

Ю. И. Шаров

# ПЕРЕНОС ЭНЕРГИИ И МАССЫ

И «Инфра-Инженерия»



**Ю. И. Шаров**

# **ПЕРЕНОС ЭНЕРГИИ И МАССЫ**

Учебное пособие

Москва Вологда  
«Инфра-Инженерия»  
2024

УДК 536.24  
ББК 31.31  
Ш26

Рецензент:  
доктор технических наук, профессор  
*П. А. Щинников*

**Шаров, Ю. И.**  
**Ш26** Перенос энергии и массы : учебное пособие / Ю. И. Шаров. – Москва ; Вологда :  
Инфра-Инженерия, 2024. – 168 с. : ил., табл.  
ISBN 978-5-9729-2008-2

Изложены способы переноса теплоты теплопроводностью, конвекцией, радиацией, теплопередача через плоские, цилиндрические, однослойные и многослойные стенки. Кратко рассмотрена теория подобия процессов и способы их моделирования. Описан перенос энергии и массы при конденсации паров и кипении жидкостей.

Для студентов, изучающих курсы «Тепломассообмен», «Теплоносители и их свойства», «Производство и передача тепловой энергии».

УДК 536.24  
ББК 31.31

ISBN 978-5-9729-2008-2

© Шаров Ю. И., 2024  
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2024  
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
Глава 1. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ .....	6
1.1. Температурное поле .....	6
1.2. Градиент температуры .....	7
1.3. Тепловой поток. Закон Фурье .....	8
1.4. Дифференциальное уравнение теплопроводности .....	9
1.5. Условия однозначности .....	12
1.6. Теплопроводность через однослойную плоскую стенку .....	14
1.7. Теплопроводность через трехслойную плоскую стенку .....	16
1.8. Теплопроводность через однослойную цилиндрическую стенку .....	18
1.9. Теплопроводность через трехслойную цилиндрическую стенку .....	21
1.10. Теплопроводность через сферическую стенку .....	22
1.11. Теплопроводность в однородной пластине при наличии внутренних источников теплоты .....	24
1.12. Теплопроводность в однородном цилиндре .....	27
1.13. Тепловая изоляция. Критический диаметр изоляции .....	29
1.14. Теплопроводность в стержне (ребре) постоянного поперечного сечения .....	32
1.15. Нестационарная теплопроводность .....	36
1.15.1. Общие определения .....	36
1.15.2. Охлаждение (нагревание) пластины .....	37
1.15.3. Охлаждение (нагревание) цилиндра .....	44
1.15.4. Регулярный режим охлаждения (нагревания) тел .....	46
Контрольные вопросы .....	50
Задача .....	51
Глава 2. КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛООБМЕН .....	52
2.1. Физические свойства жидкостей .....	52
2.2. Гидродинамический пограничный слой .....	53
2.3. Математическое описание конвективной теплоотдачи .....	55
2.4. Уравнения подобия .....	65
2.5. Три теоремы подобия физических явлений .....	66
2.6. Методы моделирования .....	67
2.7. Обработка и обобщение экспериментальных данных .....	69
2.8. Вынужденная конвекция в трубах и каналах .....	71
2.8.1. Прямые трубы и каналы .....	71
2.8.2. Изогнутые трубы .....	74
2.8.3. Шероховатые трубы .....	75
2.8.4. Теплоотдача к жидкости в кольцевых каналах .....	76

2.9. Теплообмен при поперечном обтекании труб и трубных пучков.....	77
2.10. Теплообмен при свободной конвекции.....	83
Контрольные вопросы.....	86
Задача.....	86
<b>Глава 3. ТЕПЛООБМЕН ПРИ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ.....</b>	<b>88</b>
3.1. Теплообмен при кипении жидкостей.....	88
3.2. Теплообмен при конденсации чистых паров.....	95
Контрольные вопросы.....	98
Задача.....	98
<b>Глава 4. ТЕПЛООБМЕН ИЗЛУЧЕНИЕМ.....</b>	<b>105</b>
4.1. Основные понятия и определения.....	105
4.2. Основные законы лучистого теплообмена.....	108
4.3. Лучистый теплообмен между параллельными поверхностями.....	111
4.4. Особенности лучистого теплообмена в газах.....	115
Контрольные вопросы.....	120
Задача.....	120
<b>Глава 5. ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ.....</b>	<b>122</b>
5.1. Основные понятия и определения.....	122
5.2. Теплопередача через плоские стенки.....	122
5.3. Теплопередача через цилиндрические стенки.....	124
5.4. Теплопередача через сферическую стенку.....	126
5.5. Интенсификация теплопередачи.....	127
5.6. Теплообменные аппараты.....	129
5.7. Гидравлический расчет теплообменников.....	139
5.8. Теплоносители [7].....	141
Контрольные вопросы.....	142
Задача.....	142
<b>Глава 6. ТЕПЛООБМЕННИК ТЕПЛООВОГО ПУНКТА [10].....</b>	<b>145</b>
6.1. Построение температурного графика для города.....	145
6.2. Выбор рабочих температур.....	146
6.3. Определение тепловых потерь зданий.....	146
6.4. Принципиальная схема теплового пункта [10].....	148
6.5. Краткое описание теплообменного аппарата [10].....	150
6.6. Тепловой расчет и выбор теплообменника [10].....	152
6.7. Гидравлический расчет теплообменника [10].....	155
Контрольные вопросы.....	157
Задача.....	158
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....</b>	<b>166</b>