

Предисловие	8
Введение	12
1. СПОСОБЫ ТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ	15
1.1. Теплогенерация за счет электроэнергии	15
1.1.1. Теплогенерация в рабочем теле при приложении к нему разности потенциалов	16
1.1.2. Теплогенерация в рабочем теле, находящемся в перемен- ном электромагнитном поле	17
1.2. Теплогенерация за счет горения топлива	18
1.2.1. Химический состав топлива	18
1.2.2. Теплотворная способность топлива	25
1.2.3. Расчет процесса горения	27
1.2.4. Расчет потерь теплоты вследствие химической неполноты сгорания	35
1.2.5. Краткие сведения о некоторых видах топлива	36
Вопросы для самопроверки	40
Дополнительная литература	40
2. ОСНОВЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ	42
2.1. Общие понятия и определения	42
2.2. Теплопроводность	43
2.2.1. Коэффициент теплопроводности	45
2.2.2. Дифференциальное уравнение теплопроводности	48
2.2.3. Передача теплоты теплопроводностью при стационарном режиме	50
2.2.4. Теплопроводность при нестационарном режиме	53
2.3. Конвективный теплообмен	63
2.3.1. Основные понятия и определения	63
2.3.2. Дифференциальные уравнения конвективного тепло- переноса	64
2.3.3. Применение теории подобия при изучении процессов теп- лоотдачи	70
2.4. Тепловое излучение	80
2.4.1. Основные понятия и определения	80
2.4.2. Основные законы лучистого теплообмена	82
2.4.3. Теплообмен излучением системы тел в прозрачной среде ...	87
2.4.4. Использование экранов для защиты от излучения	91
2.5. Сложный теплообмен	93
Вопросы для самопроверки	94
Дополнительная литература	95

3. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ	96
3.1. Требования, предъявляемые к термическим печам	96
3.2. Классификация термических печей	97
3.2.1. Классификация по виду энергоносителя	97
3.2.2. Классификация по температуре	100
3.2.3. Классификация по конструктивному признаку	101
3.2.4. Классификация по использованию различных технологических сред	103
3.3. Маркировка термических печей	104
3.4. Печи периодического действия немеханизированные	106
3.4.1. Камерные печи с неподвижным подом	107
3.4.2. Шахтные печи	115
3.4.3. Печи-ванны	119
3.5. Печи периодического действия механизированные	127
3.5.1. Камерные печи с выдвижным подом	127
3.5.2. Элеваторные печи	131
3.5.3. Колпаковые печи	134
3.5.4. Печи с передвижной камерой нагрева	137
3.5.5. Печи с вращающейся ретортой	138
3.5.6. Механизированные печи-ванны	139
3.6. Печи непрерывного действия	142
3.6.1. Конвейерные печи	142
3.6.2. Печи с подвесным конвейером	150
3.6.3. Толкательные печи	153
3.6.4. Туннельные печи	156
3.6.5. Печи с наклонным подом	157
3.6.6. Рольганговые печи	158
3.6.7. Печи с шагающим подом	162
3.6.8. Печи с пульсирующим подом	167
3.6.9. Карусельные печи	170
3.6.10. Барабанные печи	173
3.6.11. Протяжные печи	175
3.6.12. Башенная печь	177
3.7. Вакуумные печи	179
3.8. Рециркуляционные нагревательные установки типа ПАП	187
Вопросы для самопроверки	190
Дополнительная литература	191
4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПЕЧЕЙ	193
4.1. Порядок расчета и проектирования печей	193
4.2. Выбор типа печи	195
4.3. Обоснование выбора топлива и расчет процесса горения топлива	199
4.4. Определение основных размеров печи	201
4.5. Составление эскиза печи	206
4.6. Определение стоимости печи и нагрева	209

4.7. Окончательное оформление проекта	211
4.8. Расчет капитальных вложений и эксплуатационных расходов	212
4.9. Определение экономически эффективного варианта	216
Вопросы для самопроверки	217
Дополнительная литература	217
5. НАГРЕВ И ОХЛАЖДЕНИЕ САДКИ	218
5.1. Цикл обработки садки	218
5.2. Теплотехнические характеристики садки	219
5.3. Определение тепловой массивности садки	221
5.4. Продолжительность нагрева теплотехнически тонкой садки в печи периодического действия	223
5.5. Продолжительность нагрева теплотехнически массивной садки в печи периодического действия	227
5.6. Особенности нагрева изделий в печах непрерывного действия	235
5.7. Скоростной нагрев в печах	238
5.8. Продолжительность охлаждения садки, находящейся в печи	240
Вопросы для самопроверки	244
Дополнительная литература	244
6. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ПЕЧИ	245
6.1. Статьи прихода теплоты в тепловом балансе топливной печи	246
6.2. Статьи расхода теплоты в тепловом балансе топливной печи	247
6.3. Особенности расчета теплового баланса электрических печей	268
6.4. Расчет теплового баланса печей-ванн	271
Вопросы для самопроверки	271
Дополнительная литература	272
7. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ	273
7.1. Огнеупорные материалы	274
7.1.1. Классификация огнеупорных материалов	274
7.1.2. Свойства огнеупоров	277
7.1.3. Физико-химические свойства системы $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$	283
7.1.4. Характеристика и область применения огнеупоров	285
7.1.5. Огнеупорные растворы, массы, обмазки и бетоны	298
7.1.6. Выбор огнеупоров для промышленных печей	300
7.2. Теплоизоляционные материалы	301
7.3. Футеровочные материалы для термических печей с контролируе- мой атмосферой	304
7.4. Металлические материалы для нагревательных элементов	305
7.5. Неметаллические материалы для нагревательных элементов	306
7.5.1. Карбид кремния	307
7.5.2. Дисилицид молибдена	308
7.6. Тугоплавкие металлы	310
7.7. Другие металлы и сплавы	311
7.8. Прочие материалы	312

Вопросы для самопроверки	314
Дополнительная литература	315
8. КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ПЕЧЕЙ ...	316
8.1. Нагреватели электропечей	316
8.1.1. Размещение металлических нагревателей	318
8.1.2. Неметаллические нагреватели	324
8.1.3. Металлические нагреватели закрытого типа	325
8.1.4. Расчет нагревательных элементов электропечей	328
8.1.5. Расчет нагревателей из дисилицида молибдена	343
8.1.6. Расчет карборундовых нагревателей	344
8.1.7. Нагреватели для вакуумных печей	345
8.1.8. Расчет электродов печей-ванн	349
8.1.9. Расчет закрытых нагревателей печей-ванн с внутренним обогревом	352
8.2. Топливосжигающие устройства топливных печей	355
8.2.1. Форсунки	355
8.2.2. Горелки	358
8.2.3. Радиационные трубы	361
8.3. Печные механизмы	364
8.3.1. Механизмы подъема и опускания дверей печей	365
8.3.2. Механизмы подъема и отката крышек шахтных печей	368
8.3.3. Транспортирующие механизмы	375
8.4. Огнеупорная кладка, детали и арматура печей	386
8.4.1. Фундаменты печей	386
8.4.2. Металлические каркасы печей	387
8.4.3. Кладка печей	390
8.4.4. Окна, проемы, отверстия	396
8.4.5. Жароупорные детали	397
8.5. Электрооборудование	398
8.6. Тип вентилятора и его выбор	399
8.7. Газопроводы и воздухопроводы	403
8.8. Выбор и расчет песочных затворов	405
8.9. Особенности конструкций деталей и узлов печей с искусственной атмосферой	407
8.10. Особенности конструкций деталей и узлов вакуумных печей ...	409
8.11. Тепловая изоляция вакуумных электропечей сопротивления ...	410
Вопросы для самопроверки	411
Дополнительная литература	413
9. МЕТОДЫ НЕПЕЧНОГО НАГРЕВА ДЕТАЛЕЙ	415
9.1. Индукционный нагрев	417
9.1.1. Установки для нагрева токами высокой частоты	421
9.1.2. Закалочные трансформаторы и конденсаторные батареи ...	424
9.1.3. Индукторы	424
9.1.4. Станки и приспособления для закалки ТВЧ	430

9.1.5. Установки для нагрева токами низкой частоты	433
9.1.6. Расчет мощности установки и продолжительности нагрева	435
9.1.7. Расчет цилиндрического индуктора	438
9.2. Непосредственный электронагрев	443
9.2.1. Установки для непосредственного электронагрева	444
9.2.2. Расчет установки	446
9.3. Контактный электронагрев и расчет его параметров	449
9.4. Нагрев в электролитах	453
9.5. Нагрев пламенем	457
9.6. Нагрев в кипящем слое	461
9.7. Нагрев в тлеющем разряде	464
9.8. Нагрев низкотемпературной плазмой	467
9.9. Электронно-лучевой нагрев	470
9.10. Лазерный нагрев	473
Вопросы для самопроверки	476
Дополнительная литература	477
10. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПЕЧЕЙ	480
10.1. Подготовка к пуску печи	480
10.2. Пуск печи	482
10.3. Техническое обслуживание работающей печи	483
10.3.1. Особенности обслуживания вакуумных печей	485
10.3.2. Особенности обслуживания печей-ванн	486
10.4. Остановка печей	487
10.5. Ремонт печи	488
10.6. Техника безопасности и гигиена труда при работе нагревательного оборудования	489
10.7. Опасные и вредные производственные факторы, действующие на окружающую среду при работе нагревательных устройств	493
Вопросы для самопроверки	494
Дополнительная литература	494
ЛИТЕРАТУРА	496
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	497