

Калужский филиал ПГУПС

**Методические указания к выполнению  
практических занятий  
по учебной дисциплине  
МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ**

программы подготовки специалистов среднего звена

по специальности СПО

23.02.01 Организация перевозок и управление

на транспорте (по видам)

Базовая подготовка

Составил: преподаватель Кулешова Т.В.

2017

Утверждаю

Заместитель директора по учебной работе

\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Одобрено на заседании цикловой комиссии

Протокол №\_\_1\_\_ от «\_\_30\_\_» \_\_08\_\_ 2017 г.

Председатель ЦК Куприянова В.В . / \_\_\_\_\_ /

**Разработчик:**

\_\_\_\_\_  
(занимаемая должность)

\_\_\_\_\_  
Т.В.Кулешова  
(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_

# Практическое занятие №1

## Определение погрешностей средств измерений

**Цель работы:** получить представление о способах определения погрешностей измерительных приборов и их технических характеристик.

## Краткие теоретические сведения

### Погрешность средств измерения и результатов измерения

Погрешности средств измерений-отклонения метрологических свойств или параметров средств измерений от номинальных, влияющие на погрешности результатов измерений(создающие так называемые инструментальные ошибки измерений).

Погрешность результатов измерения – отклонение результата измерения от действительного (истинного) значения измеряемой величины.

### Инструментальные и методические погрешности

Методическая погрешность обусловлена несовершенством метода измерений или упрощениями, допущенными при измерениях. Она может возникать из-за использования приближенных формул при расчете результатов или неправильной методики измерений. Выбор ошибочной методики возможен из-за несоответствия(неадекватности) измеряемой физической величины и ее модели.

Причиной методической погрешности может быть не учитываемое взаимное влияние объекта измерений и измеряемых приборов или недостаточная точность такого учета. Например, методическая погрешность возникает при измерениях падения напряжения на участке цепи с помощью вольтметра, так как из-за шунтирующего действия вольтметра напряжение уменьшается. Механизм взаимного влияния может быть изучен, а погрешности рассчитаны и учтены.

Инструментальная погрешность обусловлена несовершенством применяемых средств измерений. Причинами ее возникновения являются неточности, допущенные при изготовлении и регулировке приборов, изменение параметров элементов конструкции и схемы вследствие старения. В высокочувствительных приборах могут сильно проявляться их внутренние шумы.

### Статическая и динамическая погрешности

Статическая погрешность измерений

- погрешность результата измерений, свойственная условиям статического измерения, то есть при измерении постоянных величин после завершения переходных процессов в элементах приборов и преобразователей.

Статическая погрешность средства измерений возникает при измерении постоянной величины. Если в паспорте на средства измерений указывают предельные погрешности измерений, определенные в статических условиях, то они не могут характеризовать точность его работы в динамических условиях.

Динамическая погрешность измерений – погрешность результата измерений, свойственная условиям динамического измерения. Динамическая погрешность появляется при измерении переменных величин обусловлена инерционными свойствами измерений. Динамической погрешностью средства измерений является разность между погрешностью средства измерений в динамических условиях и его статической погрешностью, соответствующей значению величины в данный момент времени. При разработке или проектировании средства измерений следует учитывать, что увеличение погрешности измерений и запаздывание появления выходного сигнала связаны с изменением условий.

Статические и динамические погрешности относятся к погрешностям результата измерений. В большей части приборов статическая и динамическая погрешности связаны между собой, поскольку соотношение между этими видами погрешностей зависит от характеристик прибора и характерного времени изменения величины.

## Систематическая и случайная погрешности

Систематическая погрешность измерения – составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же физической величины. Систематические погрешности являются в общем случае функцией измеряемой величины, влияющих величин ( температуры, влажности, напряжения питания и пр.) и времени. В функции измеряемой величины систематические погрешности входят при проверки и аттестации образцовых приборов.

Причинами возникновения систематических составляющих погрешности измерения являются:

- отклонение параметров реального средства измерений от расчетных значений, предусмотренных схемой;
- неуравновешенность некоторых деталей средства измерений относительно их оси вращения, приводящая к дополнительному повороту за счет зазоров, имеющих в механизме;
- упругая деформация деталей средства измерений, имеющих малую жесткость, приводящая к дополнительным перемещениям;
- погрешность градуировки или небольшой сдвиг шкалы;
- неточность подгонки шунта или добавочного сопротивления, неточность образцовой измерительной катушки сопротивления;
- неравномерный износ направляющих устройств для базирования измеряемых деталей;
- износ рабочих поверхностей, деталей средства измерений, с помощью которых осуществляется контакт звеньев механизма;
- установленные измерения упругих свойств деталей, а так же их естественное старение;

- неисправности средства измерений.

Случайной погрешностью называют составляющие погрешности измерений, изменяющиеся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины. Случайные погрешности определяются совместным действием ряда причин: внутренними шумами элементов электронных схем, наводками на выходные цепи средств измерений, пульсацией постоянного питающего напряжения, дискретностью счета.

## Погрешности адекватности и градуировки

Погрешность градуировки средства измерений – погрешность действительного значения величины, приписанного той или иной отметке шкалы средства измерений в результате градуировки.

Погрешностью адекватности модели называют погрешность при выборе функциональной зависимости. Характерным примером может служить построение линейной зависимости по данным, которые лучше описываются степенным рядом с малыми нелинейными членами.

Погрешность адекватности относится к изменениям для проверки модели. Если зависимость параметра состояния от уровней входного фактора задана при моделировании объекта достаточно точно, то погрешность адекватности оказывается минимальной. Эта погрешность может зависеть от динамического диапазона измерений, например, если однофакторная зависимость задана при моделировании параболой, то в небольшом диапазоне она будет мало отличаться от экспоненциальной зависимости. Если диапазон измерений увеличить, то погрешность адекватности сильно возрастет.

**Задание:** определить погрешность амперметра и вольтметра.

**Исходные данные** (табл. 1, 2)

Исходные данные к задаче для вольтметра

Наименование заданной величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальное значение вольтметра, $U_n$ , В	100	120	140	150	160	180	190	200	210	220
Показания вольтметра, $U$ , В	100	120	140	150	160	180	190	200	210	220
	90	110	130	120	140	150	160	170	190	190
	80	100	120	90	120	120	130	140	160	170
	70	90	110	60	100	90	100	110	130	140
	60	80	90	30	80	60	70	80	90	100
Истинное значение вольтметра, $U_x$ , В	100,4	120,5	141,5	148,6	161,9	179,8	191	198,8	211	219
	91,2	109,8	128,6	119	139,7	148,6	158,6	171,2	191,2	191,8
	79,6	98,5	121,6	91,2	119	121	131,8	139,4	158,6	168,8
	72,3	89,1	109,7	60,8	98,7	88,8	98,2	109	131,8	141,6
	59,7	81,2	91,2	30,4	81,6	61,2	71,6	81,6	91,2	98,8

Таблица 2

Исходные данные к задаче для амперметра

Наименование заданной величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальное значение амперметра, $I_n$ , мА	150	120	90	80	75	60	50	40	30	25
Показания амперметра, $I$ , мА	150	120	90	80	75	60	50	40	30	25
	130	110	60	70	65	50	40	30	25	20
	110	90	30	60	55	40	30	20	20	15
	90	60	20	50	45	30	20	10	15	10
	60	30	10	30	35	20	10	5	10	5
Истинное значение амперметра, $I_x$ , мА	148,6	119	91,2	81,3	75,6	60,8	51,6	41,6	29,2	25,9
	131,2	111,3	60,8	68,8	64,3	51,6	38,6	29,4	26,5	19,3
	109,8	91,6	31,4	61,2	55,8	39,8	31,5	21,8	18,8	14,5
	91,2	59,4	19	48,6	44,6	31,8	20,8	11,5	14,6	9,8
	60,8	30,4	10,8	31,5	36,6	19	9,8	6,1	9,5	4,8

## Порядок выполнения

1. Проведена поверка вольтметра с  $U_n$  (амперметра с  $I_n$ ) в точках шкалы  $U_n$  ( $I_n$ ) и получены соответствующие показания образцового вольтметра ( амперметра) ( табл., 1. 2)

2. Абсолютная погрешность прибора

$\Delta$  – это разность между показаниями прибора  $X_d$  измеряемой величины:

$$\Delta = X - X_d.$$

3. Относительная погрешность прибора – это отношение абсолютной погрешности истинному значению измеряемой величины, выраженной в процентах:

$$\delta = (\Delta \cdot X_d) \cdot 100, \%$$

4. Отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению  $X_H$ , выраженной в процентах, называется приведенной погрешностью:

$$\gamma = (\Delta \cdot X_H) \cdot 100, \%$$

Для приборов с нулевой отметкой на краю шкалы нормирующее значение  $X_H$  равно качественному значению диапазона измерений.

5. Основная наибольшая допустимая приведенная погрешность характеризует цифру класса точности прибора:

$$\gamma_{max} = (\Delta_{max} \cdot X_H) \cdot 100, \%$$

Где  $\Delta_{max}$  - наибольшая допустимая абсолютная погрешность ;

$K_n$  - цифра класса точности средства измерения; должен удовлетворять условию  $K \geq \gamma_{max}$ .

Существуют следующие классы точности прибора: 0,5 ; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Результаты вычислений.
4. Выводы.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятиям « погрешность».
2. Назовите виды погрешностей.
3. Назовите погрешность, характеризующую класс точности прибора.
4. Дайте определение понятия « поверка».
5. Перечислите погрешности по характеру изменения результатов измерения.

## Практическое занятие № 2

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

**Цель:** научиться производить расчеты для экономического обоснования параметрических рядов; раскрывать обозначения ряда; пользоваться номерами предпочтительных чисел при расчете.

### Краткие теоретические сведения

Методической основой стандартизации являются математические методы , включая предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел, параметрические ряды.

Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел необходимы для выбора оптимального ряда параметров и типоразмеров готовых изделий. Набор установленных значений параметров составляет параметрический ряд, который строится по системе предпочтительных чисел. Предпочтительными называют числа, которые рекомендуется употреблять при выборе значений параметров для вновь создаваемых изделий. Ряды предпочтительных чисел строятся на основе определенных математических закономерностей. Среди возможных вариантов рядов предпочтительных чисел основными являются арифметическая и геометрическая прогрессии. Ряд, построенный по арифметической прогрессии, характеризуется тем, что разность значений двух соседних членов остается неизменной во всем диапазоне ряда, то есть:

$$N_i - N_{i-1} = d$$

Где  $d - const$

Члены арифметической прогрессии отличаются друг от друга на строго определенное значение, например: 2; 5; 8; 11 и т.д. Преимущество этой прогрессии – значение ее членов не надо округлять. Недостатком ряда, построенного по принципу арифметической прогрессии, является то, что относительное увеличение следующего числа по сравнению с предыдущим характеризуется различными относительными интервалами. Так число 8 больше числа 5 на 37,5%, а число 3003 больше только на 0,1%.

При арифметической прогрессии разность значений между двумя соседними числами не изменяется по всему ряду, поэтому в зоне малых значений они имеют большую разреженность, а в зоне больших значений – большую уплотненность. Применение арифметической прогрессии для формирования параметрического ряда приведет к увеличению количества больших типоразмеров по сравнению с количеством малых типоразмеров.

Такие ряды применяются редко. Чаще применяются ряды чисел, построенные по геометрической прогрессии. Они характеризуются постоянным отношением двух смежных членов. Каждый последующий член ряда является произведением предыдущего члена и знаменателя геометрической прогрессии (величина постоянная для данного ряда):

$$N_i = N_{i-1} \cdot d$$

В стандартизации применяют четыре основных ряда (R5, R10, R20, R40) и один дополнительный (R80).

Цифры означают число членов ряда в пределах от 1 до 10. В интервале от 1 до 10 каждый последующий ряд включает все числа предыдущего ряда. Относительная разница между смежными числами ряда постоянная.

Ряд предпочтительных чисел для R5 будет: 1,00; 1,60; 2,50; 4,00; 6,30; и т.д. Знаменатель прогрессии для этого ряда  $1.6(\sqrt[5]{10})$

Ряд предпочтительных чисел для R10 будет: 1,00; 1,25; 1,60; 2,00; 2,50; 3,15; 4,00; 5,00; 6,30; 8,00 и т.д., а знаменатель прогрессии для этого ряда  $1.25(\sqrt[10]{10})$ .

Ряды предпочтительных чисел могут быть расширены путем умножения. Так, числа более 10 получают путем умножения величин. Установленных в интервале 1-10, на 10, 100, 1000, 10000 и т.д., а числа менее 1 – на 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001 и т.д.

Предпочтительные ряды чисел лежат в основе ГОСТ 8032-84 на линейные размеры. Ряды параметров и размеров, построенные на основе этого ГОСТа, позволяют увязать между собой размеры конструктивно взаимосвязанных в процессе изготовления изделий.

В целях сокращения номенклатуры изделий разрабатываются стандарты на их параметрические ряды, среди которых выделяют основные и вспомогательные параметры. Основные параметры должны характеризовать эксплуатационные, технологические и технические возможности изделия, а вспомогательные параметры – удельный расход электроэнергии, топлива, требования к внешнему виду и отделке и т.д.



Исходные данные ( табл. 3)

Таблица 3

		Варианты заданий									
№ задания	Параметры, мм	Варианты									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	a	10	12,5	20	25	30	35	40	42	48	50
	b	40	30	25	10	12,5	63	20	15	32	17
	c	25	32	45	50	63	71	46	52	24	60
	h	180	200	140	355	280	100	150	180	210	230
	r	4,5	40	35,5	25	22,4	20	45,6	27,4	35,8	48,9
	P	1,2	1,5	3,0	6,0	8,0	7,1	9,2	6,5	7,8	4,5
	L	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	1,8	2,4	3,6	2,9
2		R 5/3 (5...1000)	R 10/4 (200...500)	R 20/5 (...250)	R 40/2 (120...)	Ra 40	Ra 20	R 5/4 (...25)	R 40/3 (10...)	R 20/6 (50...100)	Ra 20
3	d	162	108	27	108	46	87	38	54	98	85
	n	84	245	64	233	99	126	85	210	180	100
	m	38	96	31	181	43	24	65	28	47	39
	k	90	54	13	63	28	51	18	49	85	38
	Ряд ближайших размеров	Ra 40	Ra 10	Ra 20	Ra 10	Ra 40	Ra 20	Ra 40	Ra 20	Ra 40	Ra 20

Задания:

- На основании ГОСТа 8032-84[9] определить, является ли членами какого – либо ряда предпочтительных чисел числа выражающие:
  - периметр и площадь квадрата со стороной  $a$ ;
  - площадь поверхности и объем параллелепипеда со сторонами  $b$ ,  $c$  и высотой  $h$ ;
  - периметр и площадь круга радиусом  $r$ ;
  - момент силы  $P$ , приложенный на плече  $L$ .

Данные расчетов занеси в табл. 4

Параметры мм.							Расчетные формулы	Результата расчетов	Условное обозначение ряда предпочтительных чисел	Ближайшее значение по ряду
a	b	c	h	r	P	L				
							$P = 4a$			
							$S = a^2$ $S = a \leftrightarrow$			
							$S = 2(bc + bh + ch)$			
							$V = bch$ $L = 2\pi r$			
							$S = \pi r^2$			
							$M = PL$			

2. Пояснить смысл условного обозначения ряда предпочтительных чисел в соответствии с вариантом ( табл. 3)  
Рекомендуемая литература (19)
3. Назначить нормальные линейные размеры детали по ГОСТ 6636-69, округляя до ближайшего значения по указанному ряду в соответствии с вариантом ( табл. 3). Начерти деталь в масштабе по назначенным размерам ( рис. 1)

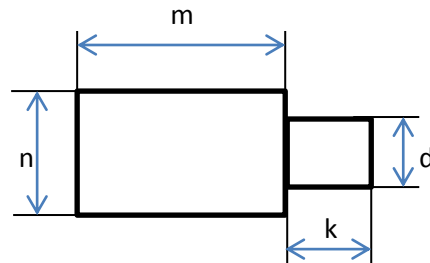


Рис. 1  
Рекомендованная литература (19)

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Результаты вычислений.
4. Вывод.

### Контрольные вопросы

1. Поясните, для каких целей разработаны системы предпочтительных чисел.
2. Поясните, с какой целью линейные размеры называют по стандарту и в каких случаях можно не согласовать значения размеров по стандарту.
3. Назовите, какому из основных рядов предпочтительных чисел не может принадлежать число, определяющее длину окружности.
4. Поясните, какая связь существует между предпочтительными числами и их номерами.
5. Поясните, как определяются номера чисел для предпочтительных чисел различных десятичных интервалов.

## Практическое занятие № 3

### Решение задач по расчету допусков и посадок

**Цель:** научиться решать задачи по системе допусков и посадок.

#### Краткие теоретические сведения

**КВАЛИТЕТ** - совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров.

**ВАЛ** – термин, условно применяемый для обозначения наружных элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы.

ОТВЕРСТИЕ – термин, условно применяемый для обозначения внутренних элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы.

ПОСАДКА – характер соединения двух деталей, определяемый разностью их размеров до сборки.

ДОПУСК ПОСАДКИ – сумма допусков отверстия и вала, составляющих соединение.

ЗАЗОР(S) – разность между размерами отверстия и вала до сборки, если отверстие больше размера вала.

НАТЯГ(N) – разность между размерами вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия.

ПОСАДКА С ЗАЗОРОМ – посадка, при которой всегда образуется зазор в соединении, то есть наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему. При графическом изображении после допуска отверстия расположено над полем допуска вала (Приложение 1, рис. в)

ПОСАДКА С НАТЯГОМ – посадка, при которой всегда образуется натяг в соединении, то есть наибольший предельный размер отверстия меньше наименьшего предельного размера вала или равен ему. При графическом изображении поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала ( Приложение рис. г)

ПЕРЕХОДНАЯ ПОСАДКА - посадка, при которой возможно получение, как зазора, так и натяга в соединении, в зависимости от действительных размеров отверстия и вала.

Рассмотрим сопряжение с зазором (рис.2а) . Для получения зазора  $S$  в сопряжении размера  $D$  отверстия втулки должен быть больше размера  $d$  вала.

При изготовлении деталей размеры  $D$  и  $d$  выполняются с погрешностями. Конструктор исходит из того, что погрешности неизбежны, и определяет, в каких пределах они допустимы, то есть сопряжение еще удовлетворяет требованиям правильной сборки и нормальному функционированию. Конструктор устанавливает два предельных размера для вала -  $d_{max}d_{min}$  и два предельных размера для отверстия -  $D_{max}D_{min}$ , внутри которых должны находиться действительные размеры сопрягаемых деталей(рис. 1 б). Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называется допуском -  $T_d$  и  $T_D$

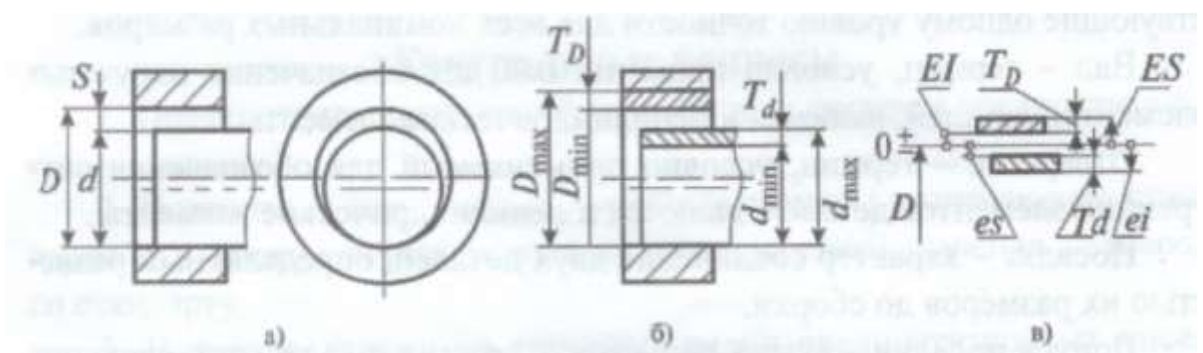


Рис. 2. Графическое изображение параметров отверстия и вала

Нанесите на чертеже соединения такого количества размеров крайне неудобно, поэтому было принято устанавливать один общий размер для вала и отверстия, называемый номинальным ( $D$ ) и указывать от него предельное отклонения (рис. 2в).

Верхнее отклонение  $ES, es$  – алгебраическая разность между наибольшим и номинальным размерами.

$$ES = D_{max} - D;$$

$$es = d_{max} - D.$$

Нижнее отклонение  $EI, ei$  – алгебраическая разность между наименьшим и номинальным размерами.

$$EI = D_{min} - D;$$

$$ei = d_{min} - D.$$

Поле допуска – поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами и определяемой величиной допуска и его положением относительно нулевой линии, соответствующей номинальному размеру.

Графическое изображение полей допусков посадки с зазором приведено на рис. 2в.

Чем уже поле между верхним и нижнем отклонениями, тем выше при прочих равных условиях степень точности, которая обозначается цифрой и называется квалитетом.

Положение допуска относительно нулевой линии определяется основным отклонением – одним из двух предельных отклонений, ближайшим к нулевой линии, и обозначается одной из букв(или их сочетаний) латинского алфавита. Прописные буквы относятся к отверстиям, а строчные к валам.

Таким образом, поле допуска обозначается сочетание букв, указывающей на положении допуска относительно нулевой линии, с цифрой, говорящей о степени точности – величине допуска.

Примеры обозначения на чертеже полей допусков и схемы их построения для отверстия и вала, а также значения отклонений и расчет допусков приведены в Приложении 1,2.

При расчете и выборе посадок конструктора могут интересовать не только предельные зазоры и натяги, но и средние, обычно наиболее вероятные, зазоры и натяги:

$$\text{Средний зазор: } S_c = (S_{max} + S_{min}) \cdot 2;$$

$$\text{Средний натяг: } N_c = (N_{max} + N_{min}) \cdot 2$$

### Задания

1. Определить предельные отклонения, величины наибольших и наименьших зазоров и натягов по заданным номинальным размерам и посадкам по системе СЭВ в соответствии с вариантом (табл. 5) . Предельные отклонения нанести на чертеж [5, 21].

Таблица 5

#### Исходные данные

ВАРИАНТЫ	1	2	3	4	5
Номинальный размер и посадки	$\varnothing 40H7 \cdot h6$	$\varnothing 100H7 \cdot f6$	$\varnothing 150D117 \cdot h11$	$\varnothing 125H7 \cdot r6$	$\varnothing 15H7 \cdot p6$
Варианты	6	7	8	9	10
Номинальный размер и посадки	$\varnothing 25H8 \cdot u8$	$\varnothing 50G7 \cdot g6$	$\varnothing 75K7 \cdot h6$	$\varnothing 90H7 \cdot k6$	$\varnothing 110E97 \cdot h8$

2. Определить предельные отклонения, величины наибольших и наименьших зазоров и натягов по заданным номинальным размерам и посадкам по системе ОСТ в соответствие с вариантом( табл. 6), Предельные отклонения нанесите на чертежах.

Таблица 6

ВАРИАНТЫ	1	2	3	4	5
Номинальный размер, посадка и предельные отклонения	$25 \frac{A^{+0,023}}{C_{-0,014}}$	$5 \frac{A^{+0,013}}{\Gamma_{+0,08}^{+0,016}}$	$100 \frac{A_3^{+0,007}}{X_3 \frac{-0,050}{-0,140}}$	$10 \frac{A^{+0,016}}{\Pi_{л+0,016}^{+0,026}}$	$50 \frac{H_{+0,003}^{+0,020}}{B_{-0,017}}$
ВАРИАНТЫ	6	7	8	9	10
Номинальный размер и посадки и предельные отклонения	$75 \frac{A_4^{+0,200}}{X_4 \frac{-0,100}{-0,300}}$	$25 \frac{A^{+0,023}}{\Gamma_{+0,015}^{+0,030}}$	$6 \frac{A_3^{+0,025}}{\Pi_{p13} \frac{+0,055}{+0,030}}$	$10 \frac{A^{+0,016}}{X_{-0,027}^{-0,013}}$	$30 \frac{A^{+0,023}}{B_{-0,014}}$

3. Определите допуск посадки , вид посадки по данным задания 1 и 2 ( Приложение 1)

### Методические указания

**Пример.** Заменить посадку по ОСТу на соответствующую посадку по системе СЭВ, определить наибольшие и наименьшие зазоры в обоих случаях и сравнить их, если дано соединение  $\varnothing 80A \cdot X$ .

**Решение:** в таблице допусков по ОСТу находим предельные отклонения отверстия и вала( Приложение 3) :

Отверстие-  $\varnothing 80A^{+0,03}$  ; ES= 30мкм , EI= 0

Вал -  $\varnothing 80X_{-0,06}^{-0,03}$  , es= -30мкм , ei = -60мкм .

Определяем наибольший и наименьший зазоры:

$$S_{НБ} = ES - ei ;$$

$$S_{НМ} = EI - es ;$$

$$S_{НБ} = 30 - (-60) = 90\text{мкм} ;$$

$$S_{НМ} = 0 - (-30) = 30\text{мкм}.$$

Соединение  $\varnothing 80 A \cdot X$  соответствует соединению  $\varnothing 80 H7 \cdot f7$  в стандарте СЭВ ( Приложение 3).

По Приложению 3 находим предельные отклонения отверстия и вала:

отверстие -  $\varnothing 80 H7^{+0,03}$  ; ES= +30мкм, EI = 0;

Вал -  $\varnothing 80 f7_{-0,06}^{-0,03}$  ; es = -30мкм . ei = -60 мкм .

Предельные отклонения отверстия и вала для данного соединения в обоих стандартах совпадают, поэтому наибольший и наименьший зазоры соответственно равны.

## Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Результаты вычислений.
4. Выводы.

## Контрольные вопросы

1. Поясните, что такое номинальный, предельный и действительный размер.
2. Поясните, может ли предельный размер равняться номинальному.
3. Объясните, что называется допуском и как его определить.
4. Дайте определение понятиям «верхние и нижние отклонения».
5. Дайте определение понятиям «зазор» и «натяг». Объясните, для чего предусматриваются в соединении двух деталей зазор и натяг.

## Практическое занятие № 4

### Расчет показателей надежности

**Цель:** получить практические навыки расчета показателей надежности серии невосстанавливаемых объектов и проведения анализа надежности объектов на графиках.

### Краткие теоретические сведения

Надежность есть свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Применительно к неремонтируемым элементам аппаратуры надежность можно определить, как свойство изделий выполнять заданные функции в течение заданного времени при заданных условиях хранения и эксплуатации. Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от значения изделий и условий их эксплуатации может включать безотказность, долговечность и сохраняемость.

**Безотказность** - это свойство изделий непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного времени.

**Долговечность** – это свойство изделий сохранять работоспособность до предельного состояния при заданных условиях эксплуатации.

**Сохраняемость** – это свойство изделий сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после хранения и транспортирования в заданных условиях.

Важнейшим понятием теории надежности является понятие отказа. Под отказом понимается событие, заключающееся в нарушении работоспособности изделия. Признаки (критерии) отказов устанавливаются нормативно – технической документацией на данное изделие. Однако в зависимости от назначения аппаратуры значимость этих показателей

становиться неодинаковой. Так, для особо ответственной аппаратуры, предназначенной для кратковременного использования, наибольшее значение имеет обеспечение высоких показателей безопасности, в то время как для изделия бытовой техники экономически целесообразно оперировать показателями долговечности.

Важными являются такие понятия надежности, как наработка, технический ресурс, сроки службы и сохраняемости.

Исходные данные (табл. 1)

### Задание

Рассчитать показатели надежности серии невосстанавливаемых объектов и отразить анализ надежности объектов на графиках в соответствии с вариантом.

#### Порядок выполнения:

1. Определяем количество работоспособных изделий на начало каждого периода по формуле:

$$N(t) = N - \Delta n(t).$$

2. Определяем статическую оценку вероятности безотказности работы на начало каждого периода по формуле:

$$P(t) = 1 - \Delta n(t) : N(t) : N.$$

3. Определяем количество отказавших деталей нарастающим итогом на конце каждого периода по формуле:

$$n(t_{j+1}) = \Delta n(t_j) + \Delta n(t_{j+1}).$$

4. определяем статическую оценку вероятности отказа на конец каждого периода по формуле:

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - N(t) : N.$$

5. Определяем статическую оценку плотности вероятности отказов по формуле:

$$f(t) = \Delta n(t) : N \Delta t.$$

6. Определяем значение интенсивности отказов по формуле:

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n(t)}{\Delta t(N - \Delta n(t))}.$$

7. Результаты расчета для удобства сводим в табл. 8.
8. По данным расчета построить графики зависимости расчетных величин от времени:  $P(t)$ ,  $Q(t)$ ,  $f(t)$ ,  $\lambda(t)$ .

Таблица 7

Исходные данные											
Номер варианта	Общее количество изделий $N$ , шт.	Количество отказавших изделий $n$ за интервал времени $t$ , $\Delta n(t)$ , шт.									
		0-100, ч	100-200, ч	200-300, ч	300-400, ч	400-500, ч	500-600, ч	600-700, ч	700-800, ч	800-900, ч	900-1000, ч
1	1000	30	170	50	20	30	20	280	200	70	130
2	2500	80	320	300	20	80	600	600	110	210	200
3	3000	100	600	200	10	90	100	100	600	100	500
4	5100	150	950	200	100	50	190	1360	1100	250	750
5	1150	50	180	60	20	35	25	330	220	50	170
6	7300	1240	370	140	230	140	2060	1450	450	1000	1240
7	8300	250	1410	420	170	250	160	2320	1660	420	1240
8	300	9	31	15	6	9	6	84	60	15	45
9	1000	30	170	50	30	20	20	180	300	140	60
10	300	9	31	15	9	6	6	54	90	42	18

Таблица 8

Результаты расчета статистических оценок показателей безотказности							
Временной интервал $\Delta t$ , ч	Количество отказов за данный интервал $\Delta n(t)$	Количество работоспособных изделий на конец периода $N(t)$ , шт.	Количество отказавших изделий на конец периода $\Delta n(t_{i-1})$	Вероятность безотказной работы на конец периода $P(t)$	Вероятность отказа на конец периода $Q(t)$	Плотность вероятности отказов $f(t)$ за период, $10^{-2} \text{ч}^{-1}$	Интенсивность отказов за период $\lambda(t)$ , $10^{-2} \text{ч}^{-1}$
0							
0-100							
100-200							
200-300							
300-400							
400-500							
500-600							
600-700							
700-800							
800-900							
900-1000							

### Содержание отчета

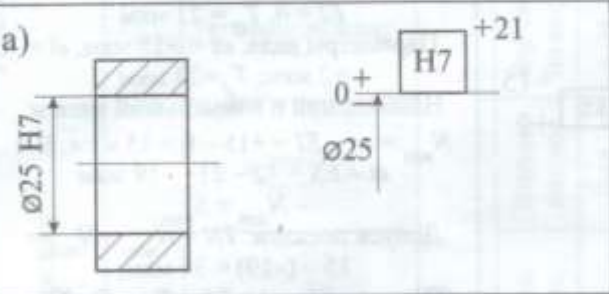
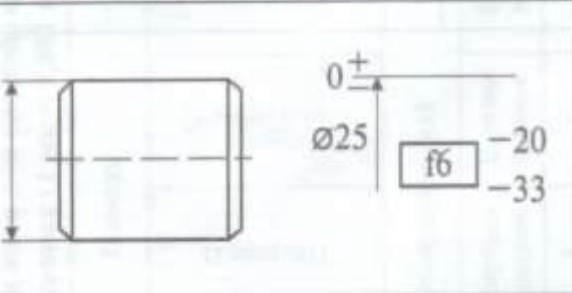
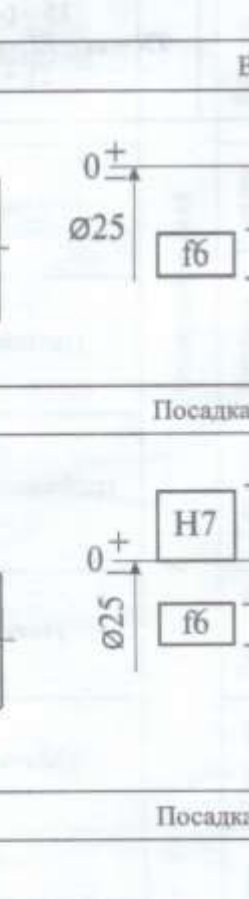
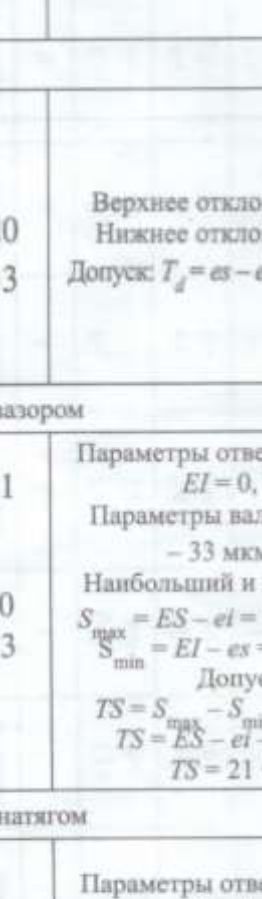
1. Цель работы.
2. Задание.
3. Результаты вычислений.
4. Графики зависимости расчетных параметров.
5. Вывод.



## Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятиям «показателей надежности».
2. Поясните, в чем различие между единичным и комплексным показателем надежности.
3. Поясните, в чем отличие между интенсивностью отказов и частотой отказов.
4. Обобщите показатели надежности, характеризующие свойство безотказности электроэнергетического оборудования.
5. Перечислите комплексные показатели надежности.

Примеры расчетов

Отверстие	
<p>a)</p>  <p>Верхнее отклонение: <math>ES = +21</math> мкм Нижнее отклонение: <math>EI = 0</math> Допуск: <math>T = ES - EI = +21 - 0 = 21</math> мкм</p>	
Вал	
<p>б)</p>  <p>Верхнее отклонение: <math>es = -20</math> мкм Нижнее отклонение: <math>ei = -33</math> мкм Допуск: <math>T_d = es - ei = -20 - (-33) = 13</math> мкм</p>	
Посадка с зазором	
<p>в)</p>  <p>Параметры отверстия: <math>ES = +21</math> мкм, <math>EI = 0</math>, <math>T_D = 21</math> мкм Параметры вала: <math>es = -20</math> мкм, <math>ei = -33</math> мкм, <math>T_d = 13</math> мкм Наибольший и наименьший зазоры: <math>S_{max} = ES - ei = +21 - (-33) = 54</math> мкм, <math>S_{min} = EI - es = 0 - (-20) = 20</math> мкм Допуск посадки: <math>TS = S_{max} - S_{min} = 54 - 20 = 34</math> мкм <math>TS = ES - ei - EI + es = T_D + T_d</math> <math>TS = 21 + 13 = 34</math> мкм</p>	
Посадка с натягом	
<p>г)</p>  <p>Параметры отверстия: <math>ES = +21</math> мкм, <math>EI = 0</math>, <math>T_D = 21</math> мкм Параметры вала: <math>es = +41</math> мкм, <math>ei = +28</math> мкм, <math>T_d = 13</math> мкм Наибольший и наименьший натяги: <math>N_{max} = es - EI = +41 - 0 = 41</math> мкм <math>N_{min} = ei - ES = +28 - 21 = 7</math> мкм Допуск посадки: <math>TN = N_{max} - N_{min} = 41 - 7 = 34</math> мкм <math>TN = es - EI - ei + ES = T_D + T_d</math> <math>TN = 21 + 13 = 34</math> мкм</p>	

Посадка переходная	
д)	
	<p>Параметры отверстия: <math>ES = +21</math> мкм, <math>EI = 0</math>, <math>T_D = 21</math> мкм</p> <p>Параметры вала: <math>es = +15</math> мкм, <math>ei = +2</math> мкм, <math>T_d = 13</math> мкм</p> <p>Наибольший и наименьший натяги:  <math>N_{\max} = es - EI = +15 - 0 = 15</math> мкм, <math>N_{\min} = ei - ES = +2 - 21 = -19</math> мкм  <math>-N_{\min} = S_{\max}</math></p> <p>Допуск посадки: <math>TN = N_{\max} - N_{\min} = 15 - (-19) = 34</math> мкм,  <math>TN = es - EI - ei + ES = T_D + T_d</math> <math>TN = 21 + 13 = 34</math> мкм</p>

Предельные отклонения отверстия и вала для системы отверстия  
(по ОСТ 1012). Размеры в микронах (1 мк = 0,001 мм)

Номинальные диаметры в мм	Отклонения отверстий А	Посадки									
		Прессовая Пр	Глухая Г	Тугая Т	Напряженная Н	Плотная П	Скользкая С	Диаметная Д	Холодная Х	Легкокользящая Л	Ширококользящая Ш
		Верхнее нижнее	Верхнее нижнее	Верхнее нижнее	Верхнее нижнее	Верхнее нижнее	Верхнее нижнее	Верхнее нижнее	Верхнее нижнее	Верхнее нижнее	Верхнее нижнее
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
от 1 до 3	+10 0	+18 +12	+13 +6	+10 +4	+7 +1	+3 -3	0 -6	-3 -9	-8 -18	-12 -25	-18 -35
Св. 3 до 6	+13 0	+23 +15	+16 +8	+13 +5	+9 +1	+4 -4	0 -8	-4 -12	-10 -22	-17 -35	-25 -45
Св. 6 до 10	+16 0	+28 +18	+20 +10	+16 +6	+12 +2	+5 -5	0 -10	-5 -15	-13 -27	-23 -45	-35 -60
Св. 10 до 18	+19 0	+34 +22	+24 +12	+19 +7	+14 +2	+6 -6	0 -12	-6 -18	-16 -33	-30 -55	-45 -75
Св. 18 до 30	+23 0	+42 +28	+30 +15	+23 +8	+17 +2	+7 -7	0 -14	-8 -22	-20 -40	-40 -70	-60 -95
Св. 30 до 50	+27 0	+52 +35	+35 +18	+27 +9	+20 +3	+8 -8	0 -17	-10 -27	-25 -50	-50 -85	-75 -115

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Св. 50 до 80	+30 0	+65 +45	+40 +20	+30 +10	+23 +3	+10 -10	0 -20	-12 -32	-30 -60	-65 -105	-95 -145
Св. 80 до 120	+35 0	+90 +65	+45 +23	+35 +12	+26 +3	+12 -12	0 -23	-15 -38	-40 -75	-80 -125	-120 -175
Св. 120 до 180	+40 0	+120 +90	+52 +25	+40 +13	+30 +4	+14 -14	0 -27	-18 -45	-50 -90	-100 -155	-150 -210
Св. 180 до 260	+45 0	+160 +130	+60 +30	+45 +15	+35 +4	+16 -16	0 -30	-22 -52	-60 -105	-120 -180	-180 -250
Св. 260 до 360	+50 0	+210 +175	+70 35	+50 +15	+40 +4	+18 -18	0 -35	-26 -60	-70 -125	-140 -210	-210 -290
Св. 360 до 500	+60 0	+275 +235	+80 +40	+60 +20	+45 +5	+20 -20	0 -40	-30 -70	-80 -140	-170 -245	-250 -340

**Пример.** Определим посадку движения в системе отверстия 2-го класса точности для соединения вала с отверстием номинального диаметра 70 мм.

Номинальный диаметр 70 лежит между размерами 50–80, помещенными в первой графе табл. 9. Во второй графе находим соответствующие отклонения отверстия  $+0^{30}$ . Следовательно, наибольший предельный размер отверстия будет 70,030 мм, а наименьший 70 мм, так как нижнее отклонение равно нулю.

В графе «Посадка движения» против размера от 50 до 80 указано отклонение для вала  $-0,012$ . Следовательно, наибольший предельный размер вала  $70 - 0,012 = 69,988$  мм, а наименьший предельный размер  $70 - 0,032 = 69,968$  мм.

## Рекомендуемая замена полей допусков по ОСТу на поля допуска по системе СЭВ

## Поля допусков валов и отверстий

Поле допуска ОСТ	Пр2	Пр1	Г <sub>1</sub>	Г <sub>2</sub>	Н <sub>1</sub>	Н <sub>2</sub>	В <sub>1</sub> -С <sub>1</sub>	Д <sub>1</sub>	Х <sub>1</sub>	Г <sub>2</sub>	Н <sub>2</sub>	П <sub>2</sub>	Г	Т	Н	
Соответствующее поле допуска СТ СЭВ	к5	с5	н5	г5	к5	н5	h5	g5	f6	u7	г6, s6	p6	П6	т6	к6	
Поле допуска ОСТ	П	В-С	Д	Х	Л	Ш	ТХ	Пр2 <sub>в</sub>	Пр1 <sub>в</sub>	Г <sub>2в</sub>	Т <sub>2в</sub>	Н <sub>2</sub>	П <sub>2</sub>	В <sub>1</sub> -С <sub>1</sub>	Х <sub>1</sub>	
Соответствующее поле допуска СТ СЭВ	h6, i6	h6	g5	f7	e8	d8	c8	u8	s7	n7	m7	k7	f7, i7	h7	f8	
Поле допуска ОСТ	Пр3	Пр2	Пр1	В <sub>1</sub> -С <sub>1</sub>	Х <sub>1</sub>	Ш <sub>1</sub>	В <sub>1</sub> -С <sub>1</sub>	В <sub>1</sub> -С <sub>1</sub>	Х <sub>1</sub>	Д <sub>1</sub>	Ш <sub>1</sub>	В <sub>1</sub> -С <sub>1</sub>	Х <sub>1</sub>	В <sub>1</sub>	В <sub>1</sub>	В <sub>1</sub>
Соответствующее поле допуска СТ СЭВ	z8, x8	x8, u8	u8, s8	h8, h9	f9, e9	d9, d10	h10	h11	d11	h11, e11	a11	h12	b12	h14	h15	h16
Поле допуска ОСТ	Г <sub>1</sub>	Г <sub>2</sub>	Н <sub>1</sub>	Н <sub>2</sub>	А <sub>1</sub> -С <sub>1</sub>	Д <sub>1</sub>	Х <sub>1</sub>	Г <sub>2</sub>	Н <sub>2</sub>	Г	Т	Н	П			
Соответствующее поле допуска СТ СЭВ	N6	M6	K6	J6, j6	H6	G6	f6	U8	R7, S7	N7	M7	K7	I7, I7			
Поле допуска ОСТ	А-С	Д	Х	Л	Ш	Пр2 <sub>в</sub>	Г <sub>2в</sub>	Т <sub>2в</sub>	Н <sub>2</sub>	П <sub>2</sub>	А <sub>1</sub> -С <sub>1</sub>	А <sub>1</sub> -С <sub>1</sub>				
Соответствующее поле допуска СТ СЭВ	H7	G7	F8	E8	D8	U8	N8	M8	K8	J8, J8	H8	H8, H9				
Поле допуска ОСТ	Х <sub>1</sub>	Ш <sub>1</sub>	А <sub>1</sub> -С <sub>1</sub>	А <sub>1</sub> -С <sub>1</sub>	Х <sub>1</sub>	Д <sub>1</sub>	Ш <sub>1</sub>	А <sub>1</sub> -С <sub>1</sub>	Х <sub>1</sub>	А <sub>1</sub>	А <sub>1</sub>	А <sub>1</sub>				
Соответствующее поле допуска СТ СЭВ	E9, E9	D9, D10	H10	H11	D11	B11, C11	A11	H12	B12	H14	H15	H16				





## Литература.

1. Сергеев А.Г. Метрология : учебник и практикум для СПО/ А.Г.. Сергеев.- 3-е изд., перераб.. и доп.- М.: Издательство Юрайт , 2017.- 322с...- ( Серия: Профессиональное образование). ISBN 978-5-534-04313-6
2. Сергеев А.Г. Стандартизация и сертификация: учебные и практикум для СПО/ А.Г.Сергеев, В.В.Терегеря. М.: Издательство Юрайт.2017.- 323с ( Серия: Профессиональное образования). ISBN 978-5-534-04315-0
3. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия : учебник и практику СПО/ И.М. Лифиц.-12-е изд., перераб. и доп.-М.: Издательство Юрайт,2017.-314с.- (Серия: Профессиональное образование) ISBN 978-5-534-00544-8
4. Закон Российской Федерации от 26.06.2008г. №102-ФЗ «Об обеспечении единстве измерений»
5. Федеральный закон от 27.10.202г. №184 «О техническом регулировании»
6. Сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. Форма доступа: [www.gost.ru](http://www.gost.ru).