Автономная некоммерческая профессиональная образовательная организация

 **«УРАЛЬСКИЙ ПРОМЫШЛЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»**

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ**

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов по специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования»

2014г.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| ОДОБРЕНОцикловой комиссией электроэнергетикиПредседатель комиссии\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Е.В. Данилова25 августа 2014г. | *УТВЕРЖДАЮ*Заместитель директора поучебной работе АН ПОО «Уральский промышленно-экономический техникум»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Н.Б. Чмель«28» августа 2014 г. |

Организация-разработчик: АН ПОО «Уральский промышленно-экономический техникум»

Разработчик: **Пантуев С.И.** преподаватель АН ПОО «Уральский промышленно-экономический техникум»

**Правила техники безопасности**

**при проведении лабораторной работы**

Лабораторные стенды являются действующими электроустановками, отдельные элементы которых находятся под напряжением. Поэтому при определенных условиях, возникающих из-за нарушения установленных правил, лабораторные стенды могут стать источником поражения человека электрическим током или других видов травматизма. Положение усугубляется еще и особенностью монтажа элементов лабораторного стенда, предусматривающего максимальную доступность учащихся к приборам и пускорегулирующей аппаратуре, создающего дополнительные опасности при выполнении лабораторных работ.

 Тело человека обладает электропроводностью, поэтому при соприкосновении с двумя неизолированными элементами установки, находящихся под напряжением через тело человека проходит либо к сильным ожогам (электрическая травма), либо к тяжелым поражениям нервной, сосудистой и дыхательной систем организма человека (электрический удар).

Последствия поражения электрическим током бывают тяжелыми и могут привести к смертельному исходу.

Специфика работы учащихся с электротехническими элементами состоит в том, что при несоблюдении правил техники безопасности учащийся подвергается опасности поражения электрическим током. Необходимо помнить, что многие элементы схемы лабораторной установки, находящиеся под напряжением, доступны для прикосновения. Поэтому учащиеся в лаборатории должны соблюдать исключительную осторожность и правила техники безопасности:

1). Учащийся, находясь в лаборатории должен быть, определено дисциплинированным и внимательным; беспрекословно выполнять все исследуемой лабораторной установки.

2). Запрещается подходить к другим установкам, распределительным щитам и пультам и делать на них какие- либо включения или переключения; включать схему под напряжением, если кто-нибудь касается ее неизолированной токоведущий части; производить какие-либо пересоединения в схеме, находящиеся под напряжением; оставлять лабораторную установку или отдельные приборы под напряжением;

3). При перемещении движков и рукояток пускорегулирующей аппаратуры необходимо следить за тем, чтобы рука была в соприкосновении только с изолированной рукояткой;

4). При работе с лабораторной установкой, находящиеся под напряжением, учащиеся должны стоять на изоляционных резиновых ковриках;

5). О всех замеченных случаев неисправности в работе установок и нарушений правил техники безопасности, каждый учащийся должен немедленно доложить преподавателю;

6). Если произошел несчастный случай, лабораторную установку следует немедленно отключить, оказать пострадавшему первую помощь и сообщить об этом преподавателю.

Инструктаж по технике безопасности должен бать зафиксирован в специальном журнале, где каждый учащийся должен расписаться.

**ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА**

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

• наименование работы с указанием номера и даты её выполнения;

• тему лабораторной работы;

• цель работы;

• приборы и оборудование с техническими характеристиками;

• схему включения приборов;

• таблицы с результатами измерений и вычислений с указанием её номера и названия;

• расчетные формулы с их названием и номером:

• необходимые графики;

• вывод.

Отчет выполняется чернилами, текст должен быть написан четким понятным почерком. Схемы, таблицы, графики и другие построения выполняют только карандашом и чертежными инструментами. При начертании схем должны соблюдаться стандартные обозначения электрических схем.

При изображении в одной системе координат нескольких кривых, лучше пользоваться несколькими цветами. Диаграммы напряжений и токов должны выполнятся в масштабе, на миллиметровке. На каждой оси координат должны быть обозначения и единицы измерения единиц.

Математическую обработку экспериментальных данных приводят в отчете полностью с обязательным указанием расчетных формул и порядка расчета. Расчетные формулы должны содержать название и номер с пояснением входящих в них величин:

Например:

Активное сопротивление цепи , Ом , (1)

где U- напряжение, В

 I – ток , А.

В заключение всей работы делают вывод о выполнении поставлен-ной цели, подтверждении опытным путем тех законов, правил и формул, которые изучались в ходе работы.

Каждая лабораторная работа защищается. Для защиты учащийся должен знать теорию по данной теме, уметь собрать цепь, рассказать ход опыта, его цель, уметь проанализировать полученные результаты.

**Лабораторная работа №1.**

**Тема: Изучение методов поверок средств измерений**

**Цели и задачи работы:** *изучение правил организации и порядка проведения поверки средств измерения. Ознакомление с методами поверки, примерами построения поверочных схем, методами определения межповерочных интервалов.*

*Оборудование:*

**1. Краткие сведения из теории**Поверкой средств измерений называют совокупность действий, выполняемых для определения и оценки погрешностей средств измерений. Цель поверки - выяснить, соответствуют ли точностные характеристики приборов значениям, указанным в технической документации, и пригодно ли средство измерения к применению. Вид поверки определяют в зависимости от того, какой метрологической службой проведена поверка, от характера поверки (инспекционная, экспертная), каков этап работы средства измерений (первичная, периодическая, внеочередная). Организацию и поверку средств измерений проводят согласно ГОСТ 8.002-86 и ГОСТ 8.513-84.

Государственную поверку проводят территориальные органы Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарта России) - центры стандартизации, метрологии и сертификации. Государственной поверке подлежат средства измерений, применяемые в качестве исходных образцов при проведении государственных испытаний и метрологической аттестации, градуировке и поверке на предприятиях, выпускаемые в обращение из производства или после ремонта, и многие другие. Конкретная номенклатура средств измерений, подлежащих обязательной госповерке утверждается, Госстандартом России.

Ведомственной поверке подлежат средства измерений, не указанные в перечне средств измерений, подлежащих обязательной государственной поверке, например, средства контроля режимов технологических процессов деталей, узлов готовой продукции.

В зависимости от того, на каком этапе эксплуатации средств измерений проводят поверку, она может быть:

**первичной** - которой подвергаются все средства измерений после изготовления, а также все средства измерений после ремонта;

**периодической** - которую проводят при эксплуатации и хранении средств измерений через определенные межповерочные интервалы, установленные при проведении государственных приемочных испытаний;

**внеочередной** - которую проводят при эксплуатации и хранении средств измерений с целью установления их исправности вне зависимости от сроков периодической поверки в соответствии с определенными требованиями НТД на методы и средства поверки.

**1. Методы поверки средств измерений**  В основу классификации применяемых методов поверки положены следующие признаки, в соответствии с которыми средства измерения могут быть поверены:

**без использования компаратора** (прибора сравнения), т.е. непосредственным сличением поверяемого средства измерений с образцовым средством измерений того же вида;

**сличением** поверяемого средства измерений с образцовым средством измерений того же вида с помощью компаратора;

**прямым измерением** поверяемым измерительным прибором величины, воспроизводимой образцовой мерой;

**прямым измерением** образцовым измерительным прибором величины, воспроизводимой подвергаемой поверке мерой;

**косвенным измерением** величины, воспроизводимой мерой или измеряемой прибором, подвергаемым поверке.

**Метод непосредственного сличения двух средств измерений без применения компарирующих или каких-либо других промежуточных приборов.**

Этот метод широко применяется при поверке различных средств измерений и т.д. Например, в области электрических и магнитных измерений этот метод применяют при определении метрологических характеристик измерительных приборов непосредственной оценки предназначенных для измерения тока, напряжения, частоты и т.д.; в области измерения механических величин, в частности, давления. Основой метода служит одновременное измерение одного и того же значения физических величин X анаологичным по роду измеряемой величины поверяемым и образцовым приборами. При поверке данным методом устанавливают требуемое значение X, затем сравнивают показания поверяемого прибора X с показаниями X0 образцового и определяют разность = X - X0. Разность равна абсолютной погрешности поверяемого прибора, которую приводят к нормированному значению Xn для получения приведенной погрешности Y.



Этот метод может реализовываться двумя способами:

регистрацией смещений. При этом показание индикатора поверяемого прибора путем изменения входного сигнала устанавливают равным поверяемому значению, а погрешность определяют как разность между показанием поверяемого прибора и действительным значением, определяемым по показаниям образцового прибора.

отсчётом погрешности по показанию индикатора поверяемого прибора. При этом номинальное значение размера физической величины устанавливают по образцовому прибору, а погрешность определяют как разность между номинальным значением и показанием поверяемого прибора.

Первый способ удобен тем, что дает возможность точно определить погрешность по образцовому прибору, имеющему, как правило, более высокую разрешающую способность.

Второй способ удобен при автоматической поверке, так как позволяет поверять одновременно несколько приборов с помощью одного образцового стредства измерения. Недостатки этого способа: нелинейность и недостаточная разрешающая способность поверяемых приборов. Достоинства метода непосредственных сличений: простота, отсутствие необходимости применения сложного оборудования и др.

**Метод сличения поверяемого средства измерений с образцовым средством измерений того же вида с помощью компаратора** (прибора сравнения) заключается в том, что в ряде случаев невозможно сравнить показания двух приборов, например, вольтметров, если один из них пригоден для измерений только в цепях постоянного тока, а другой - переменного; нельзя непосредственно сравнить размеры мер магнитных и электрических величин. Измерение этих величин выполняют введением в схему поверки некоторого промежуточного звена - компаратора, позволяющего косвенно сравнивать две однородные или разнородные физические величины. Компаратором может быть любое средство измерения, одинаково реагирующее на сигнал образцового и поверяемого средств измерений.

При сличении мер сопротивления, индуктивности, емкости в качестве компараторов используют мосты постоянного или переменного тока, а при сличении мер сопротивления и ЭДС-потенциометры.

Сличение мер с помощью компараторов осуществляют *методами противопоставления и замещения.* Общим для этих методов поверки средств измерений является выработка сигнала о наличии разности размеров сравниваемых величин. Если этот сигнал подбором, например, образцовой меры или принудительнымо изменением ее размера будет сведен к нулю, то это*нулевой метод.* Если же на входе компаратора при одновременном воздействии размеров сличаемых мер измерительный сигнал указывает на наличие разности сравниваемых размеров, то это *дифференциальный метод.*

Применение в ходе поверки метода противопоставления позволяет уменьшить воздействие на результаты поверки влияющих величин ввиду того, что они практически одинаково искажают сигналы, подаваемые на вход компаратора.

Достоинства метода замещения заключаются в последовательном во времени сравнении двух величин. То, что эти величины включаются последовательно в одну и ту же часть компаратора, повышает точность измерений по сравнению с другими разновидностями метода сравнения, где несимметрия цепей, в которые включаются сравниваемые величины, приводит к возникновению систематической погрешности. Недостаток нулевого метода замещения - необходимость иметь средство измерений, позволяющее воспроизводить любое значение известной величины без существенного понижения точности. Особенностью дифференциального метода при проведении измерений и, в частности, поверки является возможность получения достоверных результатов сличения двух средств измерений даже при применении сравнительно грубых средств для измерения разности. Вместе с тем реализация этого метода требует наличия высокоточной образцовой меры с номинальным значением, близким к номинальному значению сличаемой меры.

**Метод прямого измерения.** Этот метод предъявляет к мерам, используемым в качестве образцовых средств измерений, ряд специфических требований. Наиболее характерными из них являются: возможность воспроизведения мерой той физической величины, в единицах которой градуировано поверяемое средство измерений, достаточный для перекрытия всего диапазона измерений поверяемого средства измерений диапазон физических величин, воспроизводимых мерой; соответствие точности меры, а в ряде случаев ее типа и плавности изменения размера требованиям, оговариваемым в НТД на методы и средства поверки средств измерений данного вида.

Как и при поверке методом непосредственного сличения, определение основной погрешности поверяемого средства измерений проводят двумя рассмотренными ранее способами.

Реализовать 1-й способ, обладающий рядом преимуществ, можно только при наличии магазина мер, позволяющего достаточно точно плавно изменять воспроизводимую или физическую величину. В ряде случаев непосредственно измерить размер меры поверяемым средством измерений некоторую промежуточную величину, которую в свою очередь непосредственно сопоставляют со значением образцовой меры. Например, поверка вольтметров сличением их показаний с мерой ЭДС с помощью потенциометра постоянного тока.

Широкое применение метод прямых измерений находит при поверке мер электрических и магнитных величин. Особенно он эффективен при поверке мер ограниченной точности.

**Метод косвенных измерений величины, воспроизводимой мерой или измеряемой прибором.** При реализации этого метода о действительном размере меры и измеряемой поверяемым прибором величины судят на основании прямых измерений нескольких величин, связанных с искомой вели чиной, определенной зависимостью. Метод применяется тогда, когда действительные значения величин, воспроизводимые или поверяемые поверяемым средством измерений, невозможно определить прямым измерением или когда косвенные измерения более просты или более точны по сравнению с прямыми.

На основании прямых измерений и по их данным выполняют расчет. Только расчетом, основанным на определенных зависимостях между искомой величиной и результатами прямых измерений, определяют значение величины, т.е. находят результат косвенного измерения. Например, определяют систематическую составляющую относительной погрешности электрического счетчика активной энергии с помощью ваттметра и секундомера. Погрешность поверяемого счетчика, %, находят по формуле:



где - действительное значение электрической энергии по показаниям образцовых приборов; Wn - значение электрической энергии по показаниям поверяемого счетчика. Для определения Wn необходимо знать постоянную счетчика C, которая обычно не указывается. Но на счетчике указано число оборотов диска A, соответствующее энергии 1 кВт.ч. Постоянная C = 3600\*1000/A [Вт.с/об], а измеренная поверяемым счетчиком энергия . Если по показаниям образцового ваттметра установить действительное значение мощности и поддерживать ее неизменной в течение времени , определяемого по образцовому секундомеру, то действительное значение энергии можно определить расчетом по формуле . В практике поверки для расчета погрешности чаще применяют формулу:



где -нормальное время поверяемого счетчика, т.е. время, за которое диск правильно работающего счетчика должен сделать N оборотов при заданной мощности P; P - показание (сумма показаний) образцовых ваттметров, Вт: Число оборотов N выбирают таким, чтобы при данной мощности P показание секундомера t было не менее 50 с, а относительная погрешность измерения времени не превышала допускаемой.

.

При поверке счетчика методом косвенного измерения энергии образцовым ваттметром и секундомером суммарная погрешность образцовых средств измерений складывается из погрешностей образцовых ваттметра и трансформатора тока, погрешности секундомера и субъективных погрешностей, вызванных ошибками поверителя при пуске и остановке секундомера. Последняя достигает 0,3 с, т.е. при времени измерения t = 50 с составляет 0,6%. Следовательно, по сравнению с составляющими погрешности: ваттметра 0,2-0,3%; трансформатора тока 0,1%; секундомера 0,1...0,2%, ошибка поверителя существенно влияет на точность показаний, а поэтому ГОСТ 8.259-77 предусматривает, что при каждой нагрузке должно быть выполнено два наблюдения. Это делают, дважды отсчитывая число оборотов, измеряя время двумя секундомерами.

За действительное значение времени для данной нагрузки принимают среднее арифметическое двух наблюдений. Если значение погрешности счетчика, определенное по результатам двух наблюдений, близко к предельно допускаемому, то проводят дополнительно два наблюдения при данной нагрузке и вычисляют среднее арифметическое четырех наблюдений, которое и является окончательным. Таким образом, при выполнении поверки методом косвенных измерений величин, измеряемых поверяемыми приборами или воспроизводимых подвергаемыми поверке мерами, следует учитывать тот факт, что конечный результат косвенного измерения всегда отягощен составляющими погрешностями прямых измерений.

**Независимая поверка.** Независимая или автономная поверка, т.е. *поверка без применения образцовых средств измерений,* возникла при разработке особо точных средств измерений, которые не могут быть поверены ни одним из рассмотренных методов ввиду отсутствия еще более точных средств измерений с соответствующими пределами измерения. Сущность метода независимой (автономной) поверки, наиболее часто реализуемого при поверке приборов сравнения, заключается в сравнении величин, воспроизводимых отдельными элементами схем поверяемого средства измерений, с величиной, выбранной в качестве опорной и конструктивно воспроизводимой в самом поверяемом средстве измерений (совместные и совокупные измерения). Например, при поверке m-й декады потенциометра необходимо убедиться в равенстве падений напряжений на каждой n-й ступени этой декады. Для этого, выбрав в качестве опорной величины сопротивление первой ступени декады, можно с помощью компаратора поочередно сравнивать падения напряжения на каждой n-й ступени с падением напряжения на этом сопротивлении.

Переход от поверки предыдущей декады к последующей осуществляется сравнением падения напряжения на сумме всех ступеней последующей декады с номинально одинаковым падением напряжения на второй ступени предыдущей декады. Метод трудоемок, но не позволяет определять поправки с высокой точностью непосредственно на месте эксплуатации поверяемого средства измерений, что способствует эффективности контроля его метрологических характеристик.

Реализация методов поверки осуществляется комплектной или поэлементной поверкой.

**При комплектной поверке** средство измерений поверяют в полном комплекте его составных частей, без нарушения взаимосвязи между ними. Погрешности, которые при этом определяют, рассматривают как погрешности, свойственные поверяемому средству измерений как единому целому. При этом средство измерений находится в условиях, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации, что позволяет в ходе поверки попутно выявить многие, присущие поверяемому средству измерений недостатки: дефекты внутреннего монтажа, неисправности переключающих устройств и т.п. С учетом простоты и хорошей достоверности результатов комплектной поверке всегда, когда это возможно, отдают предпочтение.

В случае невозможности реализации комплектной поверки, ввиду отсутствия образцовых средств измерений, несоответствия их требованиям точности или пределам измерений, применяют поэлементную поверку. Поэлементная поверка средства измерений - это поверка, при которой его погрешности определяют по погрешностям отдельных частей. Затем по полученным данным расчетом определяют погрешности, свойственные пове- ряемому средству измерений как единому целому. При этом предполагают, что закономерности взаимодействия отдельных частей средства измерений точно известны, а возможности посторонних влияний на его показания исключены или поддаются точному учету. Область применения поэлементной поверки обширна и в ряде случаев оказывается единственно возможной.

Весьма широко поэлементную поверку используют при поверке сложных средств измерений, состоящих из компаратора со встроенными в него образцовыми мерами. Следует особо отметить, что по результатам поэлементной поверки, если действительная погрешность превышает допускаемую, можно непосредственно установить причину неисправности средств измерений. Существенным недостатком поэлементной поверки является ее трудоемкость и сложность реализации по сравнению с комплексной поверкой.

**2. Поверочные схемы**

Поверочные схемы - это документ, определяющий средства, методы и точность передачи размера единицы физической величины от государственного эталона или исходного образцового средства измерений рабочим средствам измерений.

Различают государственные, ведомственные и локальные поверочные схемы, создание и реализацию которых определяют ГОСТ 8.061-80.

При разработке поверочной схемы необходимо обосновать оптимальность ее структуры (методы поверки, виды вторичных эталонов, число разрядов образцовых средств измерений и т.д. ). При этом подобрать оптимальные соотношения погрешностей поверяемого и образцового приборов, учесть вероятности признания годными неисправных приборов и т.д.

Поверочные схемы оформляют в виде чертежа, на котором указывают наименования средств измерений и методов поверки, номинальные значения или диапазоны значений физических величин, средств измерений и методов поверки. Чертеж дополняется текстовой частью (рис. 21.).

Чертеж должен состоять из полей, расположенных друг над другом и разделенных штриховыми линиями, число которых зависит от структуры поверочной схемы. Поля должны иметь наименования, указываемые в левой части чертежа, отделенной вертикальной сплошной линией.

В верхнем поле чертежа государственной поверочной схемы, возглавляемой государственным эталоном, указывают наименования эталонов в порядке их соподчиненности. В верхнем поле чертежа ведомственной или локальной поверочной схемы указывают наименования эталона или локальной поверочной схемы.

Для средств измерений производных величин, единицы которых воспроизводят методом косвенных измерений, в верхнем поле чертежа указывают наименования образцовых средств измерений, применяемых для воспроизведения данной единицы и заимствования из других государственных поверочных схем. Наименование этих образцовых средств измерений должны быть даны со ссылками на соответствующие поверочные схемы. Номинальные значения или диапазоны значений физических величин и значения их погрешностей указывают над наименованиями эталонов и образцовых средств измерений.



1 - государственный эталон;

2 - метод передачи размера единицы;

3 - эталон сравнения (для международных сличений);

4 - эталон-копия;

5 - рабочий эталон;

6,8 - образцовые средства измерений соответствующих разрядов;

7 - образцовые средства измерений, заимствованные из других поверочных схем;

9 - рабочие средства измерений

Под полем эталонов располагают поле образцовых средств измерений 1-го разряда и далее поля подчиненных образцовых средств измерений. В тех поверочных схемах, где должна быть показана передача размера единицы от образцовых средств измерений, заимствованных из других поверочных схем, их наименования помещают в специально отведенном поле. В ведомственных и локальных поверочных схемах указывают разряды образцовых средств измерений, соответствующие присвоенным этим средствам измерений в государственных поверочных схемах. Под наименованиями образцовых средств измерений показывают диапазоны измерений и значения погрешностей средств измерений. Поле рабочих средств измерений помещают под полем подчиненного образцового средства измерений. Слева направо в порядке возрастания погрешности в нем располагают группы рабочих средств измерений, поверяемых по образцовым средствам одного наименования. Для каждой группы указывают вид, диапазон измерений и значения погрешностей средств измерений.

Погрешности эталонов характеризуют в соответствии с требованиями ГОСТ 8.057-80, погрешности образцовых средств измерений - пределом допускаемой погрешности средств измерений при соответствующей доверительной вероятности 0.90, 0.95 или 0.99, метрологические характеристики и, в частности, погрешности рабочих средств измерений - пределом допускаемой погрешности средств измерений. Формы выражения погрешности образцовых и рабочих средств измерений в одной поверочной схеме должна быть одинаковыми.

В поверочных схемах наименования средств измерений, их номинальные значения или диапазоны значений физических величин и погрешности соответствуют: для эталонов - требованиям ГОСТ 8.372-80; для образцовых средств измерений - государственным стандартам на технические требования или свидетельству об их метрологической аттестации; для рабочих средств измерений - государственным стандартам на технические требования к этим средствам. Наименования и обозначения физических величин и их единиц указывают в соответствии с ГОСТ8.417-81.

На поверочной схеме также указывают один из методов поверки средств измерений: непосредственного сличения или сличения при помощи компаратора или других средств сравнения; прямых, косвенных, совместных или совокупных измерений.

На чертеже поверочной схемы наименование государственного эталона заключают в прямоугольник, образованный двойной линией, а вторичные эталоны, образцовые и рабочие средства измерений - в прямоугольники, образованные одинарной линией. Наименование методов поверки помещают в горизонтальные овалы между наименованиями поверяемого и образцового средства измерений.

Локальная поверочная схема формируется в соответствии с вышеизложенными требования: передача размеров единиц сверху вниз, компоновка и оформление элементов ведомственной ( локальной ) поверочной схемы приведена на рис.21; пояснительный текст к ней должен состоять из вводной части и объяснений к ее элементам, несущим дополнительную информацию.

**3. Определение межповерочных интервалов для средств измерений** - это функция организаций, проводящих их поверку. Рекомендуется устанавливать межповерочные интервалы либо в часах наработки, либо в календарном времени ( в месяцах ), используя следующий ряд чисел: 1; 1.5; 2; 3; 4; 5; 9; 12; 18; 24 и 36. Определение межповерочных интервалов рекомендуется производить на основе статистической обработки, интерполяции данных, накопленных в период эксплуатации, и поверки средств измерений. В случае отказа средств измерений их направляют в ремонт и на последующую поверку независимо от установленного межповерочного интервала.

Для определения межповерочных интервалов средств измерений обрабатывают статистические данные по основным показателям надежности в конкретных условиях эксплуатации, которыми являются: вероятность безотказной работы в течение определенного промежутка времени t (межповерочного интервала) ; интенсивность отказов ; наработка на отказ .

Накопление статистической информации осуществляют метрологические службы предприятий для изучения и определения межповерочных интервалов.

При определении межповерочных интервалов средств измерений выполняют следующие операции:

формируют "однородные" группы средств измерений;

назначают первый межповерочный интервал для каждой группы средств измерений;

собирают и обрабатывают статистическую информацию о поведении средств измерений каждой "однородной" группы в конкретных условиях эксплуатации в течение назначенного межповерочного интервала и определяют статистические данные по показателям надежности;

оценивают правильность ранее назначенного межповерочного интервала и, в случае необходимости, его корректируют ( увеличивают или уменьшают интервал );

собирают и обрабатывают статистическую информацию о поведении каждой "однородной" группы в конкретных условиях коммутации и оценивают правильность ранее назначенного межповерочного интервала после каждой периодической поверки всех средств измерений "однородной" группы на протяжении всего периода их эксплуатации.

"Однородные" группы средств измерений формируют из не менее чем 30 шт на основании общности следующих факторов: показателей надежности (типа, назначения, завода-изготовителя, года выпуска, класса точности, наличия вибрации и т.д.); интенсивности эксплуатации; допускаемой вероятности безотказной работы.

Первый межповерочный интервал (как и скорректированные), если известны значения показателей надежности, устанавливают расчетом - один для всех средств измерений, входящих в "однородную" группу. Если полностью отсутствуют какие-либо исходные данные о числовых значениях показателей надежности, то первый межповерочный интервал принимают равным периодичности поверок, установленных в настоящий момент на предприятии.

Расчет межповерочных интервалов по показателям надежности производят двумя методами - по или .

По  i межповерочные интервалы рассчитывают в тех случаях, когда по каким-либо причинам затруднен учет времени наработки. В этом случае первый межповерочный интервал при принятом экспоненциальном законе распределения времени безотказной работы определяют по формуле:

 **(108)**

где t1 - первый межповерочный интервал; - интенсивность отказов; Pдоп - допускаемая вероятность безотказной работы (Pдоп = 1 - Qдоп, где Qдоп - допускаемая вероятность отказа).

Допускаемую вероятность безотказной работы Pдоп для рабочих средств измерений выбирают в пределах 0,85 - 0,99 в зависимости от степени ответственности измерений. Для ответственных измерений, например, измерений выходных параметров основных изделий, рекомендуется принимать Pдоп в пределах 0,95-0,99.

Значение Pдоп определяют при отработке конкретного технологического процесса, а также при анализе его экономической эффективности. Для средств измерений, не участвующих непосредственно в технологическом процессе, значение Pдоп устанавливает метрологическая служба предприятия.

Если имеются сведения о значении показателя ,то расчет межповерочного интервала производят по формуле:

 .

Накопление (сбор) статистической информации осуществляют с целью определения количественных значений показателя надежности и установления количества забракованных средств измерений ni от общего количества однородной группы Ni в течение межповерочного интервала t. При обработке статистических данных учитывают только "скрытые" отказы, выявленные при очередной поверке, которые не могут быть обнаружены при эксплуатации средств измерений. К ним относятся погрешность, вариация, нестабильность нуля и т.п. Явные отказы, т.е. когда отказ можно обнаружить без поверки, при расчетах учитывать не следует.

После поверки всех средств измерений "однородной" группы производят обобщение информации и расчет показателей надежности. Статистические значения вероятности безотказной работы Pi, интенсивности отказов и наработки на отказ T0 определяют по формуле:

 **(109)**

где Ni - количество средств измерений "однородной" группы; ni - количество средств измерений, забракованных по "скрытым" отказам в течение межповерочного интервала t; T0i - наработка на отказ i-го средства измерений в "однородной группе". Резултаты расчета по формулам заносят в табл.23.

Таблица 23

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер группы | Наименование средств измерений, тип и характеристика | Количество средств измерений "однородной группы" | Количество отказавших средств измерений | Вероятность безотказной работы | Интенсивность отказов | Примечание |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Наработку на отказ каждого средства измерений определяют отношением суммарной наработки средств измерений к количеству "скрытых" отказов:



где  -наработка, т.е. время исправной работы между (i-1) и i-ми отказами (принимают, что "скрытый" отказ произошел в середине межповерочного интервала; n'i - количество "скрытых" отказов для данного средства измерения).

Учет данных об отказах осуществляют по форме, приведенной в табл.24.

Таблица 24

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Завод изготовитель | Заводской номер | Год выпуска | Тип или система | Пределы измерения | Класс точности, основная погрешность |
| . | № 60328 | 1989 | В3-20 | 0,0075-300 | не более-1,5 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Результаты поверки | Наработка меж поверками | Наработка на отказ | Примечание |
| Дата очередной поверки | Годен или брак | Отказ | Общая | Исправного прибора |
| Вид | Причина |
| 09.01.90 | Годен | -- | -- | -- | -- | -- | Введен в эксплуат. |
| 25.08.90 | Годен | -- | -- | 1100 | 1100 | -- | . |
| 12.01.91 | Годен | -- | -- | 620 | 620 | -- | . |
| 10.08.91 | Брак | Скрытый | Погрешность допуска на пределе 100В | 1060 | 530 | -- | . |
| 14.01.92 | Годен | -- | -- | 610 | 610 | -- | . |
| 23.03.92 | Брак | Скрытый | Погрешность допуска на пределе 300В | 680 | 340 | 1900 | . |
| 28.08.92 | Годен | -- | -- | 660 | 660 | -- | . |
| 01.11.92 | Годен | -- | -- | 630 | 630 | -- | . |
| 18.03.93 | Брак | Скрытый | Погрешность допуска на пределе 10В | 640 | 320 | 1810 | . |
| 27.09.93 | Годен | -- | -- | 630 | 630 | -- | . |

Оценку правильности ранее назначенного межповерочного интервала производят с доверительной вероятностью 0,80, используя следующее неравенство:

 **(110)**

где Pi\* - статистическое значение вероятности безотказной работы.

При выполнении этого соотношения межповерочный интервал оставляют до очередной поверки неизменным. Если отмеченное условие не выполняется, то корректируется очередной межповерочный интервал в соответствии с уравнением:

t2=C\*t2

где С - коэффициент коррекции;

C= *ln*Pдоп / *ln*Pi=*ln*(1-Qдоп) / *ln*(1-Qi). **(111)**

Зависимость коэффициента коррекции C от полученных статистических значений Pi\* при Pдоп = 0,85; 0,90; 0,95; 0,99 приведена в таблице 25.

Таблица 25

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/25.GIF | С при http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/25_1.GIF | http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/25.GIF | С при http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/25_1.GIF |
| 0,85 | 0,90 | 0,95 | 0,99 | 0,85 | 0,90 | 0,95 |
| 0,01 | 16,20 | 10,500 | 5,100 | 1,000 | 0,26 | 0,54 | 0,348 | 0,169 |
| 0,02 | 8,10 | 5,250 | 2,550 | 0,500 | 0,27 | 0,51 | 0,333 | 0,160 |
| 0,03 | 5,40 | 3,500 | 1,700 | 0,330 | 0,28 | 0,49 | 0,320 | 0,155 |
| 0,04 | 3,95 | 2,560 | 1,244 | 0,244 | 0,29 | 0,47 | 0,307 | 0,149 |
| 0,05 | 3,18 | 2,058 | 1,00 | 0,196 | 0,30 | 0,45 | 0,294 | 0,142 |
| 0,06 | 2,60 | 1,690 | 0,820 | 0,161 | 0,31 | 0,43 | 0,283 | 0,137 |
| 0,07 | 2,24 | 1,450 | 0,708 | 0,138 | 0,32 | 0,42 | 0,272 | 0,132 |
| 0,08 | 1,95 | 1,265 | 0,614 | 0,120 | 0,33 | 0,400 | 0,262 | 0,127 |
| 0,09 | 1,72 | 0,117 | 0,540 | 0,106 | 0,34 | 0,389 | 0,252 | 0,122 |
| 0,10 | 1,54 | 1,000 | 0,485 | 0,096 | 0,35 | 0,375 | 0,243 | 0,118 |
| 0,11 | 1,39 | 0,940 | 0,439 | -- | 0,36 | 0,363 | 0,235 | 0,114 |
| 0,12 | 1,26 | 0,820 | 0,396 | -- | 0,37 | 0,350 | 0,227 | 0,110 |
| 0,13 | 1,16 | 0,755 | 0,367 | -- | 0,38 | 0,338 | 0,219 | 0,106 |
| 0,14 | 1,07 | 0,695 | 0,337 | -- | 0,39 | 0,327 | 0,212 | 0,103 |
| 0,15 | 1,00 | 0,648 | 0,315 | -- | 0,40 | 0,317 | 0,205 | 0,099 |
| 0,16 | 0,93 | 0,603 | 0,293 | -- | 0,41 | 0,306 | 0,198 | 0,095 |
| 0,17 | 0,87 | 0,564 | 0,274 | -- | 0,42 | 0,297 | 0,192 | 0,093 |
| 0,18 | 0,82 | 0,530 | 0,297 | -- | 0,43 | 0,289 | 0,186 | 0,090 |
| 0,19 | 0,76 | 0,497 | 0,241 | -- | 0,44 | 0,279 | 0,181 | 0,087 |
| 0,20 | 0,72 | 0,470 | 0,228 | -- | 0,45 | 0,270 | 0,175 | 0,085 |
| 0,21 | 0,65 | 0,444 | 0,216 | -- | 0,46 | 0,262 | 0,170 | 0,082 |
| 0,22 | 0,65 | 0,423 | 0,205 | -- | 0,47 | 0,255 | 0,165 | 0,080 |
| 0,23 | 0,62 | 0,402 | 0,195 | -- | 0,48 | 0,247 | 0,160 | 0,077 |
| 0,24 | 0,59 | 0,363 | 0,185 | -- | 0,49 | 0,240 | 0,156 | 0,075 |
| 0,25 | 0,56 | 0,364 | 0,177 | -- | 0,50 | 0,233 | 0,151 | 0,073 |

**Пример 1**. Расчет на основе показателя . Для однородной группы средств измерений (Ni=100 шт.) необходимо назначить межповерочный интервал t1. Допускаемая вероятность безотказной работы Pдоп = 0,85. установленная при испытаниях интенсивность отказов аналогичных средств измерений

i=1 / 9 \*ГОД-1

Зная, что:

t1=*ln*Pдоп / i= -9 *\*ln* 0,85=1,5

Поскольку  для приведенного расчета имела ориентировочное значение, то t1 было принято равным 1 году.

По истечении установленного срока (t1 = 1 год) все средства измерений "однородной" группы были подвергнуты поверке, при этом из 100 шт. проведенных приборов было забраковано 20 шт., т.е. Ni = 100; ni = 20.

Согласно формуле (109) определяем статистическое значение:

Pi\*=(Ni - ni) / Ni=(100-20)/100=0,80

Согласно соотношению (110) определяем необходимость корректировки межповерочного интервала t:



Статистическое значение Pi\* = 80 выходит за пределы полученных границ. Следовательно, первый межповерочный интервал (t1 = 1 год) был назначен неверно и по результатам проведенной поверки подлежат коррекции.

По формуле (111) определяем коэффициент коррекции:

C= *ln*Pдоп / *ln*Pi=*ln*0,85 / *ln*0,80=0,162/0,223=0,7

Межповерочный интервал с учетом коэффициента коррекции определяем по формуле:

t2=t1\*C

Взяв за основу полученный результат и проанализировав признаки, по которым производилось формирование группы, принимаем решение назначить t2 = 6 мес.

**Пример 2.** Расчет на основе показателя To.С учетом признаков, указаных ранее, сформирована "однородная" группа из следующих средств измерений: ВЗ-20 - 1 шт.; ВЗ-3 - 5 шт.; ВЗ-7 - 6 шт.; ВЗ-4 - 6 шт.

За время эксплуотации средств измерений с 1991 по 1995 гг. проведен сбор статистической информации. Для ВЗ-20 собранные статистические данные представлены в табл.25.

Наработка на отказ для ВЗ-20, ч рассчитана по формуле:

T0=(1100 + 620 + 530 + 610 + 340 + 660 + 630 + 320) / 3 = 1810

Для других средств измерений "однородной" группы получены следующие значения наработки на отказ, ч: 1840, 1870, 1850, 1840, 1865,1830, 190, 1850, 1820, 1860, 1875, 1860, 1850, 1800, 1845, 1870. Наработку на отказ для "однородной" группы, ч,

T0=(1810+1840+1870+1850+1840+1865+1830+1790+1850+

+1820+1860+1875+1860+1855+1800+1845+1870)/19 = 1840

Межповерочный интервал для "однородной" группы, ч,

t1= -1840\*ln 0,8 = -1840\*(-0,223) = 410

 **4. Поверка измерительных приборов.** В зависимости от конструкции, назначения, технических возможностей и экономической целесообразности определяются метрологические характеристики, подлежащие контролю, и способ поверки. В ходе поверки устанавливают состояние и комплектность технической документации, в состав которой входят:

тех. документация по ГОСТ 2.601-78;

свидетельство о последней поверке;

электрическая схема соединений элементов;

перечни и значения метрологических характеристик;

методики измерения и расчета метрологических характеристик;

свидетельство по результатам метрологической аттестации.

После ознакомления с состоянием и комплектностью технической документации с учетом стадий выпуска из производства, эксплуатации, хранения и ремонта, а также вида поверки производят внешний осмотр, опробование и контроль ( определение ) метрологических характеристик.

Поверка в простейшем случае заключается в следующем: в соответствии с требованиями НТД на методы и средства поверки приборов на вход подают образцовые значения измеряемых величин; затем сравнивают результаты измерений на выходе поверяемого прибора с соответствующими поданными на вход прибора значениями образцового сигнала или показаниями образцового прибора, в результате чего определяют значения погрешности.

Определяют метрологические характеристики поверяемого прибора производят с использованием статистических методов обработки значений погрешности измерительных приборов.

Порядок набора статистических данных и методы статистической обработки должны быть приведены в НТД на методы и средства поверки конкретного прибора.

На основании полученных данных анализируют результаты поверки и принимают решение о годности измерительного прибора для дальнейшего применения.

В случае положительных результатов поверки оформляется свидетельство на измерительный прибор, при отрицательных результатах оформляют извещение о непригодности измерительного прибора к эксплуатации.

**Пример 3. Поверка измерительного генератора.** Перед проведением поверки генератор включается в сеть, выдерживается в течение времени, необходимого для установления рабочего режима и калибруется, в случае необходимости.

Образцовая измерительная аппаратура выбирается в зависимости от пределов допускаемой погрешности поверяемого генератора.

Поверку прибора производят в нормальных климатических условиях:

|  |  |
| --- | --- |
| температура окружающего воздуха,oC | 205 |
| для приборов повышеной точноститемпература окружающего воздуха, oC, | 20 2 |
| относительная влажность воздуха, %, | 30 - 80 |
| атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.), | 84 - 106 (630 - 795) |
| напряжение питающей сети, В, | 220  4,4 (сети с частотой 50, 400 Гц) |
| частота питающей сети, Гц, | 50; 400 12 |

1. Граничные частоты, запасы на краях поддиапазонов определяют визуально по отметкам шкалы генераторов и проверкой частоты генераторов в крайних положениях частотной шкалы для всех поддиапазонов в соответствии с методикой ( п.3 ).

Запас по частоте 1 от граничной частоты в процентах по формуле:

1 = 100\*(*f*г - *f*к) / *f*к

где *f*г - значение установленной частоты генератора, соответствующее границе поддиапазона, определяемое по отсчетному устройству генератора, Гц; *f*к - истинное значение частоты при установке шкалы частоты в крайних положениях, Гц.

2. Определяют основную погрешность установки частоты генератора методом прямого измерения частоты электронно-счетным частотомером.

Измерения производят на нескольких частотах диапазона (поддиапазона), указанных в технических условиях на генераторы конкретного типа при установке частоты по шкале со стороны больших и меньших значений. Абсолютная погрешность установки частоты *f* в герцах определяют:

*f*=*f*ном - *f*изм

где *f*ном- номинальное значение установленной частоты генератора, по отсчетному устройству генератора, Гц; *f*изм - измеренное значение установленной частоты, Гц.

Относительная погрешность установки частоты 2 в процентах:

2=100\*(*f*ном - *f*изм) / *f*изм

За погрешность установки частоты принимают максимальное значение погрешности.

3. Дополнительную погрешность установки частоты генератора, обусловленную изменением влияющих внешних факторов, определяют на частотах, указанных в технических условиях на генераторы конкретного типа.

Если генератор имеет устройство внутренней калибровки частоты, отсчет частоты производится после выполнения калибровки.

Дополнительная температурная погрешность определяется с помощью специальной камеры тепла и холода,для предельных точек рабочего диапазона температур. За дополнительную температурную погрешность принимают максимальное из полученных значений.

Дополнительную температурную погрешность *f* на каждые 10 С вычисляют по формуле:

*f*1=10\*( *f*0 - *f*1 ) / (t - t0)

где *f*1 - истинное значение частоты, измеренное при максимальной или минимальной температуре t, Гц; *f*0 - истинное значение частоты, измеренное при нормальной темперетуре t0, Гц.

4. Дополнительную погрешность установки частоты генератора, обусловленную изменением напряжения питания, определяют на частотах, указанных в технических условиях на генераторы конкретного типа, измерением частоты при номинальном, повышенном и пониженном напряжениях питания.

Время выдержки после каждого изменения напряжения питания должно указываться в технических условиях на генераторы конкретного типа.

Дополнительные погрешности *f '* и *f "* в герцах вычисляют по формулам:

*f '*=*f '*0 - *f*пов

*f "*=*f '*0 - *f*пон

где *f '*0 - истинное значение частоты при номинальном напряжении питания, Гц; *f*пов - истинное значение частоты при повышенном напряжении питания, Гц; *f*пон - истинное значение частоты при пониженном напряжении питания, Гц.

За дополнительную погрешность принимают максимальное из полученных значений.

5. Нестабильность частоты генераторов определяют на частотах, указанных в техническом описании на прибор, измерением частоты одним из методов, изложенных в п.3.

Измерения производят после времени установления рабочего режима генератора через каждые 1-3 мин. в течение любых 3 ч. работы.

Нестабильность частоты вычисляют как разность между наибольшим и наименьшим значениями частоты, измеренными в течение 3 часов.

**5. Задания для домашней подготовки**

1. Ознакомьтесь с содержанием разд. 4.

2. Изучите методики выполнения поверочных работ.

3. Ознакомьтесь с правилами оформления и содержанием поверочных схем.

4. Рассмотрите способы оценки параметров надежности средств измерения и примеры определения межповерочных интервалов.

5. Ознакомьтесь с предложенным вариантом задания по данной работе, выберите из рассмотренных в разд. 4. методов поверки наиболее приемлемый для выполнения полученного заданияи подготовте обоснование выбора.

**6. Порядок выполнения лабораторной работы**

1. Получить у преподавателя вариант задания, в котором определены: рабочее средство измерения, поверяемый параметр или характеристика, требования к точности поверки и перечень "образцовых" средств измерения.

2. Ознакомиться с приборами определенными вариантом задания для использования в эксперименте. Ознакомление следует начать с изучения технических описаний и инструкций по эксплуатации приборов используемых при выполнении лабораторной работы. Особое внимание должно быть обращено на разделы, содержащие сведения о параметрах приборов, о структуре и принципе действия, о порядке подготовки каждого прибора к работе и работе с ним.

3. Разработать и представить преподавателю для проверки вариант методики выполнения поверки.

4. После получения допуска к работе, подготовить рабочее место для проведения измерений. Пользуясь техническим описанием, выполнить операции по подготовке приборов к работе.

5. Убедиться в том, что режимы работы поверяемого и "образцовых" приборов выбраны правильно и приступить к поверке.

На заданном участке шкалы поверяемого прибора, имеющем M делений: установить указатель на первое деление и зафиксировать в протоколе результат наблюдения: - значения параметра, полученного с помощью "образцового" прибора;

последовательно произвести установки указателя на каждое деление в отведенном диапазоне, определив значения:  , где i=1,...,М

перемещая указатель по шкале в противоположном направлении, начиная с последнего деления участка шкалы, вновь зафиксировать для каждого деления значение параметра:

, где i=M,...,1;

последовательно повторить три раза перечисленные процедуры, сформировав два массива значений: и  , где символы  и  указывают направление движения по шкале поверяемого прибора, j = 1,2,3.

6. Выполнить предварительную обработку результатов наблюдений, используя расчетную формулу (40), определить выборочные средние:



абсолютные погрешности установки i-х номинальных значений делений шкалы
Xном i



среднее значение гистерезиса для поверяемого участка шкалы



далее используя выражения (41), (42) и табл.3, найти несмещенную оценку среднего квадратического отклонения:



7. Выполнить необходимые расчеты, составить таблицу поправок и подготовить отчет по лабораторной работе.

**7. Содержание отчета**

1. Задание на лабораторную работу с указанием типа поверяемого устройства, параметров, диапазона и внешних воздействий.

2. Структурная схема соединения поверяемого прибора, "образцовых" и вспомогательных средств измерения, используемых при поверке.

3. Виды и типы, инвентарные номера, основные параметры и характеристики используемых в работе средств измерения.

4. Протокол наблюдений, заверенный преподавателем.

5. Данные, полученные при обработке результатов наблюдений. Значения основных и дополнительных погрешностей поверяемого прибора.

6. Таблица и график поправок к поверяемому участку шкалы прибора. Результаты анализа экспериментальных данных: степень соответствия результатов нормативным требованиям, содержащимся в техническом описании на поверяемый прибор (заключение о годности); предложения по снижению влияния внешних воздействий и уменьшению погрешностей.

**5. Задание для самопроверки**

1. Дайте определение понятиям "поверка" и "аттестация" средства измерения. В чем основное различие этих понятий?

2. Приведите классификацию видов поверки?

3. Дайте определение понятий "эталон", "образцовое средство измерения", "рабочее средство измерения", "поверочная схема"?

4. Поясните содержание операций, определяемых терминами "сличение", "калибровка", "градуировка" и "юстировка"?

5. Какие методы поверки Вам известны? Сформулируйте необходимое и достаточное условия реализации названных методов, их достоинства и недостатки?

6. Как соотносятся погрешности поверяемых и образцовых средств измерения, чем поверяется эталон?

7. От чего зависят и как определяются межповерочные интервалы для средств измерения?

8. Приведите примеры, когда периодическая поверка средств измерения не производится?

9. Дайте определение понятия "однородная" группа средств измерения?

10. Назовите показатели надёжности средств измерения.

11. Объясните смысл выражения метрологическая исправность средств измерения?

12. Что такое метрологический отказ средства измерения?

13. Поясните, какие условия поверки называются нормальными?

14. Назовите основные требования к помещениям, в которых должны проводиться поверочные работы.

15. Что такое сертификация продукции?

16. Предусмотрена ли действующими нормативными документами поверка средств измерения, применяемых для учебных целей?

17. Когда производится внеочередная поверка?

 **Лабораторная работа N2.**

**Тема: Косвенные измерения.  Определение показателей точности косвенных измерений**

**Цели и задачи работы:** *изучение методов измерения, при которых искомое значение физической величины находят путем согласованных наблюдений других величин определяемых опытным путем, связанных с искомой физической величиной известной зависимостью; ознакомление с правилами оценивания погрешностей косвенных измерений.* При выполнении работы необходимо практически ознакомиться с системой допусков и посадок, требованиями к точности линейных и угловых параметров изделий, погрешностями изготовления изделий, способами и средствами измерения линейно-угловых параметров и характеристик.

**Краткие сведения из теории.** Показатели точности измерения и формы представления результатов рассмотрены выше (п.1.7.), определению показателей точности косвенных измерений посвящен разд. 4 настоящего пособия. В работе экспериментальные данные, подвергаемые последующему анализу и преобразованию, должны быть получены с помощью универсальных средств для линейных измерений.

Выбор способа и средств для измерения геометрических размеров зависит от ряда факторов, основными из которых являются:

допуски на размеры и точность изготовления измеряемой детали;

метод контроля (пассивный или активный) и его точность;

объем выпуска деталей;

конструктивные особенности детали и экономические показатели назначаемых средств измерения (стоимость прибора, его производительность, время настройки, требуемая квалификация контролера).



Для обеспечения взаимозаменяемости деталей и узлов различных изделий создана единая система допусков и посадок. Эта система охватывает нормы взаимозаменяемости всех типов соединений, включая электрические. Основу единой системы допусков и посадок (ЕСПД) составляют ряды допусков, называемые **квалитетами** (их 19: 01, 0, 1, 2, ... 17, см. табл. 20), и ряды основных отклонений, определяющих положение полей допусков относительно линии номинального размера, показанных на рис. 15, поля допусков образуются сочетанием основного отклонения (положения поля) и допуска (величины поля) и обозначаются буквой основного отклонения и числом - номером квалитета. Для обозначения внешних охватываемых размеров (валов) применяются строчные латинские буквы, для отверстий - прописные.

В системе ISO единица допуска i для квалитетов от 5 до 17-го определяется из выражения:



Таблица 20

|  |  |
| --- | --- |
| Нормальные размеры, мм | Квалитеты |
| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| Допуски, мкм | Допуски, мм |
| Свыше 1до3 | 3 | 4 | 6 | 10 | 14 | 25 | 40 | 60 | 120 | 140 | 0,25 | 0,40 | 0,6 | 1,0 |
| >3http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/20.GIF6 | 4 | 5 | 8 | 12 | 18 | 30 | 48 | 75 | 140 | 180 | 0,30 | 0,48 | 0,8 | 1,2 |
| >6http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/20.GIF10 | 4 | 6 | 9 | 15 | 22 | 36 | 58 | 90 | 150 | 220 | 0,36 | 0,58 | 0,9 | 1,5 |
| >10http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/20.GIF18 | 5 | 8 | 11 | 18 | 27 | 43 | 70 | 110 | 180 | 270 | 0,43 | 0,70 | 1,1 | 1,8 |
| >18http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/20.GIF30 | 6 | 9 | 13 | 21 | 33 | 52 | 84 | 130 | 210 | 330 | 0,52 | 0,84 | 1,3 | 2,1 |
| >30http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/20.GIF50 | 7 | 11 | 16 | 25 | 39 | 62 | 100 | 160 | 250 | 390 | 0,62 | 1,00 | 1,6 | 2,5 |
| >50http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/20.GIF80 | 8 | 13 | 19 | 30 | 46 | 74 | 120 | 190 | 300 | 460 | 0,74 | 1,20 | 1,9 | 3,0 |
| >80http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/20.GIF120 | 10 | 15 | 22 | 35 | 54 | 87 | 140 | 220 | 350 | 540 | 0,87 | 1,40 | 2,2 | 3,5 |
| >120http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/20.GIF180 | 12 | 18 | 25 | 40 | 63 | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1,00 | 1,60 | 2,5 | 4,0 |
| >180http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/20.GIF250 | 14 | 20 | 29 | 46 | 72 | 115 | 185 | 290 | 460 | 720 | 1,15 | 1,85 | 2,9 | 4,6 |
| >250http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/20.GIF315 | 16 | 23 | 32 | 52 | 81 | 130 | 210 | 320 | 520 | 810 | 1,30 | 2,10 | 3,2 | 5,2 |
| >315http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/20.GIF400 | 18 | 25 | 36 | 57 | 89 | 140 | 230 | 360 | 570 | 890 | 1,40 | 2,30 | 3,6 | 5,7 |
| >400http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/20.GIF500 | 20 | 27 | 40 | 63 | 97 | 155 | 250 | 400 | 630 | 970 | 1,55 | 2,50 | 4,0 | 6,3 |

Допуск , где a - число единиц допуска. Величина растояния e от ближайшей границы поля допуска до линии номинального размера, определяется в большинстве случаев по формуле .

Предельные отклонения на чертежах могут указываться:

условными обозначениями, например, 18H7, 12e8;

числовыми значениями, например, ;

комбинированным способом, например, .

Выбор измерительного средства по точности осуществляется сравнением предельной суммарной погрешности измерения и допуска на размер детали.

Необходимо выбрать такое измерительное средство, при котором искажение полученных результатов измерения настолько мало, что эти результаты измерения можно было бы принять за действительный размер. Величины допустимых предельных погрешностей измерения деталей, как правило, не должны превышать 30% от размера допуска.

После выбора предельной погрешности измерения выбирается измерительное средство по табл. 21 и 22, которые являются выборкой из более подробных таблиц.

Таблица 21

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование измерительного средства | Температурный режим | Интервалы размеров, мм |
| 1-3 | 3-6 | 6-18 | 18-30 | 30-50 | 50-80 | 80-120 | 120-180 | 180-260 | 260-360 | 360-500 |
| Предельные погрешности измерения, мкм |
| Штангенциркули с отсчетом по нониусу 0,1 мм | ----- | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 160 | 170 | 190 | 200 | 210 | 230 |
| Штангенциркули с отсчетом по нониусу 0,1 мм | ----- | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 90 | 100 | 100 | 100 | 110 | 110 |
| Микрометры гладкие при настройке на нуль по установочной мере | При работе находятсяа) в рукахб) в стойке |   5,54,5 |   5,54,5 |   5,54,5 |   6,55 |   7,55 |   9,55 |   136 |   177 |   228,5 |   3611 |   4912 |

Таблица 22

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование измерительного средства | Условия измерения | Температурный режим, С | Интервалы размеров, мм |
| Интервалы размеров, мм | 3-18 | 18-50 | 50-120 | 120-260 | 260-500 |
| Используемое перемещение, мм | Разряд и класс применяемых концевых мер | http://radioconf.sfu-kras.ru/book/el_posob/izm_pogr/pictures/table/20_1.GIF120 | >120 | Предельные погрешности измерения, мкм |
| Штангенциркули с отсчетом по нооиусу 0,1 мм | --- | --- | 7 | 7 | 200 | 200 | 230 | 300 | 300 |
| Штангенциркули с отсчетом по нооиусу 0,05 мм | --- | --- | 7 | 7 | 150 | 150 | 170 | 200 | 250 |
| Нутрометры микрометрические с величиной отсчета 0,01 мм | 1313 | ------ | 53 | 53 | ---- | ---- | 1510 | 2016 | 2720 |
| Нутрометры индикаторные, цена деления 0,01 мм |  1,03,0  | (3) | 33 | 22 | 77,7 | 7,59,5 | 912 | 1214 | 1416 |
| Нутрометры индикаторные, цена деления 0,01 мм | 0,10,33 | 5(2) | 33 | 22 | 45 | 58 | 610 | 811 | 1013 |
| Нутрометры индикаторные с ценой деления отсчетного устройства 0,001 и 0,002 мм | 0,10,030,03 | 5(2) | 333 | 222 | 4,52,83 | 5,53,54 | 6,54,55,5 | 7,56,57 | 11910 |
| Нутрометры повышенной точности с ценой деления отсчетного устройства 0,001 и 0,002 мм | 0,10,030,03 | 5(2) | 335 |   | 3,222,5 | 53,54,5 | ------ | ------ | ------ |
| Горизонтальные оптиметры | 0,06 | 4(1) | 1 | 1 | 1,2 | 1,2 | 1,5 | 3 | 5 |
| Универсальные измерительные микроскопы УИМ-21 | --- | --- | 5 | 3 | 6 | 6 | 7 | 7 | -- |

В таблицах приведены варианты их использования, указан температурный режим их использования, который учитывает источники погрешности измерения, связанные с деформациями, возникающими от разности температур, разности коэффициентов линейного расширения контролируемой детали и измерительного прибора.

**Универсальные средства измерения длин и углов**

Штангенинструменты применяют для измерения линейных размеров, не требующих высокой точности, абсолютным методом.

К штангенинструментам общего назначения относятся: штангенциркуль, штангенрейсмус, штангенглубиномер ( рис.16). Измерение в штангенинструментах основано на применении нониуса, который позволяет отсчитывать дробные деления основной шкалы. В настоящее время выпускают штангенинструменты с ценой деления нониуса 0,1, 0,05, 0,02 мм. Пределы измерения выпускаемых штангенинструментов: штангенциркулей до 2000 мм; штангенглубиномеров- до 500 мм; штангенрейсмусов до 1000 мм. Погрешность измерения штангенинструментов в диапазоне от 1 до 500 мм составляет от 50 до 200 мкм.



**Устройство нониуса и отсчет показаний штанген инструментов**

Нониус представляет собой линейку со шкалой, по которой отсчитывают дробные деления основной шкалы. Рассчитывают нониус следующим образом: по заданной длине деления основной шкалы , цене деления нониуса , числу делений основной шкалы, соответствующему одному делению шкалы нониуса (модуль нониуса) , определяют число делений нониуса "n", длину деления шкалы нониуса "В", и общую длину нониуса:







Например, при i=0,05мм, C=1мм и  n=1/0,05=20, B=2\*1-0,05=1,95мм, l=20\*1,95=39mm.

Отсчет измеряемой величины "А" с помощью штанген инструментов складывается из отсчета целых делений "N" по основной шкале и отсчета дробных делений "Д" по шкале нониуса:

А = N + Д.

При нулевом положении нулевые штрихи основной и нониусной шкал совпадают. При этом последний штрих шкалы нониуса также совпадает со штрихом основной шкалы, определяющим длину шкалы нониуса "l". При измерении шкала нониуса смещается относительно основной, и по положению нулевого штриха нониуса определяют величину этого смещения, равную измеряемой величине (N). Дробные деления определяют по совпадению какого-либо "k-го" штриха нониуса с любым штрихом основной шкалы. Тогда дробная часть измеряемой величины будет равна произведению количества штрихов шкалы нониуса от нулевого до "k-го" на цену деления шкалы нониуса "i", т.е. значение измеряемой величины по шкале штанген инструментов

А = N + k \* i.

**Измерение с помощью штангенциркуля** (рис. 16.) различных элементов конструкции (диаметров отверстия или вала, межцентрового расстояния, глубины отверстия и т.п.) проводят следующим образом: при отстопоренном винте 5 перемещают по штанге 1 нониус 6, приводят в соприкосновение с поверхностями измеряемых деталей измерительные поверхности штанги и нониуса 2 и 3 или соединенного с нониусом измерительного стержня 7. В этом положении необходимо застопорить рамку нониуса 6 винтом 5 и снять отсчет со шкалы прибора.

**Микрометрические измерительные инструменты**основаны на использовании точной винтовой пары ( винт-гайка ), которая преобразует вращательные движение микровинта в поступательные. К микрометрическим инструментам относятся: микрометры, микрометрические глубиномеры, микрометрические нутромеры (рис. 17). Микрометрические инструменты предназначены для абсолютного контактного метода измерения. Цена деления прибора 0.01 мм. Погрешность измерения зависит от пределов измерения микрометра и составляет: от 3 мкм для микрометров 0-25 мм до 50 мкм для микрометров с пределами измерения 400-500 мм. Принцип микрометрической пары используется в конструкциях многих измерительных приборов.



**Устройство микрометра.** Общий вид микрометра показан на рис.17. Корпусом инструмента служит скоба 1, в которую запрессованы с одной стороны пятка 2, с другой - стебель 5, на котором закреплена микро гайка и нанесена продольная шкала. Одной измерительной поверхностью является торец микрометрического винта 3, выдвигающегося из стебля, второй - торец пятки 2. Микровинт связан с корпусом барабана 6, имеющим на конусном конце круговую шкалу. Заканчивается барабан резьбой, на которую навинчивается гайка 9, являющаяся корпусом механизма трещотки. Основное назначение - трещотки обеспечивать постоянство измерительного усилия за счет храповика 7 и подпружиненного стержня 8. Микрометр снабжен устройством 4, позволяющим стопорить микровинт и гайкой 10 для регулировки зазора в паре микровинт - микро гайка.

Отсчет показаний микрометрических инструментов. Отсчетное устройство микрометрических инструментов состоит из двух шкал (рис. 17). Продольная шкала имеет два ряда штрихов с интервалом 1 мм, расположенных по обе стороны горизонтальной линии и смещенных относительно друг друга на 0.5 мм. Таким образом, оба ряда штрихов образуют одну продольную шкалу с ценой деления 0.5 мм.

Микровинт связан с барабаном 6, который на конусном конце имеет круговую шкалу с числом делений n=50. Учитывая, что шаг резьбы винтовой пары S=0,5мм, цена деления круговой шкалы (нониуса) микрометра "C" равна:

C = S / n = 0,5 / 50 = 0,01мм.

Размер измеряемой детали с точностью до 0.5 мм отсчитывают по шкале стебля указателем, которым является скошенный край барабана. Сотые доли миллиметра отсчитывают по круговой шкале барабана, указателем которой является продольный штрих на стебле микрометра.

**Установка микрометра на нуль.** Перед началом измерений микрометрическими инструментами производят их проверку и установку на нуль. Установку микрометров на нуль производят на начальном делении шкалы. Для микрометров с пределом измерений 0- 25 мм -на нулевом делении шкалы, для микрометров с пределами измерений 25-50 мм -на делении 25 и т.д. Осторожно вращая микровинт за трещотку, приводят в соприкосновение измерительные поверхности микровинта и пятки. У микровинтов с пределом измерения 25- 50, 50-75 и т.д. микровинт и пятка соединяются между собой через блок концевых мер длины размером 25, 50 мм и т.д. или через специально установочные цилиндрические меры, прилагаемые в комплект к микрометрам.

При указанном соприкосновении скошенный край барабана микрометра должен установиться так, чтобы штрих начального деления основной шкалы (нуль или 25, 50 мм и т.д.) был полностью виден, а нулевое деление круговой шкалы барабана совпадало с продольной горизонтальной линией на стебле 5 (рис. 17). Если такого совпадения нет, то стопором 4 необходимо зафиксировать микровинт 3 и, придерживая барабан 6 за накатанный выступ ослабить накидную гайку 9. Затем, поворачивая освобожденный корпус барабана, совмещают нулевое деление на барабане с горизонтальной линией на стебле 5 микрометра, и, придерживая корпус барабана за накатанный выступ, снова закрепляют барабан гайкой 9.

Следует иметь в виду, что при затягивании гайки 9 нулевая установка может снова нарушиться, поэтому нужно снова проверить ее и при необходимости исправить.

Установка микрометрического нутромера на нуль производится по специальной установочной скобе, которая входит в комплект прибора. Возможна установка и с помощью концевых мер длины.

Придерживая нутромер за гильзу и вращая барабан за накатное кольцо, выворачивают микрометрический винт до соприкосновения измерительных наконечников с поверхностями установочной скобы. Затем стопорят микровинт. Нулевой штрих горизонтальной линии основной шкалы должен быть виден полностью, скошенный край барабана должен касаться данного штриха, а нулевое деление барабана совпадать с горизонтальной линией основной шкалы. Наибольшими покачиваниями определяют, соответствует ли размер нутромера наименьшему расстоянию между поверхностями установочной скобы или концевых мер длины. Если нутромер между поверхностями скобы проходит туго, то микровинт отстопоривают и настройку повторяют. Настройку повторяют несколько раз для отыскания наименьшего расстояния между поверхностями установочной скобы (находят наименьшее показание нутромера). Если нутромер не установлен на нуль, то при застопоренном микровинте необходимо ослабить контргайку и отрегулировать установку барабана на нуль. После окончательной установки на нуль можно присоединить удлинительные трубки, при этом нулевая установка не нарушается.

Измерение микрометром и микрометрическим нутромером. При измерении микрометром (рис. 17) отводят измерительную поверхность микровинта 3, вращая барабан 6, на необходимое расстояние. Между микровин- том 3 и пяткой 2 помещают измеряемую деталь и при помощи барабана 6 сокращают зазор между измеряемой деталью и измерительными поверхностями до 1-2 мм. Окончательное соприкосновение измерительных поверхностей с деталью производят вращением трещотки 7 и снимают показания прибора.

При измерении микрометрическим нутро метром его вводят в измеряемое отверстие и, отстопорив микровинт, вращением накатного кольца приводят измерительные наконечники прибора в соприкосновение со стенками отверстия и затем снова стопорят микровинт.

Измерение размера производят несколько раз, слегка покачивая нутромер в плоскости, проходящей через ось отверстия, отыскивая соответственно наибольший и наименьший размеры. После окончательной установки нутромер на размер стопорят микровинт и снимают показания.

Алгоритм определения результата косвенного измерения массы детали представлен на рис. 18.

Обработка результатов непосредственных наблюдений выполняется для того, чтобы на основании данных о геометрических размерах детали произвести расчет ее массы и выполнить оценку погрешности результата.

Определение размеров детали должно проводиться измерительным инструментом имеющимся в распоряжении студента и обеспечивающим наименьшее значение погрешности для каждого параметра.



**Задания для домашней подготовки**

1. Ознакомьтесь с перечнем показателей точности измерения и формой представления результатов.

2. Изучите методику определения показателей точности косвенных измерений.

3. Изучите правила выбора измерительного инструмента и способы измерения геометрических размеров с наименьшей погрешностью.

4. Рассмотрите примеры вычисления доверительных границ погрешности результата косвенного измерения.

**Порядок выполнения лабораторной работы**

1. Получить у преподавателя ваш вариант задания, в котором определены объект измерения и порядок назначения допусков на размеры. Выполнить эскиз детали в соответствии с требованиями ЕСКД, используя для определения номинальных значений размерных параметров штанген инструмент и согласовать с преподавателем перечень размеров, определяемых с минимальнной погрешностью.

2. Ознакомиться с измерительным инструментом для использования в эксперименте. Особое внимание должно быть обращено на раздел, содержащий сведения о параметрах каждого измерительного прибора, о структуре и принципе действия, о порядке подготовки прибора к работе и работе с ним.

3. После получения допуска к работе, используя набор концевых мер длины, микрометрический, рычажный и др. измерительный инструмент и приборы, выполнить повторные измерения установленных ранее размеров.

4. Занести в протокол предусмотренное заданием количество наблюдений и представить результаты эксперимента преподавателю на утверждение.

5. Подготовить отчет по лабораторной работе.

**Содержание отчета**

1. Задание на лабораторную работу.

2. Эскиз детали с экспериментально определенными номинальными размерами и допусками.

3. Протокол непосредственных наблюдений и результаты расчетов погрешностей определения размеров детали.

4. Обоснование выбора образцового измерительного инструмента для уточнения результатов предварительных измерений.

5. Заключение о годности по каждому размерному параметру и альтернативные допуски на размеры.

6. Результаты расчета массы детали и коэффициенты влияния.

7. Суммарную и доминирующую погрешности косвенного измерения.

**Задание для самопроверки**

1. Укажите предусмотренные стандартом показатели точности измерений?

2. Как должны записываться результаты измерений?

3. Для какого метода измерения предназначены микрометрические инструменты и штанген инструменты?

4. Описать устройство нониуса штангенциркуля и микрометра.

5. Как установить микрометр на нуль? Зачем производят установку микрометра на нуль?

6. На каком принципе основано устройство микрометрических инструментов?

7. Почему при проверке микрометров на плоскостносьь и параллельность применяют стеклянные цилиндры 4-х размеров?

8. Назначение плоскопараллельных концевых мер длины? Правила составления блока концевых мер длины?