

ТЕПЛОМЕТРИЯ

ТЕОРИЯ, МЕТРОЛОГИЯ, ПРАКТИКА

КНИГА 1

Методы и средства измерения
теплового потока

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕПЛОФИЗИКИ**

**ТЕПЛОМЕТРИЯ:
теория, метрология, практика
(монография в трех книгах)**

Под редакцией д.т.н. Т. Г. Грищенко

**КНИГА 1
Методы и средства измерения
теплового потока**

Киев 2017

УДК 53.08:536.2:536.6:536.629.7

ББК 31.3

T343

Авторы: Т. Г. Грищенко, Л. В. Декуша, Л. И. Воробьев,

З. А. Бутова, С. И. Ковтун, О. Л. Декуша

Рецензенты: Б. И. Стадник, д-р техн. наук, проф.,

Национальный университет «Львовская политехника»;

Л. А. Назаренко, д-р техн. наук, проф..

Национальный научный центр «Институт метрологии»

Рекомендовано к печати ученым советом

Института технической теплофизики НАН Украины

T343 Теплометрия: теория, метрология, практика. Монография в трех книгах. / Т. Г. Грищенко, Л. В. Декуша, Л. И. Воробьев [и др.]; под ред. д-р техн. наук Т. Г. Грищенко.

ISBN 978-966-02-8199-8

Кн. 1: Методы и средства измерения теплового потока - К.: Институт технической теплофизики НАН Украины, 2017. - 438 с.

ISBN 978-966-02-8201-8

В книге 1 монографии дан краткий обзор методов получения информации о тепловом потоке и различных типов первичных преобразователей теплового потока; рассмотрены методические погрешности измерения теплового потока для различных условий теплообмена с окружающей средой и случаев взаимного расположения преобразователя и объекта контроля при вариации их теплофизических характеристик и геометрических параметров; представлены конструктивные особенности и характеристики термоэлектрических преобразователей теплового потока вида вспомогательной стенки, предназначенных для измерения стационарного и нестационарного теплового потока в широких динамических диапазонах температуры и теплового потока.

Для научных сотрудников, инженеров, преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений, а также специалистов, занимающихся теплофизическими измерениями и теплоэнергетическим аудитом

© Т. Г. Грищенко, Л. В. Декуша, Л. И. Воробьев,

З. А. Бутова, С. И. Ковтун, О. Л. Декуша, 2017

ISBN 978-966-02-8199-8

ISBN 978-966-02-8201-8

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
Условные обозначения и размерность физических величин, индексы и основные сокращения.....	10
ВВЕДЕНИЕ	13
ГЛАВА 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	17
1.1 Основные понятия и определения в теплометрии.....	17
1.2 Основные виды теплообмена и теплового потока.....	19
Литература к главе 1.....	30
ГЛАВА 2 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ТЕПЛОВОМ ПОТОКЕ (краткая история развития)	31
2.1 Аналитические методы.....	31
2.2 Экспериментальные методы и устройства для измерения теплового потока.....	42
2.2.1 Энтальпийный метод.....	44
2.2.2 Термографические методы: эвапорография и тепловидение.....	47
2.2.3 Дилатометрический метод.....	55
2.2.4 Пневматические методы.....	57
2.2.5 Оптические методы.....	61
2.2.6 Фото- и радиометрические методы.....	62
2.2.7 Электротермический метод.....	64
2.2.8 Электрометрические методы.....	67
2.3 Первичные преобразователи теплового потока (ПТП).....	78
2.3.1 ПТП с поперечным растеканием теплового потока.....	79

ОГЛАВЛЕНИЕ

2.3.2	ПТП вида вспомогательной стенки.....	81	
2.3.3	Серийно выпускаемые ПТП.....	106	
	Литература к главе 2.....	112	
ГЛАВА 3 МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ВИДА ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ СТЕНКИ.....			127
3.1	Оценка искажений при измерении теплового потока с применением ПТП вида вспомогательной стенки.....	127	
3.2	ПТП на поверхности изотермической металлической пластины.....	138	
3.3	ПТП в изотермической металлической пластине заподлицо с ее поверхностью.....	148	
3.4	ПТП в полуограниченном массиве из высокотеплопроводного материала заподлицо с его поверхностью.....	151	
3.5	ПТП внутри неограниченного массива.....	155	
3.6	ПТП на поверхности полуограниченного массива.....	161	
3.7	ПТП на конвективно охлаждаемой поверхности неограниченной пластины.....	169	
3.8	ПТП на поверхности неограниченной пластины, конвективно охлаждаемой с двух сторон.....	183	
	Литература к главе 3.....	206	
ГЛАВА 4 ПТП ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ.....			210
4.1	Характеристики и параметры стандартного биметаллического ПТП и расчетные методики.....	210	
4.1.1	Методика расчета оптимизированной статической функции преобразования стандартного ПТП.....	214	

4.1.2	Температурные зависимости характеристик компонентов и функции преобразования ПТП.....	224
4.1.3	Временная стабильность ПТП.....	238
4.1.4	Теплопроводность и тепловое сопротивление стандартного ПТП.....	246
4.1.5	Теплоемкость стандартного батарейного биметаллического ПТП.....	256
4.2	ПТП с тепловыми шунтами и температуро-выравнивающими наружными покрытиями.....	261
4.2.1	Варианты конструкций ПТП с тепловыми шунтами.....	262
4.2.2	Тепловое сопротивление ПТП с шунтами и покрытиями.....	266
4.2.3	Чувствительность ПТП с тепловыми шунтами.....	272
4.3	Полиметаллические термоэлектрические ПТП... 277	
4.4	Биспиральные термоэлектрические ПТП.....	285
4.5	Стандартные ПТП специального исполнения.....	293
	Литература к главе 4.....	300
ГЛАВА 5 ПТП ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССАХ.....		
5.1	Временные характеристики ПТП и приемников теплового излучения.....	306
5.2	Малоинерционные ПТП вида вспомогательной стенки.....	311
5.3	Измерение нестационарного теплового потока с применением специальных измерительных устройств и методик обработки экспериментальных данных.....	330
5.4	Особенности измерения нестационарного теплового потока преобразователями с корректирующими термобатареями (ПТП _{КБ}).....	339

ОГЛАВЛЕНИЕ

5.5 Общие требования к структуре и программному обеспечению многоканальной измерительной системы на базе ПТП _{КБ}	355
5.6 Преобразователи ПТП _{КБ} для измерительной системы ракеты-носителя «ДНЕПР».....	361
Литература к главе 5.....	373
ПРИЛОЖЕНИЕ А Термоэлектрические преобразователи теплового потока вида вспомогательной стенки	381
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Номограммы для определения оптимальных параметров ПТП.....	422
ПРИЛОЖЕНИЕ В Обобщенные номограммы для проектирования различных типов ПТП.....	431