

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Набережночелнинский институт (филиал) федерального  
государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Казанский (Приволжский)  
федеральный университет»

Кафедра: «Высокоэнергетических процессов и агрегатов»

**Методика определения предельных ошибок при  
различных способах измерения**

Методическое указание к лабораторной работе по  
дисциплине «Основы физического эксперимента»

Набережные Челны  
2016

**УДК 658.62:657(076)**

**ИСРАФИЛОВ Д.И.**

**Методика определения предельных ошибок при различных способах измерения:** Методические указания к лабораторной работе / Д.И. Исрафилов, В.В. Звездин, Д.А. Башмаков А.В. Кукин. – Набережные Челны: НЧИ КФУ, 2016. - 12с.: Библиогр.: 5 назв.

Методическое указание предназначено на студентов направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». Составлены в соответствии с программой курса «Основы физического эксперимента».

Рецензенты:

к.т.н., доцент Галиакбаров А.Т.

к.т.н., доцент Шафигуллин Л.Н.

Печатается в соответствии с решением Учебно-методическая комиссия отделения информационных технологий и энергетических систем Набережночелнинского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

# Содержание

Содержание .....	3
Практическая работа .....	4
Литература .....	10
Приложение 1.....	11

## **Практическая работа**

**Цель работы:** изучение методик определения предельных ошибок при различных способах измерения.

**Задание:** провести расчет наиболее возможной статической ошибки.

Исходными данными для расчета являются: данные результатов измерения

### **1. Основные термины и определения**

**Рабочая гипотеза** – научное предположение о развитии явлений и их объяснения. Это предположение не доказано, но в той или иной степени вероятно. Таким образом, рабочая гипотеза имеет систематизированное значение, ее целесообразно начать с классификации изучаемых сторон явления или факторов его определяющих. Перед исследователем может открыться несколько путей решения соответствующим различным вариантом гипотезы. Исследователь принимает тот вариант, который, по его мнению, даст наиболее быстрое и верное решение. Данные опыты могут и не соответствовать принятому варианту, но зато подтвердить жизненность другого.

**Методика исследований** – совокупность способов и приемов исследования. Она отвечает на вопрос как? и какими? способами проводить исследования.

**Абсолютная ошибка** – разность между действительным значением измеряемой величины  $X$  и ее наблюдаемым значением  $a$ .

**Систематическими** называют такие ошибки, которые возникают из-за известных причин, действующий по определенным законам и как правило по определенным направлениям. Таким образом систематическими являются те ошибки или погрешности, которые можно изучить и определить количественно. Их необходимо знать и вносить соответствующие поправки в показания приборов. То есть эти ошибки можно рассматривать как поправки к показаниям приборов.

## **2. Практическая часть**

При определении величины случайных ошибок, кроме предельной, вычисляют статистическую ошибку многократных измерений, её устанавливают после измерений при помощи методов математической статистики и теории ошибок. Если, например, диаметр вала, вязкость масла измерять по одному разу, случайные ошибки могут исказить результат, поэтому лучше измерять какую-либо практически постоянную величину несколько раз и брать среднюю арифметическую этих измерений. Среднее арифметическое измерение является наиболее вероятным значением измеряемой величины при данном количестве соединений.

В теории ошибок доказывается, чем больше проведено измерений какой-либо величины, тем меньше суммарная ошибка средней и при бесконечном числе измерений, случайная ошибка средней бесконечно мала.

Чем больше значений случайных ошибок и разброс, рассеяние отсчетов, тем больше число раз необходимо измерять одну и ту же величину чтобы достигнуть заданной точности и надежности измерений. Рассеяние результатов измерений указывает на большую или меньшую их изменчивость и оценивается средним квадратом отклонений наблюдаемых значений  $a_i$  от их средних  $\bar{h}$  и квадратным корнем из среднего квадрата.

Среднее арифметическое  $\bar{a} =$  сумма всех отдельных результатов измерений  $a_i$ ,  $a_n$  деление на количество измерений.

$$\bar{a}_n = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n}$$

Если все измерения сгруппированы в  $m$  классов с разными количествами измерений в каждом классе, то следует вычислять взвешенную среднюю арифметическую:

$$\bar{a} = \frac{a_1 n_1 + a_2 n_2 + \dots + a_n n_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_m} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i n_i}{n}$$

$a_1, a_2, a_m$  – среднее по классу

Отношение любого отдельного результата измерений от средней арифметической можно представить как разность  $a_i$  и  $\bar{a}$ .

$a_i$  – результат любого измерения.

**Дисперсией случайной величины** называется среднее значение величины от её среднего значения.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}{n - 1}$$

Корень квадратный из дисперсии называется **средним квадратическим отклонением или стандартом**.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}{n - 1}}$$

При разделении всех измерений на  $n$  классов с массовыми средними дисперсия будет равна:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^m n_i (a_i - \bar{a})^2}{n - 1}$$

Стандарт:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m n_i (a_i - \bar{a})^2}{n - 1}}$$

Стандарт имеет значение величины, для которой он вычислен. Дисперсия и стандарт - это меры рассеяния или изменчивости. Чем больше дисперсия или стандарт, тем больше рассеяны значения измерений. Таким образом при измерении неизменной величины СКО (стандарт) является мерой точности среднего арифметического значения неоднократно измеренной величины. Если же неоднократно измеримая величина переменна, то вычисленное по её измерениям значение стандарта показывает не только меру точности как

случайную ошибку измерений, но и меру изменчивости переменной.

Абсолютное значение стандарта зависит и от совершенства измерительных приборов. Если одну и ту же величину измерять при помощи приборов различной точности абсолютное значение стандарта будет меньше при измерении более точным прибором. Например, если  $d_{\text{отв}}$  измерить сначала нутромером со шкалой в мм, а затем индикатором со шкалой в микронах значение стандарта при последних измерениях будет меньше.

Это обстоятельство имеет важное значение при выборе числа опытов.

Для большинства технических измерений можно считать, что наибольшей ошибкой средней арифметической многократных измерений является абсолютная величина равная трем стандартная или относительная величина.

$$\Delta_n(\bar{a}) = \pm 3\sigma$$
$$\frac{\Delta_n(\bar{a})}{\bar{a}} = \pm \frac{3\sigma}{\bar{a}} = \pm \frac{3\sigma}{\bar{a}} * 100\%$$

Эта ошибка называется наибольшей возможной статической в отличие от предельной ошибки.

### **Пример расчета**

В качестве примера приведем результаты проверки на точность показаний пневматического калибратора, которым измеряли относительную не плотность в одном из цилиндров дизельного двигателя.



Было проведено 20 измерений, при которых двигатель работал на оборотах близких к номинальным, по 2-3 мин. Был получен ряд значений неплотности табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерения

№ изм.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Результат	0,465	0,45	0,425	0,435	0,44	0,425	0,46	0,455	0,445	0,44

$$\bar{a} = \frac{4,440}{10} = 0,444 \text{ мм}^2 (a_i - \bar{a})^2$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{0,00169}{10 - 1}} = 0,0137 \text{ мм}^2$$

Отсюда наибольшая возможная статистическая ошибка:

$$\Delta_n(\bar{a}) = \pm 0,0137 * 3 = \pm 0,0411 \text{ мм}^2$$

$$\frac{\Delta_n(\bar{a})}{\bar{a}} * 100\% = \pm \frac{0,0411}{0,444} * 100\% = \pm 9,26\%$$

Если предельную ошибку устанавливают до измерений, а наибольшую статистическую вычисляют по результатам неоднократных измерений. Наибольшая статистическая ошибка при измерении неизменной величина будет меньше предельной, так как отклонения отдельных измерений от средней неоднозначны как это принято для предельной ошибки. Иногда из значения измеряемой величины отсчитывают с большей

точностью, чем это предположено для предельной ошибки.

Точность разовых измерений оценивают только по предельной ошибке. При неоднократных измерениях до их начала следует пользоваться предельной ошибкой (для прибора аппаратуры и представления о возможностях измерений). А после измерений оценивать их точность по наибольшей возможной статистической ошибке.

## Литература

1. Шабалин, С.А. Прикладная метрология в вопросах и ответах [Текст]: учеб. / С.А. Шабалин. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 200 с.

2. Сергеев, А.Г. Метрология, стандартизация, сертификация [Текст] / А.Г.Сергеев, М.В. Латышев, В.В. Терегеря. – М.: Изд-во Логос, 2005. – 560 с.

3. Кузнецов, В.А. Метрология [Текст] / В.А. Кузнецов, Л.К. Исаев, И.А. Шайко. – М.: Стандартиформ, 2005. – 300 с.

4. Аристов, А.И. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учеб. для вузов / А.И. Аристов, Л.И. Карпов, В.М. Приходько. – М.: Академия, 2007. – 384 с.

5. Димов, Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учеб. для вузов (доп.) / Ю.В. Димов. – Спб.: Питер, 2010. – 464 с.

# Приложение 1

## Вариант задания

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вар 1	5,899	5,922	6,002	5,893	5,956	5,955	5,989	6,001	5,932	5,876
Вар 2	2,221	2,346	2,525	2,384	1,956	2,424	2,418	2,526	2,428	2,304
Вар 3	3,575	3,654	3,287	3,261	3,345	3,235	3,786	3,246	3,525	3,576
Вар 4	5,479	5,522	5,602	5,493	5,556	5,555	5,509	5,601	5,532	5,466
Вар 5	7,892	7,276	7,585	7,384	7,317	7,484	7,028	7,251	7,248	7,124
Вар 6	3,375	3,954	3,687	3,561	3,845	3,335	3,486	3,546	3,125	3,176
Вар 7	2,298	2,322	2,502	2,393	2,456	2,454	2,409	2,502	2,432	2,236
Вар 8	7,722	7,746	7,925	7,784	7,957	7,824	7,818	7,921	7,928	7,804

