

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 31.05.2023 13:36:23

Уникальный программный ключ: (ЮЗГУ)

9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

Кафедра дизайна и индустрии моды

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

« 16 » 05

2023 г.



## ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ КОСВЕННЫХ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Методические указания по выполнению практической и  
самостоятельной работы

Курск 2023

УДК 006.9

Составители: С.В. Ходыревская

Рецензент

Доктор технических наук, доцент *В.В. Куц*

**Обработка результатов косвенных многократных измерений:** методические указания по выполнению практической и самостоятельной работы / Минобрнауки России, Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.В. Ходыревская. – Курск, 2023. – 8 с.:– Библиогр.: с. 8.

Содержат сведения о сущности косвенных измерений. Рассмотрены примеры обработки косвенных многократных измерений. Приведены задания для самостоятельного выполнения, вопросы для самопроверки и подготовки, а также тест для самоконтроля.

Методические указания предназначены для бакалавров и специалистов всех направлений подготовки и специальностей и для всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 0,47. Уч.-изд. л. 0,42.

Тираж 100 экз. Заказ *136* Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## 1 Цель работы:

Изучить особенности оценки косвенных измерений и приобрести практические навыки оценки погрешности косвенных измерений и представления результатов косвенных многократных измерений.

## 2 Задание для самостоятельного выполнения

Обработать результаты косвенных многократных измерений следующей величины:  $F = \frac{\gamma D^3 G m}{2P}$

## 3 Краткие теоретические сведения

Классификация средств измерений может проводиться по перечисленным ниже критериям [1].

1. По характеристике точности измерения делятся на:

- равноточные;
- неравноточные.

**Равноточными измерениями** физической величины называется ряд измерений некоторой величины, сделанных при помощи средств измерений (СИ), обладающих одинаковой точностью, в идентичных исходных условиях.

**Неравноточными измерениями** физической величины называется ряд измерений некоторой величины, сделанных при помощи средств измерения, обладающих разной точностью, и (или) в различных исходных условиях.

2. По количеству измерений измерения делятся на:

- однократные;
- многократные.

3. По типу изменения величины измерения делятся на:

- статические;
- динамические.

**Статические измерения** – это измерения постоянной, неизменной физической величины.

**Динамические измерения** – это измерения изменяющейся, непостоянной физической величины.

4. По назначению измерения делятся на:

- технические;
- метрологические.

**Технические измерения** – это измерения, выполняемые техническими средствами измерений.

**Метрологические измерения** – это измерения, выполняемые с использованием эталонов.

5. По способу представления результата измерения делятся на:
- абсолютные;
  - относительные.

**Абсолютные измерения** – это измерения, которые выполняются посредством прямого, непосредственного измерения основной величины и (или) применения физической константы.

**Относительные измерения** – это измерения, при которых вычисляется отношение однородных величин, причем числитель является сравниваемой величиной, а знаменатель – базой сравнения (единицей).

6. По методам получения результатов измерения делятся на: прямые; косвенные; совокупные; совместные.

**Прямые измерения** – это измерения, выполняемые при помощи мер, т. е. измеряемая величина сопоставляется непосредственно с ее мерой. Примером прямых измерений является измерение величины угла (мера – транспортир).

**Косвенные измерения** – это измерения, при которых значение измеряемой величины вычисляется при помощи значений, полученных посредством прямых измерений.

**Совокупные измерения** – это измерения, результатом которых является решение некоторой системы уравнений.

**Совместные измерения** – это измерения, в ходе которых измеряется минимум две неоднородные физические величины с целью установления существующей между ними зависимости.

Косвенные измерения осуществляются с помощью датчиков, которые сами по себе не являются измерительными инструментами, а выполняют роль преобразователей информации.

Таким образом, при выполнении косвенных измерений велика вероятность возникновения погрешностей измерений. При этом общая погрешность косвенного измерения будет включать погрешности всех измеренных величин, составляющих искомую величину.

Пусть каждая из  $t$  физических величин  $x_i$  измерена с

некоторой погрешностью  $\Delta x_i$ . Если предположить, что погрешности  $\Delta x_i$  малы, то для погрешности косвенного измерения можно записать [2]:

$$dZ = \sum_{i=1}^m \frac{df}{dx_i} \Delta x_i, \quad (1)$$

где  $f(x_i)$  – функция, характеризующая искомую величину.

Каждое слагаемое  $\frac{df}{dx_i} \Delta x_i$  представляет собой частную погрешность результата косвенного измерения, вызванную погрешностью  $\Delta x_i$ . Частные производные называются **коэффициентами влияния** соответствующих погрешностей [2].

**Пример.** Обработать результат косвенных многократных измерений величины:  $\gamma = \frac{4}{3a} \beta Q m N \mu^2 t$ .

Измерения величин:  $a$ ,  $\beta$ ,  $Q$ ,  $m$ ,  $N$ ,  $\mu$ ,  $t$  проводились прямым методом:

$$a = (25,00 \pm 0,06) 10^3 \text{ кг};$$

$$\beta = (10,05 \pm 0,10) 10^2 \text{ с};$$

$$Q = (315,11 \pm 0,31) 10^5 \text{ Па};$$

$$m = (5,25 \pm 0,05) 10^2 \text{ кг};$$

$$N = 10;$$

$$\mu = (1,50 \pm 0,10) \text{ м/с};$$

$$t = (250,00 \pm 0,09) 10 \text{ с}.$$

Вначале необходимо получить оценку истинного значения искомой величины. Для этого в исходную формулу (функцию) необходимо подставить средние значения всех измеряемых прямым методом величин, а также значения коэффициентов:

$$\gamma = \frac{4 \cdot 10,05 \cdot 10^2 \cdot 315,11 \cdot 10^5 \cdot 5,25 \cdot 10^2 \cdot 10 \cdot 2,25 \cdot 2500}{3 \cdot 25 \cdot 10^3} \approx 56,53 \cdot 10^{12} (\text{Па} \cdot \text{м}^2).$$

Для оценки точности полученного результата необходимо определить частные производные и частные погрешности результата измерений:

$$\Delta a = \frac{\partial \gamma}{\partial a} \Delta \bar{a} = \frac{56,53 \cdot 10^{12}}{25,00 \cdot 10^3} \cdot 0,06 \cdot 10^3 = 0,136 \cdot 10^{12} (\text{Па} \cdot \text{м}^2);$$

$$\Delta \beta = \frac{\partial \gamma}{\partial \beta} \Delta \bar{\beta} = \frac{56,53 \cdot 10^{12}}{10,05 \cdot 10^2} \cdot 0,10 \cdot 10^2 = 0,562 \cdot 10^{12} (\text{Па} \cdot \text{м}^2);$$

$$\Delta Q = \frac{\partial \gamma}{\partial Q} \Delta \bar{Q} = \frac{56,53 \cdot 10^{12}}{315,11 \cdot 10^5} \cdot 0,31 \cdot 10^5 = 0,0556 \cdot 10^{12} \text{ (Па} \cdot \text{м}^2\text{)};$$

$$\Delta m = \frac{\partial m}{\partial Q} \Delta \bar{m} = \frac{56,53 \cdot 10^{12}}{5,25 \cdot 10^2} \cdot 0,05 \cdot 10^2 = 0,538 \cdot 10^{12} \text{ (Па} \cdot \text{м}^2\text{)};$$

$$\Delta \mu = 2 \frac{\partial \mu}{\partial Q} \Delta \bar{\mu} = \frac{2 \cdot 56,53 \cdot 10^{12}}{1,5} \cdot 0,1 = 7,5 \cdot 10^{12} \text{ (Па} \cdot \text{м}^2\text{)};$$

$$\Delta t = \frac{\partial t}{\partial Q} \Delta \bar{t} = \frac{56,53 \cdot 10^{12}}{2500} \cdot 0,9 = 0,020 \cdot 10^{12} \text{ (Па} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Таким образом, погрешность косвенного измерения искомой величины составляет:

$$\Delta \gamma = \sqrt{\Delta \alpha^2 + \Delta \beta^2 + \Delta Q^2 + \Delta m^2 + \Delta \mu^2 + \Delta t^2} \approx 7,54 \cdot 10^{12} \approx 8 \cdot 10^{12} \text{ (Па} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Результат косвенного измерения искомой величины:

$$\gamma = (57 \pm 8) \cdot 10^{12} \text{ Па} \cdot \text{м}^2.$$

### Вопросы для самопроверки и подготовки

1. Охарактеризуйте понятие «косвенные измерения».
2. Что такое погрешность средств измерений?
3. Как классифицируются измерения?
4. Раскройте понятие «абсолютные измерения».
5. Раскройте понятие «относительные измерения».
6. Раскройте понятие «прямые измерения».
7. Раскройте понятие «динамические измерения».
8. Особенности определения оценки погрешности косвенных измерений.

### Тест для самоконтроля

1. В способ получения измерительной информации не входят...
  - a) дифференциальные измерения;
  - b) прямые измерения;
  - c) совокупные измерения;
  - d) косвенные измерения.
2. К косвенным измерениям относится
  - a) измерения, при которых искомое значение интуитивно подбирается;

b) измерения, результаты которых получаются непосредственно из опыта;

c) измерения, при которых искомое значение величины определяется на основании известной зависимости;

d) измерения, при которых искомое значение определяется путем решения системы уравнений;

3. Если определяются характеристики случайных процессов, то измерения называются

a) статистическими

b) косвенными

c) совокупными

d) прямыми

4. Измерение мощности в цепи постоянного тока с помощью амперметра и вольтметра относится к

a) прямым измерениям;

b) совокупным измерениям;

c) косвенным измерениям;

d) совместным измерениям.

5. Измерение сопротивления резистора с помощью образцовой меры сопротивления относится к

a) совместным измерениям;

b) прямым измерениям;

c) косвенным измерениям;

d) совокупным измерениям

6. Что такое измерение?

a) определение искомого параметра с помощью органов чувств, номограмм или любым другим путем;

b) совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства, хранящего единицу величины, позволяющего сопоставить измеряемую величину с ее единицей и получить значение величины;

c) применение технических средств в процессе проведения лабораторных исследований.

7. Косвенные измерения – это такие измерения, при которых:

a) применяется метод наиболее быстрого определения измеряемой величины;

b) искомое значение величины определяют на основании

результатов прямых измерений других физических величин, связанных с искомой известной функциональной зависимостью;

с) искомое значение физической величины определяют путем сравнения с мерой этой величины.

8. Статические измерения – это измерения:

а) проводимые в условиях стационара

б) проводимые при постоянстве измеряемой величины

с) искомое значение физической величины определяют непосредственно путем сравнения с мерой этой величины

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Волхонов, В. И. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / В. И. Волхонов, Е. И. Шклярова. - Москва : Альтаир-МГАВТ, 2011. - 246 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=430004>. – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.

2. Червяков, В. М. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / В. М. Червяков, А. О. Пилягина, П. А. Галкин. - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. - 113 с. – URL : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444677>. – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.

3. Основы стандартизации, метрологии и сертификации : учебник / Ю. П. Зубков, Ю. Н. Берновский, А. Г. Зекунов и др. ; ред. В. М. Мишин. – Москва : Юнити, 2015. – 447 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117687>. – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.

4. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт, 2013. - 820 с. - (Основы наук). - Текст : непосредственный.

5. Сидняев, Н. И. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для вузов / Н. И. Сидняев. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 219 с.