

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Навчально-науковий інститут «Механічна інженерія і транспорт»

Кафедра «Інтегровані технології машинобудування» ім.М.Ф.Семка

Зубкова Н.В.

ОПОРНИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання»

Харків 2018

СОДЕРЖАНИЕ

1 Понятие о взаимозаменяемости	3
1.1 Виды взаимозаменяемости.....	3
1.2 Основные понятия и определения.....	3
1.3 Типы посадок и их характеристики	6
2 Единая система допусков и посадок гладких цилиндрических соединений.....	9
2.1 Общие положения	9
2.2 Обозначение предельных отклонений размеров на чертежах деталей	13
3 взаимозаменяемость по форме, расположению. поверхностей, шероховатость поверхностей	14
3.1 Допуски формы и расположения поверхностей	14
3.2 Шероховатость и волнистость поверхностей.....	20
4 Расчет допусков размеров, входящих в размерные цепи	23
4.1 Методика выявления звеньев размерных цепей и построения геометрических схем	26
4.2 Уравнения размерных цепей.....	27
4.3 Методы достижения точности замыкающего звена	29
5 контроль деталей предельными калибрами	33
5.1 Система предельных гладких калибров.....	34
6 Точность геометрических параметров подшипников качения	35
6.1 Выбор посадок подшипников качения	37
7 Взаимозаменяемость резьбовых соединений.....	38
7.1 Типы резьб и общие требования к их взаимозаменяемости	38
7.2 Основы допусков на резьбы.....	40
7.3 Система допусков и посадок с зазором метрических резьб	41
8 Нормирование точности шпоночных и шлицевых соединений и их контроль	42
8.1 Шпоночные соединения	42
8.2 Шлицевые соединения.....	42
8.3 Методы и средства контроля шпоночных и шлицевых соединений	45
9 Угловые размеры и их стандартизация	46
10 Взаимозаменяемость зубчатых колес и передач	47
10.1 Система допусков цилиндрических зубчатых колес и передач	49
11 Методические основы стандартизации	51
11.1 Основные понятия и принципы стандартизации	51
11.2 Методы стандартизации	53
12 Основы качества продукции	57
12.1 Основные понятия качества.....	57
12.2 Оценка качества продукции.....	60
12.3 Статистические методы оценки управления качеством продукции.....	62
13 Метрологическое обеспечение точности геометрических параметров деталей машин	65
13.1 Технические измерения и их характеристика	67
13.3 Погрешности измерений	72
13.3 Метрологическое обеспечение	76

1 ПОНЯТИЕ О ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

1.1 Виды взаимозаменяемости

Взаимозаменяемость — свойство независимо изготовленных деталей и сборочных единиц обеспечивать сборку изделий при изготовлении или замену одноименных деталей и сборочных единиц при ремонте без применения подбора, пригонки или регулировки; при этом должно быть обеспечено соответствие готового изделия предъявляемым к нему требованиям по всем показателям качества. Взаимозаменяемость, соответствующую этому определению, называют полной. Взаимозаменяемость как принцип конструирования и производства изделий включает в себя свойства собираемости изделий и выполнения ими своих функций по назначению. Взаимозаменяемость деталей и сборочных единиц достигается изготовлением их элементов по всем геометрическим и физико-химическим параметрам в определенных заранее нормируемых пределах — допусках.

Наряду с использованием метода полной взаимозаменяемости находят применение методы неполной взаимозаменяемости, основанные на вероятностных расчетах; групповой взаимозаменяемости, основанные на предварительной сортировке деталей по группам; регулирования с помощью конструктивных компенсаторов, а также методы непосредственного подбора или пригонки деталей «по месту». Различают внешнюю и внутреннюю взаимозаменяемость.

Принцип внешней взаимозаменяемости относится к покупным и кооперируемым изделиям и сборочным единицам. Признаками внешней взаимозаменяемости являются эксплуатационные показатели, размеры и форма присоединительных поверхностей, например в электродвигателе — частота вращения вала и мощность, а также размеры присоединительных поверхностей; в подшипниках качения — наружный диаметр наружного кольца и внутренний диаметр внутреннего кольца и точность вращения.

Внутренняя взаимозаменяемость распространяется на детали, сборочные единицы и механизмы, входящие в изделие.

1.2 Основные понятия и определения

Понятия «вал» и «отверстие»

Конструктивно любая деталь состоит из элементов (поверхностей) различной геометрической формы, часть из которых взаимодействует (образует посадки-сопряжения) с поверхностями других деталей, а остальная часть элементов является свободной (несопрягаемой). В терминологии по допускам и посадкам размеры всех элементов деталей независимо от их формы условно делят на три группы: размеры валов, размеры отверстий и размеры, не относящиеся к валам и отверстиям.

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

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

Для несопрягаемых элементов деталей установление вал это или отверстие выполняют с помощью технологического принципа, состоящего в том, что если при обработке от базовой поверхности размер элемента увеличивается, то это отверстие, а если размер элемента уменьшается, то это вал.

Состав группы размеров и элементов деталей, не относящихся ни к валам, ни к отверстиям, сравнительно невелик (например, фаски, радиусы скруглений, галтели, выступы, впадины, расстояния между осями (и др.).

Терминология по размерам

Различают номинальный, действительный и предельные размеры.

Номинальный размер - размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит началом отсчета отклонений. Номинальный размер, общий для отверстия и вала, образующих соединение, называется номинальным размером соединения. Номинальный размер определяется на стадии разработки изделия исходя из функционального назначения деталей путем выполнения кинематических, динамических и прочностных расчетов с учетом конструктивных, технологических, эстетических и других условий. Полученный таким образом номинальный размер должен быть округлен до значений, установленных стандартом "Нормальные линейные размеры". Стандартом в диапазоне от 0,001 до 20 000 мм предусмотрено четыре основных ряда размеров: Ra 5, Ra 10, Ra 20, Ra 40, а также один дополнительный ряд Ra 80.

В каждом десятичном интервале для каждого ряда содержится соответственно номеру ряда 5; 10; 20; 40 и 80 чисел. При установлении номинальных размеров предпочтение должно отдаваться рядам с более крупной градацией, например ряд Ra 5 следует предпочесть ряду Ra 10, ряд Ra 10 - ряду Ra 20 и т.д. Ряды нормальных линейных размеров построены на базе рядов предпочтительных чисел с некоторым округлением.

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

Стандарт не распространяется на технологические межоперационные размеры и на размеры, связанные расчетными зависимостями с другими принятыми размерами или размерами стандартных комплектующих изделий.

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

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

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

Предельные размеры - два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер. Большой из двух предельных размеров называется наибольшим предельным размером, а меньший - наименьшим предельным размером. Сравнивая действительный размер с предельными, можно судить о годности элемента детали. Предельные размеры определяют характер соединения деталей и их допустимую неточность изготовления; при этом предельные размеры могут быть больше или меньше номинального размера или совпадать с ним.

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

Верхнее отклонение обозначается ES (Ecart Supérieur) для отверстий и es - для валов; нижнее отклонение обозначается EI (Ecart Interieur) для отверстий и ei - для валов.

Допуск размера. Поле допуска

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

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

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

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

Нулевой линией называется линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются предельные отклонения размеров при

графическом изображении полей допусков. Если нулевая линия расположена горизонтально, то в условном масштабе положительные отклонения откладываются вверх, а отрицательные - вниз от нее. Если нулевая линия расположена вертикально, то положительные отклонения откладываются справа от нулевой линии.

Поля допусков отверстий и валов могут занимать различное расположение относительно нулевой линии, что необходимо для образования различных посадок.

Точность геометрических параметров

Точность геометрических параметров является комплексным понятием, включающим в себя:

- точность размеров элементов деталей;
- точность геометрических форм поверхностей элементов деталей;
- точность взаимного расположения элементов деталей;
- шероховатость поверхностей деталей (микрогеометрия);
- волнистость поверхностей (макрогеометрия).

Точность - это степень соответствия действительных значений геометрических параметров их заданным (расчетным) значениям.

1.3 Типы посадок и их характеристики

Посадкой называется характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Посадка характеризует свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

Различают три типа посадок: с зазором, с натягом и переходные посадки.

Посадки с зазором. Посадкой с зазором называется посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении (поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала).

Зазор S - положительная разность размеров отверстия и вала. Зазор обеспечивает возможность относительного перемещения сопряженных деталей.

Посадки с натягом. Посадкой с натягом называется посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении (поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала).

Натяг N - положительная разность размеров вала и отверстия до сборки. Натяг обеспечивает взаимную неподвижность деталей после их сборки.

Переходные посадки. Переходной посадкой называется посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью).

Переходные посадки используют для неподвижных соединений в тех случаях, когда при эксплуатации необходимо проводить разборку и сборку, а также когда к центрированию деталей предъявляются повышенные требования.

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

Методы выбора посадок

Выбор посадок для подвижных и неподвижных соединений проводят на основании расчетов, аналогичных данным соединениям которые апробированы на практике, и экспериментальными следованиями в конкретных условиях работы соединения.

В большинстве случаев используют комплексный метод, учитывающий достоинства каждого. Посадки с зазором используют для подвижных и неподвижных соединений. В подвижных соединениях устанавливают гарантированный зазор, обеспечивающий взаимное перемещение сопрягаемых деталей, для размещения слоя смазки с учетом конкретных условий силовых и кинематических параметров работы сопряжения, теплового режима, требований к точности параметров геометрической формы, расположения и шероховатости поверхностей. Выбор посадки для неподвижного соединения проводят так, чтобы наименьший зазор обеспечивал свободную сборку деталей и учитывал компенсацию допусков формы и расположения. Требуемая неподвижность рассматриваемых посадок с зазором обеспечивается дополнительными крепежными средствами (шпонками, шлицами, болтами, штифтами и др.).

Переходные посадки предназначены для неподвижных, но разъемных соединений. К таким сопряжениям предъявляют высокие требования к центрированию деталей. Переходные посадки характерны тем, что образуют как зазоры, так и натяги.

Для обеспечения неподвижности соединения необходимо применять дополнительные крепежные средства. Натяги в переходных посадках имеют сравнительно небольшую величину и обычно не требуют расчета на прочность, за исключением тонкостенных деталей. Чем больше вероятность получения натягов, тем более прочной является посадка. Поэтому переходные посадки применяют для более точного центрирования деталей при ударных и вибрационных нагрузках, а иногда обходятся без дополнительного крепления. Стандартные поля допусков для переходных посадок находят широкое применение для посадочных поверхностей подшипников качения с посадочными поверхностями валов и корпусов изделия. Переходные посадки в основном используют в относительно точных качествах: в сопряжениях валов по 4-7-му и отверстий по 5-6-му. Выбор переходных посадок чаще всего производят по аналогии с хорошо работающими соединениями.

Посадки с натягом, как правило, применяют для неподвижных неразборных в процессе эксплуатации соединений без дополнительных крепежных средств. Неподвижность деталей при этих посадках достигается за счет напряжений, возникающих в поверхностных слоях сопряженных деталей.

В большинстве посадок с натягом действуют упругие деформации контактных поверхностных слоев. В этих посадках даже незначительные колебания величин натягов оказывают большое влияние на прочность соединения, характеризуемое усилием запрессовки или передающим крутящий момент. Поэтому при сборке соединений с натягом часто производят их сортировку на две или три группы по действительным размерам исходя из

среднего натяга, который и принят за основную характеристику этих посадок. С этой же целью для неподвижных посадок используют качества высокой точности, так же как и для переходных посадок.

При использовании посадок с натягом необходимо проводить их расчет и опытную проверку. В зависимости от конструктивных особенностей и эксплуатационных требований к сборке соединения деталей по посадке с натягом выполняют следующими способами: механическим - запрессовкой вала во втулку; термическим - разогревом втулки и охлаждением вала в средах с низкой температурой.

Полученные расчетом значения температуры должны быть уточнены с учетом интенсивности охлаждения втулки и повышения температуры вала в начальный момент надвигания втулки на вал.

В некоторых случаях используют комбинированный способ со сниженной температурой разогрева втулки, компенсируемой в виде дополнительной подпрессовки.

Расчет посадок с зазором

Типовыми посадками с зазором являются гидродинамические подшипники скольжения. Нормальные условия работы таких соединений создаются при обязательном наличии слоя смазки между сопрягаемыми поверхностями, гарантирующими жидкостное трение. При жидкостном трении происходит замена трения между металлическими поверхностями сопряженных деталей на внутреннее трение в смазочной жидкости. Жидкостное трение достигается за счет гидравлического давления, создаваемого смазочной жидкостью при вращении вала в подшипниковой втулке.

При повороте вала в подшипнике смазочная жидкость, находящаяся в зазоре между валом и втулкой, увлекается валом в сужающуюся клиновую зону и создает гидравлическое давление жидкости на вал. Когда созданное таким образом гидравлическое давление превысит нагрузку на опору, происходит подъем и смещение вала относительно втулки, которые в последующем стабилизируются, образуя гарантированный зазор - смазочный слой h_{\min} .

Для образования гарантированного зазора A_{\min} несущая способность неразрывного смазочного слоя в подшипнике должна превышать нагрузку на опору.

Расчет посадок с натягом

Посадки с натягом в основном применяют для неподвижных неразборных в процессе эксплуатации сопряженных деталей без дополнительных крепежных средств.

Прочность соединения в таких неподвижных посадках достигается за счет упругой деформации сопряженных деталей, возникают щели при технологических процессах сборки. Наиболее распространены при этом процессы запрессовки одной детали в другую под усилием пресса или предварительного нагрева детали с охватывающей поверхностью и ее

охлаждения после сборки до нормальной температуры. Соответственно таким технологическим процессам в старых стандартах посадки называли "прессовая" и "горячая".

Примерами применения посадок с натягом являются соединение осей и бандажей со ступицами колес железнодорожного транспорта, венцов со ступицами червячных колес, вкладышей подшипников с корпусными деталями.

Основные задачи расчета посадок с натягом сводятся к определению:

— расчетного натяга и соответственно стандартной посадки конкретного соединения;

— величины усилия запрессовки или температуры нагрева де ли с охватывающей сопрягаемой поверхностью для выбора пресса и нагревательного оборудования;

— расчетной прочности сопряжения из условия обеспечения неподвижности в процессе эксплуатации;

— напряжений, возникающих после сборки в материалах сопрягаемых деталей.

Весьма ответственным при расчете посадок с натягом является обеспечение прочности сопрягаемых деталей, определяемое тем что напряжение в материалах деталей, появляющееся в результате запрессовки, не должно превышать допустимых напряжений, касается максимальных напряжений, действующих на внутренне поверхности втулки и внутренней поверхности (в центре).

Расчет переходных посадок

Расчет переходных посадок выполняют реже, по сравнению с расчетом посадок с зазорами и натягами, и в основном как проверочный. Такие расчеты состоят из расчета вероятности зазоров и натягов в сопряжении, расчета наибольшего зазора по предельно допустимому эксцентриситету, расчета прочности только для тонкостенных деталей, а также усилия сборки при наибольшем натяге посадки. Основными расчетами в переходных посадках являются расчеты вероятности получения натягов и зазоров. В таких расчетах исходят из нормального закона распределения размеров деталей, а вероятности получения натягов и зазоров определяют с помощью нормированной функции Лапласа.

2 ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

2.1 Общие положения

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

По планам разработчиков в Единую систему допусков и посадок (ЕСДП) входили допуски и посадки как гладких, так и других видов соединений. В

окончательной редакции наименование ЕСДП сохранено лишь за системой допусков и посадок для гладких соединений, а допуски и посадки типовых соединений объединены общим наименованием «Основные нормы взаимозаменяемости» (ОНВ).

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

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

Закономерности построения допусков

Квалитет — это совокупность (ряд) допусков для всех номинальных размеров, соответствующих одной степени точности. Квалитеты установлены для нормирования требуемых точностей изготовления размеров деталей изделий различного назначения.

Допуск, характеризующий точность, в пределах одного квалитета зависит только от номинального размера, входящего в единицу допуска.

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

Область применения квалитетов:

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

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

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

Основная закономерность построения рядов допусков действует, начиная со 2-го квалитета.

С 6-го квалитета через каждые пять квалитетов допуски увеличиваются в 10 раз.

Промежуточные интервалы введены для номинальных размеров свыше 10 мм и делят каждый основной интервал на две, а в некоторых случаях - на три части.

Разбивка диапазона на интервалы номинальных размеров имеет большое технико-экономическое значение, поскольку примерно на порядок сокращает

число единиц допуска, а следовательно, и допусков по сравнению с тем, если бы допуски рассчитывались для каждого номинального размера, а не для среднего геометрического диаметра интервала.

Введение интервалов позволило сократить объем нормативно-технической документации и материально-технического обеспечения в контрольно-измерительном и инструментальном подразделениях производств.

Учитывая взаимосвязь допусков на размеры детали, калибров и контракалибров, а также специальной оснастки и рабочих инструментов, важно обратить внимание на слово "свыше" в определении интервалов. Так, например, номинальный размер 30 мм должен входить в интервал свыше 18 до 30 мм, а не в интервал свыше 30 до 50 мм. Неправильный выбор интервала размеров для определения допуска является грубой ошибкой.

Системы допусков и посадок

С учетом опыта использования и требований национальных систем допусков ЕСДП состоит из двух равноправных систем допусков и посадок: системы отверстия и системы вала.

Выделение названных систем допусков и посадок вызвано различием в способах образования посадок.

Система отверстия — система допусков и посадок при которой предельные размеры отверстия для всех посадок для данного номинального размера сопряжения и качества остаются постоянными, а требуемые посадки достигаются за счет изменения предельных размеров вала .

Система вала — система допусков и посадок, при которой предельные размеры вала для всех посадок для данного номинального размера сопряжения и качества остаются постоянными, а требуемые посадки достигаются за счет изменения предельных размеров отверстия .

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

Система вала является предпочтительной по сравнению с системой отверстия, когда валы не требуют дополнительной разметочной обработки, а могут пойти в сборку после так называемых заготовительных технологических процессов.

Система вала применяется также в случаях, когда система отверстия не позволяет осуществлять требуемые соединения при данных конструктивных решениях.

При выборе системы посадок необходимо учитывать допуски на стандартные детали и составные части изделий: в шариковых и роликовых

подшипниках посадки внутреннего кольца на вал осуществляются в системе отверстия, а посадки наружного кольца в корпус изделия - в системе вала.

Деталь, размеры которой для всех посадок при неизменных номинальном размере и качестве не меняются, принято называть основной деталью.

В соответствии со схемой образования посадок в системе отверстия основной деталью является отверстие, а в системе вала - вал.

Основной вал — вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

Основное отверстие — отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

Следует также отметить применение в ряде случаев несистемных посадок, т. е. отверстие выполняется в системе вала, а вал - в системе отверстия. В частности, несистемная посадка используется для боковых сторон прямобочного шлицевого соединения.

Основные отклонения, их ряды в ЕСДП

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

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

В ЕСДП с целью образования различных полей допусков и посадок установлены одинаковые для всех качеств 28 основных отклонений для валов (обозначаются одной или двумя строчными буквами латинского алфавита от *a* до *zc*) и столько же для отверстий (обозначаются прописными буквами от *A* до *ZC*) в диапазоне) номинальных размеров до 500 мм и 17 основных отклонений валов и отверстий в диапазоне номинальных размеров свыше 500 до 10 000 мм.

Образование полей допусков и посадок

Поле допуска образуется сочетанием одного из основных отношений с допуском по одному из качеств, поэтому условное обозначение поля допуска состоит из условного обозначения основного отклонения (буквы) и номера качества.

Предпочтительные поля допусков обеспечиваются режущим инструментом и калибрами по нормальному ряду чисел, а рекомендуемые - только калибрами. Дополнительные поля допусков являются полями ограниченного применения и используются тогда, когда применение основных полей допусков не позволяет выполнить требования, предъявляемые к изделию.

В ЕСДП предусмотрены все группы посадок: с зазором, натягом и переходные. Посадки не имеют названий, отражающих конструктивно-технологические или эксплуатационные свойства, а представляются только в условных обозначениях сочетаемых полей допусков отверстия и вала.

Посадки, как правило, применяют в системе отверстия (предпочтительно) или в системе вала.

Все посадки в системе отверстия для заданных номинальных размеров сопряжений и их квалитетов образуются полями допусков отверстий с неизменными основными отклонениями и различными основными отклонениями валов.

Для посадок в системе вала для заданных номинальных размеров и квалитетов сопряжений используют поля допусков с неизменными основными отклонениями h вала и различными основными отклонениями отверстий.

ГОСТ 25347-82 выделяет рекомендуемые посадки, в числе которых указаны предпочтительные посадки первоочередного применения.

Для диапазона от 1 до 500 мм в системе отверстия выделено 69 рекомендуемых посадок, из них 17 - предпочтительных, а в системе вала - 59 рекомендуемых посадок, в том числе 11 предпочтительных.

2.2 Обозначение предельных отклонений размеров на чертежах деталей

При обозначении предельных отклонений размеров необходимо выполнять основные правила:

—линейные размеры и их предельные отклонения на чертежах Указывают в миллиметрах без обозначения единицы измерения;

—на рабочих чертежах предельные отклонения приводят для все размеров, кроме справочных; размеров, определяющих зоны шероховатости, термообработки, покрытия, и для размеров деталей задаваемых с припуском, для которых допускается не указывает предельные отклонения;

—на сборочных чертежах предельные отклонения проставляют для параметров, которые должны быть выполнены и проконтролированы по данному сборочному чертежу, а также для размеров деталей, изображенных на сборочном чертеже, на которые рабочие чертежи не выпускаются.

Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками

Предельные отклонения, не указанные непосредственно после номинальных размеров на чертежах, а оговоренные общей записью в технических требованиях чертежа, называют неуказанными предельными отклонениями. Неуказанные предельные отклонения допускаются для размеров сравнительно низкой точности (12-17-й квалитеты).

Неуказанные предельные отклонения могут быть назначены или на основе квалитетов, или на основе специальных классов точности. Для этого установлено четыре класса точности:

- точный, соответствующий округленно допускам 12-го квалитета;
- средний, соответствующий 14-му квалитету;
- грубый, соответствующий 16-му квалитету;
- очень грубый, соответствующий 17-му квалитету.

Предусмотрены четыре варианта обозначения неуказанных предельных отклонений размеров.

Предельные отклонения размеров различных элементов, оговариваемых в одной общей записи, должны быть одного уровня точности (одного квалитета

или одного класса точности либо одного качества и соответствующего ему класса точности).

Выбор одного из вариантов общей записи зависит от конструктивных и технологических требований.

Предпочтение следует отдавать варианту, устанавливающему односторонние предельные отклонения "в тело" для валов и отверстий. Вариант 2 не рекомендуется. К элементам деталей, не относящимся к валам и отверстиям, относят уступы, глубины отверстий! высоту уступов, расстояния между осями отверстий или плоскостями симметрии и др. Для этих элементов предельные отклонения указываются по варианту \pm , в общей записи для всех элементов допускается указывать вместо варианта \pm - соответственно \pm .

Обозначения односторонних предельных отклонений по качествам, назначаемых только для круглых отверстий и валов, дополняются символом диаметра.

3 ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ПО ВОРМЕ, РАСПОЛОЖЕНИЮ. ПОВЕРХНОСТЕЙ, ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ

3.1 Допуски формы и расположения поверхностей

Являясь составной частью комплексной проблемы точности геометрических параметров деталей машин, допуски геометрической формы и расположения поверхностей этих деталей оказывают существенное влияние на формирование требуемых свойств качества как деталей, так и машин в целом.

Основные факторы образования погрешностей (отклонений) формы и расположения поверхностей те же, что и погрешностей размеров элементов деталей. Это прежде всего точностные характеристики станка, инструмента, технологической оснастки, упругие деформации станка, инструмента, приспособлений и обрабатываемой детали, неодинаковость припусков и физико-механических свойств заготовок и др.

Указанные факторы, образуя погрешности в геометрической форме поверхностей и их взаимном расположении, неизбежно приводят к снижению заданных эксплуатационных свойств. В подписных соединениях погрешности формы приводят к увеличению износа деталей из-за повышенного удельного давления на выступах неровностей поверхностей, к нарушению плавности хода, шумообразованию, а в неподвижных соединениях искажение формы приводит к неравномерности натягов в соединениях, из-за чего снижается их прочность, герметичность и точность центрирования.

Основные термины и определения, относящиеся к отклонениям и допускам формы и расположения поверхностей деталей машин и приборов, устанавливает ГОСТ 24642-81.

При анализе точности формы и расположения поверхностей различают:

- реальные профили, поверхности, реальное расположение поверхностей, которые образуются в результате изготовления деталей на станках;
- номинальные профили, поверхности, номинальное расположение поверхностей, заданные на чертеже.

В основу нормирования отклонений формы и расположен поверхностей положен принцип прилегающих прямых, профилей, плоскостей, поверхностей, прилегающих цилиндра и окружности.

Прилегающей называется прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение. Это понятие относится и к прилегающему профилю, и к прилегающей плоскости.

Прилегающим цилиндром называется цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности или максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность. Это понятие относится также и к прилегающей окружности. Прилегающие поверхности и профили соответствуют условиям сопряжения деталей при посадках с нулевым зазором. При измерении прилегающими поверхностями служат рабочие поверхности контрольных плит, интерференционных сте-КОЛ) лекальных и поверочных линеек, калибров, контрольных оправок и т. п.

Отклонения формы поверхностей

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

Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием A от точек реальной поверхности (профиля) по нормали в пределах нормируемого участка L .

ГОСТ 24643-81 предусматривает пять видов отклонений формы: от прямолинейности; от плоскостности для плоских поверхностей; от цилиндричности; от круглости; от профиля продольного сечения для цилиндрических поверхностей.

Отклонение от цилиндричности - наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка. Этот комплексный показатель недостаточно обеспечен производственными измерительными средствами и находит применение в основном при исследованиях.

Отклонение от круглости - наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности. Этот показатель оказывает существенное влияние на эксплуатационные свойства качества деталей и используется для деталей, к которым предъявляются требования высокой точности по овальности и огранке. Причиной появления овальности является овальность самой заготовки детали, овальность опорных поверхностей шпинделя станка, упругие деформации детали (особенно тонкостенных) при закреплении в станке. Причиной появления огранки является изменение мгновенного центра вращения детали, например при бесцентровом шлифовании.

Отклонение профиля продольного сечения - наибольшее расстояние от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля.

Конусообразность возникает из-за износа резца, несовпадения осей шпинделя и пиноли задней бабки станка, отклонения от параллельности оси центров и направляющих станины. Бочкообразность чаще всего образуется при обтачивании тонких длинных валов без люнетов в связи с упругой деформацией. Бочкообразность и седлообразность могут возникать вследствие упругой деформации опор шпинделя и пиноли задней бабки станка.

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

Помимо отклонения от прямолинейности в плоскости стандартом установлены отклонение от прямолинейности оси (или линии) в пространстве и отклонение от прямолинейности оси (или линии) в заданном направлении.

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

Частными видами отклонения от плоскостности являются вогнутость и выпуклость.

Отклонения расположения поверхностей

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

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

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

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

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

Отклонение от параллельности - разность наибольшего и наименьшего расстояний между плоскостями (осью и плоскостью, прямыми в плоскости, осями в пространстве и т.д.) в пределах нормируемого участка.

Отклонение от перпендикулярности - отклонение угла между плоскостями (плоскостью и осью, осями и т.д.) от прямого угла, выраженного в линейных единицах, на длине нормируемого участка.

Отклонение наклона - отклонение угла между плоскостями (осями или прямыми, плоскостью и осью и т.д.) от номинального угла, выраженного в линейных единицах, на длине нормируемого участка.

Отклонение от симметричности - наибольшее расстояние между плоскостью (осью) рассматриваемого элемента (или элементов) и плоскостью симметрии базового элемента (или общей плоскостью симметрии двух или нескольких элементов) в пределах нормируемого участка.

Отклонение от соосности - наибольшее расстояние между осью рассматриваемой поверхности вращения и осью базовой поверхности (или осью двух или нескольких поверхностей) на длине нормируемого участка.

Отклонение от пересечения осей - наименьшее расстояние между осями, номинально пересекающимися.

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

Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей.

Название "суммарные" такие отклонения получили потому, что их влияние на эксплуатационные свойства деталей обусловлено одновременно отклонениями и формы, и расположения.

На радиальное биение оказывают влияние отклонение от круглости профиля рассматриваемого сечения и отклонение его центра относительно базовой оси, на торцовое биение влияют отклонение от плоскостности рассматриваемой поверхности и отклонение от ее перпендикулярности относительно базовой оси.

Суммарным отклонением формы и расположения называют отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемой поверхности или профиля относительно заданных баз.

Стандартом установлено семь видов суммарных отклонений: радиальное биение, торцовое биение; биение в заданном направлении; полное радиальное биение; полное торцовое биение; отклонение формы заданного профиля; отклонение формы заданной поверхности.

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

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

Биение в заданном направлении - разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения в сечении

рассматриваемой поверхности конусом, ос которого совпадает с базовой осью, а образующая имеет заданно направление до вершины этого конуса .

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

Полное торцовое биение - разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцовой поверхности до плоскости перпендикулярной базовой оси.

Отклонение формы заданного профиля - наибольшее отклонение точек реального профиля от номинального профиля, определяемое по нормали к номинальному профилю в пределах нормируемого участка.

Отклонение формы заданной поверхности - наибольшее отклонение точек реальной поверхности от номинальной, определяемое по нормали к номинальной поверхности в пределах нормируемого участка.

Нормирование отклонений формы и расположения поверхностей и обозначение их допусков на чертежах

Нормирование отклонений формы и расположения поверхностей заключается в ограничении их допусками.

Допуском формы называется наибольшее допустимое значение отклонения формы.

Допуском расположения называется предел, ограничивающий допускаемое значение отклонения расположения.

Допуск для всех отклонений формы и расположения поверхностей обозначается буквой Т.

Числовое значение допуска формы и расположения определяется степенью точности в зависимости от номинального размера. Под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка, или номинальная длина большей стороны поверхности, или номинальный больший диаметр торцовой поверхности, если нормируемый участок не задан.

ГОСТ 24643-81 устанавливает 16 степеней точности.

Наряду с понятиями допуска формы и допуска расположения установлено понятие поля допуска.

Поле допуска формы — область в пространстве или на плоскости, внутри которой должны находиться все точки реального рассматриваемого элемента в пределах нормируемого участка.

Поле допуска расположения — область в пространстве или заданной плоскости, внутри которой должен находиться прилегающий элемент или ось, центр, плоскость симметрии в пределах нормируемого участка. Ширина или диаметр поля допуска определяются значением допуска, а расположение относительно баз определяется номинальным расположением рассматриваемого элемента.

Для допусков формы и расположения, которые являются составной частью допуска размера на основе истолкования предельных размеров по ГОСТ 24642-81 в зависимости от соотношения между допусками размеров и

допусками формы и расположения поверхностей, установлены в процентном отношении относительные геометрические точности формы и расположения поверхностей.

Установлено три уровня относительной геометрической точности формы и расположения: А — нормальная относительная геометрическая точность величиной 60 %; В — повышенная относительная геометрическая точность величиной 40%; С — высокая относительная геометрическая точность величиной 25 %.

Следует иметь в виду, что для цилиндрических поверхностей, когда допуски формы задают по радиусу, оценки нормированных уровней относительной геометрической точности А, В, С должны быть сокращены вдвое до значений соответственно 30; 20 и 12,5 %.

Степени точности для допусков формы и расположения поверхностей в каждом конкретном случае определяют с учетом рекомендаций ГОСТ 24643-81, по качеству и принятому уровню относительной геометрической точности.

Если на рабочем чертеже детали не указаны требования точности к отклонениям формы и расположения, то подразумевается, что эти ограничения (допуски формы и расположения) могут быть в пределах поля допуска размера (ГОСТ 25069-81). В тех случаях когда допуски формы и расположения меньше, чем допуск размера, требования к допускам формы и расположения должны быть указаны в соответствии с ГОСТ 2.308-79 и ГОСТ 24643-81 одним из двух способов: или условными обозначениями на чертеже, или текстом в технических условиях. Применение условных обозначений является более предпочтительным. При условном обозначении знак, числовое значение допуска в миллиметрах и, если нужно, буквенное обозначение базы в указанной последовательности вписывают в рамку, разделенную соответственно на два или три поля. Рамку соединяют с элементом, к которому относится допуск, прямой или ломаной линией, заканчивающейся стрелкой.

Базу обозначают равносторонним заштрихованным треугольником, который соединяют с рамкой допуска соединительной линией. При необходимости базу обозначают в специальной рамке прописной буквой, и эту же букву вписывают в третье поле рамки. Если базой является ось или плоскость симметрии, то треугольник располагают в конце размерной линии соответствующего размера элемента. Если базой является поверхность или прямая (линия) этой поверхности, то треугольник должен располагаться на достаточном расстоянии от конца размерной линии (стрелки).

Суммарные допуски формы и расположения поверхностей, для которых не установлены отдельные символы, обозначают знаками составных допусков: сначала знак допуска расположения и затем знак допуска формы.

Различают независимые и зависимые допуски формы и расположения поверхностей.

Независимый допуск расположения (формы) - допуск, числовое значение которого постоянно для всей совокупности деталей, изготавливаемых по данному чертежу, и не зависит от действительного размера нормируемого или базового элемента. Независимые допуски применяют, когда сопрягаемые поверхности

деталей центрируются посадками с натягом или переходными, при необходимости обеспечить надежное функционирование посадок: отсутствие биения, балансировку, равномерность радиального зазора, плотность и герметичность.

Зависимый допуск расположения (формы) — допуск, числовое значение которого переменное для различных деталей, изготовленных по данному чертежу, и зависит от действительных размеров нормируемого или базового элемента.

Зависимые допуски расположения назначают преимущественно на межосевые расстояния крепежных отверстий, соосность участков ступенчатых отверстий, на симметричность расположения шпоночных пазов и т.д.

Для зависимых допусков расположения поверхностей возможно назначение их нулевых значений. Это значит, что отклонения расположения допустимы только за счет использования части допуска на размеры элемента.

При обозначении зависимого допуска расположения (формы) добавляется знак (M).

Возможен также вариант, когда зависимый допуск соосности будет получен исходя из действительных размеров базового и нормируемого элементов.

3.2 Шероховатость и волнистость поверхностей

Шероховатость и волнистость являются характеристиками качества поверхности, оказывающими большое влияние на многие эксплуатационные свойства деталей машин. Шероховатость поверхности представляет собой совокупность неровностей, образующих рельеф реальных поверхностей с относительно малыми шагами.

Рассматриваемые микронеровности образуются в процессе механической обработки путем копирования формы режущих инструментов, пластической деформации поверхностного слоя деталей под воздействием обрабатывающего инструмента, трения его о деталь, вибраций и т.д.

Шероховатость поверхностей деталей оказывает существенное влияние на износостойкость, усталостную прочность, герметичность и другие эксплуатационные свойства.

Для отделения шероховатости поверхности от других неровностей с относительно большими шагами (отклонения формы и волнистости) ее рассматривают в пределах ограниченного участка, длина которого называется базовой длиной l . Базовая длина нормируется в зависимости от параметров шероховатости в пределах ряда: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8; 25, т.е. чем больше микронеровности, тем больше базовая длина.

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

Базовая линия - это линия заданной геометрической формы, проведенная определенным образом относительно профиля и служащая для оценки геометрических параметров поверхностных неровностей. Вид этой линии зависит от вида поверхности элемента детали. Таким образом, базовая линия

поверхности элемента детали имеет форму линии номинального профиля и расположена эквидистантно этому профилю.

В качестве базовой линии при оценке поверхностных неровностей используется средняя линия, которая является базой для отсчета отклонения профиля.

Средняя линия профиля - это базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля от этой линии минимально.

Параметры шероховатости

Поверхностные неровности относятся к геометрическим параметрам и представляют собой сложную периодическую структуру. Поскольку профиль содержит большой объем случайных значений неровностей, то для большинства нормируемых параметров принимают усредненные значения.

Число геометрических параметров для оценки шероховатости поверхности достигает более 40 наименований.

Все основные определения, параметры шероховатости и их числовые значения приведены в ГОСТ 2789-73 и ГОСТ 25142-82.

Для практического нормирования в большинстве стран мира используют шесть параметров, которые делят на три группы:

— высотные: R_a — среднее арифметическое отклонение профиля; R_z — высота неровностей профиля по десяти точкам; R_{max} — наибольшая высота профиля;

— шаговые: S_m — средний шаг неровностей профиля; S — средний шаг местных выступов профиля;

— параметр формы: t_r — относительная опорная длина профиля.

Рассмотрим кратко эти нормируемые параметры.

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a — среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля от средней линии в пределах базовой длины.

Числовые значения параметров R_a , R_z , R_{max} , S_m , S определены стандартом ГОСТ 2789-73, причем для всех трех высотных параметров выделены предпочтительные значения, которыми и следует в первую очередь пользоваться. Эти числовые значения параметров шероховатости проставляют на чертежах.

Значения уровня сечения профиля r отсчитывают от линии выступов и выбирают из ряда: 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 % R_{max} .

Числовые значения t выбирают из ряда: 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 %.

Из всех перечисленных параметров шероховатости наиболее часто применяют параметры R_a и R_z . Параметр R_a является предпочтительным, так как его определяют по значительно большему числу точек профиля, чем R_z . Использование параметра R_z в качестве контрольного в значительной степени определяется способами измерения рассматриваемых параметров. Значения R_a преимущественно измеряют с помощью приборов, снабженных датчиками с

алмазной иглой. Определение Ra на грубых поверхностях связано с опасностью поломки алмазной иглы, а на очень гладких - с низкой достоверностью результатов из-за того, что радиус конца иглы не может фиксировать очень малые неровности. Поэтому Rz рекомендуется использовать при значениях высоты неровностей 320... 10 и 0,1 ...0,025 мкм, в остальных случаях — Ra.

Требования к шероховатости поверхности деталей и выбор параметров для ее оценки устанавливаются исходя из функционального назначения поверхности для обеспечения заданного качества поверхности.

Для неотчетливых деталей можно не указывать параметры шероховатости, в таком случае она не подлежит контролю.

Обозначение шероховатости поверхности на чертежах

ГОСТ 2.309-73 устанавливает обозначения и правила нанесения шероховатости поверхности на чертежах изделий.

Базовую длину для параметров Ra, Rz и R_{max} не указывают, если их числовые значения соответствуют значениям базовой длины.

Знаки шероховатости располагаются по линии контура детали на выносных линиях.

В тех случаях когда ко всем поверхностям детали устанавливаются одинаковые требования к шероховатости, эти требования указываются в правом верхнем углу чертежа детали.

Если поверхности детали по шероховатости нормируются в разной степени, то в правый верхний угол выносится наиболее часто повторяющееся требование: знак шероховатости и параметр шероховатости изображают увеличенным в 1,5 - 2 раза, а за ним в скобках помещают знак √, который указывает на наличие поверхностей с иными показателями шероховатости, нанесенными непосредственно на изображение детали. Размеры и толщина линий знака в обозначении шероховатости должны быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем в обозначениях, нанесенных на изображении.

Если среди обрабатываемых поверхностей по данному чертежу имеются поверхности без нормирования шероховатости, то выносить обозначения в угол чертежа не допускается.

Допускается применять упрощенное обозначение с разъяснением его в технических требованиях в случае неудобства размещения на поле чертежа.

Волнистость поверхности

Волнистость занимает промежуточное положение между отклонениями формы и шероховатостью поверхности. Возникновение волнистости связано с динамическими процессами, вызываемыми потерей устойчивости системы станок-приспособление-инструмент-деталь и выражающимися в возникновении вибраций.

Волнистость поверхности - это совокупность периодически повторяющихся неровностей, у которых расстояния между смежными возвышенностями или впадинами превышают базовую длину для имеющейся шероховатости поверхности.

Волнистость, которая должна быть больше или равна пятикратному значению шага самой большой волны, оценивают на длине участках.

4 РАСЧЕТ ДОПУСКОВ РАЗМЕРОВ, ВХОДЯЩИХ В РАЗМЕРНЫЕ ЦЕПИ

Центральной технико-экономической проблемой теории точности, основ взаимозаменяемости, основ проектирования и технологии производства изделий и ряда других современных научных дисциплин, а также всех этапов жизненного цикла любого изделия машино- и приборостроения является проблема точности - нормирования допусков многочисленных геометрических и физических параметров, идентифицирующих эксплуатационные свойства качества изделий.

Одним из самых надежных и эффективных методов расчета допусков геометрических параметров составных частей изделий, а также решения других разнообразных и многочисленных точностных задач является метод размерных цепей. Метод позволяет еще до изготовления опытных образцов или применения других способов экспериментальных проверок устанавливать расчетом допуски геометрических параметров и проверить правильность их назначения для обеспечения собираемости и работоспособности изделий. Метод размерных цепей является одним из эффективных методов оптимальных решений задач расчета допусков размеров, составляющих размерные цепи.

Использование метода размерных цепей позволяет существенно сократить время и материальные затраты на этапе технической подготовки и непосредственно производства изделий, повысить качество и сократить сроки отработки изделий, их конструкторской и технологической документации.

Размерной цепью называется совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи.

Размеры, входящие в размерную цепь, называют звеньями размерной цепи.

Различают замыкающее и составляющие звенья размерной цепи. Каждая размерная цепь имеет одно замыкающее звено.

Замыкающим звеном называют звено размерной цепи, являющееся исходным при так называемой прямой постановке задачи размерного расчета на этапе проектирования изделия, а также получающееся последним при сборке изделия в процессе его изготовления и расчета при обратной постановке задачи размерного расчета.

Замыкающими такие звенья называют потому, что в процессе сборки изделия или при обработке элементов отдельных деталей замыкают реальную размерную цепь. Замыкающие звенья размерной цепи непосредственно не выполняются, а являются результатом выполнения (в том числе изготовления) всех других звеньев, составляющих размерную цепь.

К замыкающим звеньям размерных цепей предъявляют высокие требования по точности, поскольку они определяют важнейшие

эксплуатационные свойства качества изделия и прежде всего показатели назначения, надежности и взаимозаменяемости.

К числу основных типовых замыкающих звеньев размерных цепей относят:

- зазоры и натяги в сопряжениях деталей;
- выступы и перекрытия элементов одних деталей относительно других;
- симметричность поверхностей;
- зацепление поверхностей одних деталей относительно других;
- соосность цилиндрических поверхностей одной или нескольких деталей;
- расстояния между поверхностями деталей, определяющие начало и конец воздействия одной детали на другую.

Эти и многие другие параметры изделий в прошлом называли узловыми. Им всегда уделяют первостепенное внимание.

Замыкающие звенья (размеры) размерных цепей тщательно отработывают на основе аналитических, кинематических, прочностных, стойкостных и других видов расчетов, а также при экспериментальных исследованиях.

Составляющие звенья размерной цепи функционально связаны с замыкающим звеном.

Полученные зависимости выражают уравнения номинальных размеров рассматриваемых размерных цепей. Такие зависимости могут быть представлены также в виде геометрической схемы размерных цепей.

Геометрическая схема размерной цепи - совокупность векторов-звеньев размерной цепи, образующих замкнутый контур и определяющих взаимосвязь замыкающего и составляющих звеньев размерной цепи.

Геометрические схемы позволяют исключить возможность ошибок и упростить задачу выявления размерных цепей, особенно при сложных многозвенных цепях.

В зависимости от влияния на замыкающее звено составляющие звенья разделяют на увеличивающие и уменьшающие. Увеличивающими называют такие звенья, с увеличением которых величина замыкающего звена увеличивается; уменьшающими - звенья, с увеличением которых величина замыкающего звена уменьшается.

Разнообразие конструктивных устройств изделий и их составных частей, а также задач размерных расчетов определяет различные виды размерных цепей, каждая из которых имеет свои особенности по приемам выявления, виду уравнений, методам исследования, вычисления и др.

Рассмотрим виды размерных цепей по их основным классификационным признакам.

В зависимости от взаимного расположения звеньев различают плоскостные и пространственные размерные цепи.

Плоскостные размерные цепи состоят из звеньев, являющихся только линейными размерами или линейными и угловыми размерами, расположенными в одной плоскости или в нескольких параллельных плоскостях.

Частным случаем наиболее простых плоскостных размерных цепей являются размерные цепи с параллельными размерами. Такие цепи состоят только из линейных параллельных друг другу размеров. В пространственных размерных цепях звенья имеют взаимное пространственное положение, характеризующееся их расположением в непараллельных плоскостях.

По принадлежности (месту) в изделии различают размерные цепи сборочных единиц и детальные (поддетальные) размерные цепи.

В размерных цепях сборочных единиц звеньями являются размеры, принадлежащие нескольким деталям сборочной единицы изделия.

В детальных размерных цепях звеньями являются размеры, принадлежащие только данной детали.

По назначению различают основные и производные размерные цепи.

Основной размерной цепью называют цепь, замыкающим звеном которой является размер, обеспечиваемый в соответствии с решением основной задачи.

Производной размерной цепью называют цепь, замыкающим звеном которой является одно из составляющих звеньев основной размерной цепи.

По размерности замыкающего звена различают линейные и угловые размерные цепи. Составляющими звеньями таких размерных цепей в общем случае являются линейные и угловые размеры.

По области применения размерные цепи делят на конструкторские, технологические и измерительные.

С помощью конструкторских размерных цепей решают задачи по обеспечению требуемого взаимного положения деталей в изделии для достижения их взаимозаменяемости, собираемости, работоспособности и др.

Технологические и измерительные размерные цепи образуются при осуществлении технологических процессов обработки и измерения деталей для решения задач по обеспечению требуемого положения деталей в процессе обработки относительно режущих инструментов или в процессе измерения относительно измерительных средств, при настройке оборудования, расчетах технологических размеров, перемене баз, расчетах межоперационных размеров и т.д.

Указанные обозначения предельных отклонений звеньев размерной цепи предполагают, что звенья цепи могут быть отнесены как к отверстиям, так и к валам. Звенья размерных цепей могут представлять также элементы, не относящиеся к отверстиям и валам.

При решении задач в области конструирования, изготовления, сборки, контроля и измерения параметров деталей и сборочных единиц выделяют две основные постановки задач размерных расчетов - прямую и обратную.

Прямая задача заключается в том, что при известных (заданных) параметрах замыкающего звена требуется определить значение параметров всех составляющих звеньев размерной цепи. Такая задача обычно появляется на этапе проектирования, при проектных расчетах.

При обратной задаче известны параметры всех составляющих звеньев размерной цепи и нужно определить параметры замыкающего звена. Обратные задачи возникают на этапе производства изделия и являются проверочными

расчетами размерных цепей, т.е. решением обратной задачи проверяется правильность решения прямой задачи.

Последовательность расчетов при решении прямой и обратной задач различная. Однако решение задачи размерных расчетов в обеих постановках имеет одинаковые основные этапы: выявление размерной цепи и построение ее геометрической схемы; составление уравнений размерной цепи; решение уравнений размерной цепи.

4.1 Методика выявления звеньев размерных цепей и построения геометрических схем

Общее правило выявления размерных цепей. Несмотря на разнообразие видов размерных цепей, существует ряд общих методических приемов выявления размерных цепей и составления их геометрических схем. Выявление и составление размерных цепей производят в следующем порядке:

- исходя из задачи расчета устанавливают замыкающее звено размерной цепи;

- пользуясь сборочными и рабочими чертежами деталей изделия, а при необходимости и натурными образцами, выявляют детали и сборочные единицы изделия, размеры которых оказывают влияние на величину замыкающего звена;

- устанавливают направление действующих на детали рабочих и сборочных нагрузок, определяющих их взаимное положение, при котором в соответствии с условиями задачи расчета фиксируется величина замыкающего звена;

- вычерчивают эскиз выявленных ранее взаимодействующих друг с другом (в соответствии с условиями задачи) деталей и сборочных единиц изделия, влияющих на величину замыкающего звена.

Сборочный эскиз вычерчивают с такой точностью графического изображения, которая необходима для размерного расчета: излишние подробности эскиза могут затруднить графическое выражение задачи;

- выявляют и обозначают на эскизе поверхности контактов (конструкторские базы) взаимодействующих деталей и сборочных единиц, образуемые под действием сборочных или рабочих нагрузок, согласно условиям задачи;

- непосредственно на эскизе или рядом с ним вычерчивают геометрическую схему основной размерной цепи, включающую в виде направленных векторов-размеров замыкающее звено и составляющие звенья, которые соединяют конструкторские базы сопряженных деталей, образуя при этом замкнутый контур;

- для размерных цепей с параллельными размерами каждая деталь представлена одним размером, соединяющим базовые контактные поверхности деталей. Составляющие звенья размерной цепи нумеруют порядковыми номерами при переходе от одного звена к другому;

- получают исходное уравнение основной размерной цепи, проектируя все звенья выявленной размерной цепи на выбранное направление. Обычно это алгебраическое уравнение для линейных размерных цепей представляют в виде

явной функции составляющих звеньев размерной цепи относительно замыкающего звена;

— по рабочим чертежам деталей, которые устанавливаются по сборочным чертежам и спецификациям, выявляют элементы конструкции, идентичные звеньям размерной цепи, вошедшим в геометрическую схему, и непосредственно по чертежу или с помощью производных размерных цепей устанавливают числовые значения номинальных размеров всех составляющих звеньев размерной цепи;

— подставляя полученные значения всех звеньев в исходное уравнение размерной цепи, получают полное уравнение основной цепи.

На конкретных примерах рассмотрим практические приемы выявления и построения размерных цепей различных видов с учетом их особенностей.

Размерные цепи с параллельными линейными размерами. Методику выявления такой размерной цепи рассмотрим на примере кривошипно-шатунного и поршневого механизма автомобильного двигателя.

Одной из задач размерного расчета этого механизма является обеспечение собираемости его деталей с блоком цилиндров двигателя, для чего конструктором предусмотрен гарантированный зазор между торцом бобышки поршня и торцом верхней головки шатуна. В случае отсутствия зазоров со стороны правого или левого торцов верхней головки шатуна сборка механизма с блоком цилиндров двигателя становится невозможной. Величина зазора со стороны правого торца бобышки шатуна при крайнем правом положении шатуна соответствует крайнему правому положению поршня шатуна и коленчатого вала, а величина зазора со стороны левого торца бобышки шатуна соответствует крайнему левому положению поршня, шатуна и коленчатого вала. В качестве замыкающих звеньев при решении данной задачи принимают зазоры Ад (размерная цепь А).

Плоскостные размерные цепи с линейными и угловыми размерами. Размерная цепь с угловыми размерами представляет собой плоскую размерную цепь, в которой наряду с линейными имеются угловые размеры. Выявление и составление таких размерных цепей производят с учетом их особенностей и в соответствии с общим правилом построения размерных цепей.

Основной особенностью размерных цепей с угловыми размерами является наличие неявных точек контакта для одной или нескольких деталей сборочной единицы. В число составляющих звеньев основных размерных цепей должны быть включены так называемые переходные размеры, направленные по наклонной стороне угла до неявной точки контакта.

Рассмотрим особенности и методику составления размерных цепей с угловыми размерами на примере клапанного механизма автомобильного двигателя с верхним расположением клапанов.

4.2 Уравнения размерных цепей

Виды уравнений размерных цепей. Уравнения размерных цепей — это аналитические выражения взаимосвязи параметров замыкающего и составляющих звеньев размерных цепей.

С помощью уравнений размерных цепей проводят расчеты параметров замыкающего и составляющих звеньев (в соответствии с поставленными задачами), в том числе выбор методов достижения требуемой точности замыкающих звеньев размерных цепей.

В соответствии с параметрами звеньев размерных цепей для каждой размерной цепи различают следующие виды уравнений:

- номинальных размеров;
- точности (допусков);
- предельных размеров;
- предельных отклонений;
- координат середины полей допусков.

Конкретные выражения уравнений размерных цепей определяются видами размерных цепей, а также принятым методом расчета.

В настоящее время применяют два метода расчета (вычисления) параметров звеньев размерных цепей: метод максимума-минимума и вероятностный метод.

При расчете методом максимума-минимума учитывают только предельные размеры (отклонения) звеньев размерной цепи.

Недостатком метода максимума-минимума является очень малая вероятность совпадения действительных размеров параметров с их предельными размерами. Расчеты по этому методу приводят к повышенным требованиям к точности звеньев размерной цепи.

Вместе с тем метод достаточно прост и имеет широкое распространение в практике размерных расчетов.

При расчете вероятностным методом учитывают действительные или прогнозируемые законы рассеяния погрешностей звеньев размерных цепей и случайный характер их сочетания в размерных цепях. Вероятностный метод позволяет, задаваясь некоторой допустимой долей риска выхода замыкающего звена за установленные пределы, получить расширенные поля допусков составляющих звеньев размерной цепи по сравнению с методом максимума-минимума.

Уравнения плоскостных размерных цепей с параллельными линейными размерами. Расчет по вероятностному методу. Законы распределения составляющих звеньев размерных цепей. Звенья размерных цепей в данном случае рассматриваются как случайные величины, зависящие от множества технологических факторов, включающих в себя состояние оборудования, методы и точность его настройки, качество и точность режущих инструментов и измерительных средств, физико-механические свойства материала заготовок, способы базирования и установки деталей при обработке, Деформации упругой системы деталь-инструмент-станок-приспособление, квалификацию рабочих и многие другие.

Технологические факторы, вызывающие рассеяние случайных величин - звеньев размерных цепей, определяют законы их распределения, среди которых наибольшее практическое применение имеют нормальный закон, усеченные нормальные законы, закон Симпсона (закон треугольника), закон равной

вероятности, законы равновозрастающих и равноубывающих вероятностей, закон Максвелла и др. Наиболее широкое применение для многих технических приложений, в том числе для точностных расчетов, получил нормальный закон.

4.3 Методы достижения точности замыкающего звена

Обеспечение требуемого качества изделий, в том числе (и прежде всего) показателей назначения, технологичности и надежности, определяется достижением заданных параметров замыкающих звеньев размерной цепи.

Именно с этой целью выявлялись размерные цепи и их уравнения, устанавливающие функциональные связи замыкающих и составляющих звеньев.

Задачи размерных расчетов в их прямой и обратной постановках считаются решенными, если между заданными параметрами замыкающего звена и параметрами, рассчитанными по уравнениям размерных цепей, достигнуты следующие соотношения:

В настоящее время для достижения точности замыкающего звена различают следующие методы:

- полной взаимозаменяемости;
- неполной взаимозаменяемости;
- групповой взаимозаменяемости;
- регулирования;
- пригонки.

Применительно к производственным технологическим процессам указанные методы характеризуют методы сборки изделий и соответственно виды сборочных работ, выполняемых с целью обеспечения требуемой точности замыкающих звеньев размерных цепей.

Метод полной взаимозаменяемости. Общая характеристика метода. Метод полной взаимозаменяемости — метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается у всех объектов путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений.

Технологический процесс сборки при этом сводится к присоединению деталей в соответствии с установленным характером сопряжения без выполнения какой-либо пригонки, подбора деталей или регулирования их взаимного положения.

Основными достоинствами метода полной взаимозаменяемости являются простота и экономичность сборки, применение поточных организационных форм сборочных процессов, высокий уровень механизации и автоматизации сборочных процессов, возможность широкого кооперирования заводов, развитие специализированных предприятий с высоким уровнем автоматизации, возможность организации легкого, быстрого и дешевого ремонта изделий, упрощение системы изготовления запасных частей и др.

Метод полной взаимозаменяемости требует повышенной точности составляющих звеньев размерных цепей. В многозвенных цепях требуемая точность может существенно повышать среднюю экономическую, а иногда и

достижимую точность, соответствующую существующим технологическим методам обработки. Поэтому метод полной взаимозаменяемости находит применение для короткозвенных размерных цепей или в случае, когда к замыкающим звеньям многозвенных цепей не предъявляют высоких точностных требований.

Расчет параметров замыкающих звеньев при методе полной взаимозаменяемости производят методом максимума-минимума.

Решение прямой задачи. Решение прямой задачи с использованием метода полной взаимозаменяемости выполняется в следующей последовательности:

- формулируют задачу расчета и устанавливают замыкающее звено;
- исходя из поставленной задачи на основе специальных теоретических и экспериментальных исследований, опыта проектирования и эксплуатации аналогичных изделий и т. п. устанавливают параметры замыкающего звена;
- выявляют составляющие звенья и строят схему размерной цепи;
- составляют уравнения размерной цепи;
- устанавливают номинальные размеры всех составляющих звеньев;
- рассчитывают и устанавливают точностные параметры всех составляющих звеньев размерной цепи.

Расчет точностных параметров составляющих звеньев размерной цепи определяет основное содержание прямой задачи. Ниже рассмотрены такие расчеты применительно к плоскостным размерным цепям.

Номинальные размеры составляющих звеньев получают на основании прочностных, кинематических и других конструкторских расчетов, экспериментальных исследований и опыта проектирования с учетом многочисленных факторов, характеризующих применяемые материалы, действующие нагрузки, тепловые и скоростные режимы работы, характер соединения деталей и т.д.

Метод неполной взаимозаменяемости. Общая характеристика метода. Метод неполной взаимозаменяемости — это метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается у заранее обусловленной части объектов включением в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений.

Сборка изделия при методе неполной взаимозаменяемости производится так же, как и при методе полной взаимозаменяемости без пригонки, регулировки и подбора, но при этом у некоторых изделий допуски замыкающих звеньев при методе неполной взаимозаменяемости могут выйти за установленные пределы.

Для того чтобы достигнуть требуемой точности замыкающих звеньев у этой части звеньев, необходимы дополнительные затраты на замену или пригонку отдельных составных частей. В этом состоят недостатки метода.

Достоинства метода практически те же, что и метода полной взаимозаменяемости. Кроме того, к преимуществам метода могут быть отнесены несколько увеличенные по сравнению с методом полной взаимозаменяемости допуски составляющих звеньев. Расчет параметров

замыкающего звена при неполной взаимозаменяемости производится вероятностным методом.

Решение прямой задачи. Решение прямой задачи с использованием метода неполной взаимозаменяемости выполняется в той же последовательности, что и для метода полной взаимозаменяемости. При этом все этапы расчета полностью совпадают.

Рассмотрим основные способы расчета допусков составляющих звеньев: равных допусков и одинаковых точностей.

Способ равных допусков. Уравнение точности для плоских! размерных цепей при расчете по вероятностному методу.

Методы групповой взаимозаменяемости и пригонки. Общая характеристика метода групповой взаимозаменяемости. Метод групповой взаимозаменяемости — метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается добавлением в размерную цепь составляющих звеньев, принадлежащих к одной из групп, на которые они предварительно рассортированы.

Достоинством метода является достижение высокой точности замыкающего звена при экономически целесообразных допусках составляющих звеньев размерной цепи. Метод находит применение в массовом и крупносерийном производстве для короткозвенных размерных цепей (3 - 4 звена).

Примерами применения метода могут служить комплектация шариков и колец шариковых подшипников, подбор при сборке поршней и поршневых колец, подбор при сборке пальца к отверстию верхней головки шатуна двигателя внутреннего сгорания.

К недостаткам метода относят увеличение незавершенного производства ввиду количественных несоответствий в группах деталей, соединяемых при сборке; дополнительные затраты на сортировку деталей по группам; усложнение снабжения запасными частями.

Расчет параметров звеньев размерных цепей производят по методу максимума-минимума.

Общая характеристика метода пригонки. Метод пригонки, или технологической компенсации, — метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением размера компенсирующего звена удалением с компенсатора определенного слоя материала. Для этого компенсирующее звено детали компенсатора поступает на сборку с заранее установленным припуском, удаляемым по мере надобности, методами механической обработки в процессе пригонки для достижения требуемого значения замыкающего звена. На все другие составляющие звенья размерной цепи, в том числе компенсирующие, устанавливаются экономически целесообразные допуски. Метод применяется в индивидуальном и мелкосерийном производстве.

Расчет параметров размерных цепей может проводиться как методом максимума—минимума, так и вероятностным методом. К недостаткам метода

относят удорожание сборки и повышенную трудоемкость сборочных работ, а также усложнение планирования и снабжения изделия запасными частями.

Метод регулирования. Общая характеристика метода. Метод регулирования — метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением размера компенсирующего звена без удаления материала с компенсатора.

Изменение компенсирующего звена при сборке изделия достигается или применением специальных конструктивных устройств (компенсаторов) с помощью непрерывных либо периодических перемещений: деталей по резьбе, клиньям, коническим поверхностям, эксцентрикам и т.д., или подбором сменных деталей типа прокладок, колец и втулок.

В качестве неподвижных конденсаторов обычно применяют комплекты из деталей изделия, например сменных колец, втулок, шайб и т.д., подбираемых при сборке по месту до достижения требуемой точности замыкающего звена, или наборы прокладок одинаковой или разной толщины, подбираемых по месту с той же целью. Подвижные компенсаторы — это устройства или отдельные детали, за счет регулировки которых, достигаемой перемещением или поворотом, обеспечивается требуемый размер замыкающего звена.

Подвижные компенсаторы по непрерывности регулирования разделяют на компенсаторы с периодическим регулированием (резьбовые, клиновые, эксцентриковые и др.) и компенсаторы с непрерывным регулированием, как правило автоматического регулирования. При использовании подвижных и неподвижных (набор прокладок) компенсаторов создаются условия для поддержания требуемой точности замыкающего звена в процессе эксплуатации.

По назначению все типы компенсаторов делят на группы, компенсирующие линейные или угловые размеры. Расчет параметров размерных цепей проводят методом максимума-минимума или вероятностным методом.

К недостаткам метода регулирования относят некоторое усложнение конструкции введением конструктивного компенсатора и усложнение сборки из-за необходимости проводить регулировку. Метод нашел широкое применение для многозвенных цепей с высокими требованиями к точности замыкающих звеньев.

Решение прямой задачи. Допуски всех составляющих звеньев размерной цепи при методе регулирования назначают в соответствии с экономически приемлемыми в данных условиях допусками.

Для обеспечения необходимой точности замыкающего звена при методе регулирования набор сменных деталей (сменных колец, втулок, шайб и др.) или наборы прокладок одинаковой или разной толщины должны состоять из нескольких групп (ступеней), число которых определяется требуемой величиной компенсации и заданным допуском замыкающего звена.

Такие ступени регулирования должны быть обеспечены и при прерывисто-фиксированном регулировании с помощью специальных компенсирующих устройств.

5 КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ ПРЕДЕЛЬНЫМИ КАЛИБРАМИ

Калибры - бесшкальные измерительные инструменты, предназначенные для контроля размеров элементов деталей, их геометрической формы и взаимного расположения.

С помощью калибров нельзя определить действительные размеры элементов деталей. Задачей контрольных функций калибров является установление соответствия действительных размеров элементов деталей их предельным значениям, проставленным в рабочих чертежах, на основе чего делаются выводы о годности или негодности детали по ее контролируемому параметру. Методы контроля делят на активные и пассивные. При активных методах контролируют ход технологического процесса, производя по результатам контроля подналадки процесса обработки с целью недопущения появления бракованных деталей. При пассивных методах контроля, осуществляемых предельными калибрами, при различных видах технического контроля констатируют годность или негодность изготовленных деталей. Предельные гладкие калибры получили широкое применение в серийном и массовом производстве.

Контроль размеров элементов деталей с помощью предельных гладких калибров сводится к следующему: выполняют по диаметру, близкому к наименьшему предельному размеру контролируемого отверстия D_{\min} , а другой калибр - непроходной (НЕ) - по диаметру, близкому к наибольшему предельному размеру отверстия D_{\max} .

Вывод о годности детали, когда действительный размер контролируемого отверстия находится в пределах заданного поля допуск делают на основании того, что калибр ПР должен проходить, калибр НЕ не должен проходить в контролируемое отверстие.

Для контроля валов изготавливают два предельных калибра-скобы. Калибр-скоба ПР имеет размер, близкий к наибольшему предельному размеру вала d_{\max} , а калибр-скоба НЕ - размеру близкий к наименьшему предельному размеру вала d_{\min} .

Если калибр-скоба ПР свободно пройдет по диаметру вала, а калибр-скоба НЕ не пройдет, то деталь признается годной по контролируемому размеру вала.

Любое нарушение названных условий годности при контроле отверстий и валов деталей предельными калибрами, например, калибр-скоба ПР не проходит по валу, а калибр-пробка НЕ проходит в контролируемое отверстие, является основанием для вывода о негодности (исправимый или неисправимый брак) деталей по контролируемым размерам. На ранних этапах развития взаимозаменяемости, когда еще не было системы допусков и посадок, контроль осуществлялся с помощью нормальных калибров.

Сущность контроля нормальными калибрами состоит в том, что для контроля валов изготавливается один калибр-кольцо, к которому надо подогнать (припасовать) обрабатываемый вал так, чтобы калибр-кольцо проходил вал плавно. Аналогично для контроля отверстий изготавливался один

калибр-пробка, к которому должно было быть подогнано обрабатываемое отверстие так, чтобы калибр-пробка проходил через отверстие плавно. При этом действительные размеры калибра-пробки и калибра-кольца должны обеспечивать требуемый характер сопряжения - посадку, предусмотренную в рабочих чертежах для контролируемых деталей изделия.

Существенными недостатками нормальных калибров являются низкая производительность, потребность в высокой квалификации рабочих, отсутствие объективности контроля.

В настоящее время нормальные калибры используются в промышленном производстве в основном в виде шаблонов при обработке криволинейных контуров и фасонных поверхностей в инструментальном производстве, технологической оснастке литейных и штамповочных производств и др.

5.1 Система предельных гладких калибров

К числу основных правил, определяющих систему предельных гладких калибров, относятся:

- установление взаимосвязи между калибрами рабочими, приемными и контрольными;
- установление единых правил пользования калибрами и контркалибрами;
- разработка требований к конструкции калибров;
- нормирование величин и правил задания допусков на изготовление и износ калибров и контркалибров;
- разработка методики расчета исполнительных размеров калибров и контркалибров.

По назначению гладкие предельные калибры разделяют на рабочие, приемные и контрольные.

В условиях производства рабочие предельные калибры используют для выполнения двух взаимосвязанных задач. Первая задача выполняется изготовителями деталей изделия, а вторая - контролерами в системе технического контроля.

В настоящее время по стандартам ИСО рабочие калибры имеют клеймо ПР и НЕ.

Осуществляя технологические процессы размерной обработки элементов деталей, рабочие неоднократно используют калибры, и особенно ПР, как при обработке отверстий, так и валов. Калибры-пробки ПР и калибры-скобы ПР подвергаются при этом износу. Поэтому в системе предельных гладких калибров уделяется должное внимание обеспечению износостойкости калибров, а также нормированию величин износа их проходных сторон, определяющих в конечном итоге стойкость калибров и эффективность контроля.

Основой взаимосвязи поставленных задач, выполняемых с использованием рабочих предельных гладких калибров, является безусловное обеспечение качества изготовленной продукции по результатам контроля при неизменном выполнении условия, чтобы правильно изготовленная по калибрам

рабочего деталь не была бы забракована при контроле с использованием калибров, принадлежащих контролерам отдела технического контроля.

Одним из основных требований, предъявляемых к калибрам является обеспечение стабильности их размеров в процессе эксплуатации. Изменение размеров калибров может происходить под действием внутренних остаточных напряжений, а также при несоблюдении правил хранения и эксплуатации. С целью снижения влияния на стабильность металл калибров при их изготовлении подвергают искусственному старению.

По характеру измерительного контакта различают калибры с поверхностным линейным и точечным контактом.

По конструктивному устройству гладкие предельные калибры для контроля валов и отверстий разделяют на цельные и составные, однопредельные и двухпредельные, односторонние и двухсторонние, регулируемые и нерегулируемые (жесткие).

Однопредельные пробки или скобы применяют при контроле деталей относительно больших размеров.

Двухсторонние двухпредельные калибры несколько ускоряют контроль, однако предусмотрены лишь для размеров до 50 мм.

6 ТОЧНОСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Подшипники качения являются наиболее распространенными стандартными изделиями (сборочными единицами). Подшипники качения, работающие при самых разнообразных нагрузках и частотах вращения, должны обеспечивать точность, бесшумность, долговечность и другие эксплуатационные свойства качества. Телами качения являются шарики, ролики или иглы (в игольчатых подшипниках).

Основными присоединительными размерами, по которым осуществляется полная (внешняя) взаимозаменяемость, являются наружный диаметр D наружного кольца и внутренний диаметр d внутреннего кольца.

Внутренняя взаимозаменяемость в подшипниках между телами качения, кольцами и сепаратором является неполной и осуществляется селективной сборкой.

ГОСТ 24955-81 устанавливает термины и определения основных понятий в области подшипников качения, их деталей и элементов.

ГОСТ 25256-82 устанавливает термины и определения основных понятий в области допусков на подшипники качения, их детали и элементы. Основные размеры подшипников качения указаны в ГОСТ 3478-79.

Основным параметром подшипника качения, определяющим его точность вращения, грузоподъемность, бесшумность работы, равномерность распределения нагрузки и другие эксплуатационные свойства, является радиальный зазор между телами качения и дорожками качения. Его величина зависит от точности размеров 1 присоединительных поверхностей к корпусу и валу изделия, точности формы и расположения поверхностей колец (радиальное и

торцевое биение, непараллельность торцов колец), шероховатости их поверхностей (особенно дорожек качения), точности формы и размеров тел качения в одном подшипнике и шероховатости их поверхностей; величины бокового биения по дорожкам качения внутреннего и наружного колец.

В зависимости от точности указанных параметров ГОСТ 520-89 для шариковых и роликовых подшипников устанавливает классы точности в порядке повышения точности: 0,6; 5; 4; 2.

Класс точности проставляют (через тире) перед условным обозначением подшипника, например 6-205. Нулевой класс в обозначении не указывают, поскольку его применяют для большинства механизмов общего назначения. Подшипники более высоких классов точности применяют при больших частотах вращения и в случаях, когда требуется высокая точность вращения вала (например, для авиационных двигателей, для шпинделей шлифовальных и других прецизионных станков).

В гироскопических и других прецизионных приборах и машинах используются подшипники класса точности 2 и 0.

С повышением класса точности возрастают точностные требования ко всем элементам подшипников как внутренним, обеспечивающим точность вращения и радиальные зазоры между телами качения и дорожками колец, так и внешним, обеспечивающим посадку колец в изделии.

Точность тел качения очень высокая и составляет в среднем по равномерности в одном подшипнике 1 мкм.

Шероховатость поверхности тел качения, дорожек качения и присоединительных поверхностей колец Ra 0,63...0,32 мкм и менее. Уменьшение параметра шероховатости Ra от 0,32 до 0,08 мкм повышает ресурс подшипника более чем в два раза, а дальнейшее уменьшение параметра шероховатости Ra до 0,08... 0,04 мкм - еще на 40 %.

В связи с недостаточной жесткостью колец подшипников, стандартом допускается их овальность в свободном состоянии, которая может достигать до 50 % допуска на диаметр. При сборке и монтаже подшипника кольца выправляются.

Присоединительные диаметры колец подшипников изготавливают с отклонениями размеров внутреннего диаметра внутреннего кольца и наружного диаметра наружного кольца, не зависящими от посадки, по которой их будут монтировать.

Посадки наружного кольца с отверстием корпуса изделия выполняют в системе вала и поле допуска наружного диаметра наружного кольца располагается как для основного вала, т.е. в "минус" от нулевой линии. Посадки внутреннего кольца с валом изделия осуществляются в системе отверстия, но поле допуска внутреннего диаметра внутреннего кольца располагается от нулевой линии в "минус".

Применение системы отверстия и системы вала в посадках колец подшипника с валом и отверстием корпуса обеспечивает их полную взаимосвязь и быстрый демонтаж и монтаж в условиях эксплуатации. Кроме того, особенность расположения полей допусков внутреннего диаметра

внутреннего кольца подшипника позволяет не прибегать к специальным посадкам для получения неподвижных соединений колец с валами, а использовать стандартные переходные посадки ЕСДП.

6.1 Выбор посадок подшипников качения

Весьма важным в обеспечении высокой работоспособности подшипников является выбор посадок колец подшипника с присоединяемыми поверхностями деталей изделия. Основными факторами, определяющими выбор посадок, являются:

- вид нагружения колец подшипника;
- величина нагрузки (интенсивность нагружения);
- частота вращения; — условия монтажа.

Главным фактором при выборе посадок является вид нагружения наружного и внутреннего колец подшипника.

Различают три вида нагружения подшипников: местное, циркуляционное и колебательное.

Местное нагружение кольца (М) – вид нагружения, при котором действующая на подшипник результирующая радиальная нагрузка F_r постоянно воспринимается одним и тем же ограниченным участком дорожки качения этого кольца и передается соответствующему участку посадочной поверхности вала и корпуса. Такое нагружение имеет место, когда кольцо не вращается относительно действующей нагрузки или кольцо и нагрузка участвуют в совместном вращении.

Циркуляционное нагружение кольца (Ц) – вид нагружения, при котором действующая на подшипник результирующая радиальная нагрузка воспринимается и передается телами качения в процессе вращения дорожки качения последовательно по всей ее длине и соответственно всей посадочной поверхности вала или корпуса. Такое нагружение происходит, когда кольцо вращается относительно постоянной по направлению радиальной нагрузки с частотой вращения или когда нагрузка вращается относительно неподвижного кольца.

Колебательное нагружение кольца (К) – вид нагружения, при котором неподвижное кольцо подшипника подвергается одновременному воздействию радиальных нагрузок: постоянной по направлению F_c и вращающейся F_r ($F_r < F_c$). Их равнодействующая совершает периодическое колебательное движение, причем она периодически воспринимается последовательно через тела качения зоной нагружения кольца и передается соответствующим ограниченным участкам посадочной поверхности.

Если $F_r > F_c$, то нагружение колец может быть местным или циркуляционным в зависимости от схемы приложения вращающихся сил. Кольца, которые остаются неподвижными, будут испытывать циркуляционное нагружение, а кольца, вращающиеся вместе с нагрузкой F_r , - местное нагружение. После определения вида нагружения колец подшипников, необходимо принять решение о характере посадок присоединяемых

поверхностей колец подшипников с присоединительными поверхностями изделия.

Кольца, испытывающие местное нагружение, без снижения качества подшипников могут допустить использование посадок с небольшим средневероятным зазором, наличие которого необязательно приведет к взаимному смещению, нарушающему неподвижность. Только при малых нагрузках и большой частоте вращения под воздействием отдельных толчков, сотрясений и других факторов может происходить такое смещение (кольцо будет периодически проворачиваться), что в определенной мере может быть полезным, обеспечивая равномерный износ сопрягаемых поверхностей и их долговечность.

Кольца, испытывающие циркуляционное нагружение, должны иметь посадки с гарантированным натягом, исключая возможность относительных смещений или проскальзывания, так как при появлении зазора в сопряжении будет происходить процесс раскатки колец с разрушительными последствиями.

Допустимые зазоры и натяги для сопряжений колец, испытывающих местное или циркуляционное нагружение, зависят от нагрузки на подшипник и частоты вращения.

С уменьшением частоты вращения и увеличением нагрузки на подшипник зазор при местном нагружении может быть увеличен и, наоборот, с увеличением частоты вращения и уменьшением нагрузки зазор следует уменьшать. Для колец, испытывающих циркуляционное нагружение, натяг в сопряжении должен увеличиваться вместе с возрастанием нагрузки на подшипник и уменьшением скорости вращения.

При циркуляционном нагружении колец подшипника посадки выбирают по интенсивности радиальной нагрузки на посадочную поверхность.

7 ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

7.1 Типы резьб и общие требования к их взаимозаменяемости

Резьбовые соединения благодаря их простоте, компактности и высоким эксплуатационным свойствам получили весьма широкое распространение во всех отраслях машиностроения. В настоящее время резьбовые соединения используются более чем в 60 % машин и механизмов.

Разнообразные условия использования резьбы привели к многообразию их типов по конструктивным признакам и назначению.

В зависимости от формы поверхности, на которой образуются резьбы, различают цилиндрические и конические резьбы; по профилю сечения резьбы разделяют на треугольные, трапецеидальные, упорные, прямоугольные, круглые; по числу заходов - на однозаходные и многозаходные; по направлению витков - на правые и левые; по единице измерения линейных величин - на метрические и дюймовые.

По назначению резьбы делят на резьбы общего назначения и специальные. К резьбам общего назначения относят крепежные, кинематические, трубные и арматурные.

Крепежные резьбы применяют для разъемных неподвижных соединений деталей машин. Основное их назначение - обеспечение прочности соединений и сохранение плотности (нераскрытия) стыка в процессе эксплуатации.

Кинематические резьбы применяют для подвижных соединений в передачах типа винт-гайка (ходовые винты и винты суппортов металлорежущих станков, винты измерительных приборов, винты прессов, домкратов и т.д.). В кинематических резьбах используют трапецеидальные, упорные и прямоугольные профили.

Прямоугольные резьбы имеют наименьшие потери на трение, они не стандартизированы и не рекомендуются из-за нетехнологичности в изготовлении и сложности получения соединений без осевого люфта.

Упорные резьбы предназначены для восприятия односторонних больших нагрузок.

Трубные и арматурные резьбы, имеющие треугольный профиль применяют для трубопроводов и арматуры с основным назначением обеспечения герметичности соединений.

К резьбам специального назначения относятся такие, которые применяют только в определенных изделиях некоторых отраслей промышленности (например, резьба для цоколей и патронов электрических ламп, беззаярная резьба в ходовых винтах координатно-расточных станков и т.д.).

Общими требованиями являются полная взаимозаменяемость, т.е. обеспечение безусловной свинчиваемости деталей, образующих резьбовое соединение при их независимом изготовлении без подгонки или подбора, и надежное выполнение предписанных эксплуатационных функций. Несмотря на существенные различия типов резьб основные принципы достижения взаимозаменяемости, а также системы допусков и посадок резьбовых соединений являются едиными. Поэтому в дальнейшем проблемы взаимозаменяемости резьбовых соединений рассмотрим применительно к крепежным метрическим резьбам.

Влияние погрешностей параметров резьбы на взаимозаменяемость.

При изготовлении резьбовых деталей неизбежны погрешности профиля резьбы и ее основных параметров, которые могут нарушить свинчиваемость и ухудшить качество соединения.

Погрешности всех трех диаметров для наружной резьбы, направленные в минус, и для внутренней резьбы, направленные в плюс, не будут влиять на свинчиваемость, в то время как любая погрешность шага и угла профиля, направленная и в плюс и в минус от их номинальных размеров помешает свинчиванию. Погрешности основных параметров резьбы также будут оказывать влияние на прочность резьбового соединения, но в разной степени. Погрешности наружного диаметра наружной резьбы, направленные в минус, и погрешности внутреннего диаметра внутренней резьбы гайки, направленные в

плюс, приведут к уменьшению рабочей высоты профиля, что повлияет на прочность резьбы, но не существенно и не создаст проблем при назначении допусков на эти параметры. Погрешности наружного диаметра внутренней резьбы и внутреннего диаметра наружной резьбы, направленные в плюс для внутренней резьбы и в минус для наружной резьбы, на прочность резьбы не влияют.

Погрешности шага и угла профиля влияют на прочность резьбы при достижении свинчивания резьбовых деталей уменьшением расчетной площади контакта боковых сторон профиля резьбы на длине свинчивания. Влияние погрешностей шага и угла профиля на прочность резьбы проявляется при достижении свинчивания резьбовых деталей за счет уменьшения расчетной площади контакта боковых сторон профиля резьбы на длине свинчивания.

Главная роль среднего диаметра резьбы в обеспечении взаимозаменяемости обусловлена тем, что помимо влияния на свинчиваемость, погрешности среднего диаметра резьбы вместе с погрешностями шага и угла профиля резьбы определяют взаимное положение боковых сторон профиля, по которым происходит контакт резьбовых деталей и оказывают существенное влияние на прочность резьбового соединения.

Средний диаметр наружной и внутренней резьбы выступает в качестве компенсатора погрешности шага и угла профиля резьбы для достижения свинчиваемости резьбовых соединений.

Для обеспечения требований взаимозаменяемости свинчиваемых деталей устанавливают предельные контуры наружной и внутренней резьбы, в пределах которых должны находиться действительные контуры наружной и внутренней резьбы.

7.2 Основы допусков на резьбы

Влияние погрешностей шага резьбы на свинчивание резьбовых деталей. Погрешностью (отклонением) шага называется разность между действительным и номинальным размерами шага. Погрешность шага состоит из местных и прогрессивных погрешностей шага. Местные погрешности вызываются местными погрешностями в шаге многопрофильных резьбонарезных инструментов, местными износами ходовых винтов металлорежущих станков, неоднородностью материала заготовок и другими причинами. Местные погрешности не зависят от длины свинчивания. Прогрессивные погрешности образуются в кинематических цепях резьбонарезания как результат неточностей изготовления и износа звеньев этих цепей, температурных и силовых деформаций динамической системы станок с кинематическими цепями - резьбонарезной инструмент - нарезаемая деталь, а также под действием других факторов.

Прогрессивные погрешности в шаге нарезаемой резьбы возникают пропорционально числу витков на длине свинчивания. Обычно прогрессивные погрешности превышают местные.

Свинчивание резьбовых деталей, имеющих погрешность шага резьбы, окажется возможным при наличии разности их средних диаметров, полученной

в результате уменьшения среднего диаметра резьбы болта или увеличения среднего диаметра резьбы гайки.

7.3 Система допусков и посадок с зазором метрических резьб

Наиболее распространенной, получившей наиболее широкое применение, является метрическая резьба с зазором для диапазона диаметров от 1 до 600 мм, система допусков и посадок которой представлена в ГОСТ 16093-81.

Основы этой системы допусков и посадок, включающие степени точности, классы точности резьб нормирование длин свинчивания, методики расчета допусков отдельных параметров резьбы, обозначение точности и посадок метрических резьб на чертежах, контроль метрических резьб и другие вопросы системы являются общими для всех разновидностей метрических резьб, хотя каждая из них имеет и свои особенности, иногда существенные, которые получили отражение в соответствующих ГОСТах.

Степени точности и классы точности резьбы. Метрическая резьба определяется пятью параметрами: средним, наружным и внутренним диаметрами, шагом и углом профиля резьбы.

Допуски назначаются только для двух параметров наружной резьбы (болта); среднего и наружного диаметров и для двух параметров внутренней резьбы (гайки); среднего и внутреннего диаметров. Для этих параметров для метрической резьбы установлены степени точности 3... 10.

В соответствии со сложившейся практикой степени точности сгруппированы в 3 класса точности: точный, средний и грубый. Понятие класса точности условное. При отнесении степеней точности к классу точности учитывают длину свинчивания, так как при изготовлении трудность обеспечения заданной точности резьбы зависит от имеющейся у нее длины свинчивания. Установлены три группы длин свинчивания: S - короткие, N - нормальные и L - длинные.

При одном и том же классе точности допуск среднего диаметра при длине свинчивания L должен быть увеличен, а при длине свинчивания S - уменьшен на одну степень по сравнению с допуском, установленным для длины свинчивания N.

Приближенное соответствие классов точности и степеней точности следующее:

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

Исходной степенью точности для расчета числовых значений допусков диаметров наружной и внутренней резьбы была принята 6-я степень точности при нормальной длине свинчивания.

8 НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ШПОНОЧНЫХ И ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ИХ КОНТРОЛЬ

8.1 Шпоночные соединения

Для соединения деталей машин с валами, когда к точности центрирования соединяемых деталей не предъявляют повышенных требований, применяют шпоночные соединения.

Шпоночные соединения выполняют со шпонками призматическими, сегментными, тангенциальными и клиновыми. Они распространены благодаря простоте, удобству сборки-разборки и экономичности. Вследствие смятия и среза шпонок, ослабления сечения валов и втулок пазами и образования концентраторов напряжений шпоночные соединения не могут передавать большие крутящие моменты. В результате перекосов и смещения пазов, а также контактных деформаций от радиальных сил в шпоночных соединениях возможен перекоп втулки на валу. Эти недостатки шпоночных соединений ограничивают область их применения и обуславливают замену их шлицевыми соединениями.

Чтобы соединить вал двигателя с валом машины, применяют муфту, одна часть которой расположена на валу двигателя, а вторая укреплена на входном валу машины. Эти отдельные части муфты обычно называют втулками. Для передачи вращения соединение вала с втулкой осуществляют с помощью специальных деталей — шпонок. Шпонку вкладывают в канавки (пазы), расположенные в идентичных местах на поверхности вала и на сопрягаемой с ней внутренней поверхности втулки.

С помощью шпонок на валах также крепят и различные зубчатые колеса.

При сборке шпонки, вала и втулки необходима взаимозаменяемость. Наиболее важным является соединение втулки и вала по размеру b , т.е. по ширине шпонки и канавок (пазов) вала и втулки.

По форме шпонок соединения подразделяют на призматические, сегментные и клиновые. Допуски и посадки шпоночных соединений стандартизованы. На соединения призматических шпонок действует ГОСТ 23360-78, на соединения сегментных—ГОСТ 24071-80 и на клиновые — ГОСТ 24068-80.

Шпоночные соединения предназначены для соединения с валами зубчатых колес, шкивов, маховиков, муфт и других деталей и служат для передачи крутящих моментов. Наиболее часто применяются соединения с призматическими шпонками.

Размеры, допуски, посадки и предельные отклонения соединений с призматическими шпонками установлены ГОСТ 23360—78.

Стандартом установлены поля допусков по ширине шпонки и шпоночных пазов для свободного, нормального и плотного соединений

8.2 Шлицевые соединения

Наиболее важными преимуществами шлицевых соединений перед шпоночными является возможность передачи больших крутящих моментов,

высокая прочность и надежность соединения, повышенная точность центрирования и направления втулок на валу. В отличие от шпоночных соединений, шлицевые соединения, кроме передачи крутящих моментов, осуществляют еще и центрирование сопрягаемых деталей. Шлицевые соединения имеют меньшие перекосы и смещения пазов и зубьев. В зависимости от профиля зубьев шлицевые соединения делят на соединения с прямобочным, эвольвентным и треугольным профилем зубьев. Они могут быть подвижными и неподвижными.

Шлицевые соединения в зависимости от профиля зубьев разделяются на прямобочные, эвольвентные и треугольные. Шлицевые соединения с эвольвентным профилем зубьев имеют существенные преимущества по сравнению с прямобочными: они могут передавать большие крутящие моменты, имеют на 10 — 40% меньше концентрацию напряжений у основания зубьев, повышенную циклическую прочность, обеспечивают лучшее центрирование и направление деталей, проще в изготовлении. Шлицевые соединения с треугольным профилем не стандартизованы; их применяют чаще всего вместо посадок с натягом, а также при тонкостенных втулках для передачи небольших крутящих моментов.

По виду профиля шлицев различают соединения:

- прямобочные;
- эвольвентные с углом профиля 30° ;
- треугольные с углом профиля 60 , 72 и 90° .

Размеры шлицевых прямобочных соединений по ГОСТ 1139-80 (СТ СЭВ 188-75). Допуски и посадки для соединений с прямобочным профилем установлены ГОСТ 1139-80. Их условное обозначение содержит букву, обозначающую поверхность центрирования (D , d или b), число зубьев z , номинальные значения основных размеров D , d и b , обозначения посадок диаметров размера b , помещенные после соответствующего размера. Допуски нецентрирующего диаметра можно не указывать. Например: $D-8x42x48(H8/h7)x8(F10/h9)$.

Способы центрирования прямобочных шлицевых соединений

По наружному диаметру

Самый простой и дешевый способ центрирования. Вал фрезеруют и шлифуют по наружному диаметру, втулку протягивают. Применяется при отсутствии термообработки поверхности отверстия втулки или при ее термическом улучшении (HB 280-300)

По внутреннему диаметру

Самый точный и дорогой способ центрирования. Вал фрезеруют и продольно шлифуют по внутреннему диаметру и боковым поверхностям шлицев, втулку протягивают и шлифуют по внутреннему диаметру. Применяется при закаленных втулке и вале

По боковым сторонам

Наиболее равномерное распределение нагрузки между шлицами; точность центрирования невысока. Вал фрезеруют и продольно шлифуют по

боковым поверхностям шлицев, втулку протягивают. Применяется для тяжело нагруженных соединений при термически улучшенной поверхности отверстия втулки (НВ 280-300).

Посадки шлицевых прямобочных соединений

Как и для гладких цилиндрических соединений, для элементов шлицевых деталей в стандарте посадки непосредственно не нормируются. Они даны в виде рекомендаций в приложении к стандарту.

При центрировании по внутреннему диаметру (d) рекомендуется восемь посадок. При этом для внутреннего диаметра втулки используются поля допусков Н7 и Н8. Выделено пять посадок предпочтительного применения. Приняты допуски от 6-го до 8-го квалитетов с основными отклонениями e , f , g , h , js , n для вала. При центрировании по внутреннему диаметру с указанными посадками одновременно рекомендуется 43 посадки по боковым сторонам зубьев с использованием полей допусков D9, D10, F8, F10. Н8, Н9, Н11 для втулок. Выделено семь предпочтительных посадок с использованием основных отклонений для валов; d , e , f , h , js , k и квалитеты от 7-го до 10-го.

При центрировании по наружному диаметру (D) рекомендуется десять посадок по этому диаметру с использованием полей допусков основных отверстий Н7, Н8, Н10 и основных отклонений d , e , f , g , h , js , n для валов, т.е. те же основные отклонения, что и при центрировании по внутреннему диаметру, но добавлено основное отклонение e . Для валов используются допуски по квалитетам от 6-го до 8-го.

При центрировании по наружному диаметру даны рекомендуемые посадки по боковым сторонам шлицев. Таких посадок 16, с использованием полей допусков D9, F8, F10 для шлицев втулок, и с использованием тех же основных отклонений для шлицев валов, что и при центрировании по внутреннему диаметру, кроме отклонения k . Выделено семь посадок предпочтительного применения.

При центрировании по боковым сторонам шлицев рекомендуется 19 посадок с использованием тех же полей допусков, что и для шлицев при центрировании по наружному диаметру (D9, F8, F10). При этом для шлицев вала используются те же основные отклонения, что и при образовании посадок по боковым сторонам при центрировании по внутреннему диаметру. Допуски для ширины шлицев приняты по 7... 9 квалитетам.

Во всех рекомендуемых посадках обычно квалитет вала на один меньше, чем квалитет отверстия, а в некоторых случаях разница больше, чем на один квалитет. Такое соотношение рекомендуется и для гладких сопряжений.

Допуски и посадки для шлицевых соединений с эвольвентным профилем устанавливаются по ГОСТ 6033-80. Их условное обозначение содержит номинальный (равный наружному) диаметр соединения $D=m(z+1)$, модуль, обозначение посадки и номер стандарта.

8.3 Методы и средства контроля шпоночных и шлицевых соединений

При контроле шпоночных пазов валов и втулок проверке подлежат геометрические размеры шпоночного паза (ширина, глубина, длина) и его расположение относительно оси вала и отверстия.

Контроль шпоночных соединений осуществляют комплексными калибрами. Для обеспечения взаимозаменяемости шпоночного соединения допуск на ширину паза следует рассматривать как комплексный, в пределах которого находят как отклонения собственно ширины паза, так и его отклонения расположения. Ограничение всех отклонений в пределах допуска на ширину паза достигается контролем комплексными и элементными калибрами.

Контроль элементным калибром производится до контроля комплексным калибром. Калибр для проверки ширины паза представляет собой обычную пластинку, один конец которой является проходным, а другой — непроходным. Калибр для проверки размера дна паза до образующей цилиндрической поверхности отверстия выполнен в виде пробки со ступенчатой шпонкой. Калибры для проверки размера вала выполняются в виде кольцевого калибра-глубиномера, имеющего стержень с проходной и непроходной ступенями.

Допуски элементных калибров принимаются равными допускам гладких калибров

Симметричность расположения паза относительно оси вала проверяют с помощью накладной призмы с контрольным стержнем, а втулки — с помощью калибра-пробки. Кроме того, для контроля симметричности расположения шпоночного паза относительно оси вала могут применяться специальные приспособления. В корпусе приспособления закрепляют сменный вкладыш, устанавливаемый в паз проверяемой детали. Положение паза контролируют согласно показаниям индикатора, усилие на который передается от измерительного наконечника через пружину. Измерения проводят в нескольких сечениях согласно длине вала, устанавливая приспособление с двух сторон поочередно. Симметричность положения паза определяется по разности показаний индикатора.

Основным видом контроля в стандартах на шлицевые соединения является комплексный проходной калибр, с помощью которого обеспечивается собираемость по размерам элементов соединения и их расположению. При этом имеется в виду, что параметры по непроходному пределу проверяются с помощью измерительных приборов или непроходными калибрами.

Измерение диаметров элементов шлицевых соединений не отличается от измерения гладких деталей. При этом измерение положения шлицев по окружности производится как и измерение шагов у зубчатых колес. Иногда для измерения расположения поверхностей и измерения прямолинейности шлицев изготавливаются специальные приспособления.

9 УГЛОВЫЕ РАЗМЕРЫ И ИХ СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Основными свойствами конических соединений являются самоцентрируемость деталей, регулируемость характера сопряжения и простота обеспечения герметичности. Герметичность достигается индивидуальной притиркой деталей по коническим поверхностям, вследствие чего герметичные детали (запорные краны, клапаны четырехтактных двигателей, запорные иглы карбюраторов и т.п.) функционально не взаимозаменяемы. Обеспечение высокой концентричности при неподвижных соединениях определяет посадку на конус различных ответственных быстровращающихся деталей: маховиков двигателей внутреннего сгорания, вращающихся частей центрифуг, сепараторов, режущих инструментов и т.п. Возможность регулировать посадку относительным осевым смещением деталей используется в ряде конических подшипников, для регулирования зазоров в призматических направляющих станков, для закрепления штампов на молотах и т.д.

Кроме конических соединений, конусы используют в приборостроении и как отдельные элементы: контрольные и регулирующие конусы в различных фрикционных механизмах для изменения передаточного отношения, конусы различных решающих логарифмических и множительных механизмов и т.д.

Различные углы, применяемые при конструировании и изготовлении деталей машин и приборов, инструмента, приспособлений и др. можно разделить на три основные группы.

Углы общего назначения, размеры которых во многих случаях являются независимыми, так как не связаны расчетными зависимостями с другими принятыми линейными или угловыми параметрами (фаски, скосы, наклонные поверхности, штамповочные и литейные уклоны).

Углы специального назначения имеют ограниченное применение, так как используются в стандартизованных специальных деталях (например, конусы Морзе, инструментальные конусы, конические трубные резьбы и калибры, шпиндели и оправки станков и т.д.).

Специальные углы, размеры которых связаны расчетными зависимостями с другими принятыми линейными и угловыми размерами. Например, угол подъема спирали червячной фрезы зависит от диаметра фрезы и шага спирали, т. е. является производным размером.

Углы общего назначения имеют наибольшее распространение и их размеры определены ГОСТ 8908-81. Этот стандарт устанавливает три ряда нормальных углов, представленных как в радианной, так и в градусной системах.

Первый ряд - это углы величиной 0° ; 5° ; 15° ; 20° ; 30° ; 45° ; 60° ; 90° и 120° ; второй ряд включает в себя углы первого ряда и в дополнение к ним углы $0^\circ 30'$; 1° ; 2° ; 3° ; 4° ; 6° ; 7° ; 8° ; 10° ; 40° и 75° ; третий ряд, включающий в себя углы первого и второго рядов с большим количеством дополнительных углов. При выборе значений углов первый ряд следует предпочитать второму ряду, а второй - третьему.

Размеры углов специального назначения установлены в стандартах на специальные детали.

Для призматических деталей кроме нормальных углов ГОСТ 8908-81 устанавливает шесть нормальных уклонов S: 1: 500; 1:200; 1: 100; 1: 50; 1: 20; 1: 10 и соответствующие им углы. Термины и определения, относящиеся к конусам и коническим соединениям, устанавливает ГОСТ 25548-82.

Конус - обобщенный термин, под которым в зависимости от конкретных условий понимают коническую поверхность, коническую деталь или конический элемент детали. При необходимости параметры наружных конусов помечаются индексом e , а внутренних.

В зависимости от осевого положения секущей плоскости различают:

- диаметр большого основания конуса;
- диаметр малого основания конуса;
- диаметр в заданном поперечном сечении - сечении, имеющем заданное осевое положение;
- диаметр в поперечном сечении с произвольным осевым положением.

Длина конуса определяется расстоянием между вершиной и основанием конуса или между основаниями конуса.

Угол конуса - угол между образующими в продольном сечении.

Угол уклона - угол между образующей и осью конуса.

Вместо указанных углов часто используется понятие конусность и значительно реже уклон.

10 ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

Наиболее широко в машиностроении применяются цилиндрические зубчатые передачи. Термины, определения и обозначения цилиндрических зубчатых колес и передач регламентирует ГОСТ 16531-83. Цилиндрические зубчатые передачи по форме и расположению зубьев зубчатых колес разделяются на следующие виды: реечные, прямозубые, косозубые, шевронные, эвольвентные, циклоидные и др. В промышленности все шире начинают применять передачи Новикова, обладающие высокой несущей способностью. Профиль зубьев колес этих передач очерчен дугами окружностей.

По эксплуатационному назначению можно выделить четыре основные группы цилиндрических зубчатых передач: отсчетные, скоростные, силовые и общего назначения.

К отсчетным относят зубчатые передачи измерительных приборов, делительных механизмов металлорежущих станков и делительных машин, следящих систем и т. п. В большинстве случаев колеса этих передач имеют малый модуль (до 1 мм), небольшую длину зуба и работают при малых нагрузках и скоростях. Основное эксплуатационное требование, предъявляемое к этим передачам - высокая точность и согласованность углов поворота ведомого и ведущего колес, т.е. высокая кинематическая точность. Для

реверсивных отсчетных передач весьма существенное значение имеет боковой зазор в передаче и колебание этого зазора.

К скоростным относят зубчатые передачи турбинных редукторов, двигателей турбовинтовых самолетов, кинематических цепей различных коробок передач и др. Окружные скорости зубчатых колес таких передач достигают 90 м/с при сравнительно большой передаваемой мощности. В этих условиях главное требование к зубчатой передаче - плавность работы, т.е. бесшумность, отсутствие вибраций и циклических погрешностей, многократно повторяющихся за оборот колеса. С увеличением частоты вращения требования к плавности работы повышаются. Для тяжело нагруженных скоростных передач имеет значение также полнота контакта зубьев. Колеса таких передач обычно имеют средние модули (от 1 до 10 мм).

К силовым относятся зубчатые передачи, передающие значительные крутящие моменты при малой частоте вращения. Это зубчатые передачи шестеренных клетей прокатных станков, механических вальцов, подъемно-транспортных механизмов, редукторы, коробки передач, задние мосты и т.д. Основное требование к ним - полнота контакта зубьев. Колеса для таких передач изготавливают с большим модулем (свыше 10 мм) и большой длиной зуба.

Отдельную группу образуют передачи общего назначения, к которым не предъявляют повышенные эксплуатационные требования по кинематической точности, плавности работы и контакту зубьев (например, буксировочные лебедки, неответственные колеса сельскохозяйственных машин и др.).

Погрешности, возникающие при нарезании зубчатых колес, можно свести к четырем видам: тангенциальные, радиальные, осевые погрешности обработки и погрешности производящей поверхности инструмента. Совместное проявление этих погрешностей при зубообработке вызывает неточности размеров, формы и расположения зубьев обрабатываемых зубчатых колес. При последующей работе зубчатого колеса в качестве элемента передачи эти неточности приводят к неравномерности его вращения, неполному прилеганию поверхностей зубьев, неравномерному распределению боковых зазоров, что вызывает дополнительные динамические нагрузки, нагрев, вибрации и шум в передаче.

Для обеспечения требуемого качества передачи необходимо ограничить, т.е. пронормировать погрешности изготовления и сборки зубчатых колес. С этой целью были созданы системы допусков, регламентирующие не только точность отдельного колеса, но и точность зубчатых передач исходя из их служебного назначения.

Системы допусков для различных видов зубчатых передач (цилиндрические, конические, червячные, реечные) имеют много общего, но есть и особенности, которые отражены в соответствующих стандартах. Наиболее распространенными являются цилиндрические зубчатые передачи, система допусков которых представлена в ГОСТ 1643-81.

10.1 Система допусков цилиндрических зубчатых колес и передач

ГОСТ 1643-81 распространяется на эвольвентные цилиндрические зубчатые колеса и зубчатые передачи внешнего и внутреннего зацепления с прямыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами с диаметром делительной окружности до 6 300 мм, модулем зубьев от 1 до 55 мм, шириной зубчатого венца или полушеврона до 1 250 мм. Эвольвентный профиль зуба получают при механической обработке заготовок методом обкатывания (без скольжения) зуборезным инструментом. При этом профиль и геометрические параметры зубьев зубчатых колес должны соответствовать ГОСТ 13755-81.

Для зубчатых колес и передач установлено двенадцать степеней точности, обозначаемых в порядке убывания точности арабскими Цифрами от 1 до 12. Для степени точности 1 и 2 допуски и предельные отклонения в ГОСТ 1643-81 не приводятся, так как эти степени предусмотрены для будущего развития, когда технология зубонарезания сможет обеспечить такую точность.

Со степенью точности 3 - 5 изготавливают измерительные зубчатые колеса, используемые для контроля зубчатых колес; колеса, применяемые в особо точных делительных механизмах; зуборезный инструмент. Зубчатые колеса степеней точности 5 - 8 широко применяют в авиационной, автомобильной и других отраслях промышленности. Наибольшее распространение в машиностроении имеют зубчатые колеса 7-й степени точности, получаемые методом обката на точных станках с последующей отделкой для колес, подвергающихся закалке (шлифование, хонингование). Такие колеса широко используются в металлорежущих станках, скоростных редукторах, автомобилях и тракторах. Зубчатые колеса степени точности 8-11 применяют в грузоподъемных механизмах и сельскохозяйственных машинах. По 12-й степени точности изготавливают неотчетственные колеса с зубьями, не подвергающимися механической обработке, например литые.

Расчетной степенью точности является шестая степень. Для этой степени точности рассчитывались допуски, а для других степеней числовые значения допусков определялись умножением или делением допусков 6-й степени на коэффициенты перехода. В пределах одной степени точности величины допусков и предельных отклонений для различных показателей точности связаны между собой аналитическими зависимостями, приведенными в стандарте.

Выбор степени точности передачи производится конструктором на основе конкретных условий работы передачи и тех требований, которые к ней предъявляются (окружной скорости, передаваемой мощности, режима работы и т. д.).

При выборе степеней точности используют один из трех методов: расчетный, прецедентов (аналогов) или подобия (табличный).

Предпочтительным является расчетный метод, при котором необходимая степень точности определяется на основе кинематического расчета погрешностей всей передачи, расчета динамики передачи, требований к

вибрациям и шуму передачи, расчета на контактную прочность и долговечность.

При методе прецедентов степень точности вновь проектируемой передачи принимают аналогичной степени работающей передачи, для которой имеется положительный опыт эксплуатации.

При методе подобия для выбора степени точности используют обобщенные рекомендации и таблицы, в которых содержатся примерные значения окружных скоростей для каждой степени точности.

Для каждой степени точности установлены показатели точности, которые сведены в три группы, называемые нормами точности: нормы кинематической точности, плавности и контакта зубьев. Такое разделение вызвано тем, что в зависимости от назначения и условий работы зубчатых колес и передач, предъявляются различные требования к точности выполнения их элементов.

Это позволяет в одной передаче комбинировать степени точности, т. е. назначать разные степени точности по нормам точности, и целесообразно в тех случаях, когда по условиям работы зубчатого зацепления одни показатели точности оказываются важнее других. Например, для тихоходных силовых передач нормы контакта зубьев назначаются по более высоким степеням точности, чем нормы кинематической точности и плавности работы колеса, а для передач отсчетных механизмов нормы контакта принимаются грубее норм кинематической точности.

Комбинирование по степеням точности норм точности позволяет на важные функциональные параметры задавать более высокие, а на второстепенные - пониженные требования к точности изготовления, что также определяет выбор отделочных операций профилей зубьев. Отделочные операции существенно повышают точность колеса лишь в отношении показателей одного вида норм. Например, шлифование зубьев увеличивает главным образом кинематическую точность, шевингование - плавность работы, а притирка и приработка - контакт зубьев.

Между показателями точности зубчатых колес существуют определенная взаимосвязь, поэтому практически невозможно изготовить колеса со значительным разрывом в степенях точности по отдельным показателям. Стандарт устанавливает ограничения при комбинировании норм разных степеней точности: нормы плавности работы зубчатых колес и передач могут быть не более чем на две степени точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев могут назначаться по любым степеням, более точным, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач, а также на одну степень грубее норм плавности.

Если же эксплуатационные требования к передаче по всем показателям одинаковы, то для всех показателей точности колес (норм точности) назначается одна степень точности.

При условном обозначении нормируемых показателей точности по нормам точности придерживаются следующих правил. Показатели для зубчатых колес конкретизируются добавлением подстрочечных индексов: 1, 2 и 0 относятся к шестерне, колесу и передаче соответственно. При измерении

показателей точности изготовленных зубчатых колес и собранных зубчатых передач в конец индекса добавляют букву г. Если ее в обозначении нет, то числовые значения соответствующих показателей являются стандартными, а не измеренными.

Наличие в условном обозначении показателя точности одного штриха в степени означает, что контроль данного показателя должен производиться при однопрофильном зацеплении, наличие двух штрихов обязывает проводить контроль при двухпрофильном зацеплении. Показатели без штрихов в основном проверяются на отдельно взятых зубчатых колесах вне зацепления. Показатели зубчатых колес проверяют в зацеплении с измерительным, более точным колесом, а передачи - в зацеплении с парным рабочим колесом.

11 МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

11.1 Основные понятия и принципы стандартизации

Стандартизация - это деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного и многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции, работ и услуг.

Результатом такой деятельности является стандарт - документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки или оказания услуг. Стандарт может содержать требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения.

Основными целями стандартизации являются:

- повышение уровня безопасности жизни и (или) здоровья граждан, имущества, физических или юридических лиц, экологической безопасности, безопасности жизни и (или) здоровья животных и растений и содействие соблюдению требований технических регламентов;
- повышение уровня безопасности объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- обеспечение научно-технического прогресса;
- повышение конкурентоспособности продукции, работ и услуг;
- рациональное использование ресурсов;
- достижение оптимальной технической и информационной совместимости;
- обеспечение сопоставимости результатов исследований (испытаний) и измерений, технических и экономико-статистических данных;
- достижение взаимозаменяемости продукции.

Исходя из сформулированных в Законе целей стандартизации, можно сказать, что основными задачами стандартизации являются:

- установление на основе технических регламентов оптимальных требований к номенклатуре и качеству продукции в интересах потребителей и

государства, обеспечивающих безопасность продукции для жизни, здоровья людей и имущества, а также окружающей среды;

- установление требований по совместимости (конструктивной, электрической, конструкционной и т.п.), а также взаимозаменяемости продукции;

- установление и применение параметрических и типоразмерных рядов, и на их основе унификация базовых конструкций, унифицированных блочно-модульных составных частей изделий;

- нормативно-техническое обеспечение контроля (испытаний, анализа, измерений) продукции.

Стандарт может распространяться на готовую продукцию или отдельные требования к их свойствам, например требования к безопасности и взаимозаменяемости; группы однородной продукции - машины в целом, сборочные единицы (например, автомобильные двигатели) отдельные детали (например, автомобильные стекла или свечи) или даже отдельные размеры (например, присоединительные размеры аккумуляторов); технологические процессы производства, обслуживания и сервиса изделий и их составных частей, в первую очередь - обеспечивающие безопасность готовых изделий; требования по информационной и технической совместимости продукции; методы контроля эксплуатационных характеристик, требования к упаковке, маркировке, транспортировке, хранению, применению и утилизации продукции или ее составных частей (если они не оговорены техническими регламентами); терминологию и условные обозначения общепромышленного или межотраслевого применения.

Стандарты (международные и (или) национальные) полностью или частично используются в качестве основы и доказательной базы для подтверждения соответствия при разработке проектов технических регламентов, вплоть до включения их полностью или частично в текст технического регламента.

Стандартизация, осуществляемая в целях содействия соблюдению требований технических регламентов и других, ранее указанных целях, реализуется в соответствии с принципами:

- добровольного применения стандартов;

- максимального учета интересов заинтересованных лиц;

- применения международного стандарта как основы разработки национального стандарта, за исключением случаев, если применение международных стандартов по тем или иным причинам признано невозможным в Украине (например, по климатическим или географическим особенностям страны, техническим и (или) технологическим особенностям либо, если Украина выступила против принятия международного стандарта);

- недопустимости создания препятствий производству и обращению продукции, выполнению работ и оказанию услуг, противоречащих техническим регламентам;

- обеспечения условий для единообразного применения стандартов.

Некоторые из этих принципов рассмотрим более подробно.

Добровольный принцип применения стандартов вовсе не означает вседозволенности разработчиков и производителей продукции. На базе стандартов разрабатывают обязательные для применения технические регламенты. Если изделие выпущено с отклонением от стандарта (значит и технического регламента), оно не пройдет оценки соответствия и не будет допущено к производству или эксплуатации. В ряде технических регламентов прямо указаны стандарты, применяемые при производстве продукции и других объектов технического регулирования.

Если раньше стандарты, в которых были указаны требования к качеству продукции, являлись обязательными и их соблюдение контролировалось государством, то теперь в дело вступают условия рынка. Это значит, что изделия и продукция, выпущенные с отклонением от стандартов, окажутся неконкурентоспособными. Если продукция относится к объекту технического регулирования, то нарушение стандарта будет являться нарушением закона со всеми вытекающими отсюда юридическими последствиями.

К документам в области стандартизации, используемым на территории России, относятся:

- национальные стандарты (ДСТУ);
- применяемые в установленном порядке классификации классификаторы технико-экономической и социальной информации;
- стандарты организаций.

Порядок разработки, принятия, введения в действие и применения отечественных и международных классификаторов устанавливается правительством Украины.

11.2 Методы стандартизации

В зависимости от поставленных целей и решаемых задач используют различные методы стандартизации. К методам стандартизации относятся:

- систематизация;
- классификация;
- кодирование;
- типизация;
- унификация (основной метод стандартизации).

Смысл стандартизации состоит в упорядочении решений, правил, методов и т.д. в целях их многократного использования. Любая работа в сфере стандартизации начинается с анализа имеющегося массива информации и выделения основных, наиболее характерных признаков, в соответствии с которыми этот массив может быть систематизирован.

Простейший метод стандартизации - систематизация, т.е. распределение предметов исследования в определенном порядке или последовательности, образующее систему, удобную для использования.

В технике систематизация используется при делении машины на сборочные единицы, а последних - на детали с определенными принципами их обозначения, например, каталоги запасных частей автомобилей.

Систематизация является предпосылкой перехода к следующему методу стандартизации - классификации. В этом случае явления, понятия, предметы или размеры располагаются по определенным, как правило, наиболее характерным для группы изделий одного назначения признакам. На этом принципе в технике построены типоразмерные ряды главных параметров, производится классификация однотипных машин по основным параметрам и т.д., например типоразмерные ряды грузоподъемности строительных кранов или пределы измерения микрометров: 0...25 мм; 25...50 мм; 50...75 мм и т.д.

Классификация и систематизация предполагает кодирование информации. Кодирование - группирование по определенным правилам объектов или групп объектов и присвоение им кодов, позволяющее заменить несколькими знаками (или символами) наименования этих объектов. Коды позволяют идентифицировать объекты наиболее коротким способом (минимальным количеством знаков), способствуя повышению эффективности сбора, учета, хранения и обработки информации.

Число знаков в коде определяется его структурой и зависит от количества кодируемых признаков. Наиболее часто применяются десятизначные системы кодирования.

После того как собранный массив информации систематизирован и классифицирован по определенным признакам, переходят к следующему методу стандартизации - типизации.

Типизация конструкций изделий - разработка и установление типовых конструкций, содержащих конструктивные параметры, общие для изделий сборочных единиц и деталей.

При типизации анализируют существующие типоразмеры изделий, их составные части, агрегаты и детали, а также оценивают перспективы развития науки, техники и промышленности, возникающие при этом возможные потребности рынков сбыта. Внесение сравнительно небольших изменений в конструкцию детали или сборочной единицы может удовлетворить потребности большого количества новых потребителей. Это позволит существенно снизить издержки за счет повышения серийности производства и качества продукции, что, в свою очередь, повысит конкурентоспособность как выпускаемой продукции, так и самой фирмы.

Итогом такой работы часто может стать установление соответствующих типоразмерных рядов изделий, их составных частей, деталей или даже их элементов.

Естественным продолжением конструктивной типизации является типизация технологических процессов, т.е. разработка и установление технологического процесса для производства однотипных деталей или сборка однотипных составных частей или изделий в целом. В этом случае типовой технологический процесс разрабатывается для типовой детали, обладающей наибольшим количеством признаков, характерных для деталей данной классификационной группы, имея в виду, что некоторые операции или переходы технологического процесса будут опущены при обработке деталей, не обладающих данным технологическим или конструктивным признаком.

Наиболее распространенным и эффективным методом стандартизации является унификация.

Унификация - это выбор оптимального числа разновидностей продукции, процессов и услуг, значений их параметров и размеров. Унификация позволяет установить минимально необходимое, но достаточное количество видов, типов, типоразмеров, обладающих высокими показателями качества и полной взаимозаменяемостью.

Результаты унификации не обязательно оформляются в виде стандарта, но стандартизация изделий и их элементов обязательно основывается на унификации.

Принципиальное отличие унификации от других методов стандартизации состоит в том, что в процессе унификации предполагается внесение изменений в конструкцию изделия или иного объекта унификации с целью увеличения его применяемости и снижения, тем самым, его себестоимости с одновременным повышением качества.

Объектами унификации могут быть изделия массового, серийного и/или индивидуального производства, в том числе:

- отдельные размеры или элементы деталей;
- детали аналогичного назначения;
- агрегаты, сборочные единицы и модули (например, гибкие производственные модули), если они выполняют близкие по характеру функции при незначительно отличающихся рабочих параметрах, габаритных размерах и эксплуатационных показателях;
- машины, если они состоят из сравнительно небольшого количества сборочных единиц одинакового назначения и выполняют близкие по характеру операции или процессы.

Основными направлениями унификации являются: использование во вновь создаваемых группах изделий одинакового или близкого функционального назначения ранее спроектированных, освоенных в производстве и показавших высокую надежность в эксплуатации одинаковых (повторяющихся в пределах группы изделий) составных элементов; разработка унифицированных составных элементов для применения во вновь создаваемых или модернизируемых изделиях; разработка конструктивно-унифицированных рядов изделий; ограничение целесообразным минимумом номенклатуры разрешаемых к применению изделий и материалов.

По содержанию унификация подразделяется:

- на внутриразмерную - унификация охватывает все модификации определенной машины как в отношении ее базовой модели, так и в отношении модификаций этой модели;
- межразмерную - унифицируют не только модификации одной базовой модели, но и базовые модели машин разных размеров данного параметрического ряда;
- межтиповую - унификация распространяется на машины разных типов, входящих в различные параметрические ряды.

Экономическая эффективность стандартизации (и, прежде всего, унификации) проявляется на всех стадиях жизненного цикла изделия: от опытно-конструкторских работ - до утилизации изделия. Это связано с экономией времени на исследования, разработку, изготовление и испытание новой техники.

Эффективность унификации на этапе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ проявляется в использовании апробированных решений, подтвержденных положительным, полученным в результате эксплуатации опытом; достигается экономия времени и средств за счет исключения необходимости создания макетов, новых схем и их дополнительных испытаний и доводки.

Экономия на этапе проектирования и подготовки производства проявляется за счет использования ранее отработанных рабочих и сборочных чертежей серийного производства, а также ранее созданных и изготовленных в металле специального режущего и измерительного инструмента и приспособлений. А если учесть, что от замысла и первых чертежей до появления нового автомобиля проходит около четырех лет, то унификация позволяет сократить этот срок почти в полтора раза. Преимущества унификации ярко проявляются при создании крупных корпусных и штампованных деталей; крыши, кузовов и т. п. Ведь основное время при подготовке производства уходит на проектирование и производство штампов.

Экономия на этапе производства достигается от использования при изготовлении деталей и сборке узлов уже отработанных технологических процессов, режущего и измерительного инструмента и приспособлений.

Эффективность унификации и стандартизации в процессе эксплуатации проявляется в возможности использования для диагностирования и ремонта ранее разработанной и применявшейся контрольно-измерительной аппаратуры, приспособлений и запасных частей.

Результатом использования всех методов стандартизации и в первую очередь унификации, являются организация специализированных производств составных частей и деталей машин и переход к проектированию изделий методами агрегатирования.

Агрегатирование - принцип создания машин, оборудования и приборов их унифицированных стандартных агрегатов (автономных узлов), устанавливаемых в изделия в различном количестве и комбинациях. Агрегаты должны обладать полной взаимозаменяемостью по всем эксплуатационным параметрам и присоединительным размерам.

Внедрение унификации и агрегатирования позволяет обеспечить оптимальные эксплуатационные показатели, а сроки проектирования и освоения новой техники сокращаются в 2 - 2,5 раза при снижении в 1,5 - 2 раза соответствующих затрат.

12 ОСНОВЫ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

12.1 Основные понятия качества

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

Из определения качества следует, что, во-первых, качество понятие динамическое: поскольку со временем потребности могут изменяться, необходимо периодически пересматривать и требования к качеству. Во-вторых, поскольку качество - совокупность свойств, необходимы показатели для их описания и количественные характеристики для их оценки.

Качество продукции - физическая категория. Оно формируется на стадии маркетинговых исследований и опытно-конструкторских разработок.

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

Показатели качества должны отвечать следующим основным требованиям:

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

На основании этих требований, при установлении номенклатуры показателей качества исходят из принципов:

- полноты состава показателей качества продукции;
- управляемости процессами создания и применения продукции по показателям качества;
- агрегируемости показателей.

Принцип полноты состава предполагает, что принятая номенклатура показателей качества продукции будет необходимой и достаточной для оценки с определенной степенью точности факта достижения требуемого уровня качества, исходя из конечного эффекта в результате использования созданной продукции при выделенных ресурсах на ее создание, освоение и использование.

Принцип управляемости состоит в том, что целевые функции управления процессами создания и применения продукции необходимо выразить через такие показатели, с помощью которых можно планировать, учитывать, контролировать и регулировать управление качеством. Вместе с тем эти показатели должны быть совместимы с информацией о качестве, которая передается от одного уровня управления к другому, с данной стадии

жизненного цикла к следующей (от разработки - к изготовлению), и должны поддаваться оценке на каждой из них.

Принцип агрегируемости состоит в возможности перехода от единичных показателей качества к комплексным или интегральным, характеризующим совокупность свойств изделия или изделие в целом.

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

Комплексный показатель качества - показатель качества продукции, характеризующий несколько ее свойств (например, эргономичность, т.е. приспособленность продукции к работе в системе "человек-машина", куда входят такие свойства, как приспособленность к управлению, считыванию сигнала, условия работы с заданной производительностью и т.д.).

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

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

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

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

Безотказность - свойства объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.

Долговечность - свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Для невосстанавливаемых изделий (предохранители, электролампочки и др.) показатели безотказности и долговечности совпадают.

Ремонтпригодность - свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

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

Все вышеперечисленные показатели надежности являются единичными, т.е. характеризующими только одно какое-либо свойство надежности. Кроме них для оценки надежности используются и комплексные показатели, чаще всего оценивающие совместно свойства безотказности и (или) долговечности и ремонтпригодности.

Показатели эргономичности - приспособленность изделия к эксплуатации человеком; используются в производственных и бытовых процессах при функционировании системы человек-изделие-среда использования. Эти

показатели учитывают комплекс гигиенических (влажность, освещенность, температура), антропометрических (усилие на рукоятке системы управления, удобство работы сидя и пр.), физиологических (соответствие конструкции скоростным, зрительным, слуховым возможностям человека), эргономических (соответствие изделия возможностям восприятия, использования и закрепления навыков оператора и т.д.) свойств человека.

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

Показатели технологичности характеризуют степень приспособленности конструкции к производству, эксплуатации и ремонту для заданных значений показателей качества продукции, объема ее выпуска и условий выполнения работ (например, удельная трудоемкость в изготовлении, техническом обслуживании и ремонте, удельная энергоемкость). В техническом плане показатели технологичности характеризуют две взаимосвязанные совокупности свойств изделия: технологическую рациональность его конструкции (состав и конструктивное выполнение) и преемственность конструктивных решений (применяемость и повторяемость компонентов исполнения) и экономичность, трудоемкость, материало- и энергоемкость изделия. К показателям технологичности относятся также показатели унификации и транспортабельности.

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

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

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

Для комплексной оценки ресурсосберегающих свойств конструкции может быть применен единый комплексный показатель, выражающий суммарные затраты всех видов ресурсов на создание, изготовление и применение изделия в соответствии с его назначением, а также поддержание его в работоспособном состоянии.

Показатели безопасности являются важнейшими среди всех других показателей качества. Они включают в себя группы экологических показателей, т.е. показателей защиты окружающей среды и показателей безопасности труда, характеризующих безопасность и сохранение здоровья человека при работе с данным изделием. Выполнение количественных требований показателей

безопасности (экологичности и безопасности труда) нормируется национальными законодательными актами или другими нормативно-техническими документами или международными соглашениями, их выполнение является обязательным и проверяется при сертификации продукции. Если продукция не соответствует этим требованиям или не прошла сертификацию, она не допускается на национальные рынки соответствующих стран.

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

Показатели безопасности труда - характеризуют особенности изделия, обуславливающие безопасность человека, сопрягаемых и других объектов во всех режимах эксплуатации, транспортирования и хранения изделий. Они нормируются в стандартах отдельных стран (в нашей стране - в ГОСТ "Система стандартов по безопасности труда") и ряде международных документов (например, стандартах по безопасности электробытовых приборов, принятых Международной электротехнической комиссией, или Директивах Европейского Сообщества по безопасности на транспорте). Их выполнение является обязательным.

Номенклатура показателей качества конкретного вида изделия выбирается в зависимости от его особенностей, стадии жизненного цикла и уровня принятия решения, предопределяющих области применения показателей.

Показатели безопасности (экологичности и безопасности труда) подлежат обязательной сертификации.

12.2 Оценка качества продукции

Количественная оценка показателей качества продукции производится с целью:

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

Для оценки показателей качества продукции применяются методы:

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

- органолептический;
- социологический.

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

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

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

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

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

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

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

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

На практике для определения показателей качества продукции используется сочетание нескольких методов. Например, данные, полученные

измерительным методом, затем рассчитываются с помощью теоретических зависимостей; показатели, полученные социологическим опросом, обрабатываются по специальной процедуре с привлечением аппарата математической статистики и т.д.

12.3 Статистические методы оценки управления качеством продукции

Современные требования к проверке, аудиту качества продукции, сформулированные в ИСО 9004, сводятся к следующему. Технический контроль и испытания готовой продукции должны проводиться в определенных точках производственного процесса. Проверка должна проводиться в тех точках, где возникает контролируемая характеристика производимой продукции.

Контроль может включать проведение следующих проверок:

- наладка и технический контроль первой детали;
- технический контроль или испытание, проводимые станочником;
- автоматический технический контроль и испытания;
- контроль в определенных точках через определенные интервалы в течение всего производственного процесса;
- несистематический (летучий) контроль, проводимый инспекторами, отвечающими за выполнение отдельных операций.

Для окончательного контроля готовой продукции ИСО 9004 рекомендует принять один или одновременно два метода:

- приемочный контроль или испытание, подтверждающие соответствие единиц продукции или партии эксплуатационным требованиям и другим характеристикам качества. Может иметь место сплошная проверка, выборочный контроль по партиям или непрерывный выборочный контроль;
- проверка качества готовой к отправке продукции методом выборочного контроля из партии готовой продукции как непрерывной, так и на периодической основе.

Приемочный контроль и проверка качества продукции могут быть использованы для обеспечения быстрой обратной связи с целью корректировки как готовой продукции, так и производственного процесса. В то же время, статистический контроль качества в ряде случаев единственно возможный метод контроля (если контроль связан с разрушением продукции).

В системе управления качеством продукции важнейшую роль играют статистические методы анализа и управления качеством продукции. Однако к этим методам нужно предъявлять несколько требований: процедуры сбора статистических данных должны быть достаточно простыми и не требовать для их использования специальных знаний; результаты обработки и анализа полученной информации должны позволить специалистам оперативно анализировать и совершенствовать производственный процесс с достаточной точностью и быстротой.

В настоящее время для анализа и управления качеством продукции сформировались основные направления применения статистических методов:

- анализа качества;
- регулирования технологических процессов;
- контроля качества;
- оценки качества.

Статистический анализ качества. Статистический анализ качества применяется для установления свойств случайного процесса в конкретных условиях производства.

Качество продукции зависит от большого числа взаимосвязанных и не зависимых друг от друга факторов, имеющих как закономерный, так и случайный характер. Например, для машиностроительной продукции к числу таких факторов относят: точность оборудования; жесткость системы станок-приспособление-инструмент-деталь; посторонние включения в материал заготовки; температурные колебания; квалификация обслуживающего персонала; погрешность режущего инструмента; режимы механической обработки; точность соблюдения параметров предварительной термической обработки и др.

В технологическом процессе механической обработки поверхности детали все эти факторы присутствуют одновременно. Получаемые в результате изготовления нормированные параметры качества деталей имеют определенный разброс, ограничиваемый, как правило, допусками на изготовление деталей, формы, расположения и шероховатости поверхности.

Цель применения статистических методов анализа качества - выявление степени влияния случайных и/или закономерных факторов на показатели качества.

Если влияние факторов случайного характера является преобладающим, говорят, что технологический процесс статистически управляемый и тогда использование статистических методов контроля качества и хода технологических процессов становится возможным.

Если в технологическом процессе преобладают факторы неслучайного характера (например, нежесткость системы станок-приспособление - инструмент-деталь), процесс называется статистически неуправляемым, и тогда применение остальных из вышеперечисленных статистических методов становится невозможным до выявления причин и минимизации степени влияния неслучайных факторов. После чего вновь повторяют процедуру статистического анализа вплоть до достижения статистической управляемости процесса.

Применение статистических методов анализа качества должно в обязательном порядке предшествовать внедрению статистических методов приемочного контроля и регулирования технологических процессов.

С помощью статистических методов анализа качества решаются задачи:

- определения точности и стабильности технологического процесса (без чего статистический контроль и статистическое регулирование невозможны);
- установления характера различия средних значений (случайного и неслучайного) одного и того же параметра качества изделий или его рассеяния,

изготавливаемых в различных условиях производства (например, на различном оборудовании или в различные смены);

- оценки степени влияния (корреляции) двух или более факторов на показатели качества продукции;

- выявления факторов, существенно влияющих на изменение параметров качества, и факторов, которыми можно пренебречь;

- выявления изменения параметров качества во времени и характера (случайный или неслучайный) этого изменения и т.д.

Статистическое регулирование технологических процессов. Статистическое регулирование технологических процессов - это управление качеством продукции в процессе производства путем своевременного вмешательства в технологический процесс (настройка, изменение режима работы оборудования, корректировка и т. п.).

Статистические методы регулирования качества применяются при регулировании технологических процессов для обеспечения их стабильности и предупреждения брака, т.е. в ходе производства организуется выборочный контроль изготавливаемой продукции, по результатам которого оперативно корректируются параметры технологического процесса, предупреждается выпуск дефектной продукции. Статистическое регулирование технологических процессов производится либо по количественному, либо по качественному, либо по альтернативному признаку. В первом случае основанием для принятия решения о вмешательстве в ход технологического процесса для его наладки служит несоответствие количественных значений параметров качества требованиям технологической документации; во втором - соотношение между численностью объектов в нескольких, заранее установленных группах изделий, отличающихся по качеству; в третьем - соотношение числа годных и негодных изделий в выборке.

Методы статистического регулирования технологических процессов нашли отражение в ряде действующих государственных и международных стандартов.

Статистические методы приемочного контроля. Приемочному контролю подвергается продукция, по которой завершены все или часть технологических операций и когда необходимо принять решение о ее годности. Он применяется при входном приемочном и инспекционном контроле, при периодических, типовых испытаниях, проводимых по требованию заказчика.

Сущность методов статистического приемочного контроля состоит в том, что на основе ограниченного числа проверок или контроля части изделий (выборки) с требуемой точностью принимается решение о качестве всей партии изделий. В отличие от статистического регулирования, при статистическом приемочном контроле качества продукции принимают решение не о состоянии технологического процесса, а о приемке или браковке продукции.

Различают четыре основных метода приемочного контроля: одноступенчатый; двухступенчатый; многоступенчатый; последовательный.

При одноступенчатом контроле решение относительно приемки партии принимают по результатам контроля только одной выборки. Его применяют,

когда стоимость контроля небольшая, длительность испытаний велика, а партия не может быть задержана до окончания контроля.

Двухступенчатый контроль характеризуется тем, что решение о приемке партии продукции производится по результатам контроля не более двух выборок, причем необходимость второй определяется по результатам контроля первой выборки. Эти планы применяют, когда одноступенчатый контроль не используется из-за большого объема выборки, а многоступенчатый - из-за большей продолжительности.

При многоступенчатом контроле решение принимают по результатам контроля нескольких заранее установленных выборок, причем необходимость отбора каждой последующей принимается по результатам контроля предыдущей. Этот план контроля применяют при большой стоимости испытаний и небольшом времени на отбор выборок.

Последовательный контроль отличается от многоступенчатого лишь тем, что максимальное количество выборок заранее не устанавливают. Его применяют, когда объем выборки невелик, а стоимость отбора в выборку мала.

Статистические методы оценки качества - методы прикладной статистики, применяемые при определении значений показателей качества продукции и процессов, влияющих на ее качество; планировании качества; разработке нормативов, закладываемых в технические требования, оценки поставщика и др.

13 МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

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

В зависимости от решаемых задач различают три раздела метрологии: теоретический, законодательный и прикладной.

Под измерением понимают познавательный процесс, заключающийся в сравнении путем физического эксперимента данной физической величины с известной физической величиной, принятой за единицу измерения.

Физические величины - это измеренные свойства физических объектов и процессов, с помощью которых они могут быть изучены.

По условиям, определяющим точность результата, измерения делят на три класса:

- измерения максимально возможной точности, достижимой при существующем уровне техники;
- контрольно-поверочные измерения, выполняемые с заданной точностью;
- технические измерения, погрешность которых определяется метрологическими характеристиками средств измерений.

Технические измерения определяют класс измерений, выполняемых в производственных и эксплуатационных условиях, когда точность измерения определяется непосредственно средствами измерения.

Единство измерений - состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности известны с заданной вероятностью. Единство измерений необходимо для того, чтобы можно было сопоставить результаты измерений, выполненных в разное время, с использованием различных методов и средств измерения, а также в различных по территориальному расположению местах.

Единство измерений обеспечивается их свойствами: сходимостью результатов измерений; воспроизводимостью результатов измерений; правильностью результатов измерений.

Сходимость - это близость результатов измерений, полученных одним и тем же методом, идентичными средствами измерений, и близость к нулю случайной погрешности измерений.

Воспроизводимость результатов измерений характеризуется близостью результатов измерений, полученных различными средствами измерений (естественно одной и той же точности) различными методами.

Правильность результатов измерений определяется правильностью как самих методик измерений, так и правильностью их использования в процессе измерений, а также близостью к нулю систематической погрешности измерений.

Точность измерений характеризует качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины, т.е. близость к нулю погрешности измерений.

Процесс решения любой задачи измерения включает в себя, как правило, три этапа: подготовку, проведение измерения (эксперимента) и обработку результатов. В процессе проведения самого измерения объект измерения и средство измерения приводятся во взаимодействие.

Средство измерения - техническое устройство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические характеристики.

Результат измерения - значение физической величины, найденное путем ее измерения. В процессе измерения на средство измерения, оператора и объект измерения воздействуют различные внешние факторы, именуемые влияющими физическими величинами.

Эти физические величины не измеряются средствами измерения, но оказывают влияние на результаты измерения. Несовершенство изготовления средств измерений, неточность их градуировки, внешние факторы (температура окружающей среды, влажность воздуха, вибрации и др.), субъективные ошибки оператора и многие другие факторы, относящиеся к влияющим физическим величинам, являются неизбежными причинами появления погрешности измерения.

13.1 Измерения и их характеристика

В настоящее время существует множество видов измерений, различаемых физическим характером измеряемой величины и факторами, определяющими разнообразные условия и режимы измерений. Основными видами измерений физических величин, в том числе и линейно-угловых, являются прямые, косвенные, совокупные, совместные, абсолютные и относительные.

Наиболее широко используются прямые измерения, состоящие в том, что искомое значение измеряемой величины находят из опытных данных с помощью средств измерения.

Косвенные измерения применяют в тех случаях, когда искомую величину невозможно или очень сложно измерить непосредственно, т. е. прямым видом измерения, или когда прямой вид измерения дает менее точный результат.

Совокупные измерения осуществляют одновременным измерением нескольких одноименных величин, при которых искомое значение находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин.

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

К числу основных видов измерений, по признаку характера результатов измерения для разнообразных физических величин, относятся абсолютные и относительные измерения.

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

Относительные измерения основаны на измерении отношения измеряемой величины, играющей роль единицы, или измерений величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную.

Виды измерений классифицируют также по точности результатов измерения - на равноточные и неравноточные, по числу измерений - на многократные и однократные, по отношению к изменению измеряемой величины во времени - на статические и динамические, по наличию контакта измерительной поверхности средства измерения с поверхностью изделия - на контактные и бесконтактные и др.

В зависимости от метрологического назначения измерения делят на технические - производственные измерения, контрольно-поверочные и метрологические - измерения с предельно возможной точностью с использованием эталонов с целью воспроизведения единиц физических величин для передачи их размерам рабочим средствам измерения.

Методы измерений

К числу основных методов измерений относят метод непосредственной оценки и методы сравнения: дифференциальный, нулевой, замещения и совпадений.

Непосредственный метод - метод измерений, в котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия, например измерения вала микрометром и силы - механическим динамометром.

Методы сравнения с мерой - методы, при которых измеряемая величина сравнивается с величиной, воспроизводимой мерой:

- дифференциальный метод характеризуется измерением разности между измеряемой величиной и известной величиной, воспроизводимой мерой;
- нулевой метод - при котором разность между измеряемой величиной и мерой сводится к нулю;
- метод замещения - метод сравнения с мерой, в котором измеренную величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой;
- метод совпадений - метод сравнения с мерой, в котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадение отметок шкал или периодических сигналов.

Классификация средств измерения

Средства измерения принято классифицировать по виду, принципу действия и метрологическому назначению.

Различают следующие виды средств измерений: меры, измерительные устройства, которые подразделяются на измерительные приборы и измерительные преобразователи; измерительные установки и измерительные системы.

Мера - это средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера.

Измерительный прибор - средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Измерительный преобразователь - средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем.

Измерительная установка - совокупность функционально объединенных средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем и расположенная на одном месте.

Измерительная система - совокупность средств измерений и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи, предназначенная для выработки сигналов измерительной информации в форме,

удобной для автоматической обработки, передачи и (или) использования в автоматических сигналах управления.

Все многообразие измерительных приборов, используемых для линейных измерений в машиностроении, классифицируют по назначению, конструктивному устройству и по степени автоматизации.

По назначению измерительные приборы разделяют на универсальные, специальные и для контроля.

По конструктивному устройству измерительные приборы делят на механические, оптические, электрические и пневматические и др. По степени автоматизации различают измерительные приборы ручного действия, механизированные, полуавтоматические и автоматические.

Универсальные измерительные приборы применяют в контрольно-измерительных лабораториях всех типов производств, а также в цехах единичных и мелкосерийных производств.

Универсальные измерительные приборы подразделяются:

на механические:

- простейшие инструменты - проверочные измерительные линейки, щупы, образцы шероховатости поверхности;

- Штангенинструменты - штангенциркуль, штангенглубиномер, штангенрейсмас, штангензубомер;

- микрометрические инструменты - Микрометр, микрометрический нутромер, микрометрический глубиномер;

- приборы с зубчатой передачей - индикаторы часового типа; Рычажно-механические - миниметры, рычажные скобы;

оптические:

- вертикальные и горизонтальные оптиметры, малый и большой инструментальные микроскопы, универсальный микроскоп, концевая машина, проекторы, интерференционные приборы;

пневматические: длинномеры (ротаметры);

электрические: электроконтактные измерительные головки, индуктивные приборы, профилографы, профилометры, кругломеры.

Специальные измерительные приборы предназначены для измерения одного или нескольких параметров деталей определенного типа; например приборы для измерения (контроля) параметров коленчатого вала, распределительного вала, параметров зубчатых колес, диаметров глубоких отверстий.

Приборы для контроля геометрических параметров по назначению делят на приборы для приемочного (пассивного) контроля (калибры), для активного контроля в процессе изготовления деталей и приборы для статистического анализа и контроля.

Метрологические характеристики измерительных средств

Основными нормируемыми характеристиками измерительных средств для технических измерений являются:

- диапазон измерений - область значений измеряемой величины, для которой нормированы пределы погрешности прибора;

- диапазон показаний (измерений по шкале) - область значений шкалы, ограниченная ее начальным и конечным значениями; например для вертикального оптиметра диапазон показаний 0,2 мм, пределы показаний (начальное и конечное значения шкалы) $\pm 0,1$ мм.

Диапазон измерений меньше или равен диапазону показаний.

Пределы измерения - наибольшее или наименьшее значение диапазона измерения.

Цена деления шкалы - разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

Длина (интервал) деления шкалы - расстояние между осями двух соседних отметок шкалы.

Чувствительность - свойство, отражающее способность реагировать на изменение измеряемой величины.

Стабильность - свойство, отражающее постоянство во времени метрологических показателей.

Основная метрологическая характеристика измерительного средства - погрешность измерительного средства или инструментальная погрешность средства имеет определяющее значение для наиболее распространенных технических измерений, включающих в себя измерительные средства для измерения длин и угловых размеров. В зависимости от условий использования измерительных средств различают основную и дополнительную погрешность.

Основной погрешностью средства измерений называют погрешность при использовании средства измерения в нормальных условиях, указываемых в стандартах, технических условиях, паспортах и т. п. В зависимости от режима применения различают динамическую и статическую погрешности.

Статическая погрешность измерительного средства - погрешность, возникающая при использовании измерительных средств для измерения постоянной величины.

Динамическая погрешность - погрешность, возникающая при использовании измерительного средства для измерения переменной во времени величины.

Основную погрешность средств измерений нормируют согласно ГОСТ 13.000-68, заданием пределов допускаемой основной погрешности. Когда основная погрешность находится в этих пределах, средства измерения допускаются к применению.

Пределы допускаемой основной погрешности задают в виде абсолютных, относительных или приведенных погрешностей измерительного средства.

Выбор средств измерений

Выбор средств измерений связан со множеством факторов, характеризующих метрологические параметры средства измерения, конструктивно-технологические особенности измеряемых величин, задачами

на измерение этих величин, разнообразных организационных, технических и экономических факторов и т.д.

Комплексность задачи выбора средств измерения определила необходимость разработки различных способов выбора средств измерения. Прежде всего, выбранное средство измерения должно соответствовать по своей конструкции и габаритам для установки измеряемой детали и подходов измерительных устройств к измеряемой величине.

В массовом производстве основными средствами измерения являются высокопроизводительные механизированные и автоматизированные средства измерения и контроля.

В серийном производстве основными средствами измерения и контроля служат предельные калибры, шаблоны, специальные контрольные приспособления и при необходимости универсальные средства измерения.

В мелкосерийном и индивидуальном производстве основными являются универсальные средства измерения.

По метрологическим характеристикам выбираемыми параметрами средств измерений являются предельная погрешность измерения (ее часто называют пределом допускаемой погрешности), а также цена деления шкалы измерительного средства. В соответствии с требованиями ГОСТ 8.051-81 установлены соотношения между заданными допусками на измеряемые (контролируемые) размеры, определенного номинального размера и качества, и допускаемыми погрешностями измерения, определяющими действительный размер измеряемой величины.

Допускаемая погрешность измерения включает в себя случайные и неучтенные систематические погрешности измерения. Случайная погрешность измерения, принимаемая с доверительной вероятностью 0,954 и составляющая $\pm 2a$, где среднее квадратическое отклонение погрешности измерения, не должна превышать 0,6 от допускаемой погрешности измерения.

Цена деления шкалы выбирается с учетом заданной точности измерения. Принятие более грубой шкалы вносит дополнительные субъективные погрешности, а более точной - удорожает средство измерения. При контроле технологических процессов используют средства измерения с ценой деления не более $1/6$ допуска на изготовление.

Главным фактором при выборе средства измерения является допускаемая погрешность измерения.

Допускаемая погрешность измерения должна быть небольшой по сравнению с допуском контролируемого параметра изделия T и не превышать значений.

Чем ближе значение предельной погрешности измерительного средства к значению допускаемой погрешности измерения, тем менее трудоемким и более дешевым будет измерение.

Значения размеров, полученных при измерении с погрешностью, не превышающей допускаемую погрешность измерения, принимаются за действительные.

Абсолютной погрешностью средства измерения называется разность показаний измерительного средства и истинного (действительного) значения измеряемой величины.

Значение истинного (действительного) значения измеряемой величины определяют образцовым измерительным средством или воспроизводят мерой.

Приведенной погрешностью называется отношение абсолютной погрешности к параметру нормирования (диапазон измерений, верхний предел измерений и т.д.).

Типовыми видами погрешностей, входящих в основные погрешности средств измерений, являются аддитивные, мультипликативные, погрешности линейности и гистерезиса.

Аддитивными погрешностями (получаемыми путем сложения различного вида погрешностей), или погрешностями нуля, называют постоянные погрешности при всех значениях измеряемой величины: Если аддитивная погрешность является систематической, то она устраняется корректированием нулевого значения выходного сигнала. Аддитивная погрешность вызывается трением в опорах, контактными сопротивлениями, дрейфом нуля, случайными и периодическими колебаниями в выходном сигнале.

Мультипликативной погрешностью (получаемой путем умножения различного вида погрешностей), или погрешностью чувствительности средства измерения, называют погрешность, которая линейно изменяется с изменением измеряемой величины.

Наиболее существенной и трудноустраняемой погрешностью является погрешность гистерезиса, или погрешность обратного хода. Причиной этой погрешности является люфт и сухое трение в элементах, трение в пружинах, упругие эффекты в чувствительных элементах.

Классы точности - это обобщенная характеристика средств измерений.

Исторически сложилось так, что на классы точности разделены все средства измерения, кроме угломерных приборов и приборов для измерения длин.

Обозначение классов точности всех видов измерительных средств, кроме названных, производятся в паспортных данных в зависимости от способов задания пределов допускаемой основной погрешности.

13.3 Погрешности измерений

Процесс измерения неизбежно сопровождается ошибками, которые вызываются несовершенством измерительных средств, нестабильностью условий проведения измерений, несовершенством самого метода и методики измерений, недостаточным опытом и несовершенством органов чувств человека, выполняющего измерения, а также другими факторами.

Погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины, называется абсолютной. Она не всегда является информативной.

Более информативной величиной является относительная погрешность, под которой понимают отношение абсолютной погрешности измерения к ее истинному значению (или математическому ожиданию)

Именно относительная погрешность используется для характеристики точности измерения.

По своему характеру (закономерностям проявления) погрешности измерения подразделяются на систематические, случайные и грубые промахи.

К систематическим погрешностям относят погрешности, которые при повторных измерениях остаются постоянными или изменяются по какому-либо закону.

Систематические погрешности при измерении одним и тем же методом и одними и теми же измерительными средствами всегда имеют постоянные значения. К причинам, вызывающим их появление, относят:

- погрешности метода или теоретические погрешности;
- инструментальные погрешности;
- погрешности, вызванные воздействием окружающей среды и условий измерения.

Погрешности метода происходят вследствие ошибок или недостаточной разработанности метода измерений. Сюда же можно отнести неправомерную экстраполяцию свойства, полученного в результате единичного измерения, на весь измеряемый объект. Например, принимая решение о годности вала по единичному измерению, можно допустить ошибку, поскольку не учитываются такие погрешности формы, как отклонения от цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения и др. Поэтому для исключения такого рода систематических погрешностей в методике измерений рекомендуется проведение измерений в нескольких местах деталей и взаимно-перпендикулярных направлениях.

К погрешностям метода относят также влияние инструмента на свойства объекта (например, значительное измерительное усилие, изменяющее форму тонкостенной детали) или погрешности, связанные с чрезмерно грубым округлением результата измерения.

Инструментальные погрешности связаны с погрешностями средств измерения, вызванными погрешностями изготовления или износом составных частей измерительного средства.

К погрешностям, вызванным воздействием окружающей среды и условий измерений, относят температуру (например, измерения еще не остывшей детали), вибрации, нежесткость поверхности, на которую установлено измерительное средство, и т. п.

Одним из методов обнаружения систематической погрешности может быть замена средства измерений на аналогичное в случае, если оно предположительно является источником систематической погрешности. Подобным образом можно обнаружить систематическую погрешность, вызванную внешними условиями: например, замена поверхности, на которую установлено измерительное средство, на более жесткую.

Появление систематической погрешности можно обнаружить статистически, нанося с заданной периодичностью результаты измерений на бумагу с заданными границами (например, предельными размерами). Устойчивое движение результата измерений в сторону одной из границ будет

означать появление систематической погрешности и необходимости вмешательства в технологический процесс.

Для исключения систематической погрешности в производственных условиях проводят проверку средств измерений, устраняют те причины, которые вызваны воздействиями окружающей среды, сами измерения проводят в строгом соответствии с рекомендуемой методикой, принимая в необходимых случаях меры по ее совершенствованию.

Постоянные систематические погрешности не влияют на значения случайных отклонений измерений от средних арифметических, поэтому их сложно обнаружить статистическими методами. Анализ таких погрешностей возможен только на основании априорных знаний о погрешностях, получаемых, в частности, при поверке средств измерений. Например, при поверке средств измерений линейных величин измеряемая величина обычно воспроизводится образцовой мерой (концевой мерой длины), действительное значение которой известно. Систематические погрешности приводят к искажению результатов измерений и потому должны выявляться и учитываться при оценке результатов измерений. Полностью систематическую погрешность исключить практически невозможно; всегда в процессе измерения остается некая малая величина, называемая неисключенной систематической погрешностью. Эта величина учитывается путем внесения поправок.

Разность между средним арифметическим значением результатов измерения и значением меры с точностью, определяемой погрешностью при ее аттестации, называется поправкой. Она вносится в паспорт аттестуемого средства измерения и принимается за искомую систематическую погрешность.

Случайные погрешности. Случайные погрешности - это погрешности, принимающие при повторных измерениях различные, независимые по знаку и величине значения, не подчиняющиеся какой-либо закономерности. Причин, вызывающих случайные погрешности, может быть много; например колебание припуска на обработку, механические свойства материалов, посторонние включения, точность установки деталей на станок, точность средства измерения в заготовке, изменение измерительного усилия крепления детали на станке, силы резания и др.

Как правило, индивидуальное влияние каждой из этих причин на результаты измерения невелико и не поддается оценке, тем более, что, как всякое случайное событие, оно в каждом конкретном случае может произойти или нет.

Для случайных погрешностей характерен ряд условий:

- малые по величине случайные погрешности встречаются чаще, чем большие;
- отрицательные и положительные относительно средней величины измерений, равные по величине погрешности, встречаются одинаково часто;
- для каждого метода измерений есть свой предел, за которым погрешности практически не встречаются (в противном случае эта, погрешность будет грубым промахом).

Выявление случайных погрешностей особенно необходимо при точных, например, лабораторных измерениях. Для этого используют многократные измерения одной и той же величины, а их результаты обрабатываются методами теории вероятностей и математической статистики. Это позволяет уточнить результаты выполненных измерений.

Влияние случайных погрешностей выражается в разбросе полученных результатов относительно математического ожидания, поэтому количественно наличие случайных погрешностей хорошо оценивается среднеквадратическим отклонением (СКО).

Случайные погрешности измерения, не изменяя точности результата измерений, тем не менее, оказывают влияние на его достоверность.

При этом дисперсия среднего арифметического ряда измерений всегда имеет меньшую погрешность, чем погрешность каждого определенного измерения. Из формул и следует, что если необходимо повысить точность результата (при исключенной систематической погрешности) в 2 раза, то количество измерений надо увеличить в 4 раза.

Грубые погрешности (промахи). Грубые погрешности - это погрешности, не характерные для технологического процесса или Результата, приводящие к явным искажениям результатов измерения. Наиболее часто они допускаются неквалифицированным персоналом при неправильном обращении со средством измерения неверным отсчетом показаний, ошибками при записи или вследствие внезапно возникшей посторонней причины при реализации технологических процессов обработки деталей. Они сразу видны среди полученных результатов, так как полученные значения отличаются от остальных значений совокупности измерений.

Если в процессе измерений удастся найти причины, вызывающие существенные отличия, и после устранения этих причин повторные измерения не подтверждают подобных отличий, то такие измерения могут быть исключены из рассмотрения. Но необдуманное отбрасывание резко отличающихся от других результатов измерений может привести к существенному искажению характеристик измерений. Иногда при обработке результатов измерений учет всех обстоятельств, при которых они были получены, не представляется возможным. В таком случае при оценке грубых промахов приходится прибегать к обычным методам проверки статистических гипотез.

Проверяемая гипотеза состоит в утверждении, что результат измерений не содержит грубой погрешности, а является одним из значений случайной величины. Обычно проверяют наибольшее и наименьшее значения результатов измерений. Для проверки гипотез используются следующие критерии.

Критерии оценивания погрешностей измерения

Погрешность измерения - отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Под истинным значением физической величины понимается значение, которое идеальным образом отражало бы в качественном и количественном отношениях соответствующие свойства измеряемого объекта.

Основные постулаты метрологии: истинное значение определенной величины существует и оно постоянно; истинное значение измеряемой величины отыскать невозможно. Отсюда следует, что результат измерения математически связан с измеряемой величиной вероятностной зависимостью.

Поскольку истинное значение есть идеальное значение, то в качестве наиболее близкого к нему используют действительное значение. Действительное значение физической величины - это значение физической величины, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному значению, что может быть использовано вместо него. На практике в качестве действительного значения принимается среднее арифметическое значение измеряемой величины.

Рассмотрев понятие об измерениях, следует различать и родственные термины: контроль, испытание и диагностирование.

Контроль - частный случай измерения, проводимый с целью установления соответствия измеряемой величины заданным пределам.

Испытание - воспроизведение в заданной последовательности определенных воздействий, измерение параметров испытуемого объекта и их регистрация.

Диагностирование - процесс распознавания состояния элементов объекта в данный момент времени. По результатам измерений, выполняемых для параметров, изменяющихся в процессе эксплуатации, можно прогнозировать состояние объекта для дальнейшей эксплуатации.

Метод измерений - прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерения.

13.3 Метрологическое обеспечение

Метрологическое обеспечение при проектировании, изготовлении и эксплуатации продукции, в соответствии с государственным стандартом Украины состоит из: научной, законодательной, нормативной, технической и организационной основ.

Научной основой является «метрология».

Законодательной основой являются законы Украины, декреты и постановления Кабинета Министров, направленные на обеспечение единства измерений.

Нормативной основой метрологического обеспечения являются государственные стандарты и другие документы ГСОВИ.

Технической основой являются:

- система государственных эталонов единиц физических величин;
- система рабочих эталонов и образцовых средств измерения (с помощью которых осуществляется передача размеров к рабочим средствам измерения);

- система рабочих средств измерительной техники (средств измерения, используемых при разработке, производстве, испытании, эксплуатации продукции, научных исследованиях и других видах деятельности).

Организационной основой методического обеспечения является метрологическая служба Украины.

Метрологический надзор осуществляется проведением поверки средств измерений, метрологической ревизии и метрологической экспертизы.

Поверка средств измерений проводится для установления их пригодности к применению. Пригодными к применению признаются средства измерений, поверка которых, выполненная в соответствии с нормативными документами, подтверждает их соответствие требованиям этих документов.

Поверка подразделяется на первичную, периодическую, внеочередную и инспекционную.

Первичной называется первая поверка средств измерений, производимая при выпуске его из производства или ремонта. Периодической называется поверка средств измерений, производимая при их эксплуатации и хранении через определенные промежутки времени.

Внеочередная поверка производится при эксплуатации (хранении) средств измерений вне зависимости от сроков периодической поверки.

Инспекционная поверка проводится для выявления исправности средств измерений, выпускаемых из производства или ремонта и находящихся в обращении, при проведении метрологической ревизии на предприятиях, складах, базах снабжения и в торговых организациях.

Государственной или ведомственной поверке подлежат все средства измерений.

Средства измерений, не прошедшие поверки, неисправные, и в том числе имеющие внешние повреждения или своевременно не поверенные, к эксплуатации не допускаются.

Метрологическое обеспечение охватывает все стадии жизненного цикла изделия, начиная с этапа научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. На этом этапе устанавливаются, а затем закладываются в конструкторской и технологической документации параметры точности, обеспечивающие высокие эксплуатационные характеристики изделия и их допуски; производится выбор и обоснование необходимых средств измерения и контроля. При этом устанавливаются:

- необходимая номенклатура контролируемых параметров комплектующих изделий, сырья, материалов, подлежащих входному контролю;
- возможность контроля этих параметров, а также наличие на предприятии необходимых средств и методов измерений и, при необходимости, приобретение соответствующей измерительной техники;
- наличие необходимой нормативно-технической документации и подготовленного обслуживающего персонала.

Метрологические службы на предприятиях и в организациях в процессе производства проводят метрологический контроль и надзор за средствами измерений путем:

- калибровки средств измерений;
- надзора за состоянием и применением средств измерений, с соблюдением метрологических правил и норм, а также нормативных документов по обеспечению единств измерений;
- проверки своевременности предоставления средств измерений на поверку и калибровку;
- выдачи обязательных предписаний, направленных на предотвращение, прекращение или устранение нарушений метрологических норм и правил;
- проведения метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации и др.

В рамках МО производства проводится метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации, целью которой является анализ и оценка технических решений по выбору параметров, подлежащих измерению, установлению норм точности и обеспечению методами и средствами измерений процессов разработки, изготовления, эксплуатации и ремонту изделий.

Роль метрологии в обеспечении качества продукции

Главные задачи метрологии по обеспечению единства измерений и способов достижения требуемых точностей непосредственно связаны с проблемами взаимозаменяемости как одного из важнейших показателей качества современных изделий. В большинстве стран мира меры по обеспечению единства и требуемой точности измерений установлены законодательно.

Законодательная метрология ставит главной задачей разработку комплекса взаимосвязанных и взаимообусловленных общих правил, требований и норм, а также других вопросов, нуждающихся в регламентации и контроле со стороны государства, направленных на обеспечение единства измерений, прогрессивных методов, способов и средств измерений и их точностей.

Метрология имеет большое значение для прогресса в области конструирования, производства, естественных и технических наук, так как повышение точности измерений - один из наиболее эффективных путей познания природы человеком, открытий и практического применения достижений точных наук.

Значительное повышение точности измерений неоднократно являлось основной предпосылкой фундаментальных научных открытий.

Современное развитие конструкторской мысли и технологий всех отраслей производства свидетельствуют об органической связи их с метрологией. Для обеспечения научно-технического прогресса метрология должна опережать в своем развитии другие области науки и техники, ибо для каждой из них точные измерения являются одним из основных путей их совершенствования.

Литература

1. Якушев А.И. и др. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979.
2. Зябрева Н.П. и др. Пособие по решению задач по курсу «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения». – М.: Высш. шк., 1977.
3. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник: В 2 т. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – Т. 1.
4. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник: В 2 т. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – Т. 2.
5. Допуски и посадки: Справочник / Под ред. В.Д. Мягкова. – Л.: Машиностроение, 1983. – Т. 1. – Т. 2.
6. Палей М.А. и др. Допуски и посадки. Справочник. В 2 ч. 8-е изд. СПб.: Политехника, 2001. – Ч.1. – 576 с., Ч.2. – 608 с.
7. Анухин В.И. Допуски и посадки. Учебное пособие: 4-е изд. – СПб.: Питер, 2008. – 207 с.
8. Якимчук Г.К., Кирилюк Ю.Є., Саранча Г.А. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання: Підручник / За ред. Якимчука, – К.: «Основа», 2006 – 560 с.
9. Кирилюк Ю.Є., Якимчук Г.К. Допуски и посадки: Справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – К. Основа, 2005. – 296 с.
10. Зенкин А.С., Петко И. В.. Допуски и посадки в машиностроении. Справочник. К. Техн- ка. 1980. – 320с.
11. Дунаев П.Ф., Леликов О.П., Варламов Л.П.. Допуски и посадки. Обоснование выбора. Учебное пособие – М.: Высшая школа. 1984. – 112с.
12. Н.Н. Марков, Г.М. Ганевский. Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов.– М. Машиностроение. 1981г. –367 с.
13. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин: Учеб. пособие для техн. вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков: Основа, 1991.
14. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-метод. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. Кн. 1. – М.: Машиностроение, 1977.
15. Перель Л.Я. Подшипники качения. Расчет, проектирование и обслуживание опор: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983.
16. Решетов Д. Н. Детали машин.– М.: Машиностроение, 1974.
17. Чудов В.А. и др. Размерный контроль в машиностроении: Учебн. пособие. – М.: Машиностроение, 1983.