

Подписано электронной подписью:
Вержицкий Данил Григорьевич
Должность: Директор КГПИ КемГУ
Дата и время: 2025-04-23 00:00:00
471086fad29a3b30e244c728abc3661ab35c9d50210dcf0e75e03a5b6fdf6436

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Кемеровский государственный университет»
Новокузнецкий институт (филиал)

Факультет физической культуры, естествознания и природопользования
Кафедра геоэкологии и географии

Чмелева К.В.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

*Методические рекомендации
для обучающихся по направлению подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность
профиль: Безопасность технологических процессов и производств*

Новокузнецк – 2020

Чмелева КВ.

Лабораторные работы : метод. реком. для обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность /К.В.Чмелева. – Новокузнецкий ин-т (фил.) Кемеров. гос. ун-та. – Новокузнецк : НФИ КемГУ, 2020. – 20 с. – Текст : непосредственный.

В настоящих методических указаниях для студентов представлены рекомендации по подготовке, выполнению и защите лабораторных работ по дисциплине «Методы и средства измерения уровней опасности» обучающимися по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность.

Рекомендовано
на заседании кафедры
геоэкологии и географии
16 сентября 2020 г.
Заведующий кафедрой
геоэкологии и географии



Ю.В. Удодов

Утверждено
методической комиссией
факультета физической культуры,
естествознания
05 октября 2020 г.
Председатель методической
комиссии ФФКЕП



Н.Т. Егорова

Чмелева К.В..., 2020
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кемеровский государственный
университет», Новокузнецкий
институт (филиал), 2020

Текст представлен в авторской редакции

Данная методическая разработка предназначена для студентов направления подготовки 20.03.01 бакалавров профиля «Безопасность технологических процессов и производств», обучающихся по учебной дисциплине «Методы и средства измерений уровней опасности» (МиСИУО).

Основные положения структуры методических материалов разработаны на кафедре «Геоэкологии и географии». Методические материалы применяются в учебном процессе, и будут представлены в электронном виде и в читальном зале.

Методический уровень представления материала: Имеются в наличии иллюстративные материалы в виде таблиц, рисунков, чертежей, схем, графиков, диаграмм, фотографий и методические указания по использованию результатов научно-методической работы. Продуманы таблицы, графики, исправлены схемы, продуман порядок записей, представления результатов методических материалов, имеющихся в арсенале кафедры в настоящее время.

Содержание:

- 1) График лабораторных занятий
- 2) Список тем лабораторных работ
- 3) Методические рекомендации студентам
- 4) Методические указания для выполнения лабораторных работ
- 5) Правила работы в лабораториях и инструктаж по ТБ
- 6) Методические указания по расчету погрешностей прямых и косвенных измерений
- 7) Методические указания по обработке результатов экспериментов
- 8) Методические указания по выполнению лабораторных работ
- 9) Список библиографических источников

График лабораторных занятий

Номер занятия	Тема	Примечание
1	Вводное. Ознакомление с правилами работы в лаборатории и инструктаж по ТБ. Обучение обработке результатов экспериментов. Расчет погрешности прямых и косвенных измерений.	Инструктаж по ТБ и запись в журнале инструктажа
2	Лабораторная работа №1.	
3	Лабораторная работа №2.	Защита 1,2 работ
4	Лабораторная работа №3.	
5	Лабораторная работа №4.	Защита 3,4 работ
6	Лабораторная работа №5.	
7	Лабораторная работа №6.	
8	Лабораторная работа №7.	Защита 5,6,7 работ
9	Лабораторная работа №8.	
10	Лабораторная работа №9.	Защита 8,9 работ

Список тем лабораторных и учебно-исследовательских лабораторных работ

1. Изучение средств и методов дозиметрического контроля ионизирующих излучений. *(лабораторная работа)*
2. Исследование методов очистки воздуха от загрязняющих веществ. *(лабораторная работа)*
3. Защита от сверхвысокочастотного излучения. *(лабораторная работа)*
4. Исследование методов очистки воды. *(учебно-исследовательская лабораторная работа)*
5. Исследование загрязнения воздушной среды токсичными (вредными) и взрывчатыми газами. *(лабораторная работа)*
6. Исследование опасности поражения человека электрическим током при прямом включении в электрическую цепь напряжением до 1000 В. *(лабораторная работа)*
7. Исследование условий возникновения и опасности шаговых напряжений и способов защиты от них. *(лабораторная работа)*
8. Исследование работоспособности и характеристик устройства защитного отключения. *(лабораторная работа)*
9. Исследование сопротивления заземлителей растекания тока. *(лабораторная работа)*

Методические рекомендации студентам

Приобретение практических навыков по обеспечению безопасности жизнедеятельности является наряду с освоением теоретических основ важным аспектом подготовки бакалавров и высококвалифицированных специалистов.

Комплекс лабораторных и практических работ основан на использовании действующих нормативных документов в области охраны и безопасности труда. Кроме стандартных лабораторных установок, предусмотрено использование в учебном процессе оригинальных установок, позволяющих проводить работы учебно-исследовательского и научно-исследовательского характера, прививающие навыки проведения экспериментальных исследований, обработки и анализа полученных результатов.

На первом этапе специальная оценка условий труда включает гигиеническую оценку условий труда, оценку травмобезопасности производства и обеспечения работников средствами индивидуальной защиты. Затем проводится анализ воздействия вредных производственных факторов и расчет профессиональных угроз.

В ходе лабораторных работ учебной дисциплины МиСИУО изучаются основные производственные вредности и опасности, а также способы защиты от них (метеоусловий, световой среды, шума и вибраций, электромагнитных, тепловых и ионизирующих излучений, запыленности и загазованности воздуха, поражения электрическим током).

В лабораторных работах исследуется эффективность методов и средств защиты от вредных и опасных факторов. Большое внимание уделено исследованию опасности поражения человека электрическим током и эффективности технических средств защиты.

В каждой работе приводятся общие сведения о параметрах производственной среды, их нормировании, описание приборов и методов проведения их измерения. Ряд работ посвящен исследованию эффективности методов и средств защиты от вредностей и опасностей. Большое внимание уделено исследованию опасности поражения человека электрическим током и эффективности технических средств защиты.

Лабораторные работы выполняются как фронтально (все студенты выполняют задания по одной теме лабораторной работы, но с разными заданиями), так и по звеньям, когда каждое звено выполняет свою лабораторную работу на данном занятии.

Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ

При подготовке к выполнению лабораторной работы студент должен изучить теоретический материал по теме лабораторной работы, освоить

основные понятия, законы и расчетные формулы, методику измерений, изучить алгоритм выполнения работы и порядок обработки результатов измерений. Защита лабораторных работ проводится в форме собеседования.

Контроль сформированности компетенций в течение семестра проводится в форме устного опроса на собеседовании при защите лабораторных работ. На лабораторных работах проверяется способность студента к постановке и проведению эксперимента, оценки, обработки и интерпретации его результатов.

Методические указания при выполнении лабораторных работ

При обучении в вузе необходимо показать студентам методологическую значимость понимания структуры деятельности (учебной, самостоятельной, научной и т.п.). Для этого сформулированы определенные требования к оформлению отчетов по самостоятельным видам работы.

В качестве примера предлагается студентам тетрадь с заготовками отчетов по лабораторным работам. Методические указания к лабораторной работе содержат: название темы работы, цель и задачи работы, краткую теорию, суть исследуемых явлений, вид или схему установки, приборы и принадлежности, порядок проведения измерений и расчетов, формы таблиц для измеряемых и расчетных величин, контрольные вопросы для допуска, выполнения и защиты работы, библиографический список источников.

Порядок оформления отчета должен соответствовать ГОСТу.

Правила работы в лабораториях и инструктаж по ТБ

Лабораторные занятия проводятся в специализированных аудиториях НФИ КемГУ.

Существует практика проведения экскурсий в лаборатории действующих предприятий и организаций города Новокузнецка (Западно-Сибирский Испытательный Центр, Филиал ГОБДПО «Кемеровский объединенный учебно-методический центр по гражданской обороне, чрезвычайным ситуациям, сейсмической и экологической безопасности» в г. Новокузнецке, ул. Грибоедова, 5, и др.).

Состояние лабораторной базы и учебно-методических материалов – это факторы, от которых зависит качество образования. Лабораторный практикум напрямую связан с профессиональной деятельностью исполнителя. Практическими результатами выполнения лабораторного практикума являются освоение принципиальных подходов к структуре отчетов и методических материалов.

Утверждены инструкции и правила работы в лабораториях университета. Утверждены требования охраны труда при проведении лабораторных работ. Существуют правила составления отчетов.

Порядок подготовки, допуска, выполнения и защиты лабораторных работ:

1. Изучить описание лабораторной работы по методическим указаниям (они имеются читальных залах библиотеки, а также в электронном виде в лабораториях кафедры и аудиториях университета) и оформить заготовку отчета (во внеаудиторное время), оставляя свободные места в таблицах, для занесения результатов измерений, их обработки и окончательного результата.
2. Перед началом выполнения лабораторной работы следует получить допуск-разрешение от преподавателя на выполнение измерений. Если студент показал знание сущности выполняемой работы и порядка измерений, ответил на вопросы по допуску к лабораторной работе, то преподаватель делает пометку «допуск» (а возможно ставит оценку) в таблице его лабораторного отчета, а также - в журнале группы.
3. Получив допуск к выполнению работы, студент проводит измерения и заносит их в соответствующие таблицы.
4. Сделав пробный расчет определяемого параметра, студент обязан предъявить результаты измерений преподавателю. Если результаты приняты, преподаватель делает пометку о выполнении измерений в лабораторном отчете (лабораторной тетради студента, либо в черновике), а также в журнале группы.
5. Далее проводится обработка результатов наблюдений, вычисляются промежуточные и окончательные данные в черновике, а затем они и заносятся в отчет.
6. Лабораторная работа считается полностью выполненной, если она защищена. При защите преподаватель вправе спросить не только о сущности выполненной работы и о результатах измерений, но и теоретический материал того раздела, к которому относится данная лабораторная работа. Студенты отвечают на вопросы по защите лабораторной работы. После защиты преподаватель выставляет в отчете студента оценку-отметку.
7. Студент, не защитивший две лабораторные работы, к выполнению третьей не допускается.

Методические указания по расчету погрешностей прямых и косвенных измерений

При подготовке и выполнении лабораторных работ происходит изучение физических явлений и законов; знакомство с методами измерения физических величин; проведение экспериментов. Анализ экспериментальных данных приводит к установлению или проверке законов и соотношений.

Свойства физических объектов и явлений характеризуются физическими величинами. Числовое значение физической величины может быть найдено посредством *измерений*. *Измерение* — определение значения физической величины опытным путем с помощью средств измерений (технических средств, измерительных приборов и установок).

Различают *прямые* и *косвенные измерения*.

Прямое измерение — нахождение числового значения искомой физической величины непосредственно средствами измерения.

Измерение – сравнение. Сравнение может быть произведено:

- 1) Мерами, воплощающими некоторый образец единицы измерения (гиря, метр, литровый сосуд и т.д.).
- 2) Измерительными приборами (амперметр, вольтметр).
- 3) Измерительными установками, под которыми понимают совокупность мер, измерительных приборов и вспомогательных приспособлений, объединенных в одно целое общей схемой или методом измерений.

Например, линейные размеры предмета измеряют линейкой или штангенциркулем, атмосферное давление — барометром, силу тока — амперметром.

Косвенное измерение — нахождение числового значения искомой физической величины по формуле, связывающей ее с другими физическими величинами, определяемыми в результате прямых измерений.

1.2. РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ

Погрешности прямых измерений

Под измерением понимают сравнение измеряемой величины с ее известным значением, называемым эталоном. При этом за значение X измеряемой величины принимают число, показывающее сколько раз в измеряемой величине, содержится эталон. Оказывается, однако, что

невозможно абсолютно точно измерить X , так как этому препятствует ряд факторов.

Абсолютной погрешностью измерения γ (или ΔX) называют модуль разности между измеренным значением X и ее истинным значением $X_{\text{ист}}$

$$\gamma = \Delta X = |X - X_{\text{ист}}|. \quad (1)$$

Истинное значение $X_{\text{ист}}$, вообще говоря, остается неизвестным. Однако с определенной вероятностью можно сказать, что оно находится в интервале

$$X - \Delta X \leq X_{\text{ист}} \leq X + \Delta X. \quad (2)$$

Абсолютная погрешность измерения складывается из систематической и случайной погрешностей.

Систематическая погрешность измерения обусловлена прибором, которым проводится измерение. Например, длина линейки в действительности может отличаться от того значения, которое написано на ней. Показания весов зависят от их установки. Два последовательно включенных амперметра могут показывать различный ток и т.д. Приборы, тем не менее, считаются исправными, если их показания отличаются от истинного значения не более чем на величину систематической погрешности измерения. Отклонение показаний прибора не происходит всегда в одну и ту же сторону. Однако исследователю, как правило, неизвестно, в какую именно сторону происходит отклонение. Абсолютная систематическая погрешность измерения определяется по классу точности прибора.

Класс точности E_x прибора, предназначенного для измерения физической величины X , определяется следующим образом

$$E_x = \frac{\Delta X_{\text{сист}}}{X_{\text{пред}}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где $X_{\text{пред}}$ - наибольшее предельное значение величины X , которое можно измерить данным прибором. Если известен класс точности прибора, то из (3) можно выразить абсолютную систематическую погрешность измерения

$$\Delta X_{\text{сист}} = \frac{E_x \cdot X_{\text{пред}}}{100}. \quad (4)$$

Например, класс точности амперметра равен **1,5**, а наибольший ток, который можно измерить этим амперметром составляет **5 А**, тогда систематическая погрешность окажется равной $\Delta I_{\text{сист}} = \frac{1,5 \cdot 5 \text{ А}}{100} = 0,075 \text{ А}$.

Причем это значение не зависит от результатов измерений. Из формулы (4) видно, что систематическая погрешность тем меньше, чем меньше класс точности прибора.

Класс точности прибора обозначается на приборе как десятичное число, записанное через запятую. Стандартом установлены семь классов точности приборов: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Приборы классов 1,0; 1,5; 2,5; 4,0 применяют для технических целей и называют техническими. Приборы классов 0,1; 0,2; 0,5 применяют для точных лабораторных измерений, а также для контроля технических. Их называют прецизионными.

Иногда систематическая погрешность указывается непосредственно на самом приборе как число с наименованием. Например, 0,1 мм на штангенциркуле, 5 г на весах. Если на приборе не указан класс точности, то он может быть принят равным четырем и тогда систематическая погрешность считается по формуле (4).

Значение систематической погрешности также принимается равным значению половины (или одной трети) цены наименьшего деления шкалы прибора. Так, при измерении линейкой с делением шкалы 1 мм допускается погрешность 0,5 мм. Точность прибора невозможно превзойти никаким методом измерения на нем. Для более точных измерений пользуются прибором меньшего класса точности.

Систематическую погрешность измерения можно выразить через абсолютную погрешность измерения (γ) и через коэффициент Стьюдента

($t_{\alpha, n=\infty}$) по формуле:

$$\Delta X_{\text{сист}} = \frac{\gamma_x}{3} \cdot t_{\alpha, n=\infty}.$$

Случайная погрешность обусловлена случайными факторами, которые, в свою очередь, могут быть вызваны различными причинами. С одной стороны это могут быть причины, не зависящие от измеряемой величины, например, состояние организма человека, наблюдающего за прибором, погодные и природные условия, состояние рабочего места и др. С другой стороны, сама измеряемая величина может носить случайный характер. Например, количество транспортных средств на участке дороги, температура и влажность воздуха в различных частях города, концентрация примесей в различных пробах воды и т.п.

За истинное значение величины X принимают ее среднее значение X_{cp} . и указывают погрешность измерения ΔX : $X = X_{cp} \pm \Delta X$.

Проводят несколько измерений $X_1, X_2, \dots, X_n$ и рассчитывают X_{cp} по

формуле:

$$X_{cp} = \frac{1}{n} \cdot (X_1 + X_2 + \dots + X_n), \quad (5)$$

где n - число измерений.

Очевидно, что чем больше измеренные значения отличаются друг от друга, тем больший разброс имеет величина X .

Для того чтобы оценить величину этого разброса ΔX , разработан специальный математический аппарат. Мы познакомимся только с результатами этих исследований. Прежде всего, вычисляется стандартный доверительный интервал – среднеквадратичное отклонение от среднеарифметического

$$\Delta X_{\text{ср. кв.}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - X_{\text{ср}})^2}. \quad (6)$$

Можно ли считать, что величина случайной погрешности равна стандартному доверительному интервалу? Нет, нельзя. Для того чтобы определить величину случайной погрешности $\Delta X_{\text{сл}}$, необходимо определить так называемую **доверительную вероятность α** или **надежность**. Это вероятность того, что значение измеренной величины окажется в интервале от $X - \Delta X_{\text{сл}}$ до $X + \Delta X_{\text{сл}}$. Например, после ста контрольных измерений диаметра стандартной двадцатимиллиметровой трубы обнаружено, что в 50 случаях ее диаметр оказался в интервале от 19,97 мм до 20,03 мм, в 80 случаях от 19,95 до 20,05 мм, а в 95 случаях от 19,90 до 20,10 мм. Следовательно, можно приблизительно оценить величину случайной погрешности. При надежности $\alpha=0,50$ $\Delta X_{\text{сл}}=0,03$ мм; при надежности $\alpha=0,80$ – $\Delta X_{\text{сл}}=0,05$ мм; а при $\alpha=0,95$ – $\Delta X_{\text{сл}}=0,10$ мм. То есть, величина случайной погрешности увеличивается с увеличением надежности, причем очень резко при стремлении α к 1. Действительно, с надежностью, равной 1, ничего нельзя гарантировать. При построении техники всегда задается определенная надежность изделия. Каждая деталь должна соответствовать надежности не ниже той, которая предъявляется ко всему изделию в целом. Если техника достаточно сложная, то отклонение параметров деталей от заданных значений должно быть очень малым. При увеличении числа измерений величина случайной погрешности уменьшается. Однако при большом числе измерений это уменьшение оказывается крайне незначительным. Для того, чтобы учесть зависимость $\Delta X_{\text{сл}}$ от α и n , вводится специальный коэффициент $t_{n,\alpha}$ перед $\Delta X_{\text{ср. кв.}}$, называемый **коэффициентом Стьюдента**.

Случайную ошибку находят по формуле:

$$\Delta X_{\text{сл}} = t_{n,\alpha} \cdot \Delta X_{\text{ср. кв.}} \quad (7)$$

Коэффициент Стьюдента можно определить по специальной таблице.

Таблица – Коэффициенты Стьюдента $t_{\alpha,n}$

Надежность α Число измерений n	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,999
2	1,00	1,38	2,0	3,1	6,3	12,7	31,8	636,6
3	0,82	1,06	1,3	1,9	2,9	4,3	7,0	31,6
4	0,77	0,98	1,3	1,6	2,4	3,2	4,5	12,9
5	0,74	0,94	1,2	1,5	2,1	2,8	3,7	8,6
6	0,73	0,92	1,2	1,5	2,0	2,6	3,4	6,9
7	0,72	0,90	1,1	1,4	1,9	2,4	3,1	6,0
8	0,71	0,90	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	5,4
9	0,71	0,90	1,1	1,4	1,9	2,3	2,9	5,0
10	0,70	0,88	1,1	1,4	1,8	2,3	2,8	4,8
15	0,69	0,87	1,1	1,3	1,8	2,1	2,6	4,1
20	0,69	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	3,9
40	0,68	0,85	1,1	1,2	1,7	2,0	2,4	3,6
60	0,68	0,85	1,0	1,3	1,7	2,0	2,4	3,5
120	0,68	0,85	1,0	1,3	1,7	2,0	2,4	3,4
∞	0,67	0,84	1,0	1,3	1,6	2,0	2,3	3,3

Полная погрешность ΔX находится путем сложения систематической и случайной ошибки:

$$\Delta X = \sqrt{\Delta X_{\text{сист}}^2 + \Delta X_{\text{сл}}^2} \quad (8)$$

$$\Delta X_{\alpha} = \sqrt{(\Delta X_x \cdot t_{\alpha,n})^2 + \left(\frac{\gamma_x}{3} t_{\alpha,n=\infty}\right)^2}.$$

Окончательный результат измерения представляется в виде:

$$X = (X \pm \Delta X) <\text{размерность}>; \alpha = <\text{значение } \alpha>. \quad (9)$$

Абсолютная погрешность измерения представляет собой необходимую информацию об измеряемой величине. Однако она не всегда оказывается наглядной. Иначе воспринимается так называемая относительная погрешность

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta X}{X}, \quad (10)$$

которую можно выразить в процентах, если умножить на 100.

Запишем, для примера результат измерения объема тела

$$V = (106,2 \pm 1,7) \text{ см}^3; \quad \varepsilon=1,6\%; \quad \alpha=0,95.$$

Мы рассмотрели случай так называемого прямого метода измерения, когда показания измеряемой величины определяются непосредственно по шкале прибора. Длина – по линейке или штангенциркулю, температура – по термометру, давление – по манометру, скорость –

по спидометру и т.д.

Если физическую величину невозможно измерить с помощью приборов, то ее конечный результат Y , находится как функция других величин, определяемых в результате прямых измерений ($X_1, X_2, \dots, X_n$). Такой метод измерения называется **косвенным**. $Y = Y(X_1, X_2, \dots, X_n)$

Погрешности косвенных измерений

Результат косвенного измерения всегда рассчитывается по формуле на основании прямых измерений. Погрешность при косвенных измерениях находится по правилам дифференцирования с последующей заменой дифференциалов погрешностями:

$$\Delta Y_{\alpha} = \sqrt{\left(\frac{dY}{dX_1} \cdot \Delta X_1\right)^2 + \left(\frac{dY}{dX_2} \cdot \Delta X_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{dY}{dX_n}\right)^2} \quad (9)$$

Если в формулу входят константы, то при расчетах в них необходимо учитывать хотя бы на одну значащую цифру больше, чем в измеряемой величине. Тогда они практически не вносят погрешности в результат измерения.

Правильная запись окончательного результата предполагает его округление. Для этого нужно вспомнить, что такое значащие цифры (знаки) в числе.

Среднее значение косвенно измеряемой величины находится по формуле:

$$\bar{Y} = \langle Y \rangle = Y(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_n).$$

Окончательный результат следует записать в виде: $Y = \bar{Y} \pm \Delta Y_{\alpha}$.

Относительную погрешность измерений следует рассчитать по формулам:

$$\varepsilon = \frac{\Delta Y_{\alpha}}{\bar{Y}} \quad \text{или} \quad \varepsilon = \sqrt{\sum_{j=1}^m \left(\frac{d(\ln Y)}{dX_j} \Delta X_{j\alpha}\right)^2}.$$

формулы для расчетов ошибок прямых и косвенно измеряемых величин.

Методические указания по обработке результатов экспериментов

ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИКОВ

График аккуратно строится на миллиметровой бумаге или бумаге в клетку. Размер графика должен быть таким, чтобы он занимал примерно половину тетрадной страницы. Если график можно закрыть спичечным коробком, то он оказывается непригодным для того, чтобы с его помощью сделать правильные выводы. Перед построением необходимо четко определить, какие данные выполняют роль аргумента, а какие – функции. Аргумент принято отсчитывать по горизонтальной шкале, а функцию – по вертикальной. Масштаб каждой шкалы выбирается исходя из максимального значения рассматриваемой величины и длины шкалы на бумаге. Например, если максимальное значение силы равно $11,76 \cdot 10^{-2}$ Н, а длина рабочего поля страницы 14 см, то удобно выбрать масштаб так, чтобы 12 см по горизонтальной шкале соответствовали $12 \cdot 10^{-2}$ Н. Недалеко от конца шкалы ставится обозначение соответствующей физической величины, а через запятую – наименование единиц измерения, включая и десятку в соответствующей степени, если это необходимо (рис. 29).

Перед построением графика каждую из шкал необходимо **проградуировать**, то есть обозначить деления через **равные** промежутки. Нельзя подписывать на шкале числа, которые получаются в результате эксперимента, как, например, 1,12; 1,19; 1,92; 2,87; 3,05; 3,28, 4,27. Один из правильных вариантов может быть **таким**: 0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0. Если взять вариант 0; 1,25; 2,50; 3,75; 5,0, то он хотя и правильный, но все же нежелательный, т.к. при «дробной» организации шкалы она оказывается трудно читаемой. Предпочтительны варианты, когда между делениями шкалы две, четыре, пять или десять клеток. Нежелательны варианты с 3, 6, 7, 9 клетками. Экспериментальные точки наносятся на график, и вблизи каждой из них указывается отрезок, соответствующий доверительному интервалу, равному удвоенной абсолютной погрешности.

Часто измеряемые величины подбираются таким образом, чтобы между ними ожидалась линейная зависимость. В этом случае экспериментальные точки оказываются вблизи прямой. Параметры этой прямой определяются по методу наименьших квадратов. То есть, таким образом, чтобы сумма квадратов отклонений экспериментальных точек от этой прямой была бы минимальной. Практически эту

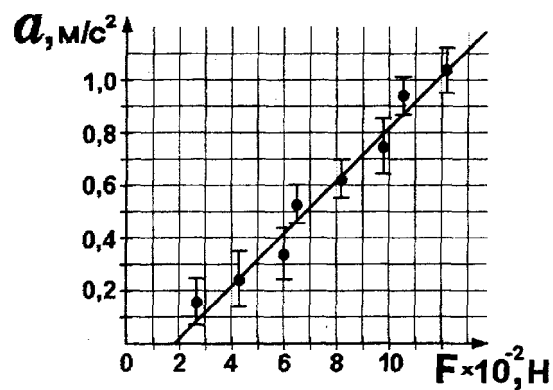


Рис. 29. График зависимости $a=f(F)$

сумму не рассчитывают, а прямую проводят с помощью прозрачной линейки так, чтобы по обе стороны от нее находилось примерно равное количество экспериментальных точек на возможно меньшем расстоянии от прямой.

ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ ШТАНГЕНЦИРКУЛЕМ

Штангенциркуль представляет собой металлическую штангу 1 с нанесенными на ней миллиметровыми делениями (рис. 30). По основной линейке-штанге перемещается рамка с подвижными губками.

Основная линейка-штанга снабжена неподвижными губками 2, а рамка - подвижными губками 3 с параллельными краями для измерения выпуклых предметов и диаметров различных отверстий. На рамке нанесена вспомогательная шкала 6, называемая нониусом. Нониус содержит 10-20 делений. Длина его делений меньше, чем у основной шкалы. На рис. 31 приведен нониус, длина которого равна 19 делениям основной шкалы, т.е. 19 мм. При соприкосновении граней губок нулевые деления основной шкалы и шкалы нониуса совпадают. Начало шкалы нониуса - его нулевая отметка - указана на основной шкале.

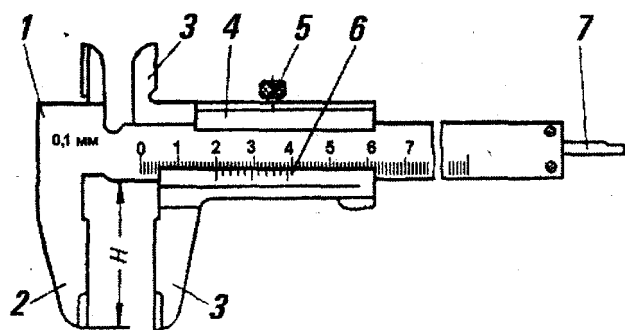


Рис. 30. Штангенциркуль: 1 - штанга; 2 - губка штанги; 3 - губка рамки; 4 - рамка; 5 - зажим рамки; 6 - нониус; 7 - линейка глубиномера

нулевая отметка расположена между штрихами основной шкалы, то число целых миллиметров будет равно количеству ее целых делений между нулевой отметкой шкалы и указателем нониуса. Таким образом, целое число миллиметров определяется по нулевому делению шкалы - линейки, а число десятых - по делению нониуса, совпадающему с каким-либо делением основной шкалы. Так, например, на рисунке - 31,а) показания штангенциркуля с нониусом длиной 9 мм соответствуют 7 мм, а на рисунке - 31,б) - 7,7 мм.

Если при измерении эта отметка точно совпадает с каким-либо штрихом основной шкалы, то определяемый размер равен целому числу миллиметров и отсчитывается по этой шкале до указателя. Если же

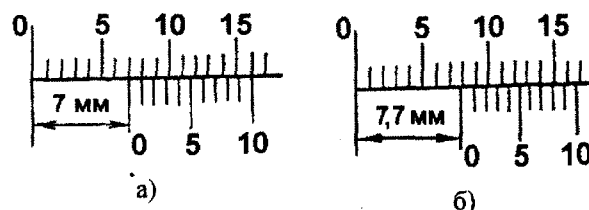


Рис. 31. Пример определения показаний штангенциркуля

ПРИМЕР ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ, ОКРУГЛЕНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТА

При **прямом методе измерения** показания измеряемой величины определяются непосредственно по шкале прибора. Длина – по линейке или штангенциркулю, температура – по термометру, давление – по манометру, скорость – по спидометру и т.д. Если физическую величину невозможно измерить с помощью приборов, то ее конечный результат **Z**, находится как функция других величин, определяемых в результате прямых измерений. Такой метод измерения называется **косвенным**.

Рассмотрим пример, что нужно измерить высоту **h** телевизионной башни. Можно взять мерную ленту достаточно большой длины, забраться на вершину башни закрепить там конец ленты, а затем спуститься и прочесть отсчет у поверхности Земли, который соответствует высоте телебашни. Это как раз случай прямых измерений – измеряемая величина (высота) считывается по прибору (мерной ленте). Однако выполнять такие действия крайне опасно. Гораздо проще (рисунке 1) поставить угломерный прибор, например теодолит, на известном расстоянии **S** от башни и измерить угол (φ) опирающийся на вершину и основание башни.

Тогда высота будет определяться по формуле $h = S \operatorname{tg} \varphi$, а погрешность

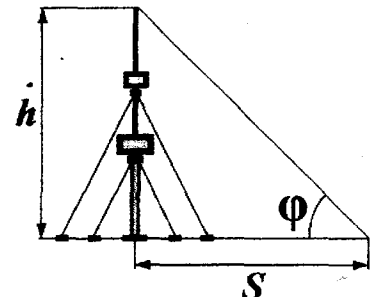


Рис. 1

$$\Delta h = \operatorname{tg} \varphi + \left(\frac{S}{\cos^2 \varphi} \right) \cdot \Delta \varphi.$$

Результат косвенного измерения всегда рассчитывается по формуле на основании прямых измерений. Погрешность при косвенных измерениях находится по правилам дифференцирования с последующей заменой дифференциалов погрешностями.

$$\Delta Z = \left(\frac{df}{dX} \right) \cdot \Delta X + \left(\frac{df}{dY} \right) \cdot \Delta Y \quad (9)$$

Независимо от знака производных, слагаемые в выражениях вида (9) должны учитываться только со знаком «+». Если в формулу входят константы, то при расчетах в них необходимо учитывать хотя бы на одну значащую цифру

больше, чем в измеряемой величине. Тогда они практически не вносят погрешности в результат измерения.

Абсолютная погрешность измерения представляет собой необходимую информацию об измеряемой величине. Однако она не всегда оказывается наглядной. Допустим, что $\Delta X = 5$ см. Много это или мало? Если измеряется длина подошвы X , то это много. Если X – это длина комнаты, то это немного. Если же X – расстояние между автобусными остановками, то это ничтожно мало.

Иначе воспринимается, так называемая, **относительная погрешность**

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta X}{X}, \quad (10)$$

которую можно выразить в процентах, если умножить на 100.

Окончательный результат измерения представляется в виде:

$$X = (X \pm \Delta X) \text{ <наименование>; } \alpha = \text{<значение } \alpha \text{>}. \quad (11)$$

Правильная запись окончательного результата предполагает его округление. Для этого нужно вспомнить, что такое значащие цифры (знаки) в числе. Любое число можно представить с произвольным количеством нулей слева. Например, $00052,0310 = 52,031$. Первая ненулевая цифра слева – это первая значащая цифра. В данном случае это цифра 5. Вторая цифра – 2, третья – 0 и т.д. Цифры, справа от первой значащей, формально также могут быть значащими, однако, в зависимости от измеряемой величины и способа ее измерения количество их также ограничено. Предположим, что среднее значение величины X и ее абсолютная погрешность ΔX найдены.

Перед округлением величин X_{cp} и ΔX они должны быть приведены к одинаковым наименованиям. Множители типа 10^n также должны быть одинаковыми. Например, значения $X = 154,510 \cdot 10^{-2}$ м и $\Delta X = 3,814 \cdot 10^{-2}$ мм могут быть приведены к виду $X = 154,51$ см, $\Delta X = 38,14$ см. **В первую очередь округляют ΔX .** Так как ΔX это уже сама по себе погрешность, и, следовательно, определяет интервал допустимых значений, то указание ее с большой точностью теряет смысл.

При округлении ΔX пользуются правилом: если первая значащая цифра равна 1 то ΔX округляется до двух знаков. В остальных случаях – до одного знака.

Например:

До округления		После округления	
$X_{ср}$	ΔX	$X_{ср}$	ΔX
65,213	2,187	65	2
88443,1	727,05	88400	700
2,316275	0,00147	2,3163	0,0015
35,2083	0,01708	35,208	0,017
256,368	1,543	256,37	1,54

Запишем, для примера результат измерения объема тела:

$$V = (106,2 \pm 1,7) \text{ см}^3; \quad \varepsilon = 1,6\%; \quad \alpha = 0,95.$$

Список библиографический источников:

Основные:

1. **Практикум по безопасности жизнедеятельности:** учебное пособие к лабораторным и практическим работам/ под общей ред. А.В. Фролова. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. – 490 с. : ил. – (Высшее образование).
2. **ГОСТ 12.0.230-2007** Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования. ПОЛНЫЙ ТЕКСТ ГОСТ 12.0.230-2007
http://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=6&page=0&month=2&year=2014&search=%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2%2012_0_230-2007&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=120660
3. **Раннев Г.Г.** Методы и средства измерений: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. – 5-ое изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.—ISBN 978-5-7695-5630-
1. **Демина Л.Н.** Методы и средства измерений, испытаний и контроля: Учебное пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 292 с. То же [Электронный ресурс]. - URL:

http://techlibrary.ru/b/2l1f1n1j1o1a_2t.2v.2u1f1t1p1e2c_1j_1s1r1f1e1s1t1c1a_1j1i1n1f1r1f1o1j1k_1j1s1q2c1t1a1o1j1k_1j_1l1p1o1t1r1p1m2g.2010.pdf

2. **Дресвянников, А.Ф.** Физические основы измерений : учебное пособие / А.Ф. Дресвянников, Е.А. Ермолаева, Е.В. Петрова ; Федеральное агентство по образованию, Государственное образовательное учреждение Высшего профессионального образования Казанский государственный технологический университет. - Казань : КГТУ, 2008. - 305 с. : ил.,табл., схем. - ISBN 978-5-7882-0562-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258871> (18.03.2015).
3. **Кабардина, С.И.** Измерения физических величин : учебное пособие / С.И. Кабардина, Н.И. Шефер. - 2-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 157 с. - ISBN 978-5-9963-0962-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=221822> (18.03.2015).
4. **Кабардина, С.И.** Измерения физических величин. Методическое пособие / С.И. Кабардина, Н.И. Шефер. - 2-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 141 с. - ISBN 978-5-9963-0963-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=221821> (18.03.2015).

Дополнительные:

1. Тимофеева С.С. Оценка техногенных рисков / С.С. Тимофеева, Е.А. Хамидулина. М.: Форум Инфра-М, 2015. – 208 с. (Высшее образование. Бакалавриат) <http://www.znaniy.com/bookread.php?book=467534#none>
2. Порядок оформления материалов по расследованию несчастных случаев на производстве. Учебно-методическое пособие для руководителей и специалистов организаций. – Новокузнецк: Изд-во НОУ «РЦП» Евраз-Сибирь, 2012. – 43 с.
3. Выполнение работ повышенной опасности. Учебно-методическое пособие – Новокузнецк: Изд-во НОУ «РЦП» Евраз-Сибирь, 2012. – 118 с.
4. Основные положения промышленной безопасности опасных производственных объектов. Информационно-методический материал

для руководителей и специалистов организаций. – Новокузнецк: Изд-во НОУ «РЦП» Евраз-Сибирь, 2014. – 70 с.

5. О специальной оценке условий труда. Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ. – Екатеринбург: ИД «Урал Юр Издат». – 32 с.
6. Антоненко А.И. Волновая и квантовая оптика. Лабораторный практикум: учебное пособие/ А.И. Антоненко, А.Н. Антоненко; Новокузнецкий филиал Томского политехнического университета. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 88 с.
7. Антоненко А.Н. Лабораторный практикум: учебное пособие/ А.Н. Антоненко, А.В. Маркидонов; Новокузнецкий филиал Томского политехнического университета. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 92 с.
8. Лабораторные работы по физике. Часть 1: Механика, молекулярная физика, электростатика, ток. Рабочая тетрадь студента. /Т.В. Ерилова, В.Е. Громов, Р.А. Филиппев, Е.А. Будовских. Изд-во «СибГИУ». – Новокузнецк, , 2010. – 56 с.
9. Методические аспекты преподавания физики в техническом вузе. / З.А. Масловская, Н.К. Дорошенко, Т.В. Ерилова, В.Е. Громов// Методические аспекты лабораторного практикума. – под ред. Громова В.Е. – Новокузнецк: Изд-во «СибГИУ», 2010. –167 с. – С.91-140.
10. Ерилова Т.В. Физические аспекты экологического образования. /Т.В. Ерилова, З.А. Масловская, Н.К. Дорошенко, В.Е. Громов //Современное образование: новые методы и технологии в организации образовательного процесса: материалы международной научно-методич. конф., 31 января – 1 февраля 2013 г. Россия, Томск.– Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 305с. – С. 139-140.
11. Использование маятника Обербека для исследования свойств физического маятника. Метод. указания. / Т.В. Ерилова, Е.Ю. Сучкова, В.Н. Березовский. – СибГИУ. – Новокузнецк, 2010. – 34 с., ил.

Составители:

Ерилова, Т.В., канд.техн.наук., доцент кафедры Э и ТБ НФИ КемГУ

Чмелева К.В., канд.техн.наук., доцент кафедры ГГ НФИ КемГУ