
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

СПРАВОЧНИК



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. Топливно-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, рыночная 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	4.10.1. Случайные события	112
4.3.1. Производные и дифференциалы функции одного вещественного переменного	94	4.10.2. Случайные величины	113
4.3.2. Производные и дифференциалы функций нескольких вещественных переменных	96	4.10.3. Основные распределения	115
4.3.3. Экстремумы	96	4.10.4. Двумерные случайные величины	117
4.3.4. Интегрирование	97	4.10.5. Случайные процессы	118
4.3.5. Кратные интегралы	98	4.10.6. Марковские процессы	119
4.4. Ряды	99	Список литературы	119
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		
		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 данных (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 инженерных 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

РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ФИЗИКЕ

6.1. Механика	216
6.1.1. Кинематика	216
6.1.2. Динамика поступательного движения	217
6.1.3. Динамика вращательного движения	218
6.1.4. Работа и механическая энергия	220
6.1.5. Внешнее трение	221
6.1.6. Удар	221
6.1.7. Закон всемирного тяготения	222
6.1.8. Механические колебания и волны	223
6.2. Молекулярная физика	225
6.2.1. Основное уравнение кинетической теории газов	225
6.2.2. Закон Максвелла распределения молекул по скоростям	225
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 электрическом 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

6.3.7. Полупроводники	234
6.3.8. Контактные явления	235
6.3.9. Эмиссионные явления	236
6.4. Магнитные явления	237
6.4.1. Магнитное поле	237
6.4.2. Электромагнитная индукция	239
6.4.3. Магнетики	241
6.4.4. Уравнения Максвелла	242
6.4.5. Электромагнитные колебания и волны	243
6.5. Геометрическая оптика	244
6.6. Волновая оптика	245
6.6.1. Поляризация света	245
6.6.2. Интерференция света	246
6.6.3. Дифракция света	247
6.6.4. Дисперсия, поглощение и рассеяние света	248
6.6.5. Тепловое излучение	249
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 рассеяние	260
6.8.5. Плотность потока и тока нейтронов	261
6.9. Фундаментальные физические постоянные	261
Список литературы	261

РАЗДЕЛ СЕДЬМОЙ

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИИ РАСТВОРОВ

7.1. Общие свойства растворов	263
7.1.1. Растворы, способы выражения их концентраций	263
7.1.2. Водные растворы, физические свойства и характеристики	264
7.1.3. Растворы газов в воде	267
7.2. Растворы электролитов	269
7.2.1. Электролитическая диссоциация	269
7.2.2. Сильные электролиты	272
7.2.3. Слабые электролиты	275
7.2.4. Труднорастворимые электролиты	278
7.2.5. Ионные равновесия в растворах	282
7.2.6. Электропроводность растворов электролитов	285
7.3. Окислительно-восстановительные равновесия в водных растворах	289

7.4. Физико-химические свойства высокотемпературных водных систем	297	8.7. Неметаллические конструкционные материалы	348
7.4.1. Изменение свойств H_2O с ростом параметров	297	8.7.1. Общие характеристики неметаллических материалов	348
7.4.2. Образование паровых растворов	302	8.7.2. Силикатные и керамические материалы	349
7.4.3. Растворимость веществ в воде и насыщенном водяном паре	305	8.7.3. Огнеупорные материалы и изделия	350
7.4.4. Коэффициенты распределения примесей между водой и насыщенным паром	307	8.7.4. Защитные бетоны АЭС	360
7.5. Коллоидные системы	310	8.7.5. Теплоизоляционные материалы и изделия	360
7.5.1. Основные понятия и классификация коллоидных систем	310	8.7.6. Углеррафитовые материалы	363
7.5.2. Электрокинетические явления и устойчивость коллоидных систем	311	8.7.7. Пластические массы и полимерные материалы	363
7.5.3. Поверхностные явления	312	8.7.8. Каучуки и резины	365
Список литературы	313	8.7.9. Прокладочные и набивочные материалы	366
РАЗДЕЛ ВОСЬМОЙ			
КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ И МЕТОДЫ ИХ КОНТРОЛЯ			
8.1. Стали теплоэнергетического оборудования	315	8.7.10. Герметики и клеи	368
8.1.1. Классификация сталей	315	8.7.11. Лакокрасочные материалы	370
8.1.2. Свойства конструкционных сталей	316	8.7.12. Смазочные материалы	373
8.1.3. Сталь углеродистая обыкновенного качества	319	8.7.13. Моющие вещества	375
8.1.4. Прокат из углеродистой качественной конструкционной стали	322	8.8. Методы и средства неразрушающего контроля	376
8.1.5. Сталь листовая углеродистая и низколегированная для котлостроения и сварных металлических конструкций	323	8.8.1. Общие сведения	376
8.1.6. Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные	326	8.8.2. Дефектоскопы	376
8.1.7. Термическая обработка сталей	332	8.8.3. Толщиномеры	379
8.1.8. Свариваемость сталей	333	8.8.4. Структуроскопы	381
8.2. Чугуны	335	8.8.5. Переносные твердомеры	382
8.3. Цветные металлы и их сплавы	336	8.9. Неразрушающий контроль энергетического оборудования	385
8.4. Биметаллические материалы	339	8.9.1. Контроль сварных соединений	385
8.5. Радиационная повреждаемость и радиационная стойкость конструкционных материалов	341	8.9.2. Контроль состояния металла турбин	386
8.5.1. Основные понятия	341	8.9.3. Контроль состояния металла трубопроводов и котлов	387
8.5.2. Радиационная стойкость сталей перлитного класса	341	8.9.4. Контроль металла на АЭС	388
8.5.3. Радиационная стойкость хромоникелевых сталей аустенитного класса	343	8.10. Безобразцовые методы оперативного контроля механических характеристик и микроструктуры металла теплоэнергетического оборудования	389
8.6. Коррозионная стойкость конструкционных материалов	344	8.10.1. Твердость и основные методы ее определения	389
8.6.1. Основные понятия	344	8.10.2. Диаграммы вдавливания индентора	389
8.6.2. Коррозия сталей	344	8.10.3. Контроль характеристик прочности	392
8.6.3. Коррозия сплавов циркония	347	8.10.4. Контроль характеристик пластичности	394
Список литературы	397	8.10.5. Контроль микроструктуры металла	395
		8.10.6. Некоторые практические рекомендации	396

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. Осесимметрическая 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

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. Технико-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 взрывобезопасности	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 судам, 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		