**1. Понятие ошибки опыта**

Измерением какой-либо величины называется операция, в результате которой мы узнаем, во сколько раз измеряемая величина больше (или меньше) соответствующей величины, принятой за эталон (единицу измерения). Все измерения можно разбить на два типа: прямые и косвенные.

ПРЯМЫЕ – это такие измерения, при которых измеряется непосредственно интересующая нас физическая величина (масса, длина, интервалы времени, изменение температуры и т.д.).

КОСВЕННЫЕ – это такие измерения, при которых интересующая нас величина определяется (вычисляется) из результатов прямых измерений других величин, связанных с ней определенной функциональной зависимостью. Например, определение скорости равномерного движения по измерениям пройденного пути промежутка времени, измерение плотности тела по измерениям массы и объема тела и т.д.

Общая черта измерений – невозможность получения истинного значения измеряемой величины, результат измерения всегда содержит какую-то ошибку (погрешность). Объясняется это как принципиально ограниченной точностью измерения, так и природой самих измеряемых объектов. Поэтому, чтобы указать, насколько полученный результат близок к истинному значению, вместе с полученным результатом указывают ошибку измерения.

Например, мы измерили фокусное расстояние линзы f и написали, что

f = (256 ± 2) *мм*        (1)

Это означает, что фокусное расстояние лежит в пределах от 254 до 258 *мм*. Но на самом деле это равенство (1) имеет вероятностный смысл. Мы не можем с полной уверенностью сказать, что величина лежит в указанных пределах, имеется лишь некоторая вероятность этого, поэтому равенство (1) нужно дополнить еще указанием вероятности, с которой это соотношение имеет смысл (ниже мы сформулируем это утверждение точнее).

Оценка ошибок необходима, т.к., не зная, каковы они, нельзя сделать определенных выводов из эксперимента.

Обычно рассчитывают абсолютную и относительную ошибку. Абсолютной ошибкой Δx называется разность между истинным значением измеряемой величины μ и результатом измерения x, т.е. Δx = μ - x

Отношение абсолютной ошибки к истинному значению измеряемой величины ε = (μ - x)/μ и называется относительной ошибкой.

Абсолютная ошибка характеризует погрешность метода, который был выбран для измерения.

Относительная ошибка характеризует качество измерений. Точностью измерения называют величину, обратную относительной ошибке, т.е. 1/ε.

**2. Классификация ошибок**

Различают три основных вида ошибок: **случайные, систематические и грубые.**

**Грубые ошибки** - это неверные результаты, возникающие вследствие недосмотра экспериментатора или неисправности измерительного прибора. Этих ошибок можно избежать при внимательном наблюдении за показаниями приборов, тщательной записи отсчетов по приборам.

**Систематические ошибки** - могут быть связаны с ошибками приборов (неправильная шкала, неравномерно растягивающаяся пружина, неравномерный шаг микрометрического винта и т.д.) с влиянием различных физических условий (потока воздуха, разности температур и т.д.) на эксперимент. Систематические ошибки сохраняют свою величину и знак во время эксперимента. Систематические ошибки опыта могут быть устранены заменой неисправных приборов на исправные, либо изучены и скомпенсированы путем внесения поправок в результаты измерений.

**Случайные ошибки** - вызываются большим количеством причин, характер и величину влияния которых заранее определить нельзя (сухое трение, а также несовершенство наших органов чувств, люфт в механических приспособлениях, тряска и т.д.). Случайные ошибки меняют величину и знак от опыта к опыту. Случайные ошибки принципиально неустранимы, однако можно учесть их влияние на оценку истинного значения измеряемой величины. Для этого необходимо произвести несколько измерений, причем, чем больше измерений будет произведено, тем точнее можно будет оценить истинное значение измеряемой величины. В качестве наилучшего значения для измеренной величины обычно принимают среднее арифметическое из всех полученных результатов.

**3. Систематические ошибки**

**Систематические ошибки**–это постоянное завышение или занижение результатов опыта под действием определенных факторов.

**Систематические ошибки.** Это ошибки вызванные неоднородностью (пестротой) почвенного плодородия опытного участка. Они могут или только завышать результаты или повышаться, т.е. они имеют однонаправленное действие.

Такими факторами могут быть закономерное изменение плодородия почвы в каком-то направлении, неисправность используемых в опыте приборов и т. п. Поскольку систематические ошибки являются однонаправленными, т. е. искажают результаты в одном направлении, они не могут взаимно погашаться и поэтому снижают точность опытов. Уменьшить систематические ошибки можно путем правильного планирования, закладки и проведения опытов.

В отличие от случайных ошибок они не могут взаимопоглощаться и компенсироваться. Их можно сгладить или уменьшить при подборе однородного участка.

Ср – изменчивость урожая по повторениям (варьирование)

**4. Случайные ошибки**

**Случайные ошибки** – это ошибки, которые возникают в опыте под влиянием очень большого числа факторов, действие которых настолько незначительно, что выделить и учесть их в отдельности невозможно.

**Причины**, которые вызывают случайные ошибки:

а) плохо разделан посевной слой

б**)**повреждение семян болезнями, вредителями и др.

Эта совокупность причин и составляет случайные ошибки. Но математически эти ошибки можно рассчитать.

**5. Грубые ошибки**

Грубые ошибки–это просчеты, промахи в работе.

Они возникают в результате нарушения пяти основных методических требований к полевому опыту. В результате небрежного, неумелого выполнения работ и в результате недосмотра. Их уже нельзя устранить, но их можно не допустить путем тщательного продумывания.

Например, можно ошибиться при снятии показаний прибора, при записи. Иногда на опытных делянках путают этикетки, дважды вносят удобрения на какой-то делянке, не на ту глубину обрабатывают почву и т. д. Из-за грубых ошибок приходится браковать отдельные делянки, повторения или даже весь опыт.

**6. Результаты измерений и закон распределения**

При использовании вероятностного подхода к описанию погрешности требуется знание законов распределения погрешности измерений. Встречающиеся в метрологии законы распределения можно свести к следующим:

 трапецеидальные (плосковершинные);

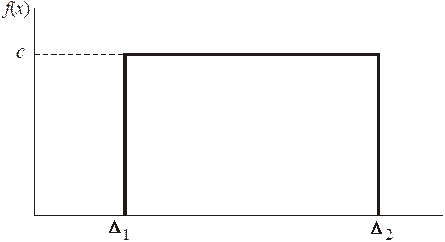
 экспоненциальные;

 уплощенные (приблизительно плосковершинные);

 семейство распределений Стьюдента;

 двухмодальные.

К трапецеидальным относятся равномерное, собственно трапецеидальное, составленное как композиция из двух равномерных законов, имеющих различную ширину и треугольное распределение, представляющее собой частный случай предыдущего (при равной ширине составляющих равномерных распределений). Равномерное распределение (рис. 4.3) имеют погрешности квантования в цифровых приборах, округления при отсчете показаний стрелочного прибора,  от трения в стрелочных приборах и т.д.



Одним из экспоненциальных законов распределения является так называемое нормальное распределение (распределение Гаусса). Закон распределения погрешностей результата измерения принято считать нормальным в том случае, когда полная погрешность образуется из большого числа независимых случайных составляющих (частных погрешностей), независимо от их законов распределения, при условии, что ни одна из этих частных погрешностей не преобладает над всеми остальными.

Математическая зависимость нормального закона

https://students-library.com/files/48/1717/image074.gif

(4.11)

Как видно из (4.11), нормальный закон полностью характеризуется двумя числовыми  характеристиками - математическим ожиданием и дисперсией. Колоколообразная кривая нормального распределения симметрична относительно оси ординат. Это означает, что погрешности, одинаковые по величине, но противоположные по знаку, встречаются одинаково часто. Кроме того, малые погрешности встречаются чаще, чем большие. Данные свойства иллюстрирует рис. Так, площадь под кривой плотности распределения вероятности в интервале D2-D1 существенно больше, чем площадь в равном интервале D4-D3. Площадь же под кривой плотности распределения вероятностей характеризует вероятность появления погрешностей.

|  |
| --- |
|  |
|  | https://students-library.com/files/48/1717/image075.gif |

**7. Оценка истинных значений измеряемой случайной величины**

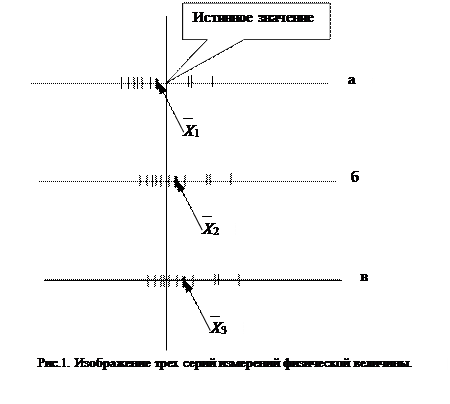
Предварительное ознакомление с классификацией погрешностей показывает, что измерение любой физической величины *a* необходимо проводить многократно.

Допустим, что проведена серия *n* независимых, одинаково тщательных, прямых измерений, в результате которых получены значения *x*1, *x*2, *x*3,...*xn* физической величины *a*. Тогда, как правило, наблюдается разброс данных около истинного значения, обусловленный существованием различных случайных факторов. Нанесем на числовую ось полученный ряд значений *x*1, *x*2, *x*3,...*xn* в виде черточек (рис. 1а). На числовой оси этот ряд значений займет определенное место, и, очевидно, все значения как-то сгруппируются около искомого истинного значения измеряемой величины, положение которого отмечено вертикальной линией. Задача состоит в том, чтобы по данным *x*1, *x*2, *x*3,...*xn* произвести оценку истинного значения измеряемой величины. Для решения этой задачи можно применить законы, установленные теорией вероятности по отношению к многократному повторению случайных явлений. В курсе теории вероятностей доказывается, что самой лучшей оценкой истинного значения является среднее арифметическое из числа измерений:

http://ok-t.ru/studopediasu/baza1/4447714202085.files/image002.gif, (1)

т.е. можно записать, что http://ok-t.ru/studopediasu/baza1/4447714202085.files/image004.gif .

Эта запись означает, что истинное значение измеряемой величины *а* приближенно, но наилучшим образом оценивается по среднему арифметическому значению http://ok-t.ru/studopediasu/baza1/4447714202085.files/image006.gif . Если повторить опыт, произведя вторую серию измерений, то, очевидно, получится новый ряд значений http://ok-t.ru/studopediasu/baza1/4447714202085.files/image008.gif (рис. 1б), причем полученные значения сгруппируются около истинного, но не повторят картину первой серии измерений.

  
Поскольку на результат измерений влияют только случайные факторы, то мы не можем утверждать, что наилучшей оценкой *а* будет то же, что и в первой серии измерений, значение http://ok-t.ru/studopediasu/baza1/4447714202085.files/image011.gif :

http://ok-t.ru/studopediasu/baza1/4447714202085.files/image013.gif .

Вероятнее всего, из расчета получится другое значение http://ok-t.ru/studopediasu/baza1/4447714202085.files/image015.gif , которое, также как и http://ok-t.ru/studopediasu/baza1/4447714202085.files/image017.gif , является наилучшей оценкой *а*, но в новой серии измерений. Наконец, из результатов третьей серии *n* измерений (рис. 1в) наилучшей приближенной оценкой истинного значения *а* будет http://ok-t.ru/studopediasu/baza1/4447714202085.files/image019.gif

Это значение, вообще-то, не совпадает с двумя предыдущими средними значениями измеряемой величины. Таких серий равноточных независимых друг от друга измерений можно провести сколько угодно. Что же в конце концов послужит оценкой величины *а*? Ведь каждый раз мы будем получать среднее значение http://ok-t.ru/studopediasu/baza1/4447714202085.files/image021.gif , лежащее где-то недалеко от *а*. Как видно из рис. 1, приближенные оценки http://ok-t.ru/studopediasu/baza1/4447714202085.files/image023.gif всегда более или менее отличаются друг от друга, т.е. испытывают случайное рассеивание, несмотря на кажущуюся неизменность условий в отдельных опытах.

Таким образом, можно сделать очень важный вывод о том, что результат измерения является *случайной* величиной. Результат каждого отдельного измерения http://ok-t.ru/studopediasu/baza1/4447714202085.files/image023.gif или результат расчета оценки истинного значения http://ok-t.ru/studopediasu/baza1/4447714202085.files/image025.gif невозможно заранее предсказать, однако, это еще не означает, что повторные измерения не обнаруживают никакой закономерности. Закономерность в распределении измерений существует и достаточно хорошо изучена. Она описывается *законом нормального распределения*

*Гаусса* [1].

Результаты серии измерений одной величины можно наглядно представить, построив диаграмму, которая показала бы, как часто получались те или иные результаты. Такая диаграмма называется *гистограммой.* В качестве примера рассмотрим построение гистограммы по данным измерений величины ускорения силы тяжести методом математического маятника.

В табл. 1 приведены средние значения искомой величины *g*

(с точностью до сотых, всего 112 значений). Результаты измерений распределены по группам в интервале http://ok-t.ru/studopediasu/baza1/4447714202085.files/image027.gif .

**8. Определение грубых ошибок среди результатов опыта**

Определение ошибок при прямых измерениях

**Прямыми измерениями** называют такие измерения, при которых физические величины определяются непосредственно при помощи измерительных приборов.

Пусть *х* - измеряемая величина, http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image1.gif - результаты отдельных измерений, а *n* - число отдельных измерений.

Среднее арифметическое http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image2.gif из этих результатов, то есть величина

|  |  |
| --- | --- |
| http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image3.gif | (1) |

является, как было указано, наиболее близкой к истинному значению измеряемой величины.

Разности http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image4.gif называются абсолютными ошибками отдельных измерений и могут быть как положительными, так и отрицательными величинами.

Для определения средней абсолютной ошибки результата http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image5.gif, берут среднее арифметическое абсолютных значений (модулей) отдельных ошибок:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image6.gif | , | (2) |

где http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image7.gif. Мы берем модули абсолютных ошибок, чтобы не допустить частичной или полной взаимной компенсации этих ошибок и вычислить максимальную погрешность.

Отношение средней абсолютной ошибки результата http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image5.gif к его среднему значению http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image8.gif называют средней относительной ошибкой *(Е)* измерений:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image9.gif | . | (3) |

Относительную ошибку выражают также в процентах:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image9.gif | http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image10.gif | . | (4) |

Результат измерений http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image11.gif записывают так:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image12.gif | . | (5) |

Формула (5) выражает тот факт, что истинное значение измеренной величины http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image13.gif находится в интервале между http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image14.gif.

Определение ошибок при косвенных измерениях

В тех случаях, когда физическая величина не может быть измерена непосредственно, прибегают к косвенным измерениям.

Допустим, что нам необходимо измерить некоторую величину *х*. Из теории или опыта известно, что величина *х* связана функциональной зависимостью с некоторыми величинами *а, b, c*и т.д. Величины *а, b*являются непосредственно измеряемыми. Ошибка косвенно измеренной величины http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image15.gifзависит от ошибок D*а*, D *b*, D *c*. В простейшем случае используют метод "наихудшего" случая, то есть когда все ошибки случайно действуют в направлении максимального увеличения ошибки http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image15.gif.

В дальнейшем мы будем пользоваться следующими правилами (ограничимся случаем http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image16.gif):

1. http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image17.gif;

http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image18.gif.

2. http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image19.gif;

http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image20.gif.

3. http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image21.gif;

http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image22.gif.

Произведение http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image23.gifочень мало и им можно пренебречь, тогда

http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image24.gif.

Относительная ошибка

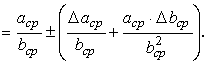
http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image25.gif

http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image26.gif

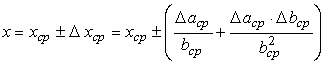
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 4. | http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image27.gif | ; |

http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image28.gif

http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image29.gif



В третьем члене знак изменен на обратный ("наихудший случай"). Таким образом:

.

http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image32.gif.

Относительная ошибка http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image33.gif. Итак, при сложении и вычитании складываются абсолютные ошибки http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image34.gif, а при умножении и делении складываются относительные ошибки.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 5. | http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image35.gif | . Возведение в степень рассматривается как *n* - кратное умножение: |

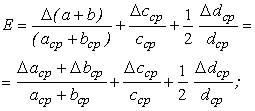
|  |  |
| --- | --- |
| http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image37.gif | ; |

http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image38.gif.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 6. | http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image39.gif | . |

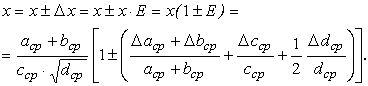
Для более сложных формул проще сначала найти относительную ошибку *Е*, а затем определить абсолютную ошибку http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image40.gifпо формуле http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image41.gif.

*Пример: http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image42.gif*.



http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/8/Image44.gif.

Окончательно:



**9. Погрешности измерений**

***Погрешность***– это отклонение результата измерения от истинного  значения измеряемой величины.

Истинное значение ФВ может быть установлено лишь путем проведения бесконечного числа измерений, что невозможно реализовать на практике. Истинное значение измеряемой величины является недостижимым, а для анализа погрешностей в качестве значения ближайшего к истинному, используют действительное значение измеряемой величины, значение получают с использованием самых совершенных методом измерений и самых высокоточных средств измерений. Таким образом, погрешность измерений представляет собой отклонение от действительного значения ∆=Xд – Хизм

Погрешность сопровождает все измерения и связана с несовершенством метода, средства измерения,  условия измерения (когда они отличаются от н.у.).

В зависимости от принципов действия прибора те или иные факторы оказывают влияние.

Различают погрешности СИ и результата измерений за счет влияния внешних условий, особенностей измеряемой величины, несовершенства СИ.

Погрешность результата измерений включает в себя погрешность и средства измерений, также влияние условий проведения измерений, свойств объекта и измеряемой величины ∆ри=∆си+∆ву+∆св.о+∆сив.

**10. Виды погрешностей**

Классификация погрешностей:

1) По способу выражения:

a) *Абсолютная* – погрешность, выраженная в единицах измеряемой величины ∆=Хд-Хизм

b) *Относительная* – погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности к результате измерений или действительному значению измеряемой величины γотн=(∆/Xд)\* 100 .

c) *Приведенная* – это относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условию, принятому значению величины постоянному во всем диапазоне измерений (или части диапазона) γприв=(∆/Xнорм)\*100, где Хнорм – нормирующее значение, установленное для приведенных значений. Выбор Хнорм производится в соответствии с ГОСТом 8.009-84. Это может быть верхний предел средства измерений, диапазон измерений, длина шкалы и т.л. Для множества средств измерений по приведенной погрешности устанавливают класс точности. Приведенная погрешность вводится потому что относительная характеризует погрешность только в данной точке шкалы и зависит от значения измеряемой величины.

2) По причинам и условиям возникновения:

a) *Основная* - это погрешность средств измерения, которое находятся в нормальных условиях эксплуатации, возникает из-за неидеальности функции преобразования и вообще неидеальности свойств средств измерений и отражает отличие действительной функции преобразования средств измерения в н.у. от номинальной нормированной документами на средства измерений (стандарты, тех. условия). Нормативными документами предусматриваются следующие н.у.:

* Температура окружающей среды (20±5)°С;
* Относительная влажность (65±15)%;
* напряжение питания сети (220±4,4)В;
* частота питания сети (50±1)Гц;
* отсутствие эл. и магн. полей;
* положение прибора горизонтальное, с отклонением ±2°.

Рабочие условия измерений – это условия, при которых значения влияющих величин находятся в пределах рабочих областей, для которых нормируют дополнительную погрешность или изменение показаний СИ.

Например, для конденсаторов нормируют дополнительную погрешность, связанную с отклонением температуры от нормальной; для амперметра отклонение частоты переменного тока 50 Гц.

b) *Дополнительная* – это составляющая погрешности средств измерений, возникающая дополнительно к основной, вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормы её значения или вследствие её выхода за пределы нормированной области значений. Обычно нормируется наибольшее значение дополнительной погрешности.

Предел допускаемой основной погрешности – наиб. основная погрешность средств измерения, при которой СИ может быть годным и допущено к применению по тех. условиям.

Предел допускаемой дополнительной погрешности – наибольшая дополнительная погрешность, при которой СИ допущено к применению.

Например, для прибора с КТ 1.0 приведенная дополнительная погрешность по температуре не должна превышать ±1% при изменении температуры на каждые 10°.

Пределы, допустимой основной и дополнительной погрешности могут быть выражены в форме абсолютной, относительной или приведенной погрешности.

      Для того чтобы иметь возможность выбирать СИ путем сравнения их характеристик вводят **обобщенную характеристику данного типа СИ – *класс точности (КТ)***. Обычно это предел допускаемых основной и дополнительной погрешностей. КТ позволяет судить в каких пределах находится погрешность СИ одного типа, но не является непосредственным показателем точности измерений, выполняемых с помощью каждого из этих СИ, т.к. погрешность зависит также от метода, условий измерений и т.д. Это нужно учитывать при выборе СИ в зависимости от заданной точности.

      Значения КТ устанавливаются в стандартах или в технических условиях или других нормативных документах и выбираются в соответствии с ГОСТ 8.401-80 из стандартного ряда значений. Например, для электромеханических приборов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1.0; 2,5; 4.0; 6.0.

      Зная КТ СИ можно найти максимально допустимое значение абсолютной погрешности для всех точек диапазона измерений из формулы для приведенной погрешности: ∆maxдоп=(γприв\*Xнорм)/100.

      КТ обычно наносят на шкалу прибора в разных формах, например,(2.5) (в кружочке).

3) По характеру изменений:

a) *систематические* – составляющая погрешности, остающаяся постоянной или изменяющаяся по известной закономерности во все время проведения измерений. Может быть исключена из результатов измерения путем регулировки или введением поправок. К ним относят: методические П, инструментальные П, субъективные П и т д. Такое качество СИ, когда систематическая погрешность близка к нуля называют **правильностью.**

b) *случайные*– это составляющие погрешности, изменяющиеся случайным образом, причины нельзя точно указать, а значит, и устранить нельзя. Приводят к неоднозначности показаний. Уменьшение возможно при многократных измерениях и последующей статистической обработке результатов. Т.е. усредненный результат многократных измерений ближе к действительному значению, чем результат одного измерения. Качество, которое характеризуется близостью к нулю случайной составляющей погрешности называется **сходимостью**показаний этого прибора.

*c) промахи –*грубые погрешности, связанные с ошибками оператора или неучтенными внешними воздействиями. Их обычно исключают из результатов измерений, не учитывают при обработке результатов.

4) По зависимости от измеряемой величины:

a) *Аддитивные погрешности*(не зависит от измеряемой величины)

b) *Мультипликативные погрешности*(пропорционально значению измеряемой величины).

Мультипликативная погрешность по-другому называется погрешностью чувствительности.

Аддитивная погрешность обычно возникает из-за шумов, наводок, вибраций, трения в опорах. Пример: погрешность нуля и погрешность дискретности (квантования).

Мультипликативная погрешность вызывается погрешностью регулировки отдельных элементов измерительных приборов. Например, из-за старения (погрешность чувствительности СИ).

В зависимости от того, какая погрешность прибора является существенной, нормируют метрологические характеристики.

Если существенна аддитивная погрешность, то предел допустимой основной погрешности нормируют в виде приведенной погрешности.

Если существенна мультипликативная погрешность, то предел допустимой основной погрешности определяют по формуле относительной погрешности.

Тогда относительная суммарная погрешность: γотн=Δ/Х= γадд + γмульт= γадд+ γмульт+ γадд\*Xнорм/Х– γадд=±, где с= γадд+ γмульт; d= γадд.

Это способ нормирования метрологических характеристик когда аддитивная и мультипликативная составляющие погрешности соизмеримы, т.е. предел относительной допустимой основной погрешности выражается в двучленной формуле соответственно и обозначение КТ состоит из двух чисел, выражающих c и d в %, разделенных косой чертой. Например, 0.02/0,01. Это удобно, т.к. число с – это относит.погрешность СИ в н.у. Второй член формулы характеризует увеличение относительной погрешности измерения при увеличении величины Х, т.е. характеризует влияние аддитивной составляющей погрешности.

5) В зависимости от влияния характера изменения измеряемой величины:

a) *Статическая*– погрешность СИ при измерении неизменной или медленно изменяющейся величины.

b) *Динамическая*– погрешность СИ, возникающая при измерении быстро меняющейся во времени ФВ. Динамическая погрешность является следствием инерционности прибора.

**11. Оценка погрешностей опытов при обработке результатов измерений**

При обработке результатов прямых измерений предлагается следующий порядок операций:

1. Результат каждого измерения запишите в таблицу.
2. Вычислите среднее значение из n измерений

http://teachmen.ru/methods/images/image261.gif = Σ x i / n.

1. Найдите погрешность отдельного измерения

http://teachmen.ru/methods/images/image318.gif.

1. Вычислите квадраты погрешностей отдельных измерений

(Δx 1)2, (Δx 2)2, ... , (Δx n)2.

1. Определите среднеквадратичную ошибку среднего арифметического

http://teachmen.ru/methods/images/image324.gif

1. Задайте значение надежности (обычно берут P = 0.95).
2. Определите коэффициент Стьюдента t для заданной надежности P и числа произведенных измерений n.
3. Найдите доверительный интервал (погрешность измерения)

Δx = http://teachmen.ru/methods/images/image279.gif · t.

1. Если величина погрешности результата измерения Δx окажется сравнимой с величиной погрешности прибора δ , то в качестве границы доверительного интервала возьмите

http://teachmen.ru/methods/images/image338.gif.

Если одна из ошибок меньше другой в три или более раз, то меньшую отбросьте.

1. Окончательный результат запишите в виде

http://teachmen.ru/methods/images/image282.gif.

1. Оцените относительную погрешность результата измерений

http://teachmen.ru/methods/images/image342.gif.

Тестовые задания:

1. Измерения, при которых измеряется непосредственно интересующая нас физическая величина (масса, длина, интервалы времени, изменение температуры и т.д.)?

1) Косвенные измерения

2) Прямые измерения

3) Общая черта измерений

4) Специальные измерения

2. Измерения, при которых интересующая нас величина определяется (вычисляется) из результатов прямых измерений других величин, связанных с ней определенной функциональной зависимостью?

1) Косвенные измерения

2) Прямые измерения

3) Общая черта измерений

4) Специальные измерения

3. Невозможность получения истинного значения измеряемой величины – это?

1) Косвенные измерения

2) Прямые измерения

3) Общая черта измерений

4) Специальные измерения

4. Неверные результаты, возникающие вследствие недосмотра экспериментатора или неисправности измерительного прибора

1) Случайные ошибки

2) Грубые ошибки

3) Систематические ошибки

5. Могут быть связаны с ошибками приборов (неправильная шкала, неравномерно растягивающаяся пружина, неравномерный шаг микрометрического винта и т.д.) с влиянием различных физических условий (потока воздуха, разности температур и т.д.) на эксперимент.

1) Случайные ошибки

2) Грубые ошибки

3) Систематические ошибки

6. Вызываются большим количеством причин, характер и величину влияния которых заранее определить нельзя (сухое трение, а также несовершенство наших органов чувств, люфт в механических приспособлениях, тряска и т.д.)?

1) Случайные ошибки

2) Грубые ошибки

3) Систематические ошибки

7. Постоянное завышение или занижение результатов опыта под действием определенных факторов?

1) Случайные ошибки

2) Грубые ошибки

3) Систематические ошибки

8. Систематические ошибки имеют … действие.

1) Однонаправленное

2) Двунаправленное

9. Уменьшить систематические ошибки можно путем … .

10. Ошибки, которые возникают в опыте под влиянием очень большого числа факторов, действие которых настолько незначительно, что выделить и учесть их в отдельности невозможно.

1) Случайные ошибки

2) Грубые ошибки

3) Систематические ошибки

11. Основные причины, которые вызывают случайные ошибки можно ли рассчитать математически?

12. По зависимости от измеряемой величины погрешности делятся на?

13. Просчеты, промахи в работе?

1) Случайные ошибки

2) Грубые ошибки

3) Систематические ошибки

14. Можно ли устранить грубые ошибки?

15. В зависимости от влияния характера изменения измеряемой величины погрешности бывают?

16. При использовании вероятностного подхода к описанию погрешности требуется знание …

1) Теоретического значения погрешности

2) Законов распределения погрешности измерений

3) Пределов погрешности

17. К каким распределениям относятся равномерное, трапецеидальное, составленное как композиция из двух равномерных законов, имеющих различную ширину и треугольное распределение, представляющее собой частный случай предыдущего (при равной ширине составляющих равномерных распределений)?

1) Трапецеидальные (плосковершинные)

2) Экспоненциальные

3) Уплощенные (приблизительно плосковершинные)

4) Двухмодальные

18. Одним из экспоненциальных законов распределения является распределение Гаусса или его ещё называют?

1) Уплощенным

2) Нормальным

3) Трапецеидальным

4) Двухмодальным

19. Предварительное ознакомление с классификацией погрешностей показывает, что измерение любой физической величины *a* необходимо проводить?

1) Однократно

2) Многократно

20. Результаты серии измерений одной величины можно наглядно представить, построив …?

1) Модель серии измерений

2) Диаграмму

3) Модель результата измерений

21. Закономерность в распределении измерений описывается?

22. Измерения, при которых физические величины определяются непосредственно при помощи измерительных приборов?

1) Прямые измерения

2) Косвенные измерения

3) Абсолютные измерения

23. Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины?

1) Вероятность

2) Измерение

3) Погрешность

24. Отклонение от действительного значения это?

1) Погрешность измерений

2) Измерение

3) Вероятность измерения

25. Что включает в себя погрешность и средства измерений, также влияние условий проведения измерений, свойств объекта и измеряемой величины?

26. Погрешность, выраженная в единицах измеряемой величины ∆=Хд-Хизм?

1) Приведенная

2) Относительная

3) Абсолютная

4) Дополнительная

27. Погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности к результате измерений или действительному значению измеряемой величины γотн=(∆/Xд)\* 100?

1) Приведенная

2) Относительная

3) Абсолютная

4) Относительная

28. Относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условию, принятому значению величины постоянному во всем диапазоне измерений (или части диапазона) γприв=(∆/Xнорм)\*100?

1) Приведенная

2) Относительная

3) Абсолютная

4) Дополнительная

29. Погрешность средств измерения, которое находятся в нормальных условиях эксплуатации, возникает из-за неидеальности функции преобразования и вообще неидеальности свойств средств измерений и отражает отличие действительной функции преобразования средств измерения в н.у. от номинальной нормированной документами на средства измерений (стандарты, тех. условия)?

1) Относительная

2) Основная

3) Дополнительная

4) Приведенная

30. Составляющая погрешности средств измерений, возникающая дополнительно к основной, вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормы её значения или вследствие её выхода за пределы нормированной области значений?

1) Относительная

2) Основная

3) Дополнительная

4) Приведенная

31. Составляющая погрешности, остающаяся постоянной или изменяющаяся по известной закономерности во все время проведения измерений?

1) Систематические

2) Промахи

3) Случайные

32. Составляющие погрешности, изменяющиеся случайным образом, причины нельзя точно указать, а значит, и устранить нельзя?

1) Систематические

2) Промахи

3) Случайные

33. Грубые погрешности, связанные с ошибками оператора или неучтенными внешними воздействиями?

1) Систематические

2) Промахи

3) Случайные

Таблица ответов

|  |  |
| --- | --- |
| Номер | Ответ |
| 1 | 2 |
| 2 | 1 |
| 3 | 3 |
| 4 | 2 |
| 5 | 3 |
| 6 | 1 |
| 7 | 3 |
| 8 | 1 |
| 9 | правильного планирования, закладки и проведения опытов. |
| 10 | 1 |
| 11 | да |
| 12 | аддитивные и мультипликативные погрешности |
| 13 | 2 |
| 14 | нет |
| 15 | статические и динамические |
| 16 | 2 |
| 17 | 1 |
| 18 | 2 |
| 19 | 2 |
| 20 | 2 |
| 21 | законом нормального распределения |
| 22 | 1 |
| 23 | 3 |
| 24 | 1 |
| 25 | погрешность результата измерений |
| 26 | 3 |
| 27 | 2 |
| 28 | 1 |
| 29 | 2 |
| 30 | 3 |
| 31 | 1 |
| 32 | 3 |
| 33 | 2 |