

3  
Т66

УНИВЕРСИТЕТЫ РОССИИ

Л. Н. Третьяк, А. Л. Воробьев

ОСНОВЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ  
ОБРАБОТКИ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ  
ДАННЫХ

Под общей редакцией Л. Н. Третьяк

2-е издание



2017  
КЛАССИКА  
ОБРАЗОВАНИЯ

Юрайт  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
biblio-online.ru

Л. Н. Третьяк, А. Л. Воробьев

# ОСНОВЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ  
ДЛЯ БАКАЛАВРИАТА И МАГИСТРАТУРЫ

Под общей редакцией **Л. Н. Третьяк**

2-е издание, исправленное и дополненное

Книга доступна в электронной библиотечной системе  
[biblio-online.ru](http://biblio-online.ru)



Москва ■ Юрайт ■ 2017

УДК 006(075.8)

ББК 30.10я73

Т66

**Авторы:**

**Третьяк Людмила Николаевна** — доцент, доктор технических наук, доцент кафедры метрологии, стандартизации и сертификации транспортного факультета Оренбургского государственного университета.

**Воробьев Андрей Львович** — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой метрологии, стандартизации и сертификации транспортного факультета Оренбургского государственного университета.

**Рецензенты:**

**Афанасьев В. Н.** — доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой статистики и эконометрики финансово-экономического факультета Оренбургского государственного университета;

**Чепасов В. И.** — профессор, доктор технических наук, профессор кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем Оренбургского государственного университета;

**Медведев П. В.** — доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии пищевых производств Оренбургского государственного университета;

**Шахов В. А.** — доктор технических наук, профессор, начальник по организации научных исследований и подготовке научных кадров Оренбургского государственного университета.

**Третьяк, Л. Н.**

T66

Основы теории и практики обработки экспериментальных данных : учеб. пособие для бакалавриата и магистратуры / Л. Н. Третьяк, А. Л. Воробьев ; под общ. ред. Л. Н. Третьяк. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 217 с. — (Серия : Университеты России).

ISBN 978-5-534-04914-5

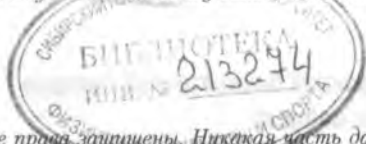
Серия «Университеты России» позволит высшим учебным заведениям нашей страны использовать в образовательном процессе учебники и учебные пособия по различным дисциплинам, подготовленные преподавателями лучших университетов России и впервые опубликованные в издательствах университетов. Все представленные в этой серии учебники прошли экспертную оценку учебно-методического отдела издательства и публикуются в оригинальной редакции.

В учебном пособии приведены способы обработки экспериментальных данных на примере физических величин. В нем представлены предельные характеристики правильности и прецизионности результатов измерений, критерии исключения грубых погрешностей, дана оценка погрешности при прямых и косвенных измерениях, включены необходимые сведения из математической статистики.

*Для студентов высших учебных заведений.*

УДК 006(075.8)

ББК 30.10я73



Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

ISBN 978-5-534-04914-5

© Третьяк Л. Н., Воробьев А. Л., 2015

© Третьяк Л. Н., Воробьев А. Л., 2017,  
с изменениями

© ООО «Издательство Юрайт», 2017

## Оглавление

<b>Введение.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Общие сведения из теоретической метрологии.....</b>	<b>9</b>
1.1 Понятие о величинах как объектах измерения .....	9
1.2 Измерение как процесс. Причины появления погрешностей.....	16
1.3 Показатели точности измерений.....	18
1.4 Классификация погрешностей измерений.....	26
1.5 Концепция неопределенности измерений.....	45
1.6 Основные способы повышения точности измерений.....	62
1.7 Вопросы и задания для самопроверки к первому разделу.....	64
<i>Список использованных источников к первому разделу.....</i>	<i>67</i>
<b>2. Обработка результатов экспериментальных данных.....</b>	<b>69</b>
2.1 Общая последовательность выполнения обработки результатов наблюдений.....	70
2.2 Определение точечных оценок закона распределения результатов наблюдений.....	74
2.3 Характеристики формы распределения.....	88
2.4 Вопросы и задания для самопроверки ко второму разделу.....	92
<i>Список использованных источников ко второму разделу.....</i>	<i>94</i>
<b>3. Методы обнаружения результатов наблюдений с грубыми погрешностями.....</b>	<b>95</b>
3.1 Критерии оценки грубых погрешностей.....	100
3.2 Метрологическая совместимость результатов и грубые погрешности.....	111
3.3 Вопросы и задания для самопроверки к третьему разделу.....	112
<i>Список использованных источников к третьему разделу.....</i>	<i>114</i>
<b>4. Выявление и исключение систематических погрешностей измерений.....</b>	<b>115</b>
4.1 Выявление систематических погрешностей.....	115
4.2 Основные способы и методы повышения точности измерений.....	119
4.3 Вопросы и задания для самопроверки к четвертому разделу.....	121
<i>Список использованных источников к четвертому разделу.....</i>	<i>122</i>
<b>5. Статистическая обработка результатов наблюдений при равнооточных измерениях.....</b>	<b>123</b>
5.1 Определение точечных оценок исправленных результатов измерений.....	123
5.2 Статистика малых выборок.....	123
5.3 Статистическая обработка интервальных вариационных рядов.....	134
5.4 Вопросы и задания для самопроверки к пятому разделу.....	141
<i>Список использованных источников к пятому разделу.....</i>	<i>142</i>

<b>6. Статистическая обработка результатов наблюдений при неравноточных измерениях.....</b>	<b>143</b>
6.1 Обработка результатов отдельных групп наблюдений.....	145
6.2 Проверка гипотезы о неравноточности результатов наблюдений.....	145
6.3 Определение точечных оценок параметров распределения.....	156
6.4 Обработка результатов наблюдений при прямых однократных измерениях.....	160
6.5 Вопросы и задания для самопроверки к шестому разделу.....	165
<i>Список использованных источников к шестому разделу.....</i>	<i>166</i>
<b>7. Определение параметров закона распределения результатов наблюдений по статистическим критериям.....</b>	<b>167</b>
7.1 Проверка нормальности распределения по критерию Пирсона.....	167
7.2 Проверка нормальности распределения по составному критерию $\bar{d}$ .....	170
7.3 Проверка нормальности распределения по критерию согласия Колмогорова А. Н.....	173
7.4 Проверка распределения по критерию Мизеса-Смирнова.....	176
7.5 Вопросы и задания для самопроверки к седьмому разделу.....	178
<i>Список использованных источников к седьмому разделу.....</i>	<i>179</i>
<b>8. Приближённая идентификация формы и вида закона распределения результатов измерений.....</b>	<b>180</b>
8.1 Вопросы и задания для самопроверки к восьмому разделу.....	183
<i>Список использованных источников к восьмому разделу.....</i>	<i>184</i>
<b>9. Представление результатов измерений.....</b>	<b>185</b>
9.1 Определение доверительных интервалов случайной погрешности.....	185
9.2 Определение границ неисключенной систематической погрешности результата измерений.....	187
9.3 Правила округления результатов измерений.....	191
9.4 Формы представления результатов измерений.....	193
9.5 Запись результата измерений при прямых измерениях.....	195
9.6 Вопросы и задания для самопроверки к девятому разделу.....	196
<i>Список использованных источников к девятому разделу.....</i>	<i>197</i>
<b>Рекомендуемая литература.....</b>	<b>198</b>
<b>Приложение А. Виды распределений экспериментальных данных.....</b>	<b>199</b>
<b>Приложение Б. Функция распределения Лапласа.....</b>	<b>200</b>
<b>Приложение В. Параметры функции распределений.....</b>	<b>202</b>
<b>Приложение Г. Значения критерия Фишера-Снедекора.....</b>	<b>204</b>
<b>Приложение Д. Значения коэффициентов, <math>Z_1^2</math>, <math>Z_2^2</math>, определяющих величину доверительного интервала оценки дисперсии.....</b>	<b>205</b>
<b>Приложение Е. Мера расхождения Пирсона.....</b>	<b>206</b>
<b>Приложение Ж. Критериальные значения характеристик.....</b>	<b>207</b>
<b>Приложение И. Проверка гипотезы с помощью W-критерия.....</b>	<b>208</b>
<b>Приложение К. Проверка гипотезы с помощью критерия Кочрена.....</b>	<b>209</b>
<b>Приложение Л. Проверка гипотезы с помощью критерия Барлетта.....</b>	<b>211</b>
<b>Предметный указатель.....</b>	<b>212</b>