

**Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Казанский государственный технологический университет»**

Д.Г. Амирханов

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

Учебное пособие

**Казань
КГТУ
2008**

УДК 621.1.016 (075.8)

ББК 31.31

Теплопередача: учебное пособие/ Д.Г. Амирханов; Казан. гос. технол. ун-т, Казань, 2008, 119 с.

ISBN 978-5-7882-0611-0

В доступной и краткой форме изложены основные положения учения об элементарных видах переноса теплоты – теплопроводностью, конвекцией и излучением.

Предназначено для студентов механических специальностей всех форм обучения, а также для студентов не механических специальностей, изучающих дисциплину «Теплопередача».

Подготовлено на кафедре теоретических основ теплотехники КГТУ.

Ил. 44. Библиогр.: 10 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского государственного технологического университета.

Рецензенты: зав. каф. технологии КФЭИ, д-р.техн. наук, профессор Ю.И.Азимов,
к-т.техн.наук, доцент каф. теплогазоснабжения и вентиляции КГАСУ
З.Х.Хамалеев

ISBN 978-5-7882-0611-0

Казанский государственный
технологический университет,
2008

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ	6
1.1. Температурное поле	6
1.2. Температурный градиент	7
1.3. Закон Фурье. Плотность теплового потока	8
1.4. Коэффициент теплопроводности	9
1.5. Дифференциальное уравнение теплопроводности	10
1.6. Условия однозначности	13
2. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ПРИ СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ	15
2.1. Теплопроводность однослойной плоской стенки	15
2.2. Теплопроводность многослойной плоской стенки	17
2.3. Теплопроводность однослойной цилиндрической стенки	18
2.4. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки	21
3. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА	23
3.1. Теплопередача через однослойную, плоскую стенку	23
3.2. Теплопередача через многослойную плоскую стенку	25
3.3. Теплопередача через однослойную цилиндрическую стенку	26
3.4. Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку	28
3.5. Интенсификация теплопередачи	29
3.6. Тепловая изоляция	30
4. КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛООБМЕН	34
4.1. Основные положения	34
4.2. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена	36
4.2.1. Уравнение энергии	37
4.2.2. Уравнения движения	39
4.2.3. Уравнение неразрывности	41
4.3. Условия однозначности	43
4.4. Динамический и тепловой пограничные слои	43

4.4.1. Динамический пограничный слой	43
4.4.2. Тепловой пограничный слой	49
5. ТЕОРИЯ ПОДОБИЯ	50
5.1. Основные положения	50
5.2. Понятие о подобии физических величин	50
5.3. Числа подобия	53
5.4. Уравнения подобия	55
5.5. Теоремы теории подобия	56
5.6. Получение уравнения подобия (обработка результатов эксперимента)	58
5.7. Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах	59
5.8. Теплообмен при поперечном обтекании одиночной трубы	61
5.9. Теплообмен при поперечном обтекании пучков труб	63
6. ТЕПЛОТДАЧА ПРИ СВОБОДНОМ ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТИ	66
6.1. Теплоотдача при свободном движении жидкости в большом объеме	66
6.2. Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве	68
7. ТЕПЛООБМЕН ПРИ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ	71
7.1 Теплообмен при конденсации чистого пара	71
7.1.1 Основные положения	71
7.1.2. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара на вертикальной поверхности и ламинарном течении конденсата	74
7.2. Теплообмен при кипении жидкости	81
7.2.1 Основные положения	81
7.2.2. Микрохарактеристики кипения	83
7.2.3. Режимные параметры кипения	86
7.2.4. Теплоотдача при пузырьковом кипении жидкости в условиях свободного движения	88
8. ТЕПЛООБМЕН ИЗЛУЧЕНИЕМ	90
8.1. Основные положения	90
8.2. Законы теплового излучения	95

8.3. Теплообмен излучением между твердыми телами	99
8.3.1. Параллельные пластины	101
8.3.2. Тело и оболочка	103
8.3.3. Экраны	106
8.4. Излучение газов	108
8.5. Лучистый теплообмен между газовой средой и оболочкой	111
Заключение	115
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	116
ОГЛАВЛЕНИЕ	117