

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список основных обозначений.....	9
Предисловие.....	12
Введение.....	15
ЧАСТЬ I. ТЕРМОДИНАМИКА	
Глава 1. Основные понятия и законы термодинамики	18
1.1.Термодинамическая система и рабочее тело Параметры и уравнения состояния	18
1.2.Смеси идеальных газов	34
1.3.Теплоемкость идеальных газов и их смесей	40
1.4.Понятие о термодинамическом процессе. Основные термодинамические функции	46
1.5.Основные законы (начала) термодинамики	54
1.5.1.Первый закон.....	54
1.5.2.Второй закон	57
1.5.3.Третий закон.....	62
Глава 2. Термодинамические процессы	63
2.1.Термодинамические процессы с идеальным газом	63
2.1.1.Политропный процесс	63
2.1.2.Изоэнтропный и изотермный процессы	66
2.1.3.Изобарный и изохорный процессы.....	68
2.1.4.Исследование политропных процессов	70
2.2.Термодинамические процессы с водяным паром.....	75
2.2.1.Исходные положения.....	75
2.2.2.Термодинамический анализ процессов производства водяного пара.....	79
2.2.3.Диаграмма sh для водяного пара. Основные процессы с водяным паром	84
2.3.Необратимые термодинамические процессы.....	89
2.4.Термодинамические процессы с внутренними источниками (стоками)	

теплоты	95
2.4.1. Исходные положения	95
2.4.2. Политропные процессы с источником теплоты	97
2.4.3. Изменение средней по цилиндру температуры заряда в дизеле	102
Глава 3. Термодинамика газовых потоков	105
3.1. Параметры газа в потоке и при его торможении	105
3.2. Уравнение первого закона термодинамики	107
3.3. Сопла и диффузоры	111
3.3.1. Скорость и массовый расход газа	111
3.3.2. Скорость звука	113
3.3.3. Критические параметры газового потока	114
3.3.4. Форма каналов сопел и диффузоров	115
3.3.5. Истечение газа через суживающееся сопло	118
3.3.6. Истечение газа через сопло Лаваля	120
3.3.7. Истечение газа с учетом трения	122
3.3.8. Истечение водяного пара	123
3.4. Дросселирование газов и паров	125
3.5. Эжектирование	130
Глава 4. Термодинамические циклы	138
4.1. Понятие о круговом процессе (цикле). Прямые и обратные циклы	138
4.2. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания	144
4.3. Циклы газотурбинных двигателей	159
4.3.1. Цикл ГТД с подводом теплоты при постоянном давлении	159
4.3.2. Цикл ГТД с подводом теплоты при постоянном объеме	165

4.3.3.Цикл ГТД с регенерацией теплоты.....	168
4.3.4.Приближение цикла ГТД к обобщенному циклу Карно.....	171
4.4.Циклы реактивных двигателей	174
4.4.1.Воздушно-реактивные двигатели	174
4.4.2.Ракетные двигатели	178
4.4.3.Тяга реактивных двигателей	180
4.5.Циклы паросиловых установок	182
4.5.1.Цикл Карно	182
4.5.2.Цикл Ренкина	183
4.5.3.Регенеративный цикл.....	190
4.5.4.Теплофикационный цикл.....	194
4.6.Обратные циклы тепловых машин	195
4.7.Цикл Стерлинга	206
4.8.Компрессоры	209
4.8.1.Идеальный поршневой компрессор.....	210
4.8.2.Многоступенчатый поршневой компрессор	213
4.8.3.Работа реального поршневого компрессора	215
4.8.4.Лопаточные компрессоры	216
4.9.Утилизация теплоты	225
Глава 5. Элементы химической термодинамики	232
5.1.Термодинамическое равновесие	232
5.1.1.Равновесие в однородных системах	232
5.1.2.Равновесие в сложных системах	236
5.1.3.Равновесие в системе жидкость-пар.....	240
5.2.Химические реакции. Тепловые эффекты	247
5.3.Химическое равновесие.....	258
ЧАСТЬ II. ТЕПЛОМАССООБМЕН	
Глава 6. Основные понятия и законы переноса теплоты и вещества.....	268
6.1.Виды теплообмена (общие сведения)	268

6.2.Основные законы переноса теплоты.....	272
6.2.1.Теплопроводность	272
6.2.2.Конвективный теплообмен	278
6.2.3.Тепловое излучение	284
6.3.Дифференциальные уравнения переноса теплоты	286
6.3.1.Уравнение сохранения энергии	286
6.3.2.Дифференциальные уравнения теплопроводности.....	288
6.4.Основные законы переноса вещества	291
6.4.1.Молекулярная диффузия.....	291
6.4.2.Диффузия в движущейся среде.....	294
6.4.3.Термодиффузия и диффузионный перенос теплоты	295
6.4.4.Дифференциальное уравнение диффузии.....	296
Глава 7. Основные положения теории конвективного переноса	297
7.1.Уравнения гидродинамики.....	297
7.1.1.Движение вязкой жидкости.....	297
7.1.2.Уравнение неразрывности	302
7.2.Особенности процессов переноса в турбулентном потоке	304
7.2.1.Характеристики турбулентного движения.....	304
7.2.2.Уравнения сохранения для турбулентного движения.....	307
7.3.Использование теории подобия для расчета процессов переноса теплоты и вещества	312
7.3.1.Основные положения теории подобия.....	312
7.3.2.Критериальные уравнения.....	319
7.4.Уравнения пограничного слоя	322
7.4.1.Гидродинамический пограничный слой	322
7.4.2.Тепловой пограничный слой	332
Глава 8. Стационарная теплопроводность и теплопередача в твердых телах.....	340
8.1.Тепловой поток и температурное поле в плоской	

стенке	340
8.1.1. Плоская стенка с граничными условиями	
1 рода	340
8.1.2. Плоская стенка с граничными условиями	
III рода	346
8.2. Тепловой поток и температурное поле в полом	
цилиндре (цилиндрической стенке).....	348
8.2.1. Цилиндрическая стенка с граничными	
условиями I рода	348
8.2.2. Цилиндрическая стенка с граничными	
условиями III рода.....	353
8.2.3. Критический диаметр цилиндрической	
стенки.....	357
8.3. Тепловой поток и температурное поле в шаровой	
стенке (полый шар).....	361
8.3.1. Шаровая стенка с граничными условиями I рода	361
8.3.2. Шаровая стенка (полый шар) с граничными	
условиями III рода	364
8.4. Тепловой поток и температурное поле в телах со	
сложным термическим сопротивлением.....	369
8.4.1. Обобщенное выражение для плотности	
теплового потока.....	369
8.4.2. Поле температур и тепловой поток около источника теплоты в	
полуограниченном теле (массиве).....	373
8.5. Тепловой поток и температурное поле в телах с	
внутренними источниками теплоты	384
8.5.1. Плоская стенка (пластина)	384
8.5.2. Цилиндрическая стенка (полый цилиндр)	391
8.5.3. Полый шар	401
8.6. Теплообмен через ребренные поверхности	404

8.6.1.Тепловой поток и температурное поле в тонком стержне (ребре).....	404
8.6.2.Оребренная поверхность.....	417
Глава 9. Нестационарный теплообмен	426
9.1.Общие сведения.....	426
9.1.1.Метод разделения переменных	427
9.1.2.Метод источника.....	431
9.2.Нестационарное температурное поле в телах с конечной теплопроводностью	434
9.2.1.Полуограниченное тело	434
9.2.2.Неограниченная пластина	438
9.2.3.Неограниченный цилиндр и шар.....	444
9.2.4.Температурное поле в теле конечных размеров.....	450
9.2.5.Регулярный режим	451
9.3.Нагрев (охлаждение) тел с бесконечно большой теплопроводностью.....	453
9.3.1.Температура среды -постоянная величина	454
9.3.2.Температура среды - линейная функция времени	456
9.3.3.Температура среды – экспоненциальная функция времени.....	456
9.3.4.Температура среды - периодическая функция времени	457
9.4.Нестационарная теплопроводность при изменении агрегатного состояния вещества.....	460
9.4.1.Общие сведения	460
9.4.2.Баланс теплоты на границе раздела фаз.....	462
9.4.3.Температурное поле.....	464
9.5.Тепловые волны	466

9.5.1. Температура поверхности – гармоническая функция времени.....	467
9.5.2. Тепловой поток	471
Глава 10. Конвективный теплообмен	481
10.1. Теплообмен при внешнем обтекании тел	481
10.1.1. Теплообмен при обтекании плоской поверхности	481
10.1.2. Теплообмен при поперечном обтекании одиночного цилиндра.....	487
10.1.3. Обтекание пучка труб	489
10.1.4. Теплообмен при обтекании шара	492
10.2. Теплообмен при внутреннем течении в трубах и каналах	494
10.2.1. Теплообмен при ламинарном течении	494
10.2.2. Теплообмен при турбулентном течении	497
10.3. Теплообмен при свободной конвекции.....	501
10.4. Теплообмен при течении жидкости через пористую стенку	507
10.4.1. Тепловой поток и температурное поле в жидкости, движущейся через пористую стенку	507
10.4.2. Тепловой поток и температурное поле в жидкости, движущейся между двумя пористыми поверхностями	510
10.5. Теплообмен при кипении	515
10.5.1. Физические процессы при кипении	515
10.5.2. Теплообмен при пузырьковом кипении	521
10.5.3. Теплообмен при пленочном кипении	524
10.6. Теплообмен при конденсации	526
Глава 11. Теплообмен излучением	534
11.1. Основные положения.....	534

11.1.1.Основные определения.....	534
11.1.2.Степень черноты.....	536
11.2.Основные законы теплового излучения.....	538
11.2.1.Закон Планка	538
11.2.2.Закон смещения Вина.....	539
11.2.3.Закона Стефана-Больцмана.....	539
11.2.4.Закон Ламберта.....	540
11.2.5.Закон Кирхгофа	541
11.2.6.Определение температуры излучающих тел.....	542
11.3.Лучистый теплообмен между твердыми телами.....	543
11.3.1.Лучистый теплообмен между телами, образующими замкнутую систему	543
11.3.2.Экранирование тел	545
11.4.Лучистый теплообмен в газовых средах	547
11.4.1.Особенности излучения газов	547
11.4.2.Теплообмен между газом и оболочкой	551
11.5.Сложный теплообмен	553
Глава 12. Массообмен.....	555
12.1.Диффузия с поверхности.....	555
12.1.1.Вывод исходных соотношений.....	555
12.1.2.Диффузионный поток теплоты.....	559
12.1.3.Температура поверхности при испарении	560
12.2.Испарение воды в воздух.....	562
12.2.1.Влажный воздух	562
12.2.2.Испарение воды.....	570
12.3.Стационарное испарение капли	572
12.3.1.Испарение неподвижной капли	572
12.3.2.Испарение капли при вынужденной конвекции	577
Глава 13. Теплообменные аппараты	586
13.1.Типы теплообменных аппаратов.....	586

13.2. Теплопередача в рекуперативных теплообменниках.....	589
13.2.1. Изменение температуры теплоносителей. Температурный напор.....	589
13.2.2. Определение среднего температурного напора	592
13.2.3. Определение коэффициента теплопередачи.....	593
13.2.4. Тепловая эффективность теплообменных аппаратов	596
13.2.5. Метод расчета теплообменных аппаратов по заданной тепловой эффективности	597
13.2.6. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов	599
13.3. Теплопередача в регенеративных теплообменниках	602
13.3.1. Общие сведения	602
13.3.2. Приближенный расчет вращающегося регенератора	606

ЧАСТЬ III. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ

Глава 14. Энергетические топлива.....	613
14.1. Общая характеристика топлив	613
14.1.1. Твердые топлива.....	616
14.1.2. Жидкие топлива	617
14.1.3. Газовые топлива.....	617
14.2. Моторные топлива для поршневых ДВС.....	620
14.2.1. Эксплуатационные характеристики моторных топлив ..	620
14.2.2. Теплофизические и термодинамические свойства топлив.....	625
14.3. Реакции и продукты сгорания топлив.....	626
14.3.1. Элементный состав топлив	626
14.3.2. Реакции окисления углеводородного топлива	627
14.4. Рабочее тело поршневых ДВС.....	630

14.4.1.Топливоздушная смесь	630
14.4.2.Расчет состава топливоздушной смеси	631
14.4.3.Рабочая смесь.....	632
Глава 15. Экологические проблемы использования теплоты.....	637
15.1.Токсичность продуктов сгорания.....	637
15.2.Воздействие токсичных выбросов на человека и окружающую среду	642
15.3.15.3.Теплообмен в атмосфере и на поверхности Земли при солнечном излучении.....	648
15.4.Парниковый эффект и его последствия.....	653
Глава 16. Энергетическое обеспечение технологических процессов на автомобильном транспорте и в дорожном строительстве	655
16.1.Энергопотребление на автомобильном транспорте.....	655
16.2.Затраты энергии при дорожном строительстве	657
Приложение	661
Литература.....	670