснастки.

Единая система технологической документации представляет собой комплекс государственных стандартов, устанавливающих: формы документации об-

щего назначения (маршрутная карта технологического процесса, сводная подетально-технологическая спецификация, карта эскизов, схем и наладок и др.); правила оформления технологических процессов и формы документации для процессов литья, раскроя и нарезания заготовок; механической и термической обработки, сварочных работ, процессов, специфичных для отраслей радиотехники, электроники и др.

5. НАУЧНАЯ БАЗА СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Многообразие типов, параметров и размеров изделий регламентируется параметрическими стандартами. Тем самым предотвращается возможность производства неоправданно большой номенклатуры изделий в той или иной отрасли промышленности, создаются благоприятные условия для широкой унификации деталей и узлов, для развития предметной и подетальной специализации и для облегчения эксплуатации и ремонта изделий, в частности, проще решается проблема запасных частей.

Сущность параметрической стандартизации состоит в том, что параметры и размеры серийно выпускаемых изделий устанавливаются не произвольно, а в соответствии с рядами предпочтительных чисел, т.е. таких чисел, которым предписывается отдать предпочтение по сравнению со всеми другими. примеры использования предпочтительных чисел встречаются повсюду: размеры одежды и обуви, диметра болтов и отверстий гаек, номинальные значения массы гирь, мощности электрических машин и т.д.

Предпочтительным числом свойственны определенные математические закономерности. Так, наипростейшие ряды предпочтительных чисел строятся на основе арифметической прогрессии, т.е. такой последовательности чисел, в которой разность между последующим и предыдущем членами (разность прогрессии) остается постоянной. Например,

1—2—3—4—5—6—7 d=1

1—0,9—0,8—0,7—0,6—0,5 d=0,1

Ряды предпочтительных чисел, основанные на арифметической прогрессии, используются в параметрических стандартах сравнительно редко, например, стандарты на диаметры подшипников качения, стандарты на размер обуви и др. Достоинством рядов предпочтительных чисел, базирующихся на арифметической прогрессии, является их простота, недостатком — относительная неравномерность.

Для преодоления этого недостатка используют ступенчато-арифметические прогрессии (в 1717 Петр I установил калибры ядер 4, 6, 8, 12, 18, 24, 36). В настоящее время они находят применение в стандартах на диаметры резьб, размеры болтов, винтов, шпилек и др. деталей машин.

С древнейших времен для построения рядов предпочтительных чисел использовалась геометрическая прогрессия, т.е. такая последовательность чисел, в

которой отношение последующего к предыдущему члену (знаменатель прогрессии) остается постоянным.

Ряды предпочтительных чисел должны удовлетворять следующим требованиям:

1) представлять рациональную систему градаций, отвечающую потребностям производства и эксплуатации;

2) быть бесконечными как в сторону малых, так и в сторону больших значений, т.е. допускать неограниченное развитие параметров или размеров в направлении их увеличения или уменьшения;

3) включать все десятикратные значения любого члена ряда и единицу;

4) быть простым и легко запоминающимся.

Специальные исследования показали, что всем этим требованиям наилучшим образом удовлетворяют геометрические прогрессии с десятикратным увеличением каждого n-го члена. Знаменатель ряда $q = \sqrt[n]{10}$.

ГОСТ 3032—84 устанавливает четыре основных ряда предпочтительных чисел и два дополнительных (R80 и R160), применение которых допускается только в отдельных, технически обоснованных случаях.

R5 $q = \sqrt[5]{10} \approx 1{,}5849 \approx 1{,}6$ (1; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10)

R10 $q = \sqrt[10]{10} \approx 1{,}2589 \approx 1{,}25$ (1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10)

R20 $q = \sqrt[20]{10} \approx 1{,}12$ (1; 1,12; 1,25; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,24; 2,5; 2,8; 3,15; 3,55; 4; 4,5; 5; 5,6; 6,3; 7,1; 8; 9; 10)

R40 $q = \sqrt[40]{10} \approx 1{,}0593 \approx 1{,}06$ (1; 1,06; 1,12; 1,18; 1,25; 1,32; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0; 2,12; 2,24; 2,36; 2,5; 2,65; 2,8; 3; 3,15; 3,35; 3,55; 3,75; ……..)

R80 $q = \sqrt[80]{10} \approx 1{,}03$

R160 $q = \sqrt[160]{10} \approx 1{,}02$

В стандартизации используются также производные ряды. Они применяются в тех случаях, когда из градаций основных рядов не удовлетворяет поставленным требованиям. Производные ряды образуются из основных (или дополнительного) путем отбора каждого второго, третьего или, в общем случае, n-го члена ряда. В обозначение производного ряда после наклонной черты указывается порядковый номер систематически отбираемого из ряда члена. например, R40/5 — производный ряд, полученный путем отбора каждого пятого члена основного ряда R40.

В стандартах при необходимости допускается использовать ступенчатые ряды, построенные по разным геометрическим прогрессиям (из числа входящих в ГОСТ 8032— 84). Например, 1,0—1,6—2,5—4,0—6,3—8,0—10,0. Этот ступенчатый ряд составлен из двух рядов: R5 (1,0…10,0), имеющим q=1,25.

В радиотехнике часто применяют предпочтительные числа, построенные по рядам Е, установленным Международной электротехнической комиссией (МЭК)

Ряд E3 с $q = \sqrt[3]{10} \approx 2{,}2$; ряд E6 с $q = \sqrt[6]{10} \approx 1{,}5$

Ряд E12 с $q = \sqrt[12]{10} \approx 1{,}2$; ряд E24 с $q = \sqrt[24]{10} \approx 1{,}1$

6. МЕТОДЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Методами стандартизации являются унификации, агрегатирование и типизация, обеспечивающие взаимозаменяемость и специализацию на разных уровнях.

Унификация (от лат. unio — единство и facere — делать) — один из важнейших методов стандартизации, заключающийся в рациональном сокращении видов, типов и размеров изделий одинакового функционального назначения, а также узлов и деталей, входящих в изделие с целью создания ограниченного числа взаимозаменяемых узлов и деталей, позволяющих собирать новые изделия с добавлением определенного количества оригинальных элементов. Чем больше унифицированных узлов и деталей в машине, тем короче сроки проектирования и изготовления, т.к. сокращается количество чертежей, вновь разрабатываемых технологических процессов, проектируемой оснастки. Унификация позволяет снизить стоимость производства новых изделий, повысить серийность, снизить трудоемкость производства новых изделий, повысить серийность, снизить трудоемкость изготовления, организовать специализированность производства.

Унификация должна завершаться стандартизацией унифицированных изделий. Различаются следующие виды унификаций: типоразмерная, внутритиповая и межтиповая.

Типоразмерная унификация осуществляется в изделиях одинакового функционального назначения, отличающихся друг от друга числовым значением главного параметра.

Внутритиповая унификация осуществляется в изделиях одного и того же функционального назначения, имеющих одинаковое числовое значение главного параметра, но отличающихся конструктивным исполнением составных частей.

Межтиповая унификация осуществляется в изделиях различного типа и различного конструктивного исполнения (например, унификация продольно-фрезерных, строгальных, шлифовальных станков между собой). Это позволило применить для указанных станков 45 % унифицированных узлов (стойки, станины, поперечены и др.). Работа по унификации проводится в определенной последовательности. В первую очередь необходимо определить направление, вид и уровень унификации, затем произвести сбор и анализ чертежей унифицированных изделий, классифицировать чертежи в соответствии с составленной задачей. Дальне либо разрабатывается новая конструкция, либо выбирается одна из существующих в качестве унифицированной конструкции, которая сможет заменить все ранее принявшиеся. Затем устанавливается оптимальное количество типоразмеров.

Агрегатирование — это метод создания и эксплуатации машин, приборов и оборудования из отдельных стандартных. Унифицированных узлов, многократно

используемых при создании различных изделий на основе геометрической и функциональной взаимозаменяемости.

Агрегатирование обеспечивает расширение области применения машин путем замены их отдельных узлов и блоков, возможность компоновки машин, приборов, оборудования разного функционального назначения из отдельных узлов, изготавливаемых на специализированных предприятиях, создания универсальных приспособлений при разработке технологической оснастки и т.д.

Агрегатирование позволяет также увеличить номенклатуру выпускаемых машин и оборудования за счет модификации их основных типов и создания различных исполнений.

Агрегатированное оборудование обладает конструктивной обратимостью, что дает возможность многократного применения стандартных агрегатов и узлов в новых компоновках при изменении конструкций объекта производства и при необходимости быстрой переналадки производства на выпуск новых видов продукции в гибких производственных системах.

Типизация — метод стандартизации, заключающийся в установлении типовых объектов для данной совокупности, принимаемых за основу (базу) при создании других объектов, близких по функциональному назначению. Этот метод иногда называют методом «базовых конструкций», так как в процессе типизации выбирается объект, наиболее характерный для данной совокупности, с оптимальными свойствами, а при получении конкретного объекта — изделия или технологического процесса выбранный объект (типовой) может претерпевать лишь некоторые частичные изменения или доработки. Эффективность типизации обусловлена использованием проверенного решения при разработке нового изделия, ускорением и снижением стоимости подготовки производства изделий, создаваемых на одной базе, облегчением условий эксплуатации типовых (базовых) изделий и их модификаций. Типизация завершается стандартизацией разработанных типовых объектов.

Типизация как эффективный метод стандартизации развивается в трех направлениях: стандартизация типовых технологических процессов, стандартизация типовых изделий общего назначения, создание нормативно-технических документов, устанавливающих порядок проведения каких-либо работ, расчетов, испытаний и т.п.

Типизация технологических процессов базируется на классификации деталей и узлов и установлении типовых представителей, обладающих наибольшим количеством признаков. Характерных для деталей или узлов данного типа.

Первым этапом типизации и последующей стандартизации технологических процессов является классификация объектов основного и вспомогательного производства, технологических операций и средств технологического оснащения (оборудования, приспособлений, режущего измерительного инструмента). Она ведется на базе «Технологического классификатора деталей машиностроения и приборостроения», в соответствии, с которым детали группируют по признакам,

определяющим общность технологического процесса их изготовления. Технологическое подобие деталей определяется совокупностью конструктивных признаков, главным из которых является геометрическая форма, а также технологическими характеристиками деталей. Технологический код деталей, сформулированный в соответствии с «Технологическим классификатором», служит для подбора деталей по технологическому подобию в группы, оптимальные по числу подобных деталей. Такое группирование является обязательным условием типизации технологических процессов и способствует внедрению группового метода обработки.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ И УНИФИКАЦИИ ИЗДЕЛИЙ

Под уровнем стандартизации и унификации изделий понимают насыщенность их соответственно стандартными и унифицированными составными частями. Уровень стандартизации и унификации характеризуется коэффициентом применяемости, % по типоразмерам деталей

$$K_{\text{пр}}^{\text{т}} = \frac{n - n_0}{n} \cdot 100\ \%,$$

где n — общее число типоразмеров деталей в изделии; n_0 — число типоразмеров оригинальных деталей, разработанных впервые для данного изделия.

При расчете данного коэффициента крепежные детали, детали соединения трубопроводов, шпонка, прокладка, лампочки и другие подобные детали не учитывают.

8. ОРГАНЫ И СЛУЖБЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Структура органов и служб стандартизации должна обеспечивать возможность активного участия в работах по стандартизации всех звеньев народного хозяйства, включая заказчиков, общественные организации потребителей, научно-технические и инженерные общества.

Систему органов служб стандартизации в РФ образуют следующие структуры:

1) Государственный комитет РФ по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт России), подчиненный Правительству РФ;

2) Управление технического нормирования, стандартизации и сертификации в центральном аппарате Государственного комитета РФ по жилищной и строительной политике (Госстрой России), подчиненного Правительству РФ;

3) Группы специалистов по стандартизации в центральных аппаратах государственных органов управления (в федеральных министерствах и ведомствах РФ), подчиненных Правительству РФ;

4) Технические комитеты (ТК) по стандартизации, создаваемые заинтересованными сторонами (предприятиями и организациями) на добровольной основе;

5) подразделения (службы) стандартизации, создаваемые самими субъектами хозяйственной деятельности (предприятиями и организациями).

Важную роль в системе органов и служб стандартизации РФ играют четыре всероссийских научно-исследовательских института по стандартизации (ВНИИстандарт, ВНИИНМАШ, ВИИИЦСМВ, ВНИИКИ) Госстандарта России, а также центры стандартизации и метрологии (ЦСМ) Госстандарта России.

Госстандарт России формирует и организует государственную политику в области стандартизации, осуществляет контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов, участвует в работах по международной, региональной стандартизации, организует профессиональную подготовку и переподготовку кадров в области стандартизации, а также устанавливает правила применения международных и региональных стандартов, правил, норм и рекомендаций по стандартизации на территории РФ, если иное не установлено международными договорами (или соглашениями) РФ.

Госсторой России в соответствии с Законом РФ «О стандартизации» 1993 г. и Положением о Госстрое России, утвержденном Правительством РФ, организует и осуществляет работы по стандартизации в области строительства (строительное сырье, строительные материалы и изделия), в том числе принимает государственные стандарты РФ в области строительства, а также строительные нормы и правила.

Технические комитеты (ТК) по стандартизации создаются для организации и осуществления работ по стандартизации определенных видов продукции, технологии или видов деятельности, а также проведения по указанным объектам работ по международной и региональной стандартизации.

К работе в ТК привлекаются на добровольной основе полномочные представители всех заинтересованных сторон: предприятий и организаций, заказчиков (потребителей), исследователей и разработчиков, изготовителей продукции, органов и организаций по стандартизации, метрологии, аккредитации, сертификации и лицензирования, общественных организаций потребителей, научно-технических и инженерных обществ. К работе в ТК привлекаются ведущие ученые и специалисты.

ТК по стандартизации создаются на базе предприятий (организаий), специализирующихся по определенным видам продукции и технологии и обладающих в данной области наиболее высоким научно-техническим потенциалом, в том числе на базе организаций Госстандарта и Госстроя РФ.

ВНИИстандарт Госстандарт РФ является головным НИИ по широкой проблематике отечественной, межгосударственной и международной стандартиза-

ции, ведет дела национальных секретариатов ИСО и МЭК, а также обеспечивает проведение экспертизы проектов государственных и межгосударственных стандартов перед их применением по закрепленной за ним предметным областям.

ВНИИНАШ Госстандарт России является ведущим НИИ России по проблематике отечественной, межгосударственной и международной стандартизации в закрепленных за ним машино- и приборостроении.

ВНИИЦСМВ Госстандарт России является ведущим НИИ России центром по проблематике отечественной, межгосударственной и международной стандартизации материалов и веществ.

ВНИИКИ Госстандарт России является ведущим НИИ России по проблематике классификации и кодировании технико-экономической информации, а также по проблематике информационного обеспечения деятельности по стандартизации, метрологии, оценки и подтверждении соответствия продукции, услуг и производственных процессов (производств) обязательным требованием технических регламентов, государственной и межгосударственной стандартов.

ЦСМ Госстандарта России является территориальными органами Госстандарта России и на закрепленных за ними территориях субъектов РФ реализуют все направления общей технической политики Госстандарта РФ (по линии стандартизации, метрологии, аккредитации, сертификации, лицензирования), а также государственного контроля и надзора за соблюдением обязательных требований технических регламентов, государственных и межгосударственных стандартов.

9. ВИДЫ СТАНДАРТОВ

В зависимости от вида конкретного объекта стандартизации, а также от содержания устанавливаемых к нему требований (аспекта стандартизации) в РФ разрабатывают и применяют стандарты трех основных видов:

1) на конкретные производственные процессы или работы (или группы однородных конкретных производственных процессов или работ) и (или) стандарты на их отдельные элементы, в том числе стандарты на методы контроля;

2) на конкретную продукцию определенного вида (группу) и (или) стандарты на ее отдельные элементы;

3) на конкретную услугу определенного вида (группу) и (или) стандарты на ее отдельные элементы.

Наиболее комплексные стандарты на продукцию в России получили следующие наименования: стандарты технических условий (СТТУ), стандарты общих технических условий (СТ ОТУ), стандарты технических требований (СТ ОТТ), которые включают, как правило, большинство аспектов стандартизации продукции.

10. СОСТАВ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В РФ

В соответствии с Законом РФ «О стандартизации» 1993 г., Федеральным Законом «Об энергосбережении» 1996 г., рядом других законов РФ для государственных стандартов РФ (ГОСТ Р), а также межгосударственных стандартов (ГОСТ), применяемых на территории РФ, во всех случаях обязательными являются следующие требования:

— для обеспечения безопасности продукции, услуг и работ (производственных процессов) для жизни, здоровья и имущества;

— к продукции, услугам и работам (производственным процессам), устанавливаемых с целью охраны окружающей природной среды;

— к продукции и работам (производственным процессам), устанавливаемые для обеспечения всех видов совместимости и взаимозаменяемости продукции;

— к продукции, услугам и работам (производственным процессам), устанавливаемые для обеспечения единства методов (способов) и методик контроля (испытаний, измерений, анализа) за соблюдением обязательных требований к этим объектам;

— к продукции с целью обеспечения единства ее маркировки для потребителей;

— к продукции, услугам и работам (производственным процессам), устанавливаемые для обеспечения их экономичности при производстве, обращении (хранении и транспортировки) и потреблении (эксплуатации или использовании), оказании услуг, выполнении работ (при функционировании производственных процессов);

— иные, установленные.

Перечисленные выше виды требований, устанавливаемых в ГОСТ Р и ГОСТ, является императивно-обязательными для их соблюдения как субъектами хозяйственной деятельности (любых форм собственности на средства производства), так и государственными органами управления, а также местными (муниципальными) органами власти.

К добровольным в современных хозяйственно-правовых условиях России относятся требования стандартов, характеризующие потребительные и иные свойства продукции и услуг, не отнесенные к изложенным выше обязательным требованиям стандартов. Необходимость выполнения добровольных требований стандартов изготовитель (поставщик) и потребитель (заказчик, покупатель) определяют самостоятельно при заключении договоров (контрактов) на разработку и поставку продукции (оказание услуг, проведение работ). Таким образом, добровольные требования стандартов становятся обязательными для поставщика (разработчика, изготовителя) и потребителя (заказчика и покупателя) при ссылке на них в договоре (контракте).

11. государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов

Государственный контроль и надзор за соблюдением субъектами хозяйственной деятельности обязательных требований государственных стандартов осуществляется на всех стадиях жизни продукции, а также при выполнении работ и оказании услуг.

Органами, осуществляющими государственный контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов, является Госстадарт России, иные специально уполномоченные государственные органы управления в пределах их компетенции.

Непосредственное осуществление государственного контроля и надзора за соблюдением обязательных требований государственных стандартов от имени Госстандарта России проводится его должностными лицами:

— главным государственным инспектором РФ по надзору за государственными стандартами;

— главными государственными инспекторами республик в составе РФ, краев, областей, автономных областей, автономных округов, городов по надзору за государственными стандартами;

— государственными инспекторами по надзору за государственными стандартами.

Государственный инспектор имеет право:

— свободного доступа в служебные и производственные помещения субъекта хозяйственной деятельности;

— получать от субъекта хозяйственной деятельности документы и сведения, необходимы для проведения государственного контроля и надзора;

— проводить в соответствии с действующими нормативными документами по стандартизации отбор проб и образцов продукции и услуг для контроля их соответствия обязательным требованиям государственных стандартов с отнесением стоимости израсходованных образцов и затрат на проведение испытаний (анализов, измерений) на издержки производства проверяемых субъектов хозяйственной деятельности;

— выдавать предписания об устранении выявленных нарушений обязательных требований государственных стандартов;

— выдавать предписания о запрете или приостановке реализации (поставки, продаже), использования (эксплуатации) проверенной продукции;

— запрещать реализацию продукции, выполнение работ и оказание услуг в случае уклонения субъекта хозяйственной деятельности от предъявления продукции, работ и услуг для проверки.

Главный государственный инспектор РФ и главные государственные инспектора республик и другие имеют также право:

— принимать постановление о применение к субъектам хозяйственной деятельности штрафов за нарушение обязательных требований государственных стандартов;

— запрещать реализацию импортной продукции и оказание импортных услуг, не соответствующих обязательным требованиям государственных стандартов и не прошедших государственную регистрацию в соответствии с законодательством РФ.

За нарушение предписаний государственных инспекторов о запрете или приостановке реализации (поставки, продажи) продукции, выполнения работ и оказания услуг субъекта хозяйственной деятельности уплачивают штраф в размере стоимости реализованной продукции, выполненных работ и оказанных услуг или в размере до 10 миллионов рублей, в случае если стоимость реализованной продукции, выполненных работ и оказанных услуг определить невозможно или необходимая отчетная документация не представлена.

Государственные инспектора в случае невыполнения выданных ими предписаний и постановлений субстанции хозяйственной деятельности, направляют необходимые материалы в арбитражный суд, органы прокуратуры или суд для принятия мер, установленных законодательством РФ.

Согласно Закону РФ «О стандартизации» ответственность за нарушение его положений несут юридические и физические лица, органы государственного управления. В соответствии с действующим в РФ законодательством ответственность носит уголовный, административный, либо гражданско-правовой характер. Нарушения выявляются службами государственного контроля и надзора за соблюдением субъектами хозяйственной деятельности обязательных требований государственных стандартов.

Нарушение должностными лицами или гражданами, которые зарегистрированы как индивидуальные предприниматели, обязательных требований государственных стандартов при реализации, эксплуатации, транспортировке и хранении продукции влечет наложение штрафа, в размере от 5 до 100 минимальных размеров оплаты труда. Такое же наказание определено за уклонение юридических и физических лиц от предъявления продукции, а также сведений о ней и соответствующей документации органам государственного надзора (Кодекс РФ об административных правонарушениях, ст. 170).

В 1 января 1997 г. специальная уголовная ответственность установлена за обмен потребителей в отношении качества товара, установленного договором (в сферах торговли товарами и предоставления услуг), а также за производство и реализацию товаров и услуг, не отвечающих требования безопасности. Уголовная ответственность за нарушение требований стандартов по продукции производственного назначения не предусмотрена, а административная ответственность установлена за несоблюдение обязательных требований при ее продаже (поставке), использовании, транспортировке и хранении. Гражданско-правовая ответствен-

ность за нарушение требований к качеству определяется на основе положений гражданского законодательства.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТАНДАРТИЗАЦИИ

При планировании всех видов работ по стандартизации, таких как разработка новых стандартов, пересмотр или внесение изменений в действующие стандарты, а также гармонизация отечественных стандартов с региональными и международными, необходимо определять их ожидаемую эффективность.

Под эффективностью работ по стандартизации понимают соотношение общественного эффекта от применения результатов работ по стандартизации в народном хозяйстве государства и затрат, связанных с их разработкой.

Определение эффективности работ по стандартизации осуществляется в целях:

— обоснования целесообразности включения конкретных работ по стандартизации в программы и планы государственной и межгосударственной стандартизации;

— выбора наиболее рациональных (оптимальных) вариантов требований, включаемых в стандарты;

— оценки результативности деятельности в области стандартизации.

Эффективность работ по стандартизации характеризуется: получением экономических, технических и социальных результатов. Определение экономической эффективности стандартизации рекомендуется осуществлять при разработке следующих стандартов: на продукцию (услуги), на работы (процессы), на методы контроля (испытаний, измерений и т.д.).

Определение технической и (или) социальной эффективности стандартизации рекомендуется проводить при разработке основополагающих (организационно-технических и общетехнических) стандартов. Техническая эффективность работ по стандартизации может выражаться в абсолютных и относительных показателях (на единицу стандартизированной продукции), получаемых в результате применения стандарта (например, снижение вредных воздействий и выбросов, снижение материально- или энергоемкости производства или эксплуатации, повышение ресурса и др.).

Информационная эффективность работ по стандартизации сказывается в достижении (обеспечении) необходимого для общества взаимопонимания, единства представления и восприятия информации (стандарты на термины и определения, программно-математического обеспечения и т.п.), в том числе в договорно-правовых отношениях субъектов хозяйственной деятельности друг с другом и с органами государственного управления, в международных научно-технических и торгово-экономических отношениях.

Социальная эффективность работ по стандартизации заключается в том, что обязательные требования к продукции, процессам и услугам, приводимые в стандартах, должны соответствовать требованиям здравоохранения, санитарии и ги-

гиены, охраны окружающей среды и безопасности граждан при производстве, обращении, использовании (эксплуатации) продукции (услуг).

Определение эффективности работ по стандартизации осуществляется на основе ряда предварительных данных, полученных в результате проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, научных прогнозов, нормативных документов, разработанных проектов стандартов. В тех случаях, когда отсутствуют количественные исходные данные для осуществления расчетов эффективности, обосновывающих целесообразности включения разработки конкретных стандартов в программы и планы, приводят словесные техническое и социальное обоснование.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Стандартизация, в соответствии со ст. 1 Закона «О стандартизации» — деятельность по установлении норм, правил и характеристик, проводится в целях (в том числе) обеспечения качества продукции, работ и услуг…

В соответствии же со ст. 6 п.3 «нормативные документы по стандартизации на продукцию и услуги, подлежащие в соответствии с законодательством обязательной сертификации, должны содержать требования, по которым осуществляется обязательная сертификация, методы контроля на соответствие этим требованиям».

Подтверждением качества является сертификат, выданный третьей стороной. Этот сертификат оформляется на основании положительных результатов испытаний на соответствие стандартизации, метрологии требованиям стандартов (в общем виде).

> Только совокупность деятельности всех трех видов — стандартизации, метрологии и оценки соответствия — может обеспечить решение задачи обеспечения надлежащего качества объектов. При этом необходимо учитывать, что в оценку соответствия входят не только сертификация, но и аккредитация (что определяет достоверность и испытаний, и сертификации, и контроля), и процедуры оценивания соответствия, и подтверждение соответствия.

Говоря о роли стандартизации, метрологии и оценки соответствия в обеспечении качества, надо понимать, что они являются составной частью комплексного подхода к системе качества как совокупности организационной структуры, методику, процессов и ресурсов, необходимых для осуществления общего руководства качеством. Таким образом, мы приходим к проблеме управления качеством, одной из категорий которой являются требования, в частности, производства, заключающаяся в необходимости соответствия стандартом, метрологического обеспечения, испытаний и сертификации. К функциям управления качеством относятся: стандартизация; сертификация продукции и систем качества; обеспече-

ние единства измерений; аккредитация испытательных и калибровочных лабораторий, органов по сертификации и др.

12. МЕЖДУНАРОДНАЯ СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Среди международных организаций, занимающихся вопросами стандартизации, наиболее крупной является Международная организация по стандартизации (ISO), созданная в 1946 г. В том же году был принят ее Устав, определивший неправительственный статус этой организации, структуру, функции руководящих и рабочих органов и методы работы. Сейчас в ИСО представлены 132 государства.

Целью ИСО является содействие стандартизации во всех областях науки, техники и экономики путем разработки международных стандартов, отвечающих достигнутому мировому уровню, научно-техническому прогрессу.

К руководящим органам относят Генеральная ассамблея, Совет комитета Совета, международный секретариат.

Органами Совета являются Техническое бюро. Комитет по оценке соответствия продукции стандартам, Комитет по вопросам потребления, Комитет развивающихся стран, Комитет по информации, Комитет по стандартным справочным данным и Комитет по принципам стандартизации.

Главным структурным подразделением Организации являются технические комитеты, подкомитеты и рабочие группы, которых насчитывается около 2800. Каждый технический Комитет ТК имеет свою сферу деятельности. Они подразделяются на общетехнические и на Комитеты, работающие в конкретных областях техники, например, ТК-10 «Технические чертежи», ТК-12 «Единицы измерения», ТК-29 «Инструменты», ТК-39 «Станки». Техническими Комитетами ИСО разработано свыше 14 тыс. международных стандартов.

Старейшей международной организацией по стандартизации является Международная электротехническая комиссия (IEC), созданная в 1906 г. Целью МЭК является содействие международному сотрудничеству по всем вопросам стандартизации в области электротехники, радиоэлектроники и связи.

Среди других международных организаций, которые занимаются разработкой международных стандартов можно назвать Международную организацию гражданской авиации (ИКАО), Международную организацию законодательной метрологии (МОЗМ), Международное агентство по атомной энергии (НАГАТЭ), Международный союз железных дорог и др.

Примером региональной организации. Является созданная в 1957 г. Европейская организация по контролю качества (ЕОКК). Она является своеобразным обеспечением высокого уровня качества выпускаемой продукции, обмена результатами исследований, национальными документами в этой области и выработки рекомендаций.

К региональным организациям по стандартизации относятся также Европейский комитет по стандартам (CEN), Европейский комитет электротехнической

стандартизации (CENELEC), Европейский институт телекоммуникационных стандартов (ETSI). В соответствии с директивами ЕС статус этих стандартов для их применения в станах-членах ЕЭС обязательный.

Страны мирового сообщества используют следующие основные варианты применения международных стандартов.

1-й вариант — путем непосредственного применения международного стандарта в практике хозяйствования страны – пользователя стандарта без какого-либо его официального аутентичного перевода на национальный официальный язык страны.

2-й вариант — путем официального аутентичного перевода международного стандарта на национальный официальный язык страны — пользователя этого стандарта и прямого включения его содержания в отечественный нормативный документ по стандартизации, причем без каких-либо дополнений и (или) ужесточении требований (или, напротив, с включением дополнений и (или) ужесточении требований).

3-й вариант — путем частичного использования содержания требований международного стандарта пользователями в данной стране в качестве одного из многих источников научно-технической информации, учитываемой при разработке аналогичного отечественного нормативного документа по стандартизации. Этот факт обычно не отражается в обозначении отечественного документа по стандартизации, а также в справочно-информационных приложениях к нему (библиография).

Сертификация

9. Основные цели и объекты сертификации.

Сертификация – это деятельность по подтверждению соответствия продукции, работ, услуг установленным требованиям.

Сертификация осуществляется в целях:

- создания условий для деятельности предприятий, предпринимателей, а также для участия в международном научно-техническом сотрудничестве и международной торговле;
- содействия потребителям в компетентном выборе продукции;
- защите потребителя от недобросовестности изготовителя;
- контроля безопасности продукции для окружающей среды, жизни и здоровья;
- подтверждения показателей качества продукции, заявленных изготовителем.

Объектами сертификации могут быть продукция производственно-технического назначения, товары народного потребления, услуги, оказываемые населением и производителям, системы качества и производства.

10. Продукция, методы оценки характеристик продукции и услуг.

В стандарте ГОСТ Р ИСО 9000-2001 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» термин «продукция» определяется как «результат процесса», а «процесс» - определяется как «совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, преобразующих входы и выходы».

Имеются четыре общие категории продукции:

- услуги (например, перевозки);
- программные средства (например, компьютерная программа, словарь);
- технические средства (например, узел двигателя);
- перерабатываемые материалы (например, смазка).

Многие виды продукции содержат элементы, относящиеся к различным общим категориям продукции. Например, поставляемая продукция «автомобиль» состоит из технических средств (например, шин), перерабатываемых материалов (горючее, охлаждающая жидкость), программных средств (программное управле-

ние двигателем, инструкция водителю) и услуг (разъяснения по эксплуатации, даваемые продавцом).

Услуга является результатом, по меньшей мере, одного действия, обязательно осуществлённого при взаимодействии поставщика и потребителя, она, как правило, нематериальна. Предоставление услуги может включат, к примеру, следующее:

- деятельность, осуществлённую на поставленной потребителем материальной продукции (например, автомобиль, нуждающийся в ремонте);
- деятельность, осуществлённую на поставленной потребителем нематериальной продукции (например, заявление о доходах, необходимое для определения размера налога);
- предоставление нематериальной продукции (например, информации в смысле передаче знаний);
- создание благоприятных условий для потребителей (например, гостиницах и ресторанах).

Программное средство содержит информацию и обычно является нематериальным, может также быть в форме подходов, операций или процедуры.

Техническое средство, как правило, является материальным и его количество выражается исчисляемой характеристикой. Перерабатываемые материалы обычно являются материальными и их количество выражается непрерывной характеристикой. Технические средства и перерабатываемые материалы часто называются и товарами.

Каждая категория продукции обладает отличительными свойствами, называемыми в стандарте характеристиками. Характеристика может быть собственной или присвоенной (например, цена продукции). Характеристика может быть качественной или количественной. Существуют различные классы характеристик, такие как:

- физические (например, механические, электрические, химические или биологические);
- органолептические (например, связанные с запахом, осязанием, вкусом, зрением, слухом);
- этические (например, вежливость, честность, правдивость);
- временные (например, пунктуальность, безотказность, доступность);

- эргономические (например, физиологические характеристики или связанные с безопасностью человека);
- функциональные (например, максимальная скорость самолёта).

Для оценки собственных характеристик продукции применяют следующие методы:

- органолептические, основанные на индивидуальной и субъективной оценках, использующий систему баллов;
- социологические, основанные на опросе потребителей по разработанной системе вопросов;
- экспертный, основанный на мнение экспертов, и учитывающих результаты, полученные другими методами;
- технический, основанный на результатах измерений значений параметров продукции, средствами измерений и технических расчётов.

11. Качество продукции и защита потребителеля.

Согласно стандарта ИСО серии 9000 качество определено как совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности.

В 1992 году был принят Закон РФ «О защите прав потребителей», а в 1993 году – Закон РФ «О сертификации продукции и услуг», в силу которого реализацию товаров, выполнение работ и оказание услуг без сертификата, подтверждающего их соответствие установленным требованиям, запрещается.

Объекты сертификации из числа товаров народного потребления, работ и услуг, оказываемых гражданам, определяются в порядке, установленном Федеральным законом «О защите прав потребителей» от 07.02.92 года № 2300-1 (в редакции от 09.01.96г.).

За нарушение правил сертификации товаров (услуг) изготовитель, исполнитель, продавец несут ответственность в соответствии со статьёй 41 Закона РФ «О защите прав потребителей». Схема взаимоотношений представлены на рисунке 1.

Рис. 1

4. <u>Международные стандарты ИСО серии 9000 на системы менеджмента качества.</u>

Возросшая с 80-х годах конкуренция привела к ужесточению требований, предъявляемых потребителем к качеству продукции. Для успешной деятельности организаций разрабатываются высокоэффективные системы менеджмента качества. Сегодня в мировой практике находят применение несколько систем менеджмента качества:

- система менеджмента качества продукции на основе требований стандарта QS 9000;
- система всеобщего менеджмента качества (TQM);
- системе менеджмента качества, соответствующая критериям национальных или региональных премий по качеству.

Начиная с 1987 года наибольшее распространение получили стандарты ИСО серии 9000 на системы менеджмента качества. На основе этих стандартов в настоящее время в РФ приняты ГОСТ Р ИСО 9000-2001 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь», ГОСТ Р ИСО 9001-2001 «Системы

менеджмента качества. Требования», ГОСТ Р ИСО 9004-2001 «Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности».

Согласно ГОСТ Р ИСО 9000-2001 менеджмент – это скоординированная деятельность по руководству и управлению организацией. Организация – это группа работников и необходимых средств с распределением ответственности, полномочий и взаимоотношений. Примеры: компания, корпорация, фирма, предприятие, учреждение, ассоциация, а также подразделения или комбинация из них.

Система – это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов. Система менеджмента организации может включать различные системы менеджмента, такие как система менеджмента качества, система менеджмента финансовой деятельности или система менеджмента охраны окружающей среды.

Система менеджмента качества – это система менеджмента для руководства и управления организацией применительно к качеству.

Качество – это степень соответствия присущих характеристик требованиям. Характеристика – это отличительное свойство. Характеристика качества – это присущая характеристика продукции, процесса или системы, вытекающая из требований. (Термин «присущий» в отличие от термина «присвоенный» означаем имеющиеся в чём-то. Прежде всего, это относится к постоянным характеристикам).

Требование – это потребность или ожидание, которое установлено, обычно предполагается или является обязательным. Установленным является такое требование, которое определено, например, в документе (запись, нормативная и техническая документация, чертежи, отчёт, стандарт).

Процесс – это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, преобразующая входы и выходы.

Для успешного руководства организацией и её функционирование необходимо направлять её и управлять систематически и прозрачным способом. Успех может быть достигнут в результате внедрения и поддержания в рабочем состоянии системы менеджмента качества, разработанной для постоянного улучшения деятельности с учётом потребностей всех заинтересованных сторон. Управление организацией включает менеджмент качества наряду с другими аспектами менеджмента.

Восемь принципов менеджмента качества были определены для того, чтобы высшее руководство могло руководствоваться ими с целью улучшения деятельности организации.

1) Ориентация на потребителя. Организации зависят от своих потребителей, и поэтому должны понимать их текущие и будущие потребности, выполнять их требования и стремиться превзойти их ожидания.

2) Лидерство руководителя. Руководители обеспечивают единство цели и направление деятельности организаций. Им следует создавать и поддерживать внутреннюю среду, в которой работники могут быть полностью вовлечены в решение задач организации.

3) Вовлечение работников. Работники всех уровней составляют основу организаций, и их полное вовлечение даёт возможность организации с выгодой использовать их способности.

4) Процессный подход. Желаемый результат достигается эффективнее, когда деятельностью и соответствующими ресурсами управляют как процессом.

5) Системный подход к менеджменту. Выявление, понимание и менеджмент взаимосвязанных процессов как системы содействуют результативности и эффективности организаций при достижении её целей.

6) Постоянное улучшение. Постоянное улучшение деятельности организации в целом следует рассматривать как её неизменную цель.

7) Принятие решений, основанное на фактах. Эффективные решения основываются на анализе данных и информации.

8) Взаимовыгодные отношения с поставщиками. Организация и её поставщики взаимозависимы, и отношение взаимной выгоды повышают способность обеих сторон создавать ценности.

5. Основные положения систем менеджмента качества (ГОСТ Р ИСО 9000-2001).

В любом случае приемлемость продукции, в конечном счете, устанавливает потребитель. Поскольку потребности и ожидания потребителе меняются, организации также испытывают давление, обусловленное конкуренцией и техническим прогрессом, они должны постоянно совершенствовать свою продукцию и свои процессы.

Система менеджмента качества даёт уверенность самой организации и потребителям в её способности поставлять продукцию, полностью соответствующую требованиям.

Требования к системам менеджмента качества установлены в ГОСТ Р ИСО 9001-2001. Они применимы к организациям в любых секторах промышленности или экономики независимо от категории продукции.

Требования к продукции могут быть установлены потребителями или организацией, исходя из предполагаемых запросов потребителей или требований регламентов. Требования к продукции и в ряде случаев к связанным с ней процессами могут содержаться, например, в технических условиях, стандартах на продукцию, стандартах на процессы, контактных соглашениях и регламентах.

Любая деятельность, в которой используются ресурсы для преобразования входов в выходы, может рассматриваться как процесс. Чтобы результативно функционировать, организации должны определять и управлять многочисленными взаимосвязанными и взаимодействующими процессами. Систематическая идентификация и менеджмент применяемых организацией процессов и прежде всего обеспечение их взаимодействия могут считаться «процессным подходом».

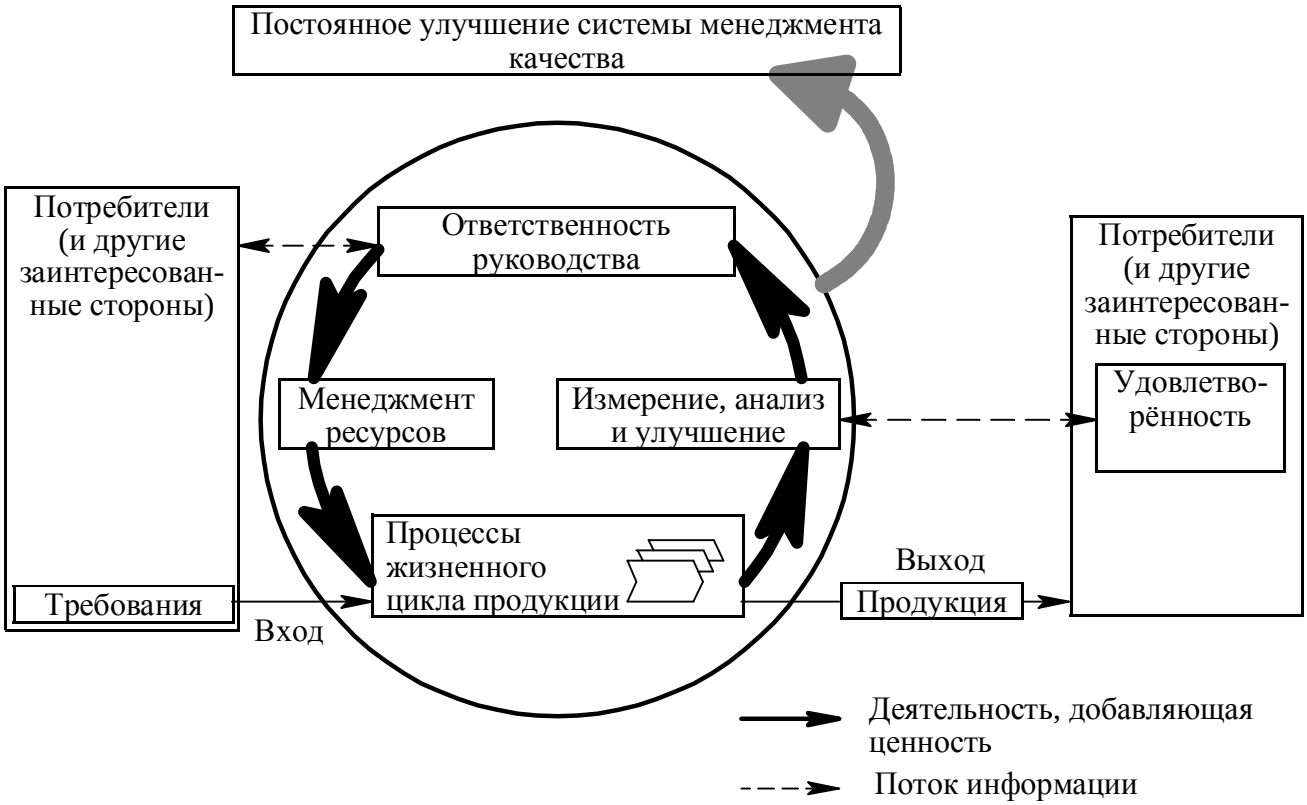


Рис.2 Модель системы менеджмента качества, основанной на процессном подходе.

Приведённая на рисунке модель иллюстрирует связи между процессами. Эта модель показывает, что заинтересованные стороны играют существенную роль при определении входных данных. Мониторинг удовлетворённости заинтересованных сторон требует оценки информации о восприятии заинтересованными сторонами выполнения их требований.

Политика и цели в области качества устанавливаются, чтобы служить ориентиром для организации (например, некоторые направления политики: достижение характеристик продукции, превышающих характеристики конкурентов; внедрение новых принципов в функциональные возможности продукции; увеличение сроков гарантии на продукцию и др.). Цели в области качества необходимо согласовывать с политикой и приверженностью к постоянному улучшению, а результаты должны быть измеримы.

С помощью лидерства и различных действий высшее руководство может создать обстановку, способствующую полному вовлечению работников и эффективной работе системы менеджмента качества. Принципы менеджмента качества могут использоваться высшим руководством как основа для выполнения своей роли:

1) разработке и поддержании политики и целей организации в области качества;

2) популяризация политики и целей в области качества во всей организации для повышения осознания, мотивации и вовлечение персонала;

3) обеспечении ориентации на требования потребителей во всей организации;

4) обеспечении внедрения соответствующих процессов, позволяющих выполнять требования потребителей и других заинтересованных сторон и достигать целей в области качества;

5) обеспечении разработки, внедрения и поддержания в рабочем состоянии эффективной системы менеджмента качества для достижения этих целей в области качества;

6) обеспечении необходимыми ресурсами;

7) проведении периодического анализа системы менеджмента качества;

8) принятии решений по мерам улучшения системы менеджмента качества.

Документация системы менеджмента качества должна включать:

1) документально оформленные заявления о политики и целях в области качества;

2) руководство по качеству;

3) документированные процедуры, требуемые настоящим стандартом;

4) документы, необходимые организации для обеспечения эффективного планирования, осуществления процессов и управления ими;

5) документы, содержащие объективные свидетельства выполненных действий или достигнутых результатов; к таким документам относятся записи.

При оценки систем менеджмента качества следует задавать четыре основных вопроса в отношении каждого оцениваемого процесса:

а) выявлен и определён ли соответствующим образом процесс?

б) распределена ли ответственность?

в) внедрены и поддерживаются ли в рабочем состоянии процедуры?

Оценка системы менеджмента качества может различаться по области применения и включать такие виды деятельности, как аудит (проверку) и анализ системы менеджмента качества, а также самооценка.

Целью постоянного улучшения системы менеджмента качества является увеличение возможности повышения удовлетворительности потребителей и других заинтересованных сторон. Действия по улучшению включают:

а) анализ и оценку существующего положения для определений областей для улучшения;

б) установление целей улучшения;

в) поиск возможных решений для достижений целей;

г) оценивание и выбор решений;

д) выполнение выбранных решений;

е) измерение, проверку, анализ и оценку результатов выполнения для установления того, достигнуты ли цели;

ж) оформление изменений.

Результаты анализируют с целью установления дальнейших возможностей для улучшения. Таким образом, улучшение является постоянным действием.

Использование статических методов может помочь в понимании изменчивости и, следовательно, может помочь организацией в решении проблем и повышении результативности и эффективности.

Статические методы могут помочь при изменении, описании, анализе и моделировании такой изменчивости даже при относительно ограниченном количестве данных. Статический анализ таких данных может понять лучше природу, масштаб и причины изменчивости, способствуя, таким образом, решению и даже предупреждению проблем, которые могут быть результатом такой изменчивости, а также постоянному улучшению.

Система менеджмента качества является частью системы менеджмента организации, которая направлена на достижение результатов, в соответствии с целями в области качества, чтобы удовлетворять потребности, ожидания и требования заинтересованных сторон. Цели в области качества дополняют другие цели организации, связанные с развитием, финансированием, рентабельностью, окружающей средой, охраной труда и безопасностью.

6. Основные цели и объекты сертификации.

Основополагающей структурой сертификации продукции, работ, услуг является система сертификации группы однородной продукции, включающей большие группы товаров (услуг), имеющих единое функциональное назначение, принципы работы, методы контроля и испытаний и т.д. Например, система сертификации пищевых продуктов, система сертификации бытовых услуг, система сертификации электротехнической продукции, транспортных средств и др.

В систему сертификации могут входить предприятия, учреждения и организации независимо от форм собственности, а также общественные объединения, т.е. участниками системы являются субъекты, признающие её права. Всего создано более 10 систем обязательной и более 50 добровольной сертификации продукции, услуг и других объектов.

Каждая система имеет собственные сертификаты соответствия и знаки соответствия.

Сертификат соответствия (сертификат) – документ, выданный по правилам системы сертификации для подтверждения соответствия сертифицированной продукции (услуг) установленным требованиям, т.е. сертификат соответствия –

документ, которым завершается процесс сертификации. Порядок и условия оформления, выдачи и регистрации сертификатов устанавливается в каждой системе сертификации.

Система и её знаки подлежат государственной регистрации в установленном порядке.

Одной из первых систем, введённой в 1992 году, является Система сертификации ГОСТ Р.

Среди вопросов, связанных с сертификацией, наибольшую значимость представляют схемы сертификации.

Схемы, применяемые при обязательной сертификации, определяются Госстандартом России и другими государственными органами управления. При этом учитываются особенности производства, испытаний, поставки и использования конкретной продукции, затраты заявителя и требуемый уровень доказательности сертификации; к последнему требованию относится факт использования в отечественной практике сертификации схем, применяемых в международной практике. Схему добровольной сертификации определяет заявитель и предлагает её органу по сертификации. Рекомендуемые схемы в системе ГОСТ Р даны в таблице 1.

Схемы сертификации 1-6 и 9а-10 применяются при сертификации продукции, серийно выпускаемой изготовителем в течение срока действия сертификата, схемы 7, 8, 9 – при сертификации уже выпущенной партии или единичного изделия.

Схемы 1-4 рекомендуется применять:

- схемы 1 – при ограниченном, заранее оговоренном объёме реализации продукции, которая будет поставляться в течение короткого промежутка времени отдельными партиями по мере их серийного производства (для импортной продукции – при ограниченном объёме выпуска);
- схему 2 – для импортной продукции при долгосрочных контактах или при постоянных поставках серийной продукции по отдельным контактам с выполнением инспекционного контроля на образцах продукции, отобранных из партии, завезённой в РФ;
- схему 3 – для продукции, стабильность серийного производства которой не вызывает сомнения;

Таблица 1

№	**Испытания аккредитованных испытательных лабораториях и др. способы доказательства соответствия**	**Проверка производства**	**Инспекционный контроль сертифицированной продукции (системы качества, производства)**
1	2	3	4
1	**Испытания типа***	-	-
1а	Испытания типа	Анализ состояния производства	-
2	Испытания типа	-	Испытания образцов, взятых у продавца
2а	Испытания типа	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца. Анализ состояния производства
3	Испытания типа	-	Испытания образцов, взятых у изготовителя
3а	Испытания типа	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у изготовителя. Анализ состояния производства
4	Испытания типа	-	Испытания образцов, взятых у изготовителя. Испытания образцов, взятых у продавцов
4а	Испытания типа	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавцов. Испытания образцов, взятых у изготовителя. Анализ состояния производства
5	Испытания типа	Сертификация производства или сертификация системы качества	Контроль сертифицированной системы качества (производства). Испытания образцов, взятых у продавца и (или) у изготовителя**
6	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Сертификация системы качества	Контроль сертифицированной системы качества
7	Испытания типа	-	-
8	**Испытания каждого образца**	-	-

9	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	-	-

1	2	3	4
9а	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Анализ состояния производства	-
10	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	-	Испытания образцов, взятых у изготовителя или у продавца
10а	Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у изготовителя или у продавца. Анализ состояния производства
* Испытания выпускаемой продукции на основе оценивания одного или нескольких образцов, являющихся её типовыми представителями. ** Необходимость и объём испытаний, место отбора образцов определяет орган по сертификации продукции.			

- схему 4 – при необходимости всестороннего и жёсткого инспекционного контроля продукции серийного производства.

Схемы 5 и 6 рекомендуется применять при сертификации продукции, для которой:

- реальный объём выборки для испытаний недостаточен для объективной оценки выпускаемой продукции;
- технологические процессы чувствительны к внешним факторам;
- установлены повышенные требования к стабильности характеристик выпускаемой продукции;
- характерна частая смена модификации продукции;
- продукция может быть испытана только после монтажа у потребителя.

Условием применения схемы 6 является наличие у изготовителя системы испытаний, включающей контроль всех характеристик на соответствие требованиям, предусмотренным при сертификации такой продукции, что подтверждается выпиской из акта проверки и оценки системы качества.

Схемы 7 и 8 рекомендуется применять тогда, когда производство или реализация данной продукции носит разовый характер (партия, единичные изделия).

Схемы 9-10а основаны на использовании в качестве доказательства соответствия (несоответствия) установленным требованиям – декларации о соответст-

вии с прилагаемыми документами, подтверждающими соответствие продукции установленным требованиям.

В декларации о соответствии изготовитель (продавец) в лице уполномоченного представителя под свою ответственность заявляет, что его продукция соответствует установленным требованиям.

Выбор схемы сертификации можно вести с двух позиций – с точки зрения оптимального использования возможностей самих схем и с точки зрения учёта конкретных особенностей продукции и её производства, хранения, транспортировки.

Цель выбора – получить доказательства способности производства обеспечить стабильный выпуск продукции не ниже требуемого качества. Кроме обеспечения доверия учитывается экономичность его достижения. Различают сертификаты на каждое изделие, на определённую партию изделий и на весь объём продукции, выпущенной за весь период действия сертификата.

7. Обязательная и добровольная сертификация.

Законом «О защите прав потребителей» была введена обязательная сертификация соответствия товаров (работ, услуг) обязательным требованиям стандартов. Под «стандартом» понимаются следующие документы: государственные стандарты, санитарные нормы и правила, строительные нормы и правила, которые в соответствии с законодательством РФ устанавливают обязательные требования к качеству товаров (работ, услуг).

Как указывается в Законе, запрещается реализация товаров (в том числе импортных), выполнение работ и оказание услуг без сертификата, подтверждающего их соответствие обязательным требованиям стандартов, которые должны обеспечить безопасность жизни, здоровья потребителя, окружающей среды, а также предотвращение причинения вреда имуществу потребителя.

Перечень товаров (работ, услуг), подлежащих обязательной сертификации, утверждается Правительством РФ.

Участниками обязательной сертификации являются специально уполномоченный федеральный орган исполнительной власти в области сертификации, органы по сертификации, испытательные лаборатории (центры), изготовители (продавцы) продукции, а также центральные органы по сертификации систем серти-

фикации, определяемые в необходимых случаях для координации работ в системах сертификации однородной продукции.

Федеральные органы исполнительной власти в пределах своей компетенции выполняют следующие функции:

- создают системы сертификации однородной продукции и устанавливают правила процедуры и управления для проведения сертификации в этих системах;
- осуществляют выбор способов подтверждения соответствия продукции требованиям нормативных документов (формы сертификации);
- аккредитуют органы по сертификации и испытательные лаборатории, выдают им разрешение на право проведения определённых видов работ (лицензии);
- ведут Государственный реестр участников и объектов сертификации;
- устанавливают правила аккредитации и выдачи лицензий на проведение работ по обязательной сертификации;
- осуществляют государственный контроль и надзор, устанавливают порядок инспекционного контроля за соблюдением правил сертификации и за сертифицированной продукцией;
- рассматривают апелляции по вопросам сертификации.

Государственный контроль и надзор за соблюдением изготовителями (продавцами, исполнителями), органами по сертификации и испытательными лабораториями правил обязательной сертификации, а также за сертифицированной продукцией осуществляется Госстандартом России, иными специально уполномоченными органами управления РФ в пределах их компетентности.

По статье 43 Закона РФ «О защите прав потребителей» за федеральным органом по стандартизации, метрологии и сертификации в пределах его компетентности закрепляется право налагать штраф:

- за продажу товаров (выполнение работ, оказание услуг), в том числе импортных, без сертификатов, подтверждающих соответствие товаров (работ, услуг) обязательным требованиям стандартов, - в размере стоимости проданных товаров (выполненных работ, оказанных услуг);
- за нарушение правил обязательной сертификации товаров (работ, услуг) органами по сертификации, а также за предоставление недостоверных ре-

зультатов испытаний товаров (работ, услуг) испытательными лабораториями (центрами) по обязательной сертификации – в размере двукратной стоимости соответствующих товаров (работ, услуг)

По добровольной сертификации законодательно установлены следующие основные принципы:

1. Добровольная сертификация проводится по инициативе заявителя (изготовителей, продавцов, исполнителей) в целях подтверждения соответствия продукции требованиям стандартов, технических условий, рецептур и других документов, определяемых заявителем, она осуществляется на условиях договора между заявителем и органом по сертификации.

2. Добровольная сертификация продукции, подлежащая обязательной сертификации, не может заменить последнюю.

3. Добровольную сертификацию вправе осуществлять любое юридическое лицо, взявшее на себя функцию органа по добровольной сертификации и знак соответствия в Госстандарте России.

Добровольная сертификация способствует повышению конкурентоспособности продукции (работ, услуг).

Добровольная сертификация осуществляется органами по добровольной сертификации, входящими в систему добровольной сертификации.

Добровольная сертификация может проводиться в системе обязательной сертификации. Для этого необходимо наличие двух обязательных условий:

* правила системы обязательной сертификации предусматривают проведение добровольной сертификации;

* в системе обязательной сертификации должен быть зарегистрированный знак соответствия для добровольной сертификации.

8. Порядок проведения сертификации.

Для проведения работ по сертификации необходимы документы, устанавливающие требования к объекту сертификации, и документы, регламентирующие её процедуры, которые подразделяются на две группы:

- нормативные, содержащие требования к объектам сертификации и способы подтверждения соответствия этим требованиям;

- организационно-методические, устанавливающие принципы и методы проведения работ по сертификации, а также процедуры её проведения.

В нормативных документах определяются требования к продукции, услугам и другим объектам, подлежащим сертификации, а также методы испытаний.

в качестве нормативных документов, на соответствие которым проводиться обязательная сертификация могут применяться: законодательные акты, в которых содержаться конкретные требования к объектам сертификации; государственные стандарты; стандартные нормы и правила; строительные нормы и правила; другие документы, которые в соответствии с действующим законодательством устанавливают обязательные требования.

К обязательным требованиям законодательством отнесены:

- безопасность продукции, работ, услуг для жизни, здоровья, имущества и охраны окружающей среды;
- технической и информационной совместимости;
- взаимозаменяемости;
- энергопотребления;
- единство методов контроля.

Организационно-методические документы в зависимости от сферы распространения делятся на общероссийские документы систем сертификации и документы систем сертификации как обязательные, так и добровольных.

В общем случае при сертификации могут быть проведены: испытания продукции как для первичного подтверждения соответствия, так и в процессе периодической проверки стабильности соответствия; первичная оценка состояния производства, последующий после выдачи сертификата инспекционный контроль за сертифицированной продукцией.

Операции, выполняемые при подтверждении соответствия:

Испытания: типа, выборки из партии, каждого образца.

Проверка производства: предварительная, сертификация производства, сертификация систем качества.

Инспекционный контроль: испытания образцов, отобранных в торговле; испытания образцов, отобранных в производстве; инспекционный контроль за производством; инспекционный контроль за системами качества.

Другие способы доказательства соответствия: рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документом.

В декларации изготовитель или продавец в лице полномочного представителя под свою ответственность заявляет, что его продукция соответствует установленным требованиям.

Декларация о соответствии совместно с прилагаемыми документами направляется в орган по сертификации. Орган по сертификации рассматривает документы и при необходимости запрашивает дополнительные материалы. Это могут быть результаты проверок технологического процесса, документы о соответствии продукции определённым требованиям, выдаваемые органами и исполнительной власти в пределах своей компетентности (например, гигиеническое заключение), претензии потребителей и другая информация. При положительных результатах орган по сертификации выдаёт изготовителю сертификат соответствия.

Совокупность и последовательность отдельных операций, выполняемых третьей стороной для подтверждения соответствия, называют схемой сертификации.

9. Органы по сертификации и испытательные лаборатории. Аккредитация испытательных лабораторий.

Госстандарт России и другие государственные органы управления РФ определяют центральные органы систем сертификации, аккредитуют органы по сертификации и испытательные лаборатории (центры) и выдают им разрешения на право проведения определённых видов работ (лицензии).

В обязанности центрального органа системы сертификации входят: организация, координация работ и установление правил процедуры и управления в возглавляемой им системе сертификации, а также рассмотрение апелляций заявителей по поводу действий органов по сертификации и испытательных лабораторий.

В обязанности органа по сертификации входят: сертифицировать продукцию, выдавать сертификаты и лицензии на применение знака соответствия; приостанавливать или отменять действие выданных им сертификатов; предоставлять

заявителю по его требованию необходимую информацию в пределах своей компетентности.

В обязанность испытательной лаборатории (центра) вменяется осуществление испытания конкретной продукции или конкретные виды испытаний и выдавать протоколы испытаний для целей сертификации.

Для официального признания компетентности испытательной лаборатории существует процедура аккредитации. Аккредитация это официальное признание права испытательной лаборатории осуществлять конкретные испытания или конкретные типы испытаний.

Аккредитации предшествует аттестация – проверка испытательной лаборатории с целью установления её соответствия критериям аккредитации. Аккредитация представляет собой оценку состояния дел в лаборатории по определённым параметрам и критериям, выбор которых базируется на общих требованиях к испытательным лабораториям:

1. обладание статусом юридического лица;
2. включение в организационную структуру системы обеспечения качества, позволяющей выполнять функцию на соответствующем уровне;
3. готовность продемонстрировать умение проводить испытания оценивающему её компетентность органу;
4. исключение возможности оказать на сотрудников давление с целью влияния на результат испытаний;
5. осведомлённость каждого сотрудника о своих правах и обязанностях;
6. наличие руководителя, отвечающего за выполнение всех технических задач;
7. действие правил безопасности и мер, обеспечивающих соблюдение секретности информации и защиту прав собственности;
8. соответствие образования, профессиональной подготовки, технических знаний и опыта сотрудников лаборатории возложенным на них заданиям и обязанностям;
9. обеспеченность оборудования или доступ к оборудованию, необходимому для проведения испытаний. Измерительное и испытательное оборудование подлежит калибровке на соответствие общепризнанным эталонам (если таковые имеются). В других случаях лаборатория обязана представлять убедительные до-

казательства результатов испытаний (например, путём участия в соответствующей программе межлабораторных испытаний);

10. использование стандартных методов испытаний и процедур. Если же лаборатория вынуждена использовать не стандартные методы, они должны быть документированы;

11. наличие оборудованного помещения для испытаний, защищённого от влияния окружающей среды на результаты испытаний;

12. обеспечение мер предосторожности, предотвращающих отрицательное влияние на результаты испытаний при хранении, транспортировке, подготовки образцов к процедуре испытаний;

13. предоставление результатов испытаний при оформлении отчётов об испытаниях в форме, ясной и понятной для заказчика;

14. готовность к выполнению различных дополнительных требований, если они имеют место при её аттестации.

Аккредитация лабораторий – это самостоятельная область деятельности, сопряжённая с сертификацией. Существуют различные системы аккредитации, располагающие собственными правилами процедуры и управления. Системой аккредитации управляет орган по аккредитации, который может самостоятельно проводить аккредитацию исполнительных лабораторий, а также передавать полностью или частично полномочия по аттестации агентству по аттестации или иной компетентной организации.

Порядок проведения аккредитации следующий:

1. сбор информации, необходимой для оценки аккредитуемой лаборатории;
2. назначение одного эксперта или группы их для проведения аттестации лаборатории;
3. аттестация (оценка) испытательной лаборатории на месте;
4. анализ собранных в результате аттестации данных;
5. принятие решений об аккредитации.

10. Сертификация услуг.

Обязательная сертификация потенциально опасных для жизни, здоровья и имущества потребителя услуг введена в России на основании закона: 1. «О серти-

фикации продукции и услуг», 2. «О безопасности дорожного движения», 3. «О защите прав потребителей», 4. «Об основах туристической деятельности в РФ».

Объектами сертификации в сфере услуг могут быть: услуга; организация, предоставляющая услугу; персонал, выполняющий услугу; производственный процесс; система управления качеством в организации, предоставляющей услуги.

Формирование системы сертификации услуг и выбор её участников проводятся в соответствии с «Правилами по проведению сертификации в РФ». Согласно этому документу в состав участников системы сертификации услуг могут входить:

- руководящий орган – Госстандарт РФ;
- центральные органы;
- научно-методический цент – ВНИИС;
- методические центры (отраслевые НИИ);
- аккредитованные органы по сертификации и испытательные лаборатории;
- аккредитованные органы по сертификации систем управления качеством.

Схемы спецификации, по Российским правилам, относятся как к услугам, так и к работам. Они включают: оценку выполнения работы или оказания услуги; проверку результатов проведённой работы или оказанной услуги; инспекционный контроль за сертифицированными работами и услугами.

Для сертификации материальных видов услуг в схему обычно включают: аттестацию профессионального мастерства исполнителя услуги и инспекционный контроль (для предпринимателей и малых предприятий); аттестацию процесса предоставления услуги и выборочную проверку результата услуги при периодическом инспекционном контроле; сертификацию систем качества обслуживания и инспекционный контроль.

Для сертификации нематериальных услуг, как правило, применяют следующие схемы: сертификацию предприятия в целом и последующий инспекционный контроль; сертификацию системы обеспечения качества обслуживания и последующий инспекционный контроль за её работой.

Выбор схемы сертификации, а также организационно-методические мероприятия по сертификации услуг осуществляются в соответствии с Положением о Системе сертификации ГОСТ Р и Правилами сертификации работ и услуг в РФ.

Отметим некоторые присущие услугам особенности, влияющие на организацию их сертификации:

* объектом услуги может быть сам человек, а его имущественное право определяет невозможность проведения испытаний. Так владелец отремонтированного автомобиля наверняка откажется от испытаний его автомобиля в дорожных условиях по всем жёстким правилам этой процедуры;

* непосредственный контакт исполнителя и потребителя услуги требует оценки мастерства исполнителя с учётом этики общения и сложившихся местных предпочтений. Зачастую это требует применения социологических методов оценки;

* эксперт по оценке услуги в ряде случаев должен присутствовать при её оказании, так как предоставление услуги и её потребление могут совершаться одновременно (к примеру, услуги парикмахерской или косметического кабинета). За рубежом допускается в подобном случае исполнение экспертом роли потребителя.

Перечень некоторых услуг, подлежащих обязательной сертификации:

1. Ремонт и техническое обслуживание бытовой радиоэлектронной аппаратуры, электробытовых машин и приборов.
2. Ремонт и техническое обслуживание автомототранспортных средств.
3. Ремонт и изготовление мебели.
4. Химчистка и крашение.
5. Ремонт и строительство жилья.
6. Услуги бань, душевых.
7. Услуги парикмахерских.
8. Ремонт, окраска и пошив обуви.
9. Услуги прачечных.
10. Услуги по ремонту и пошиву швейных, меховых и кожаных изделий, головных уборов и изделий текстильной галантереи: ремонт, пошив и вязание трикотажных изделий.
11. Услуги железнодорожного транспорта.

12. Услуги речного транспорта.

13. Услуги морского транспорта.

14. Услуги воздушного транспорта.

15. Услуги автомобильного транспорта.

16. Услуги городского транспорта.

17. Экспедиторские услуги.

18. Жилищно-коммунальные услуги.

19. Услуги учреждений культуры.

20. Туристские услуги.

21. Услуги физической культуры и спорта.

22. Медицинские услуги.

23. Санитарно-оздоровительные услуги.

24. Услуги в системе образования.

25. Услуги торговли.

26. Услуги общественного питания.

Согласно Российскому законодательству наряду с обязательной сертификацией допускается добровольная сертификация услуг.

В системе ГОСТ Р аккредитовано более 200 органов по сертификации услуг. Полномочиями центральных органов наделены:

* Министерства транспорта РФ – в системе сертификации услуг автомобильных перевозок и автосервиса;

* Российское агентство по физической культуре и туризму в системе сертификации туристических услуг;

* Министерства торговли – по сертификации услуг в сфере общественного питания;

* Росбытсоюз – в системах сертификации услуг химчисток;

* Госстандарт РФ – сертификация услуг по ремонту бытовых электротехнических приборов.

в качестве нормативной базы сертификации услуг применяются международные, региональные и национальные стандарты, действующие санитарно-гигиенические нормы и правила, а также нормативные документы, утверждаемые органами государственного управления для конкретных видов услуг. В нормативных документах для обязательной сертификации должны быть указаны нормы

безопасности для жизни и здоровья потребителей и их имущества; экологические параметры; требования к методам проверки услуги, технологическому процессу исполнения, мастерству исполнения и к системе обеспечения качества. При добровольной сертификации нормативный документ предлагает заявитель.

Сертификационные проверки услуг (что идентично сертификационным испытаниям продукции) выполняют эксперты-аудиторы, зарегистрированные в Государственном реестре Системы сертификации ГОСТ Р. Проверки обычно проводятся на месте производства услуги. При положительных результатах проверок орган по сертификации оформляет сертификат соответствия. Заявитель также может получить лицензию на применение знака соответствия и проставлять его на ярлыках, документации, квитанциях и т.п., а также использовать в рекламных целях в течение срока действия сертификата (не более трёх лет).

Инспекционный контроль за соблюдением требований к сертифицированным услугам возложен на сертифицированный орган, который обычно привлекает территориальные органы Госстандарта, санитарно-эпидемиологические службы, транспортные и другие инспекции, союзы (общества) потребителей.

Для проведения инспекционного контроля нематериальных услуг необходим опрос потребителей путём анкетирования, личных интервью и т.п. Обычно этим занимаются социологические центры, службы маркетинга, местные органы управления, а также сами исполнители услуг. По результатам инспекционного контроля принимаются решения в соответствии с российскими правилами сертификации. Инспекционный контроль может быть плановым и внеплановым, который назначается органом по сертификации при наличии претензий потребителей и замечаний контролирующих органов.

11. Сертификация систем качества.

В мировой практике широкое распространение получила сертификация систем качества на соответствие стандартам ИСО серии 9000, подтверждающая способность предприятия стабильно выпускать продукцию высокого качества.

Госстандарт России в 1995 году принял программу работ по развитию сертификации систем качества в РФ. В соответствии с этой программой ВНИИС разработал, а Госстандарт принял зарегистрированную ныне в Государственном рее-

стре «Систему сертификации систем качества и производств», получившую кратное название «Регистр систем качества».

Регистр представляет собой систему сертификации, построенную в соответствии с действующим законодательством РФ, правилами по сертификации, государственными стандартами, а также международными и европейскими правилами и процедурами.

В Регистре осуществляются: сертификация систем качества; сертификация производств; инспекционный контроль за сертифицированными системами качества и производствами; международное сотрудничество в области сертификации систем качества в интересах взаимного признания результатов сертификации.

Госстандарт РФ принял и ввёл в действие ГОСТ Р 40.001-95 «Правила по проведению сертификации систем качества в РФ».

Соблюдение этих Правил является обязательным условием регистрации в Государственном реестре Госстандарта России систем сертификации и знаков соответствия.

Госстандарт утвердил блок из четырёх государственных стандартов, ставших нормативно-методической основой Регистра систем качества:

ГОСТ Р 40.002-96 «Систем сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Основные положения»;

ГОСТ Р 40.003-96 «Систем сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. порядок проведения сертификации систем качества»;

ГОСТ Р 40.004-96 «Систем сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Порядок проведения сертификации производств»;

ГОСТ Р 40.005-96 «Систем сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Инспекционный контроль за сертифицированными системами качества и производствами».

«Регистр систем качества» – это система добровольной сертификации, но она составляет часть государственной российской Системы ГОСТ Р, которая представляет собой систему обязательной сертификации. Это мотивировано известностью Система ГОСТ Р в РФ и зарубежных странах. Знак соответствия Регистра систем качества отличается от знака Систем ГОСТ Р лишь подписью «Регистр» над знаком и указанием номера стандарта ИСО под знаком.

Структура Регистра следующая: Госстандарт РФ, Технический центр Регистра, Совет по сертификации систем качества и производств, Комиссия по апелляциям, Научно-методический комитет Регистра, органы по сертификации систем качества и производств, организации, получившие сертификат на систему качества.

Процедуры сертификации систем качества гармонизированы с европейскими и международными соответствующими правилами и нормами, что направлено на создание условий для признания сертификатов Регистра за рубежом, а также присоединения к международной системе признания результатов оценки систем качества – QSAR.

Однако российская система сертификации систем качества отличается от международной практики, поскольку включает сертификацию производств. У большинства отечественных предприятий отсутствует система качества, но они знакомы с процедурой оценки производства, так как в свое время в стране производилась аттестация производственных процессов.

Поэтому система «Регистр» представляет собой двухступенчатую сертификацию, что считается временным явлением.

Обобщённым критерием оценки соответствия производства служит способность стабильно обеспечивать соответствие готовой продукции нормативному документу, устанавливающему требования к ней.

При сертификации производства оценивают четыре блока объектов:

1. готовая продукция (оценка её качества в сфере реализации и потребления и анализ причин обнаруженных дефектов);
2. технологическая система (технологические процессы, состояние погрузочно-разгрузочных работ, хранение, установка);
3. техническое обслуживание и ремонт (тех. обслуживание и ремонт оборудования, эксплуатация и ремонт оснастки; проверка контрольно-измерительных приборов);
4. система технического контроля и испытаний (входной контроль, операционный контроль, приёмочный контроль; типовые квалификационные и периодические испытания).

В России аккредитовано около 20 органов по сертификации систем качества. В некоторых случаях сертификацию систем качества на предприятиях прово-

дят эксперты Технического центра Регистра. Но строго по процедуре это компетенция аккредитованных Госстандартом РФ органов по правилам системы «Регистр систем качества». Функции органа по сертификации заключается в проведении сертификации систем качества на предприятии, оформление и выдача сертификата, разработки методик сертификации производств, инспекционном контроле за сертифицированной системой качества и производств. Эксперты, которые осуществляют процедуру, должны соответствовать требованиям стандарта ИСО 10111-2 «Руководящие указания по проверке систем качества», часть 2, «Квалификационные Критерии для экспертов – аудиторов по проверке систем качества» и европейского стандарта EN 45013 «Общие Критерии для органов по аттестации персонала», а также требованиям к экспертам-аудиторам Системы сертификации ГОСТ Р. Эксперты-аудиторы должны быть внесены в Государственный реестр экспертов, который ведёт Госстандарт РФ.

Процесс сертификации систем качества проходит в три этапа:

* заочная оценка системы качества;

* окончательная проверка и оценка системы качества;

* инспекционный контроль за сертифицированной системой качества в течение срока действия сертификата.

Заочная оценка системы качества нужна для того, чтобы эксперт мог выявить потенциальную возможность сертификации и целесообразность проведения дальнейших работ на данном предприятии. На этом этапе заявитель представляет в орган по сертификации систем качества: заявку; документ о политике по качеству; руководство по качеству; анкету-вопросник с ответами. Если анализ этих материалов имеет положительные результаты, орган по сертификации заключает договор с заявителем о проведении окончательной проверки: состояния и видов деятельности предприятия по управлению качеством; состояния производственной системы; качества выпускаемой продукции. Деятельность по управлению качеством проверяется на соответствие реально существующих на предприятии элементов обеспечения качества требованиям заявленного стандарта ИСО серия 9000 либо адекватного ему государственного российского стандарта.

В результате проверки могут быть сделаны следующие выводы:

* система полностью соответствует установленным требованиям;

* система в целом соответствует требованиям, но обнаружены отдельные отклонения от стандарта;

* система не соответствует установленным требованиям.

В первом случае орган по сертификации выдаёт предприятию сертификат на систему качества после его регистрации в Государственном реестра. Во втором случае предприятию назначается срок для устранения обнаруженных несоответствий, после чего по его заявке сертификация продолжается, но по упрощённой схеме. При положительных результатах предприятие получает сертификат. Если результат проверки отрицательный, предприятие имеет право, будучи подготовленным, на повторную сертификацию по полной программе.

Инспекционный контроль за сертифицированной системой качества проводится в двух сферах: как плановый (не реже одного раза в год) и как внеплановый. Основание для внепланового контроля: поступления в орган по сертификации сведений о претензиях к качеству продукции предприятия; введение существенных изменений в технологический процесс или в конструкцию (состав) продукции; изменение организационной структуры или кадрового состава предприятия.