

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 14.09.2022 16:36:53
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра управления качеством, метрологии и сертификации



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

2015 г.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ КОСВЕННЫХ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Методические указания по выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»
для обучающихся по направлениям подготовки бакалавров:
29.03.05 (262200.62), 19.03.02 (260100.62),
19.03.03 (260200.62), 20.03.01 (280700.62),
04.03.01 (020100.62), 23.03.01, 23.03.03, 28.03.01, 15.03.06
и по направлению подготовки специалистов
04.05.01 (020201.65)

УДК 658.562

Составитель: О.В. Аникеева

Рецензент

Доктор технических наук, профессор кафедры
«Управление качеством, метрология и сертификация»

А.Г. Ивахненко

Обработка результатов косвенных многократных измерений:
методические указания по выполнению лабораторной работы по
дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» / Юго-
Зап. гос. ун-т; сост.: О.В. Аникеева. Курск, 2015. 8с. Библиогр.: с.8.

Излагаются краткие теоретические сведения о сущности косвенных измерений и обработке их результатов при многократных измерениях. Приводятся варианты задания для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация», а также пример его выполнения.

Методические указания соответствуют требованиям программ, утвержденных учебно-методическим объединением по направлениям подготовки бакалавров: 29.03.05 (262200.62), 19.03.02 (260100.62), 19.03.03 (260200.62), 20.03.01 (280700.62), 04.03.01 (020100.62), 23.03.01, 23.03.03, 28.03.01, 15.03.06 и специалистов 04.05.01 (020201.65).

Предназначены для обучающихся по направлениям подготовки: 29.03.05 (262200.62), 19.03.02 (260100.62), 19.03.03 (260200.62), 20.03.01 (280700.62), 04.03.01 (020100.62), 23.03.01, 23.03.03, 28.03.01, 15.03.06, 04.05.01 (020201.65) всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 14.08.15. Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. 0,5. Уч. - изд. л. 0,4. Тираж 50 экз. Заказ 462.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы:

приобрести практические навыки обработки и представления результатов косвенных многократных измерений.

Краткие теоретические положения

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 m физических величин x_i измерена с некоторой погрешностью Δx_i . Если предположить, что погрешности Δx_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 Δx_i . Частные производные называются **коэффициентами влияния** соответствующих погрешностей [2].

Задание.

Обработать результаты косвенных многократных измерений следующей величины:

$$F = \frac{\gamma D^3 G m}{2P}$$

при значениях, представленных в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные

№ вар.	D , м	G , Н	P , м	γ	m , кг
1	1±0,01	245±3	20±0,05	0,013	27,09±0,03
2	2±0,1	175±1	45±0,2	0,011	32,56±0,05
3	1,5±0,05	390±3	50±0,01	0,29	34,72±0,01
4	3±0,05	345±2	80±0,01	0,57	21,03±0,03
5	2±0,01	245±2,5	30±0,05	0,32	22,01±0,01
6	1,5±0,01	175±1,5	70±0,05	0,511	45,83±0,1
7	1±0,2	458±2,1	60±0,1	0,582	36,71±0,05
8	2±0,05	321±1,8	40±0,01	9,316	21,56±0,02
9	1,5±0,1	345±2,4	20±0,2	6,311	31,68±0,03
10	3±0,1	237±1,2	45±0,05	6,903	56,72±0,01
11	1±0,05	128±3,1	50±0,2	5,81	23,48±0,02
12	2±0,1	284±1,7	80±0,05	4,869	12,43±0,03
13	1,5±0,05	187±3	30±0,01	2,734	12,05±0,1
14	3±0,01	369±1,6	70±0,1	1,890	14,58±0,03
15	1±0,01	365±2,6	60±0,01	2,00	34,12±0,05
16	2±0,1	421±2,2	40±0,2	5,679	13,09±0,01

Пример выполнения задания.

Обработать результат косвенных многократных измерений величины:

$$\gamma = \frac{4}{3a} \beta Q m N \mu^2 t.$$

Измерения величин: a , β , Q , m , N , μ , 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:

$$\bar{\gamma} = \frac{4 \cdot 10,05 \cdot 10^2 \cdot 315,11 \cdot 10^5 \cdot 5,25 \cdot 10^2 \cdot 10 \cdot 2,55 \cdot 2500}{3 \cdot 25 \cdot 10^3} = 56,53 \cdot 10^{12} \text{ (Па} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

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

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

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

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

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

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

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

Таким образом, погрешность косвенного измерения искомой величины составляет:

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

Результат косвенного измерения искомой величины:

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сергеев, А.Г. Метрология, стандартизация, сертификация: [Текст]: А.Г. Сергеев, М.В. Латышев, В.В. Терегеря. – М.: Логос, 2005. – 560 с.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. – 6-е изд. стер. — М.: Высш. шк., 1999. – 576 с.