
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

**ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА
И ТЕПЛОТЕХНИКА
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ**

СПРАВОЧНИК



Книга первая

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

СПРАВОЧНИК

Под общей редакцией
А.В. КЛИМЕНКО и В.М. ЗОРИНА



Издательский дом МЭИ
Москва
2022

УДК 621.1. (035.5)
ББК 31.3я21
Т 343

Авторы: М.С. Алхутов, А.А. Амосов, Т.Ф. Басова, В.Л. Благоннадежин, В.Г. Борисов, О.М. Васина, Д.Б. Вольфберг, В.В. Галактионов, В.Г. Герасимов, В.П. Горбрых, И.В. Гордеева, В.И. Доброхотов, П.А. Долин, Ю.А. Дубинский, А.В. Зайцева, А.Н. Златопольский, В.С. Зубов, М.А. Изюмов, А.В. Каралюнец, А.А. Качапин, А.В. Князев, Н.Н. Кожевников, В.Ф. Козлов, А.С. Копылов, В.Е. Кулов, В.М. Матюнин, В.Т. Медведев, А.В. Морозов, В.П. Мотулевич, С.Г. Новиков, Ю.А. Окопный, В.Ф. Очков, Г.И. Павлова, Т.И. Петрова, В.П. Радин, Н.А. Сливина, С.Н. Смирнов, В.В. Сухоруков, Ю.В. Троянкин, А.Д. Трухний, П.Г. Удыма, Н.С. Чинакаева, В.П. Чирков, Ф.В. Шубин, Г.Г. Яньков

Т 343 **Теплоэнергетика и теплотехника** : Справочная серия : В 4 кн. / под общ. ред. член-корр. РАН А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина. — 5-е изд., стереот. — М.: Издательский дом МЭИ, 2022.

ISBN 978-5-383-01544-5

Кн. 1. Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы : справочник. — 528 с.; ил.

ISBN 978-5-383-01545-2

Представлены сведения о ресурсной базе мирового энергетического хозяйства и топливно-энергетическом комплексе РФ, о состоянии энергетики и электрификации страны, функционировании этих отраслей в условиях рыночной экономики. Приведены основные материалы по математике, физике, физической химии растворов, а также материалы, необходимые для решения инженерных задач на ЭВМ. Даны сведения о конструкционных материалах, расчетах на прочность, охране труда в теплоэнергетике и теплотехнике, об экономике, включая характеристики и особенности инвестиционных проектов.

Предыдущее издание справочника вышло в Издательском доме МЭИ в 2007 году.

Для инженеров-теплотехников и теплоэнергетиков, работающих в различных отраслях хозяйства страны.

УДК 621.1. (035.5)

ББК 31.3я21

ISBN 978-5-383-01545-2 (кн. 1)
ISBN 978-5-383-01544-5

© Авторы, 2022
© АО «Издательский дом МЭИ», 2022

СОДЕРЖАНИЕ КНИГ СПРАВОЧНОЙ СЕРИИ «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА»

КНИГА ПЕРВАЯ

Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы

- Раздел 1. Энергетика и электрификация
- Раздел 2. Единицы физических величин
- Раздел 3. Основные правила оформления конструкторской документации
- Раздел 4. Основные сведения по математике
- Раздел 5. Численные методы, алгоритмы и программные средства для инженерных расчетов
- Раздел 6. Основные сведения по физике
- Раздел 7. Физико-химические свойства и технологии растворов
- Раздел 8. Конструкционные материалы теплотехники
- Раздел 9. Расчет на прочность элементов конструкций теплотехнического оборудования
- Раздел 10. Экономика теплоэнергетики и теплотехники
- Раздел 11. Охрана труда в теплоэнергетике и теплотехнике

КНИГА ВТОРАЯ

Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент

- Раздел 1. Механика жидкости и газа
- Раздел 2. Термодинамика
- Раздел 3. Основы тепло- и массообмена
- Раздел 4. Основы теории и расчета горения, газификации и пиролиза топлив
- Раздел 5. Теплотехнические измерения
- Раздел 6. Методы экспериментального изучения процессов тепло- и массообмена
- Раздел 7. Экспериментальные методы определения теплофизических свойств веществ
- Раздел 8. Автоматизация теплофизического эксперимента
- Раздел 9. Нетрадиционная энергетика

СОДЕРЖАНИЕ КНИГ СПРАВОЧНОЙ СЕРИИ «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА»

КНИГА ПЕРВАЯ

Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы

- Раздел 1. Энергетика и электрификация
- Раздел 2. Единицы физических величин
- Раздел 3. Основные правила оформления конструкторской документации
- Раздел 4. Основные сведения по математике
- Раздел 5. Численные методы, алгоритмы и программные средства для инженерных расчетов
- Раздел 6. Основные сведения по физике
- Раздел 7. Физико-химические свойства и технологии растворов
- Раздел 8. Конструкционные материалы теплотехники
- Раздел 9. Расчет на прочность элементов конструкций теплотехнического оборудования
- Раздел 10. Экономика теплоэнергетики и теплотехники
- Раздел 11. Охрана труда в теплоэнергетике и теплотехнике

КНИГА ВТОРАЯ

Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент

- Раздел 1. Механика жидкости и газа
- Раздел 2. Термодинамика
- Раздел 3. Основы тепло- и массообмена
- Раздел 4. Основы теории и расчета горения, газификации и пиролиза топлив
- Раздел 5. Теплотехнические измерения
- Раздел 6. Методы экспериментального изучения процессов тепло- и массообмена
- Раздел 7. Экспериментальные методы определения теплофизических свойств веществ
- Раздел 8. Автоматизация теплофизического эксперимента
- Раздел 9. Нетрадиционная энергетика

КНИГА ТРЕТЬЯ**Тепловые и атомные электрические станции**

- Раздел 1. Паровые котлы
- Раздел 2. Реакторы и парогенераторы АЭС
- Раздел 3. Паротурбинные установки
- Раздел 4. Газотурбинные и парогазовые установки
- Раздел 5. Насосы и газодувные машины
- Раздел 6. Технологические системы и компоновки ТЭС и АЭС
- Раздел 7. Водный режим, химический контроль и обработка воды на электростанциях
- Раздел 8. Электрические машины и трансформаторы

КНИГА ЧЕТВЕРТАЯ**Промышленная теплотехника**

- Раздел 1. Энергосбережение
- Раздел 2. Высокотемпературные теплотехнологические установки
- Раздел 3. Электротермические установки
- Раздел 4. Промышленные тепло- и массообменные аппараты и установки
- Раздел 5. Холодильные и криогенные установки
- Раздел 6. Системы теплоэнергоснабжения промышленных предприятий
- Раздел 7. Автоматизированное управление теплотехническими объектами
- Раздел 8. Энергетика и экология

СОДЕРЖАНИЕ

Содержание книг справочной серии «Теплоэнергетика и теплотехника»	5
Предисловие к третьему изданию справочной серии «Теплоэнергетика и теплотехника»	7
Предисловие	8

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ

1.1. Ресурсная база мировой энергетики	11
1.1.1. Основные термины и их определения	11
1.1.2. Уголь	14
1.1.3. Нефть и газовый конденсат	16
1.1.4. Природный газ	18
1.1.5. Атомная энергия	19
1.1.6. Гидроэнергетические ресурсы	19
1.1.7. Торф	20
1.1.8. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии (НВИЭ)	20
1.2. Производство и потребление топливно-энергетических ресурсов в мире на современном этапе	21
1.2.1. Основные термины и их определения	21
1.2.2. Производство топливно-энергетических ресурсов в мире	22
1.2.3. Производство и потребление электроэнергии. Научно-технический прогресс в электроэнергетике	24
1.2.4. Энергосбережение	27
1.2.5. Перспективы развития мировой энергетики	27
1.2.6. Топливо-энергетический комплекс России	31
1.3. Электроэнергетика	35
1.3.1. Производство электроэнергии	35
1.3.2. Конденсационные тепловые электростанции	36
1.3.3. Теплоэлектроцентрали	37
1.3.4. Атомные электростанции	39
1.3.5. Гидроэлектростанции	40
1.3.6. Единая электроэнергетическая система России	41
1.3.7. Управление производством и распределением электроэнергии	43
1.3.8. Электроэнергетика, рыночные экономика и экономические реформы	44
1.4. Задачи перспективного развития российской энергетики	48
Список литературы	49

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

2.1. Системы единиц	51
2.2. Преобразование формул	57
Список литературы	58

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

3.1. Общие сведения о ЕСКД и конструкторской документации	59
3.2. Основные требования к оформлению чертежей	59
3.3. Оформление чертежей рабочей документации	68
3.4. Стадии разработки конструкторской документации	69
3.5. Требования к оформлению проектных конструкторских документов	71
3.6. Правила выполнения чертежей труб, трубопроводов и трубопроводных систем (деталей и сборочных единиц)	75
3.7. Правила выполнения гидравлических, пневматических и тепловых схем	76
3.7.1. Классификация схем	76
3.7.2. Общие требования к выполнению схем	77
3.7.3. Графические обозначения на схемах	77
3.7.4. Текстовая информация на схемах	83
Перечень государственных стандартов	86

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО МАТЕМАТИКЕ

4.1. Элементарная математика	87
4.1.1. Рациональные функции	87
4.1.2. Дробно-рациональные функции	87
4.1.3. Тригонометрические функции	88
4.1.4. Показательные и логарифмические функции	89
4.2. Аналитическая геометрия и линейная алгебра	89
4.2.1. Основные системы координат на плоскости и в пространстве	89
4.2.2. Прямая и плоскость	90
4.2.3. Кривые и поверхности второго порядка	90
4.2.4. Алгебра матриц	91
4.2.5. Системы линейных алгебраических уравнений	94

4.3. Дифференциальное и интегральное исчисление	94
4.3.1. Производные и дифференциалы функции одного вещественного переменного	94
4.3.2. Производные и дифференциалы функций нескольких вещественных переменных	96
4.3.3. Экстремумы	96
4.3.4. Интегрирование	97
4.3.5. Кратные интегралы	98
4.4. Ряды	99
4.4.1. Числовые ряды	99
4.4.2. Функциональные ряды	99
4.4.3. Ряды Тейлора	100
4.4.4. Ряды Фурье	100
4.5. Обыкновенные дифференциальные уравнения	100
4.5.1. Некоторые классы интегрируемых уравнений	100
4.5.2. Линейные уравнения	101
4.5.3. Задача Коши и краевые задачи	101
4.5.4. Устойчивость по Ляпунову	102
4.6. Теория поля	102
4.6.1. Скалярные и векторные поля	102
4.6.2. Основные понятия теории поля	103
4.6.3. Основные законы теории поля	103
4.6.4. Гамильтонов формализм	104
4.6.5. Ортогональные криволинейные координаты	104
4.7. Теория функций комплексного переменного	105
4.7.1. Понятие функции комплексного переменного. Аналитичность. Условия Коши—Римана	105
4.7.2. Некоторые конформные отображения	106
4.7.3. Интегрирование функций комплексного переменного	106
4.7.4. Вычисление вещественных интегралов	107
4.8. Уравнения математической физики	107
4.8.1. Классификация уравнений второго порядка на плоскости	107
4.8.2. Волновое уравнение	108
4.8.3. Уравнение теплопроводности	109
4.8.4. Уравнения Лапласа и Пуассона	110
4.9. Операционное исчисление	111
4.9.1. Функции-оригиналы и их изображения	111
4.9.2. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений операционным методом	112
4.9.3. Решение нестационарных задач математической физики операционным методом	112
4.10. Теория вероятностей	112

4.10.1. Случайные события	112
4.10.2. Случайные величины	113
4.10.3. Основные распределения	115
4.10.4. Двумерные случайные величины	117
4.10.5. Случайные процессы	118
4.10.6. Марковские процессы	119
Список литературы	119

РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТОВ

5.1. Численные методы	121
5.1.1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент	121
5.1.2. Погрешности	122
5.1.3. Вычислительные задачи, методы и алгоритмы	123
5.1.4. Решение систем линейных алгебраических уравнений	124
5.1.5. Методы решения систем нелинейных уравнений	129
5.1.6. Методы решения проблемы собственных значений	131
5.1.7. Приближение функций	132
5.1.8. Численное дифференцирование	137
5.1.9. Численное интегрирование	137
5.1.10. Методы одномерной минимизации	139
5.1.11. Методы многомерной минимизации	141
5.1.12. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений	143
5.1.13. Решение двухточечных краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений	146
5.1.14. Численные методы решения некоторых уравнений с частными производными	147
5.2. Методы численного решения задач, описываемых уравнениями переноса	149
5.2.1. Обобщенное уравнение переноса	149
5.2.2. Метод дискретизации	151
5.2.3. Метод решения системы дискретных уравнений	156
5.2.4. Задачи теплопроводности и диффузии	158
5.2.5. Задачи конвекции и диффузии при заданном поле скорости	161
5.2.6. Расчет поля скорости	164
5.3. Языки программирования Фортран 90 и СИ ⁺⁺	168
5.3.1. Основные понятия языков программирования	168
5.3.2. Язык программирования Фортран	169
5.3.3. Язык программирования СИ ⁺⁺	178

5.4. Основные сведения о базах данных	189	6.3.7. Полупроводники	234
5.4.1. Основные понятия баз данных	189	6.3.8. Контактные явления	235
5.4.2. Реляционные базы данных (РБД)	189	6.3.9. Эмиссионные явления	236
5.4.3. Операции над отношениями в РБД	189	6.4. Магнитные явления	237
5.4.4. Нормализация реляционных БД	190	6.4.1. Магнитное поле	237
5.4.5. Индексирование таблиц	190	6.4.2. Электромагнитная индукция	239
5.4.6. Использование БД в локальной сети	191	6.4.3. Магнетики	241
5.4.7. Структурированный язык запросов SQL	191	6.4.4. Уравнения Максвелла	242
5.4.8. Система управления базами дан- ных (СУБД)	194	6.4.5. Электромагнитные колебания и волны 243	
5.4.9. Обзор широко распространенных СУБД	194	6.5. Геометрическая оптика	244
5.5. Компьютерные математические системы	195	6.6. Волновая оптика	245
5.5.1. Универсальные пакеты в инженер- ных расчетах	195	6.6.1. Поляризация света	245
5.5.2. Решение инженерно-технических задач в среде Mathcad	195	6.6.2. Интерференция света	246
5.5.3. Введение в систему MATLAB	207	6.6.3. Дифракция света	247
5.5.4. Начало работы и простейшие вычисления в MATLAB	208	6.6.4. Дисперсия, поглощение и рассеяние света	248
5.5.5. Справочная система MATLAB	212	6.6.5. Тепловое излучение	249
Список литературы	213	6.6.6. Квантовые проявления света	250
		6.7. Атомная физика	251
		6.7.1. Основы квантовой механики	251
		6.7.2. Строение атома	251
		6.7.3. Строение молекул	252
		6.7.4. Строение атомного ядра	253
		6.7.5. Ядерные реакции	256
		6.8. Нейтронная физика	256
		6.8.1. Взаимодействие нейтронов с ядрами	256
		6.8.2. Деление ядер	257
		6.8.3. Радиационный захват	260
		6.8.4. Неупругое и потенциальное рас- сеяние	260
		6.8.5. Плотность потока и тока ней- тронов	261
		6.9. Фундаментальные физические посто- янные	261
		Список литературы	261

РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ФИЗИКЕ

6.1. Механика	216	7.1. Общие свойства растворов	263
6.1.1. Кинематика	216	7.1.1. Растворы, способы выражения их концентраций	263
6.1.2. Динамика поступательного дви- жения	217	7.1.2. Водные растворы, физические свойства и характеристики	264
6.1.3. Динамика вращательного дви- жения	218	7.1.3. Растворы газов в воде	267
6.1.4. Работа и механическая энергия	220	7.2. Растворы электролитов	269
6.1.5. Внешнее трение	221	7.2.1. Электролитическая диссоциация	269
6.1.6. Удар	221	7.2.2. Сильные электролиты	272
6.1.7. Закон всемирного тяготения	222	7.2.3. Слабые электролиты	275
6.1.8. Механические колебания и волны	223	7.2.4. Труднорастворимые электролиты	278
6.2. Молекулярная физика	225	7.2.5. Ионные равновесия в растворах	282
6.2.1. Основное уравнение кинетической теории газов	225	7.2.6. Электропроводность растворов электролитов	285
6.2.2. Закон Максвелла распределения молекул по скоростям	225	7.3. Окислительно-восстановительные равно- весия в водных растворах	289
6.2.3. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы	226		
6.2.4. Явления переноса в газах	226		
6.3. Электричество	227		
6.3.1. Электростатика. Электрическое поле	227		
6.3.2. Проводники и диэлектрики в элек- трическом поле	229		
6.3.3. Электрическая емкость и энергия заряженного проводника	230		
6.3.4. Электрический ток	230		
6.3.5. Электрический ток в жидкостях и газах	232		
6.3.6. Плазма	233		

РАЗДЕЛ СЕДЬМОЙ

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИИ РАСТВОРОВ

7.4. Физико-химические свойства высокотемпературных водных систем	297
7.4.1. Изменение свойств H_2O с ростом параметров	297
7.4.2. Образование паровых растворов	302
7.4.3. Растворимость веществ в воде и насыщенном водяном паре	305
7.4.4. Коэффициенты распределения примесей между водой и насыщенным паром	307
7.5. Коллоидные системы	310
7.5.1. Основные понятия и классификация коллоидных систем	310
7.5.2. Электрокинетические явления и устойчивость коллоидных систем	311
7.5.3. Поверхностные явления	312
Список литературы	313

РАЗДЕЛ ВОСЬМОЙ

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ И МЕТОДЫ ИХ КОНТРОЛЯ

8.1. Стали теплоэнергетического оборудования	315
8.1.1. Классификация сталей	315
8.1.2. Свойства конструкционных сталей	316
8.1.3. Сталь углеродистая обыкновенного качества	319
8.1.4. Прокат из углеродистой качественной конструкционной стали	322
8.1.5. Сталь листовая углеродистая и низколегированная для котлостроения и сварных металлических конструкций	323
8.1.6. Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные	326
8.1.7. Термическая обработка сталей	332
8.1.8. Свариваемость сталей	333
8.2. Чугуны	335
8.3. Цветные металлы и их сплавы	336
8.4. Биметаллические материалы	339
8.5. Радиационная повреждаемость и радиационная стойкость конструкционных материалов	341
8.5.1. Основные понятия	341
8.5.2. Радиационная стойкость сталей перлитного класса	341
8.5.3. Радиационная стойкость хромоникелевых сталей аустенитного класса	343
8.6. Коррозионная стойкость конструкционных материалов	344
8.6.1. Основные понятия	344
8.6.2. Коррозия сталей	344
8.6.3. Коррозия сплавов циркония	347

8.7. Неметаллические конструкционные материалы	348
8.7.1. Общие характеристики неметаллических материалов	348
8.7.2. Силикатные и керамические материалы	349
8.7.3. Огнеупорные материалы и изделия	350
8.7.4. Защитные бетоны АЭС	360
8.7.5. Теплоизоляционные материалы и изделия	360
8.7.6. Углеродистые материалы	363
8.7.7. Пластические массы и полимерные материалы	363
8.7.8. Каучуки и резины	365
8.7.9. Прокладочные и набивочные материалы	366
8.7.10. Герметики и клеи	368
8.7.11. Лакокрасочные материалы	370
8.7.12. Смазочные материалы	373
8.7.13. Моющие вещества	375
8.8. Методы и средства неразрушающего контроля	376
8.8.1. Общие сведения	376
8.8.2. Дефектоскопы	376
8.8.3. Толщиномеры	379
8.8.4. Структуроскопы	381
8.8.5. Переносные твердомеры	382
8.9. Неразрушающий контроль энергетического оборудования	385
8.9.1. Контроль сварных соединений	385
8.9.2. Контроль состояния металла турбин	386
8.9.3. Контроль состояния металла трубопроводов и котлов	387
8.9.4. Контроль металла на АЭС	388
8.10. Безобразцовые методы оперативного контроля механических характеристик и микроструктуры металла теплоэнергетического оборудования	389
8.10.1. Твердость и основные методы ее определения	389
8.10.2. Диаграммы вдавливания индентора	389
8.10.3. Контроль характеристик прочности	392
8.10.4. Контроль характеристик пластичности	394
8.10.5. Контроль микроструктуры металла	395
8.10.6. Некоторые практические рекомендации	396
Список литературы	397

РАЗДЕЛ ДЕВЯТЫЙ**РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ
КОНСТРУКЦИЙ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

9.1. Общие сведения	399
9.1.1. Основные понятия и определения теории надежности конструкций	399
9.1.2. Модели прочностной надежности	400
9.1.3. Понятие о напряжениях и деформациях	401
9.1.4. Коэффициенты запаса прочности и допускаемые напряжения	403
9.2. Расчет на прочность стержневых элементов конструкций	404
9.2.1. Виды деформаций. Основные гипотезы механики материалов и конструкций	404
9.2.2. Напряженно-деформированное состояние. Главные напряжения. Обобщенный закон Гука	405
9.2.3. Расчеты на прочность при растяжении (сжатии)	406
9.2.4. Расчеты на прочность при изгибе	407
9.2.5. Расчеты на прочность при кручении	409
9.2.6. Расчеты на прочность при сложном напряженном состоянии	409
9.2.7. Сложное сопротивление стержневых элементов	410
9.2.8. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени	412
9.2.9. Устойчивость сжатых стержней	413
9.3. Расчет на прочность элементов тонкостенных конструкций	414
9.3.1. Круговые и кольцевые пластины при осесимметричном нагружении	414
9.3.2. Тонкостенные оболочки вращения	417
9.3.3. Осесимметричная деформация круговых цилиндрических оболочек. Краевой эффект	421
9.4. Расчет на прочность сосудов и аппаратов	422
9.4.1. Общие требования	422
9.4.2. Расчетные значения модуля продольной упругости	423
9.4.3. Коэффициент прочности сварных швов	423
9.4.4. Прибавки к расчетным толщинам конструктивных элементов	424
9.4.5. Расчет цилиндрических обечаек	425
9.5. Расчет на прочность труб и трубопроводов	426
9.5.1. Выбор допускаемых напряжений	426
9.5.2. Выбор прибавок к расчетной толщине стенки	427

9.5.3. Расчет труб и трубопроводов на действие внутреннего давления	428
9.5.4. Поверочный расчет труб и трубопроводов на дополнительные нагрузки	428
Список литературы	429

РАЗДЕЛ ДЕСЯТЫЙ**ЭКОНОМИКА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ
И ТЕПЛОТЕХНИКИ**

10.1. Капитальное строительство	430
10.1.1. Смета и капитальные вложения	430
10.1.2. Проектная документация	431
10.1.3. Определение сметной стоимости	432
10.1.4. Укрупненные показатели стоимости	432
10.2. Производственные средства и их использование	433
10.2.1. Основные производственные средства	433
10.2.2. Оборотные средства и их использование	436
10.3. Себестоимость продукции	437
10.3.1. Затраты на производство продукции и их структура	437
10.3.2. Топливная составляющая себестоимости продукции тепловых электростанций	439
10.3.3. Топливная составляющая себестоимости продукции атомных электростанций	440
10.3.4. Численность персонала и заработная плата	441
10.3.5. Себестоимость производства электроэнергии, теплоты и сжатого воздуха на ТЭЦ	443
10.4. Тарифы на электроэнергию и теплоту	447
10.5. Эффективность инвестиционных проектов	447
10.5.1. Общие положения	447
10.5.2. Основные финансово-экономические показатели для обоснования рациональных технических решений	449
10.5.3. Техничко-экономическое сопоставление вариантов инвестиционных проектов	456
10.5.4. Экономическое обоснование выбранного варианта	459
Список литературы	460

РАЗДЕЛ ОДИННАДЦАТЫЙ**ОХРАНА ТРУДА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ
И ТЕПЛОТЕХНИКЕ**

11.1. Организация безопасного труда на предприятиях	461
11.1.1. Общие положения	461
11.1.2. Организация охраны труда	461
11.1.3. Причины, расследование и анализ несчастных случаев	462

11.2. Производственная санитария	463	11.4.4. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов	487
11.2.1. Общие положения	463	11.4.5. Требования безопасности к компрессорам, дымососам и вентиляторам	490
11.2.2. Воздух рабочей зоны производственных помещений	463	11.5. Электробезопасность	490
11.2.3. Производственное освещение	466	11.5.1. Общие сведения	490
11.2.4. Производственный шум	468	11.5.2. Основные меры и средства защиты от поражения электрическим током	492
11.2.5. Производственная вибрация	472	11.5.3. Первая доврачебная помощь человеку, пораженному электрическим током	495
11.3. Пожаро- и взрывобезопасность	475	11.6. Радиационная безопасность на атомных станциях	497
11.3.1. Пожарная и взрывная опасность веществ	475	11.6.1. Термины и определения	497
11.3.2. Классификация производств и производственных зон по пожаро- и взрывоопасности	478	11.6.2. Основные требования к защите от ионизирующих излучений персонала АС, населения и окружающей среды	504
11.3.3. Требования к зданиям и сооружениям промышленных предприятий	478	11.6.3. Возможные радиационные последствия аварий на АС и меры по защите персонала и населения	505
11.3.4. Классификация зданий и помещений по степени огнестойкости, конструктивной и функциональной пожарной опасности	480	11.6.4. Требования к радиационному дозиметрическому контролю на АС	506
11.4. Основы безопасности технологического оборудования	481	11.6.5. Приборы для регистрации ионизирующих излучений	507
11.4.1. Требования безопасности к сосудам, работающим под давлением	481	Список литературы	508
11.4.2. Требования безопасности к паровым и водогрейным котлам	484	Предметный указатель	510
11.4.3. Требования безопасности к паровым турбинам ТЭС и АЭС	486		