**Приложение 4**

**ИНСТРУКЦИОННЫЕ КАРТЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ:**

**Раздел 2. Метрология**

**Тема 2.6. Погрешности измерений и средств измерений**

**Практическое занятие №1**

Определение погрешностей средств измерений

**Раздел 3. Стандартизация**

**Тема 3.3. Методы стандартизации**

**Практическое занятие №2**

Выбор ряда предположительных чисел для величин, связанных между собой определенной математической зависимостью

**Тема 3.5. Понятие о допусках и посадках**

**Практическое занятие №3**

Решение задач по расчету допусков и посадок

**Раздел 4. Сертификация**

**Тема 4.1. Общие сведения о сертификации. Сертификация как процедура подтверждения соответствия**

**Практическое занятие №4**

Расчет показателей надежности

**Практическое занятие №1**

**«Определение погрешностей средств измерений»**

**Цель работы**:

1. Изучить метрологические характеристики средств измерений
2. Научиться выбирать измерительные средства для определения параметров с требуемой точностью
3. Научиться определять погрешность средств измерений

**Задание для работы:**

1. Изучение теоретического материала
2. Решение практических задач

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ РАБОТЫ**

**Средство измерений (СИ)** – техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее или хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменной в течение известного интервала времени.

**Мера физической величины** – средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

**Измерительный преобразователь (ИП)** - техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, индикации или передачи. Измерительная информация на выходе ИП, как правило, недоступна для непосредственного восприятия наблюдателем. Хотя ИП являются конструктивно обособленными элементами, они чаще всего входят в качестве составных частей в более сложные измерительные приборы или установки и самостоятельного значения при проведении измерений не имеют.

**Измерительный прибор** – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне. Измерительный прибор представляет измерительную информацию в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

По способу индикации различают показывающие и регистрирующие приборы. Регистрация может осуществляться в виде непрерывной записи измеряемой величины или путем печатания показаний прибора в цифровой форме.

**Приборы прямого действия** отображают измеряемую величину на показывающем устройстве, имеющем градуировку в единицах этой величины. Например, амперметры, термометры.

**Приборы сравнения** предназначены для сравнения измеряемых величин с величинами, значения которых известны. Такие приборы используются для измерений с большей точностью.

По действию измерительные приборы разделяют на интегрирующие и суммирующие, аналоговые и цифровые, самопишущие и печатающие.

Измерительная установка и система – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов и других устройств, предназначенных для измерений одной или нескольких величин и расположенная в одном месте (установка) или в разных местах объекта измерений (система). Измерительные системы, как правило, являются автоматизированными и по существу они обеспечивают автоматизацию процессов измерения, обработки и представления результатов измерений. Примером измерительных систем являются автоматизированные системы радиационного контроля (АСРК) на различных ядерно-физических установках, таких, например, как ядерные реакторы или ускорители заряженных частиц.

По метрологическому назначению средства измерений делятся на рабочие и эталоны.

**Рабочее СИ** - средство измерений, предназначенное для измерений, не связанное с передачей размера единицы другим средствам измерений. Рабочее средство измерений может использоваться и в качестве индикатора. Индикатор – техническое средство или вещество, предназначенное для установления наличия какой-либо физической величины или превышения уровня ее порогового значения. Индикатор не имеет нормированных метрологических характеристик. Примерами индикаторов являются осциллограф, лакмусовая бумага и т.д.

**Эталон** - средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера другим средствам измерений. Среди них можно выделить рабочие эталоны разных разрядов, которые ранее назывались образцовыми средствами измерений.

Классификация средств измерений проводится и по другим различным признакам. Например, по видам измеряемых величин, по виду шкалы (с равномерной или неравномерной шкалой), по связи с объектом измерения (контактные или бесконтактные).

**1.1 Метрологические характеристики СИ**

Оценка пригодности средств измерений для решения тех или иных измерительных задач проводится путем рассмотрения их метрологических характеристик.

Метрологическая характеристика (МХ) – характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений и его погрешность. Для каждого типа СИ устанавливаются свои метрологические характеристики. Ниже рассматриваются наиболее распространенные на практике метрологические характеристики.

**Диапазон измерений СИ** – область значений величины, в пределах которой нормированы его допускаемые пределы погрешности. Для мер это их номинальное значение, для преобразователей — диапазон преобразования. Различают нижний и верхний пределы измерений, которые выражаются значениями величины, ограничивающими диапазон измерений снизу и сверху.

**Погрешность СИ** — разность между показанием средства измерений – Хп и истинным (действительным) значением измеряемой величины – Хд.

Существует распространенная классификация погрешностей средств измерений. Ниже приводятся примеры их наиболее часто используемых видов.

**Абсолютная погрешность СИ** – погрешность средства измерений, выраженная в единицах измеряемой величины: ∆Х = Хп – Хд. Абсолютная погрешность удобна для практического применения, т.к. дает значение погрешности в единицах измеряемой величины. Но при ее использовании трудно сравнивать по точности приборы с разными диапазонами измерений. Эта проблема снимается при использовании относительных погрешностей.

**Относительная погрешность СИ** – погрешность средства измерений, выраженная отношением абсолютной погрешности СИ к результату измерений или к действительному значению измеренной величины: δ = ∆Х / Хд. Относительная погрешность дает наилучшее из всех видов погрешностей представление об уровне точности измерений, который может быть достигнут при использовании данного средства измерений. Однако она обычно существенно изменяется вдоль шкалы прибора, например, увеличивается с уменьшением значения измеряемой величины. В связи с этим часто используют приведенную погрешность.

**Приведенная погрешность СИ** – относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условно принятому значению величины ХN, которое называют нормирующим: γ = ∆Х / ХN.

Относительные и приведенные погрешности обычно выражают либо в процентах, либо в относительных единицах (долях единицы).

Для показывающих приборов нормирующее значение устанавливается в зависимости от особенностей и характера шкалы. Приведенные погрешности позволяют сравнивать по точности средства измерений, имеющие разные пределы измерений, если абсолютные погрешности каждого из них не зависят от значения измеряемой величины.

По условиям проведения измерений погрешности средств измерений подразделяются на основные и дополнительные.

Основная погрешность СИ – погрешность средства измерений, применяемого в нормальных условиях, т.е. в условиях, которые определены в НТД не него как нормальные. Нормальные значения влияющих величин указываются в стандартах или технических условиях на средства измерений данного вида в форме номиналов с нормированными отклонениями. Наиболее типичными нормальными условиями являются:

температура (20 ± 5)ºС;

относительная влажность (65±15) %;

атмосферное давление (100 ± 4) кПа или (750 ± 30) мм рт. ст.;

напряжение питания электрической сети 220 В ± 2% с частотой 50 Гц.

Иногда вместо номинальных значений влияющих величин указывается нормальная область их значений. Например, влажность (30–80)%.

Дополнительная погрешность СИ – составляющая погрешности СИ, возникающая дополнительно к основной погрешности вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормального ее значения. Деление погрешностей на основные и дополнительные обусловлено тем, что свойства средств измерений зависят от внешних условий.

Погрешности по своему происхождению разделяются на систематические и случайные.

**Систематическая погрешность СИ** – составляющая погрешности средства измерений, принимаемая за постоянную или закономерно изменяющуюся. Систематические погрешности являются в общем случае функциями измеряемой величины и влияющих величин (температуры, влажности, давления, напряжения питания и т.п.).

**Случайная погрешность СИ** – составляющая погрешности средства измерений, изменяющаяся случайным образом. Случайные погрешности средств измерений обусловлены случайными изменениями параметров составляющих эти СИ элементов и случайными погрешностями отсчета показаний приборов.

**1.2 Нормирование погрешностей СИ**

Средства измерений можно использовать только тогда, когда известны их метрологические характеристики. Обычно указываются номинальные значения параметров средств измерений и допускаемые отклонения от них. Сведения о метрологических характеристиках приводятся в технической документации на средства измерений или указываются на них самих. Как правило, реальные метрологические характеристики имеют отклонения от их номинальных значений. Поэтому устанавливают границы для отклонений реальных метрологических характеристик от номинальных значений – нормируют их. Нормирование метрологических характеристик средств измерений позволяет избежать произвольного установления их характеристик разработчиками.

Необходимо отметить, что погрешность СИ является только одной из составляющих погрешности результата измерений, получаемого с использованием данного СИ. Другими составляющими являются погрешность метода измерений и погрешность оператора, проводящего измерения.

Погрешности средств измерений могут быть обусловлены различными причинами: неидеальностью свойств средства измерений, то есть отличием его реальной функции преобразования от номинальной; воздействием влияющих величин на свойства средств измерений; взаимодействием средства измерений с объектом измерений — изменением значения измеряемой величины вследствие воздействия средства измерения; методами обработки измерительной информации, в том числе с помощью средств вычислительной техники.

Пределы допускаемых погрешностей средств измерения применяются как для абсолютной, так и для относительной погрешности.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности устанавливают по формуле ∆ = ± а для аддитивной погрешности. Для мультипликативной погрешности они устанавливаются в виде линейной зависимости

**∆ = ± (а + bх),**

где х – показание измерительного прибора, а и b – положительные числа, не зависящие от х.

Предел допускаемой относительной погрешности (в относительных единицах) для мультипликативной погрешности устанавливают по формуле

**δ = ∆ / х = ± c.**

Для аддитивной погрешности формула имеет вид:

**δ = ∆ / х = ± [ c + d ( xk / x – 1)]**

где xk — конечное значение диапазона измерений прибора; c и d - относительные величины.

Первое слагаемое в этой формуле имеет смысл относительной погрешности при х = хk , второе — характеризует рост относительной погрешности при уменьшении показаний прибора. Пределы допускаемой приведенной погрешности (в процентах) следует устанавливать по формуле

**γ = 100∆ / xN = ± р**

где xN – нормирующее значение; р - отвлеченное положительное число из ряда 1; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6, умноженное на 10n ( n = 1, 0, -1, -2 и т.д.)

Нормирующее значение принимается равным: конечному значению шкалы (если 0 находится на краю шкалы), сумме конечных значений шкалы (если 0 внутри шкалы), номинальному значению измеряемой величины, длине шкалы.

**1.4 Класс точности СИ и его обозначение**

Установление рядов пределов допускаемых погрешностей позволяет упорядочить требования к средствам измерений по точности. Это упорядочивание осуществляется путем установления классов точности СИ.

Класс точности СИ – обобщенная характеристика данного типа СИ, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемой основной, а в некоторых случаях и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность. Класс точности применяется для средств измерений, используемых в технических измерениях, когда нет необходимости или возможности выделить отдельно систематические и случайные погрешности, оценить вклад влияющих величин с помощью дополнительных погрешностей. Класс точности позволяет судить о том, в каких пределах находится погрешность средств измерений одного типа, но не является непосредственным показателем точности измерений, выполняемых с помощью каждого из этих средств. Класс точности СИ конкретного типа устанавливают в стандартах технических требований или других нормативных документах.

При выражении предела допускаемой основной погрешности в форме абсолютной погрешности класс точности в документации и на средствах измерения обозначается прописными буквами латинского алфавита или римскими цифрами. Чем дальше буква от начала алфавита, тем больше погрешность. Расшифровка соответствия букв значению абсолютной погрешности осуществляется в технической документации на средство измерения.

Выражение класса точности через относительные и приведенную погрешности рассмотрено в предыдущем разделе

В настоящее время по отношению к современным средствам измерений понятие класс точности применяется довольно редко. В основном он чаще всего используется для описания характеристик электроизмерительных приборов, аналоговых стрелочных приборов всех типов, некоторых мер длины, весов, гирь общего назначения, манометров.

**Задание для работы:**

Определить погрешность измерения от температурной деформации ΔL, если температура воздуха в цехе равна t1=+16° C, а деталь измеряется сразу после финишной операции.

Исходные данные принять по таблице 1. Температуру детали t1 выбирают по варианту. Коэффициент линейного расширения материала детали аl выбирают по шифру. Размер измеряемой длины L принять по варианту.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| t1, град | 40 | 30 | 32 | 34 | 38 | 35 | 25 | 37 | 28 | 36 |
| L, мм | 38 | 20 | 100 | 120 | 50 | 63 | 80 | 90 | 40 | 36 |
| аl, град. | Алюминий  23.8×10-6 | | Чугун  10×10-6 | | Латунь  18×10-6 | | сталь  12×10-6 | | медь  16,9×10-6 | |

**Формулы для работы:**

**аL = ΔL/ L×ΔТ, где**

**аL – погрешность,**

**ΔL= аl × L× ΔТ, где ΔТ= t1- t2**

**Практическое занятие №2**

**«Выбор ряда предпочтительных чисел для величин, связанных между собой определенной математической зависимостью»**

**Цель работы**: Научиться выбирать ряды предпочтительных чисел

**Задание для работы:**

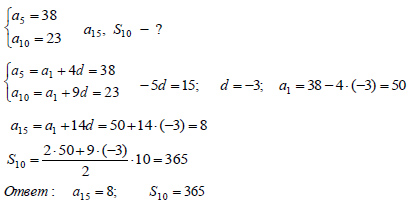
1. Изучение теоретического материала
2. Решение практических задач

Теоретический материал

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Арифметическая прогрессия | Геометрическая прогрессия |
| Определение | Арифметической прогрессией (аn) называется последовательность, каждый член которой, начиная со второго, равен предыдущему члену, сложенному с одним и тем же числом d (d - разность прогрессии) | Геометрической прогрессией (вn) называется последовательн отличных от нуля чисел, каждый член которой, начиная со второго, равен предыдущему члену, умноженному на одно и то же число g (g - знаменатель прогрессии) |
| Рекуррентная формула | Для любого натурального n  an+1= an+d (1) | Для любого натурального n  b n+1= b n×g, где b n=/0 |
| Формула n-го члена | http://www.pm298.ru/Math/f447.JPG | http://www.pm298.ru/Math/f451.JPG |
| Формулы суммы n первых членов  http://www.pm298.ru/Math/f452.JPG: |  | http://www.pm298.ru/Math/f453.JPG |
| Сумма бесконечной геометрической прогрессии: |  | **http://www.pm298.ru/Math/f454.JPG** |

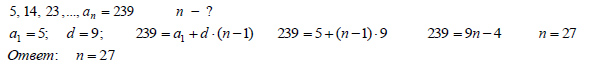
**Пример 1.**

Задана арифметическая прогрессия, где пятый и десятый члены равны соответственно 38 и 23. Найти пятнадцатый член прогрессии и сумму ее десяти первых членов.



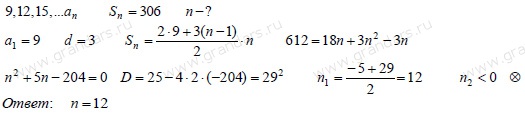
**Пример 2.**

Найти число http://chart.apis.google.com/chart?cht=tx&chl=n членой арифметической прогресии 5,14,23,...,http://chart.apis.google.com/chart?cht=tx&chl=a_n, если ее http://chart.apis.google.com/chart?cht=tx&chl=n-ый член равен 239.



**Пример 3.**

Найти число http://chart.apis.google.com/chart?cht=tx&chl=n членов арифметической прогресии 9,12,15,...,http://chart.apis.google.com/chart?cht=tx&chl=a_n, если ее сумма равна 306.



**Пример 4.** Определить арифметическую прогрессию, если *a*3 = 2 и *a*5 = -2.

**Пример 5.** Определить число *x*, если числа *a* - *x*, *x*, *b* (*a*, *b* даны) в указанной последовательности образуют арифметическую прогрессию.

**Пример 6.** Определить арифметическую прогрессию, сумма первых *n* членов которой определяется по формуле

*Sn* = 3*n*2 + 6*n*     (*n* ≥ 1).

**Пример 7.** Определить сумму первых девятнадцати членов арифметической прогрессии *a*1, *a*2, *a*3, ..., если

*a*4 + *a*8 + *a*12 + *a*16 = 224.

**Пример 8.** При каких значениях параметра *a* существуют такие значения переменной *x*, чтобы числа

51+*x* + 51-*x*,     *a*/2,     25*x* + 25-*x*

являлись последовательными членами арифметической прогрессии?

**Пример 9.** Определить сумму всех четных трехзначных чисел, делящияся на 3.

**Пример 10.** Пусть *Sn*, *Sm* и *Sp* - соответственно суммы первых *n*, *m* и *p* членов арифметической прогрессии *a*1, *a*2, *a*3, ... Показать, что

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.math.md/school/praktikum/progr/prog21x.gif | ( |

**Пример 11.** Определить числа, являющиеся одновременно членами арифметической прогрессии, 2, 5, 8, ..., 332 и 7, 12, 17, ..., 157.

**Пример 12.**

Найти сумму двенадцати первых членов арифметической прогрессии, если

1) а1= -5; d=0,5 2) а1=0,5; d= -3

Приложение №1   
В возрастающей арифметической прогрессии сумма первых восьми членов равна 88, а сумма третьего и пятого членов равна 18. Найдите седьмой член прогрессии.

Приложение №2

Найдите число членов арифметической прогрессии, зная, что сумма ее первых четырех равна 40, а сумма последних четырёх равна 104,а сумма всех членов равна 216.

Приложение №3   
В арифметической прогрессии первый член равен 6. Найдите сумму первых семнадцати членов этой прогрессии.

Приложение №4   
Сумма первого и четвертого членов убывающей геометрической прогрессии относится к сумме второго и третьего членов этой же прогрессии, как 13:4. Найдите первый член прогрессии, если ее третий член равен 32.

Приложение №5   
В геометрической прогрессии . Найдите отношение суммы первых двадцати ее членов к сумме первых ее двадцати членов.   
 Приложение №6   
Сумма членов бесконечно убывающей геометрической прогрессии равна 56, а сумма квадратов ее членов равна 448.Найдите эту прогрессию.

**Практическое занятие №3**

**«Решение задач по расчету допусков и посадок»**

**Цель работы**:

1. Изучить материал по допускам и посадкам
2. Научиться решать задачи по расчету допусков и посадок

**Задание для работы:**

1. Изучение теоретического материала
2. Решение практических задач

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ РАБОТЫ**

Действительным отклонением называется алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами:

для отверстия Ед = Dд - Dн; для вала ед = dд – dн

Действительным размером (Dд, dд) называется размер, установленный измерением детали с допускаемой погрешностью. Два предельно допускаемых размера, между которыми должен находиться действительный размер годной детали, называются предельными размерами.

Предельным отклонением называется алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами. Различают верхнее и нижнее предельные отклонения.

Верхнее отклонение – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами:

для отверстия ES = Dmax - Dн; для вала es = dmax – dн

Нижнее отклонение – алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами:

для отверстия EI = Dmin – Dн; для вала ei = dmin – dн

По номинальному размеру и отклонению можно подсчитать соответствующий предельный размер

**Dmax = Dн +ES; Dmin = Dн +EI; dmax = dн + es; dmin = dн + ei**

По предельным размерам или предельным отклонениям можно определить средний размер (Dc, dc) или среднее отклонение (Ес, ес):

**ЗАДАЧА №1**

1. Определить предельные размеры отклонения, допуски деталей и посадок, зазоры и натяги по следующим данным, мм:

http://gendocs.ru/docs/28/27978/conv_1/file1_html_m1caf6a04.gif

Решение:  
По формулам определяем Dmax= D + ES,

Dmin= D + EI, где D – номинальный размер отверстия = 18 мм,

ES – верхние предельное отклонение = +0,011 мм,

EI – нижние предельное отклонение = 0,0 мм,

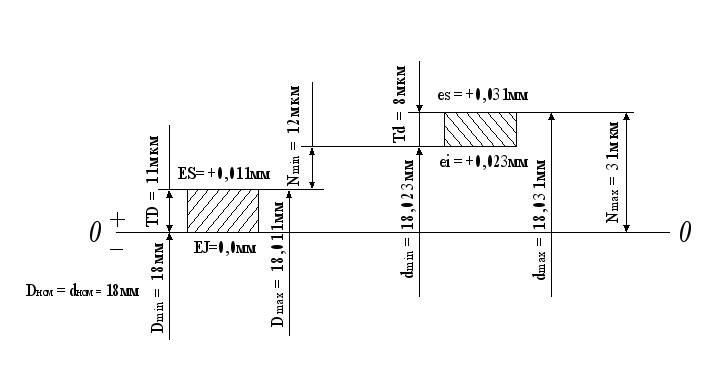
Dmax = 18 + 0.011 = 18,011 мм – предельный максимальный размер отверстия; min = 18 + 0,0 = 18,0 мм – предельный минимальный размер отверстия;   
d max = d + es, где d – номинальный размер вала = 18 мм, es – верхние предельное отклонение вала = +0,031 мм,

dmax = 18 + 0,031 = 18,031 мм – предельный максимальный размер вала.   
dmin = d + ei = 18 + 0,023 = 18,023 мм – предельный минимальный размер вала, где ei – нижнее предельное отклонение вала = +0,023 мм.

1. Допуски отверстия и вала определяем по формулам

TD = Dmax – Dmin = ES – EI = 18,011 мм – 18,0 мм = 0,011 мм – 0,0 мм = 0,011 мм = 11мкм,

Td = dmax – dmin = es – ei = 18,031 мм – 18,023 мм = +0,031 мм – 0,023 мм = 0,08 мм = 8мкм

1. Графическое изображение поля допуска.   
   
2. Определяем по формулам:   
   Наибольший натяг Nmax = es – EI = 0,031 мм – 0,0 мм = 0,031 мм = 31 мкм.  
   Наименьший натяг Nmin = ei – ES = 0,023 мм – 0,011 мм = 0,012 мм = 12 мкм.

|  |  |
| --- | --- |
| http://gendocs.ru/docs/28/27978/conv_1/file1_html_m1caf6a04.gif | – посадка с натягом |

**ЗАДАЧА №2**

Что характеризует единицы допуска и как их вычисляют?

**ЗАДАЧА №3**

Расшифруйте условные обозначения допуска формы поверхностей детали (рисунок 1): определите вид отклонения и допуск; в каком выражении задан допуск (диаметральном или радиусном); форму поля допуска; размеры нормируемого участка; степень точности допуска.

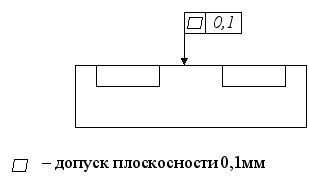


Рисунок 1 Обозначение формы поверхности детали

**ЗАДАЧА №4**

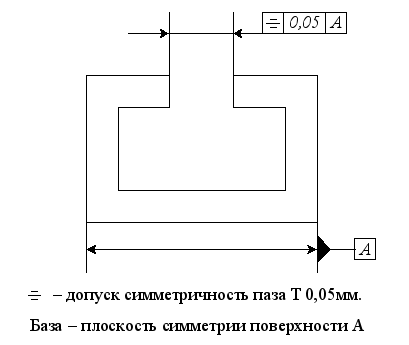
Расшифруйте условные обозначения допуска формы поверхностей детали (рисунок 2), выполните задание задачи 3 и определите базовый элемент:  
  


Рисунок 2 Обозначение допуска формы поверхности детали

**ЗАДАЧА №5**

Расшифруйте условное обозначение шероховатости поверхности (рисунок 3)

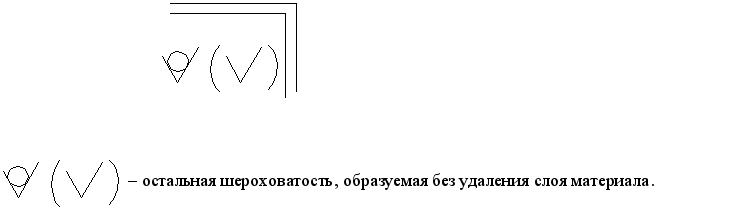


Рисунок 3 Обозначение шероховатости поверхности

**ЗАДАЧА №6**

Для отклонений взаимного расположения конструктивных элементов дайте определение, укажите, чему равны и как определяются его допуск и поле допуска:

а) отклонение от параллельности двух плоскостей, прямой относительно плоскости и плоскости относительно прямой.

**ЗАДАЧА №7**

Изложите основные правила условных обозначений подшипников качения, приведите пример.

**ЗАДАЧА №8**

Как влияет на работоспособность зубчатых передач точность зубчатых колес и передач?

**Практическая работа №4**

**Расчет показателей надежности**

**Цель работы:**

1. Изучить межгосударственный стандарт ГОСТ 27.301-95 Надежность в технике. Расчет надежности;
2. Приобрести навыки их использования и применения при определении значений показателей надежности.
3. Контроль усвоения: устный опрос

**Задание для работы:**

1. Изучить теоретический материал по теме и межгосударственный стандарт ГОСТ 27.301-95 Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения
2. Заполнить таблицу показателей:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №п/п | Характеристики | Составляющие |
| 1 | Цели расчета надежности |  |
| 2 | Общая схема расчета надежности |  |
| 3 | Идентификация объекта |  |
| 4 | Методы расчета |  |
| 5 | Исходные данные |  |
| 6 | Адекватность метода расчета |  |
| 7 | Требования к методам расчета |  |
| 8 | Представление результатов расчета |  |
| 9 | Факторы, влияющие на надежность |  |
| 10 | Классификация отказов |  |
| 11 | Модели отказов |  |
| 12 | Показатели надежности для неремонтируемых изделий |  |

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ РАБОТЫ**

**Надёжность** – свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданном интервале времени, в течение заданной наработки. Надёжность есть одно из свойств качества.

**Теория надёжности** – наука, которая изучает закономерности влияния отказов на эффективности использования аппаратуры. В связи с тем, что на надёжность аппаратуры влияет масса факторов, необходимо использовать системный подход к проектированию надёжной аппаратуры.

Теория надёжности занимается отказами изделий. На появление отказов влияют разные факторы, по этому отказ является случайным событием. Время исправной работы является случайной величиной, также как и время восстановления изделия. Показатели надёжности элементов получаются, как правило, путём статистической обработки результатов испытания изделий или эксплуатации. Поэтому математическим аппаратом теории надёжности является теория вероятностей и математическая статистика.

Надёжность можно разделить:

теоретическая надёжности;

техническая надёжность;

эксплуатационная надёжность.

Факторы, влияющие на надёжность, классифицируются:

Эксплуатационные:

Субъективные;

Объективные;

Конструкторские;

Производственно-технические.

**2. Отказы и их классификации**

**Отказ** – событие, заключающееся в нарушении работоспособности. Отказ изделия – явление случайное, но причины, связанные с выявлением отказов, определяются физическими и физико-химическими процессами, происходящими в конструкции и материалах элементов в условиях эксплуатации и вследствие ошибок производства и проектирования.

Классификация отказов:

По характеру проявления

Внезапный (случайный);

Постепенный (износ);

По взаимосвязи между собой

Независимый (первичный);

Зависимый (вторичный);

По наличию внешних признаков

Очевидный (явный);

Скрытый (неявный);

По объёму

Полный (авария);

Частичный;

По длительности действия

Окончательный (устойчивый);

Сбой;

Перемежающийся (временный);

По причинам возникновения

Конструкционный;

Производственный;

Эксплуатационный.

**2.1. Модели отказов**

Схемы возникновения отказов:

Схема мгновенных повреждений (внезапный отказ);

Схема накапливающихся повреждений (постепенный отказ);

Схема релаксаций (накопление → скачок);

Схема действий нескольких независимых причин.

В соответствии этих схем используются следующие модели отказов:

Для внезапных отказов

экспоненциальное распределение;

распределение Вейбулла;

**3. Модели надёжности**

Различают модели надёжности элементов (МНЭ) и модели надёжности систем (МНС). МНЭ разрабатываются с целью формализованного описания процессов возникновения отказов элементов во времени. В зависимости от действующих нагрузок и внутренних свойств элементов. МНС разрабатываются для формального описания с позиции надёжности процесса функционирования системы как процесса взаимодействия её элементов при выполнении поставленной задачи.

**4. Показатели надёжности для неремонтируемых изделий**

Надёжность аппаратуры и элементов определяется рядом количественных характеристик:

Вероятность безотказной работ

2. Относительная частота отказов

3. Средняя частота отказов

4. Суммарная частота отказов

5. Интенсивность отказов

6. Средне время безотказной работы

7. Средняя наработка на отказ

8. Среднее время восстановления

9. Коэффициент нагрузки элемента

10. Коэффициент готовности

**Межгосударственный стандарт**

**ГОСТ 27.301-95 Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения**

**1 Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает общие правила расчета надежности технических объектов, требования к методикам и порядок представления результатов расчета надежности.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.102-68 Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов

ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 27.003-90 Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности

ГОСТ 27.310-95 Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения

**3 Определения**

В настоящем стандарте применены общие термины в области надежности, определения которых установлены в ГОСТ 27.002. Дополнительно в стандарте применены следующие термины, относящиеся к расчету надежности.

3.1 расчет надежности: Процедура определения значений показателей надежности объекта с использованием методов, основанных на их вычислении по справочным данным о надежности элементов объекта, по данным о надежности объектов-аналогов, данным о свойствах материалов и другой информации, имеющейся к моменту расчета.

3.2 прогнозирование надежности: Частный случай расчета надежности объекта на основе статистических моделей, отражающих тенденции изменения надежности объектов-аналогов и/или экспертных оценок.

3.3 элемент: Составная часть объекта, рассматриваемая при расчете надежности как единое целое, не подлежащее дальнейшему разукрупнению.

**4 Основные положения**

4.1 Порядок расчета надежности

Надежность объекта рассчитывают на стадиях жизненного цикла и соответствующих этим стадиям этапах видов работ, установленных программой обеспечения надежности (ПОН) объекта или документами, ее заменяющими.

ПОН должна устанавливать цели расчета на каждом этапе видов работ, применяемые при расчете нормативные документы и методики, сроки выполнения расчета и исполнителей, порядок оформления, представления и контроля результатов расчета

4.2 Цели расчета надежности

Расчет надежности объекта на определенном этапе видов работ, соответствующем некоторой стадии его жизненного цикла, может иметь своими целями:

обоснование количественных требований по надежности к объекту или его составным частям;

проверку выполнимости установленных требований и/или оценку вероятности достижения требуемого уровня надежности объекта в установленные сроки и при выделенных ресурсах, обоснование необходимых корректировок установленных требований;

сравнительный анализ надежности вариантов схемно-конструктивного построения объекта и обоснование выбора рационального варианта;

определение достигнутого (ожидаемого) уровня надежности объекта и/или его составных частей, в том числе расчетное определение показателей надежности или параметров распределения характеристик надежности составных частей объекта в качестве исходных данных для расчета надежности объекта в целом;

обоснование и проверку эффективности предлагаемых (реализованных) мер по доработкам конструкции, технологии изготовления, системы технического обслуживания и ремонта объекта, направленных на повышение его надежности;

решение различных оптимизационных задач, в которых показатели надежности выступают в роли целевых функций, управляемых параметров или граничных условий, в том числе таких, как оптимизация структуры объекта, распределение требований по надежности между показателями отдельных составляющих надежности (например безотказности и ремонтопригодности), расчет комплектов ЗИП,;

проверку соответствия ожидаемого (достигнутого) уровня надежности объекта установленным требованиям (контроль надежности), если прямое экспериментальное подтверждение их уровня надежности невозможно технически или нецелесообразно экономически.

4.3 Общая схема расчета

4.3.1 Расчет надежности объектов в общем случае представляет собой процедуру последовательного поэтапного уточнения оценок показателей надежности по мере отработки конструкции и технологии изготовления объекта, алгоритмов его функционирования, правил эксплуатации, системы технического обслуживания и ремонта, критериев отказов и предельных состояний, накопления более полной и достоверной информации о всех факторах, определяющих надежность, и применения более адекватных и точных методов расчета и расчетных моделей,

4.3.2 Расчет надежности на любом этапе видов работ, предусмотренном планом ПОН, включает:

идентификацию объекта, подлежащего расчету;

определение целей и задач расчета на данном этапе, номенклатуры и требуемых значений рассчитываемых показателей надежности;

выбор метода(ов) расчета, адекватного(ых) особенностям объекта, целям расчета, наличию необходимой информации об объекте и исходных данных для расчета;

составление расчетных моделей для каждого показателя надежности;

получение и предварительную обработку исходных данных для расчета, вычисление значений показателей надежности объекта и, при необходимости, их сопоставление с требуемыми;

оформление, представление и защиту результатов расчета.

4.4 Идентификация объекта

4.4.1 Идентификация объекта для расчета его надежности включает получение и анализ следующей информации об объекте, условиях его эксплуатации и других факторах, определяющих его надежность:

назначение, области применения и функции объекта;

критерии качества функционирования, отказов и предельных состояний, возможные последствия отказов (достижения объектом предельного состояния) объекта;

структура объекта, состав, взаимодействие и уровни нагруженности входящих в него элементов, возможность перестройки структуры и/или алгоритмов функционирования объекта при отказах отдельных его элементов;

наличие, виды и способы резервирования, используемые в объекте;

типовая модель эксплуатации объекта, устанавливающая перечень возможных режимов эксплуатации и выполняемых при этом функций, правила и частоту чередования режимов, продолжительность пребывания объекта в каждом режиме и соответствующие наработки, номенклатуру и параметры нагрузок и внешних воздействий на объект в каждом режиме;

планируемая система технического обслуживания (ТО) и ремонта объекта, характеризуемая видами, периодичностью, организационными уровнями, способами выполнения, техническим оснащением и материально-техническим обеспечением работ по его ТО и ремонту;

распределение функций между операторами и средствами автоматического диагностирования (контроля) и управления объектом, виды и характеристики человеко-машинных интерфейсов, определяющих параметры работоспособности и надежности работы операторов;

уровень квалификации персонала;

качество программных средств, применяемых в объекте;

планируемые технология и организация производства при изготовлении объекта.

4.4.2 Полнота идентификации объекта на рассматриваемом этапе расчета его надежности определяет выбор соответствующего метода расчета, обеспечивающего приемлемую на данном этапе точность при отсутствии или невозможности получения части информации, предусмотренной 4.4.1.

4.4.3 Источниками информации для идентификации объекта служит конструкторская, технологическая, эксплуатационная и ремонтная документация на объект в целом, его составные части и комплектующие изделия в составе и комплектах, соответствующих данному этапу расчета надежности.

4.5 Методы расчета

4.5.1 Методы расчета надежности подразделяют:

по составу рассчитываемых показателей надежности (ПН);

по основным принципам расчета.

4.5.2 По составу рассчитываемых показателей различают методы расчета:

безотказности,

ремонтопригодности,

долговечности,

сохраняемости,

комплексных показателей надежности (методы расчета коэффициентов готовности, технического использования, сохранения эффективности и др.).

4.5.3 По основным принципам расчета свойств, составляющих надежность, или комплексных показателей надежности объектов различают:

методы прогнозирования,

структурные методы расчета,

физические методы расчета.

Методы прогнозирования основаны на использовании для оценки ожидаемого уровня надежности объекта данных о достигнутых значениях и выявленных тенденциях изменения ПН объектов, аналогичных или близких к рассматриваемому по назначению, принципам действия, схемно-конструктивному построению и технологии изготовления, элементной базе и применяемым материалам, условиям и режимам эксплуатации, принципам и методам управления надежностью (далее - объектов-аналогов).

Структурные методы расчета основаны на представлении объекта в виде логической (структурно-функциональной) схемы, описывающей зависимость состояний и переходов объекта от состояний и переходов его элементов с учетом их взаимодействия и выполняемых ими функций в объекте с последующими описаниями построенной структурной модели адекватной математической моделью и вычислением ПН объекта по известным характеристикам надежности его элементов.

Физические методы расчета основаны на применении математических моделей, описывающих физические, химические и иные процессы, приводящие к отказам объектов (к достижению объектами предельного состояния), и вычислении ПН по известным параметрам нагруженности объекта, характеристикам примененных в объекте веществ и материалов с учетом особенностей его конструкции и технологии изготовления.

Характеристика перечисленных методов и рекомендации по их применению приведены в приложении А.

4.5.4 Метод расчета надежности конкретного объекта выбирают в зависимости от:

целей расчета и требований к точности определения ПН объекта;

наличия и/или возможности получения исходной информации, необходимой для применения определенного метода расчета;

уровня отработанности конструкции и технологии изготовления объекта, системы его ТО и ремонта, позволяющего применять соответствующие расчетные модели надежности.

4.5.5 При расчете надежности конкретных объектов возможно одновременное применение различных методов, например методов прогнозирования надежности электронных и электротехнических элементов с последующим использованием полученных результатов в качестве исходных данных для расчета надежности объекта в целом или его составных частей различными структурными методами.

4.6 Исходные данные

4.6.1 Исходными данными для расчета надежности объекта могут быть:

данные о надежности объектов-аналогов, составных частей и комплектующих изделий рассматриваемого объекта по опыту их применения в аналогичных или близких условиях;

оценки показателей надежности (параметры законов распределения характеристик надежности) составных частей объекта и параметров примененных в объекте материалов, полученные экспериментальным или расчетным способом непосредственно в процессе разработки (изготовления, эксплуатации) рассматриваемого объекта и его составных частей;

расчетные и/или экспериментальные оценки параметров нагруженности примененных в объекте составных частей и элементов конструкции.

4.6.2 Источниками исходных данных для расчета надежности объекта могут быть:

стандарты и технические условия на составные части объекта, применяемые в нем комплектующие элементы межотраслевого применения, вещества и материалы

справочники по надежности элементов, свойствам веществ и материалов, нормативам продолжительности (трудоемкости, стоимости) типовых операций ТО и ремонта и другие информационные материалы;

статистические данные (банки данных) о надежности объектов-аналогов, входящих в их состав элементов, свойствах применяемых в них веществ и материалов, о параметрах операций ТО и ремонта, собранные в процессе их разработки, изготовления, испытаний и эксплуатации;

результаты прочностных, электрических, тепловых и иных расчетов объекта и его составных частей, включая расчеты показателей надежности составных частей объекта.

4.6.3 При наличии нескольких источников исходных данных для расчета надежности объекта приоритеты в их использовании или методы объединения данных из разных источников должны быть установлены в методике расчета. В расчете надежности, включаемом в комплект рабочей документации на объект, предпочтительным должно быть применение исходных данных из стандартов и технических условий на составные части, элементы и материалы.

4.7 Адекватность метода расчета

4.7.1 Адекватность выбранного метода расчета и построенных расчетных моделей целям и задачам расчета надежности объекта характеризуют:

полнотой использования в расчете всей доступной информации об объекте, условиях его эксплуатации, системе ТО и ремонта, характеристиках надежности составных частей, свойствах применяемых в объекте веществ и материалов;

обоснованностью принятых при построении моделей допущений и предположений, их влиянием на точность и достоверность оценок ПН;

степенью соответствия уровня сложности и точности расчетных моделей надежности объекта доступной точности исходных данных для расчета.

4.7.2 Степень адекватности моделей и методов расчета надежности оценивают путем: сопоставления результатов расчета и экспериментальной оценки ПН объектов-аналогов, для которых применялись аналогичные модели и методы расчета;

исследования чувствительности моделей к возможным нарушениям принятых при их построении допущений и предположений, а также к погрешностям исходных данных для расчета;

экспертизы и апробации применяемых моделей и методов, проводимых в установленном порядке.

4.8 Требования к методикам расчета

4.8.1 Для расчета надежности объектов применяют:

типовые методики расчета, разрабатываемые для группы (вида, типа) однородных по назначению и принципам обеспечения надежности объектов, оформляемые в виде соответствующих нормативных документов (государственных и отраслевых стандартов, стандартов предприятия и др.);

методики расчета, разрабатываемые для конкретных объектов, особенности конструкции и/или условий применения которых не допускают применения типовых методик расчета надежности. Указанные методики, как правило, включают непосредственно в отчетные документы по расчету надежности или оформляют в виде отдельных документов, включаемых в комплект документации соответствующего этапа разработки объекта.

4.8.2 Типовая методика расчета надежности должна содержать:

характеристику объектов, на которые распространяется методика, в соответствии с установленными настоящим стандартом правилами их идентификации;

перечень рассчитываемых ПН объекта в целом и его составных частей, методы, применяемые для расчета каждого показателя;

типовые модели для расчета ПН и правила их адаптации для расчета надежности конкретных объектов, соответствующие этим моделям алгоритмы расчета и, при наличии, программные средства;

методы и соответствующие методики оценки параметров нагруженности составных частей объектов, учитываемых в расчетах надежности;

требования к исходным данным для расчета надежности (источники, состав, точность, достоверность, форма представления) или непосредственно сами исходные данные, методы объединения разнородных исходных данных для расчета надежности, получаемых из разных источников;

решающие правила для сопоставления расчетных значений ПН с требуемыми, если результаты расчета применяют для контроля надежности объектов;

методы оценки погрешностей расчета ПН, вносимые принятыми для используемых моделей и методов расчета допущениями и предположениями;

методы оценки чувствительности результатов расчета к нарушениям принятых допущений и/или к погрешностям исходных данных;

требования к форме представления результатов расчета ПН и правила защиты результатов расчета в соответствующих контрольных точках ПОН и при экспертизах проектов объектов.

4.8.3 Методика расчета надежности конкретного объекта должна содержать:

информацию об объекте, обеспечивающую его идентификацию для расчета надежности в соответствии с требованиями настоящего стандарта;

номенклатуру рассчитываемых ПН и их требуемые значения;

модели для расчета каждого ПН, принятые при их построении допущения и предположения, соответствующие алгоритмы вычисления ПН и применяемые программные средства, оценки погрешностей и чувствительности выбранных (построенных) моделей;

исходные данные для расчета и источники их получения;

методики оценки параметров нагруженности объекта и его составных частей или непосредственно оценки указанных параметров со ссылками на соответствующие результаты и методики прочностных, тепловых, электрических и иных расчетов объекта.

4.9 Представление результатов расчета

4.9.1 Результаты расчета надежности объекта оформляют в виде раздела пояснительной записки к соответствующему проекту (эскизному, техническому) или в виде самостоятельного документа (РР по ГОСТ 2.102, отчета и др.), содержащего:

цели и методику (ссылку на соответствующую типовую методику) расчета;

расчетные значения всех ПН и заключения о их соответствии установленным требованиям надежности объекта;

выявленные недостатки конструкции объекта и рекомендации по их устранению с оценками эффективности предлагаемых мер с точки зрения их влияния на уровень надежности;

перечень составных частей и элементов, лимитирующих надежность объекта или по которым отсутствуют необходимые данные для расчета ПН, предложения по включению в ПОН дополнительных мероприятий по повышению (углубленному исследованию) их надежности или по их замене на более надежные (отработанные и проверенные);

заключение о возможности перехода к следующему этапу отработки объекта при достигнутом расчетном уровне его надежности.

4.9.2 Содержание отчетного документа по расчету надежности должно допускать возможность независимой проверки результатов расчета при экспертизе проекта и контроле реализации ПОН.

4.9.3 Расчетные оценки ПН, заключения о их соответствии установленным требованиям и возможности перехода к следующему этапу видов работ по разработке (постановке на производство) объекта, рекомендации по доработкам с целью повышения его надежности включают в акт приемочных испытаний, если принято решение о контроле надежности объекта расчетным методом.

**Критерии оценивания практических занятий**

Результатом работы по каждому практическому занятию является оформление отчета и его защита. Оценку за практическое занятие (лабораторную работу) преподаватель выставляет после защиты отчета.

Практические занятия оцениваются по пятибалльной шкале:

**оценка «5» (отлично) ставится, если:**

– работа выполнена полностью и правильно; работа выполнена по плану с учетом требований безопасности; работа выполнена самостоятельно; работа сдана с соблюдением всех сроков; соблюдены все правила оформления отчета; сделаны правильные выводы;

– во время защиты обучающийся правильно понимает сущность вопроса, дает точное определение и истолкование основных понятий, строит ответ по собственному плану, сопровождает ответ примерами, умеет применить знания в новой ситуации, может установить связь между изучаемым и ранее изученным материалом из курса, а также с материалом, усвоенным при изучении других дисциплин;

**оценка «4» (хорошо) ставится, если:**

– работа выполнена правильно с учетом 2-3 несущественных ошибок исправленных самостоятельно по требованию преподавателя; работа сдана в срок (либо с опозданием на два-три занятия), есть некоторые недочеты в оформлении отчета;

– во время защиты обучающийся правильно понимает сущность вопроса, дает точное определение и истолкование основных понятий, но ответ дан без использования собственного плана, новых примеров, без применения знаний в новой ситуации, без использования связей с ранее изученным материалом и материалом, усвоенным при изучении других дисциплин;

**оценка «3» (удовлетворительно)ставится, если:**

– работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущена существенная ошибка, но обучающийся владеет обязательными знаниями и умениями по проверяемой теме; обучающийся многократно обращается за помощью преподавателя; работа сдана с опозданием более трех занятий; в оформлении отчета есть отклонения и несоответствия предъявляемым требованиям;

– во время защиты обучающийся правильно понимает сущность вопроса, но в ответе имеются отдельные пробелы в усвоении вопросов курса;

**оценка «2» (неудовлетворительно)ставится, если:**

– выполнено меньше половины предложенных заданий, допущены две (и более) существенные ошибки в ходе работы, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями и умениями по данной теме в полном объеме, обучающийся выполняет работу с помощью преподавателя; работа сдана с нарушением всех сроков; имеется много нарушений правил оформления.

В данном случае обучающийся не допускается к защите отчета. Работа должна быть исправлена с учетом недостатков.

–при защите отчета обучающийся не может ответить ни на один из поставленных вопросов.

В данном случае обучающийся будет допущен к повторной защите отчета только после ликвидации пробелов в знании учебного материала по теме практического занятия.