

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

ЛЕКЦИИ ПО ТЕПЛОТЕХНИКЕ

Конспект лекций

Составитель:
В.А.НИКИТИН

Рекомендовано Ученым советом Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности - Теплоснабжение и вентиляция, и дистанционного образования.

Оренбург
2011

УДК 389 (075.8)
ББК 30.10я 7
Н – 62

Рецензенты

кандидат технических наук, доцент Р.Ш. Мансуров,
кандидат технических наук В.Ю. Соколов

Н–62 Лекции по теплотехнике: конспект лекций / составитель
В. А. Никитин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ,
2011. – 532с.

Конспект лекций предназначен для изучения курса «Теплотехника» и предусматриваются для изучения студентами, обучающимися по программе высшего профессионального образования по специальности Теплоснабжение и вентиляция, и дистанционного образования .

УДК 389 (075.8)
ББК 30.10я 7

Н $\frac{2402000000}{6.79 - 01}$

© Никитин В.А., 2010 – 06 – 07
© ГОУ ОГУ, 2011

Содержание

Введение	10
Часть первая. Теоретические основы термодинамики.....	25
1 Основные понятия и исходные положения термодинамики.....	25
1.1 Предмет и методы термодинамики.....	25
1.2 Термодинамическая система.....	26
1.3 Термодинамические параметры состояния.....	27
1.4 Уравнение состояния.....	30
1.5 Термодинамический процесс.....	33
1.6 Контрольные вопросы и задачи практики.....	35
2 Первый закон термодинамики.....	36
2.1 Внутренняя энергия.....	36
2.2 Работа расширения.....	38
2.3 Теплота.....	41
2.4 Аналитическое выражение первого закона термодинамики.....	41
2.5 Теплоёмкость газов.....	44
2.6 Энтальпия.....	50
2.7 Контрольные вопросы и задачи практики.....	53
3 Второй закон термодинамики.....	54
3.1 Энтропия.....	54
3.2 Общая формулировка второго закона.....	57
3.3 Прямой цикл Карно.....	61
3.4 Обобщённый (регенеративный) цикл Карно.....	64
3.5 Обратный цикл Карно.....	66
3.6 Изменение энтропии в неравновесных процессах.....	69
3.7 Статистическое толкование второго закона термодинамики.....	72
3.8 Эксергия.....	74
3.9 Контрольные вопросы и задачи практики.....	77

4 Основные термодинамические процессы в газах, парах и их смесях.....	78
4.1 Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах.....	78
4.2 Термодинамические процессы реальных газов.....	88
4.3 Смеси идеальных газов.....	99
4.4 Влажный воздух.....	103
4.5 Контрольные вопросы и задачи практики.....	105
5 Особенности термодинамики открытых систем.....	107
5.1 Уравнение первого закона термодинамики для потока.....	107
5.2 Истечение из суживающегося сопла.....	113
5.3 Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах.....	119
5.4 Расчёт процессов истечения с помощью h,s - диаграммы.....	122
5.5 Дросселирование газов и паров.....	123
5.6 Термодинамический анализ процессов в компрессорах.....	127
5.7 Эксергия потока рабочего тела.....	131
5.8 Контрольные вопросы и задачи практики.....	134
6 Циклы теплосиловых установок.....	136
6.1 Термодинамическая эффективность циклов теплосиловых установок.....	136
6.2 Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания.....	139
6.3 Циклы газотурбинных установок.....	143
6.4 Циклы паротурбинных установок.....	147
6.5 Парогазовые циклы.....	158
6.6 Контрольные вопросы и задачи практики.....	160
Часть вторая. Основы теории теплообмена	
7 Основные понятия и определения.....	162
7.1 Способы передачи теплоты.....	162
7.2 Количественные характеристики переноса теплоты	163
8 Теплопроводность.....	165
8.1 Основной закон теплопроводность.....	165
8.2 Коэффициент теплопроводности.....	166
8.3 Перенос теплоты теплопроводностью при стационарном режиме.....	167

8.4 Контрольные вопросы и задачи практики.....	179
9 Конвективный теплообмен (теплоотдача).....	180
9.1 Основной закон конвективного теплообмена.....	180
9.2 Пограничный слой.....	183
9.3 Понятие о методе анализа размерностей и теории подобия.....	188
10 Расчётные зависимости для определения коэффициентов теплоотдачи....	193
10.1 Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя.....	193
10.2 Теплоотдача при естественной конвекции.....	199
10.3 Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества.....	201
10.4 Ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи.....	206
10.5 Контрольные вопросы и задачи практики.....	206
11 Лучистый теплообмен.....	207
11.1 Описание процесса и основные определения.....	207
11.2 Теплообмен излучением системы тел в прозрачной среде.....	211
11.3 Использование экранов для защиты от излучения.....	215
11.4 Перенос лучистой энергии в поглощающейся и излучающей среде....	218
11.5 Контрольные вопросы и задачи практики.....	222
12 Теплопередача.....	223
12.1 Сложный теплообмен.....	223
12.2 Теплопередача между двумя жидкостями через разделяющую стенку.....	224
12.3 Интенсификация теплопередачи.....	230
12.4 Тепловая изоляция.....	232
12.5 Контрольные вопросы и задачи практики.....	236
13 Основы теплового расчёта теплообменных аппаратов.....	237
13.1 Типы теплообменных аппаратов.....	237
13.2 Расчётные уравнения.....	242
13.3 Учёт возможных отклонений реальных условий работы теплообменника от расчётных.....	247
13.4 Виды теплового расчёта теплообменников.....	248
13.5 Контрольные вопросы и задачи практики.....	252

14 Теплопроводность при нестационарном режиме.....	253
14.1 Расчёт нагрева и охлаждения термически тонких тел.....	253
14.2 Аналитическое решение нестационарных задач теплопроводности.....	254
14.3 Понятие о численных методах решения задач теплопроводности.....	262
Часть третья. Теплоэнергетические установки и промышленная теплоэнергетика.....	269
15 Виды и характеристики топлива.....	269
15.1 Состав и основные характеристики твёрдого топлива.....	269
15.2 Состав и основные характеристики жидкого топлива.....	273
15.3 Состав и основные характеристики газообразного топлива.....	275
15.4 Теплота сгорания топлива.....	277
15.5 Условное топливо. Приведённые характеристики.....	279
15.6 Классификация топлив.....	280
15.7 Контрольные вопросы и задачи практики.....	284
16 Расчёты процессов горения твёрдого, жидкого и газообразного топлива... ..	285
16.1 Количество воздуха, необходимого для горения. Теплота сгорания воздуха.....	285
16.2 Объёмы и состав продуктов сгорания.....	287
16.3 Энтальпия продуктов сгорания. H, t – диаграмма.....	288
16.4 Контрольные вопросы и задачи практики.....	291
17 Основы теории горения и организация сжигания топлив в промышленных условиях. Топочные устройства.....	293
17.1 Основы расчёта и основные параметры топочных устройств.....	293
17.2 Особенности сжигания газа.....	297
17.3 Горелки и топки для газообразного топлива и газообразных отходов производства.....	299
17.4 Форсунки и топки для жидкого топлива.....	303
17.5 Особенности сжигания твёрдых топлив.....	306
17.6 Контрольные вопросы и задачи практики.....	319
18 Котельные установки.....	322

18.1 Общие сведения.....	322
18.2 Паровой котёл и его основные элементы.....	322
18.3 Поверхности нагрева котла.....	329
18.4 Конструкции отечественных котлов.....	335
18.5 Тепловой баланс парового котла.....	342
18.6 Технологическая схема котельной установки.....	345
18.7 Контрольные вопросы и задачи практики.....	346
19 Вопросы эксплуатации котельных установок.....	347
19.1 Внутрикотловые процессы и водный режим парового котла.....	347
19.2 Коррозия поверхностей нагрева.....	350
19.3 Особенности эксплуатации котельных установок.....	351
19.4 Охрана окружающей среды от вредных выбросов котельных агрегатов.....	354
19.5 Контрольные вопросы и задачи практики.....	359
20 Паровые и газовые турбины.....	361
20.1 Действие рабочего тела на лопатки.....	361
20.2 Активные турбины.....	362
20.3 Реактивные турбины.....	366
20.4 Мощность и КПД турбины.....	369
20.5 Классификация турбин.....	369
20.6 Конденсационные устройства паровых турбин.....	371
20.7 Газотурбинные установки (ГТУ).....	373
20.8 Турборасширительные машины.....	378
21 Двигатели внутреннего сгорания.....	380
21.1 Общие сведения и классификация ДВС.....	380
21.2 Смесеобразование в ДВС. Применяемые топлива.....	384
21.3 Техничко-экономические показатели ДВС.....	388
21.4 Тепловой баланс ДВС.....	390
21.5 Токсичность выхлопных газов ДВС.....	391
21.6 Контрольные вопросы и задачи практики.....	394
22 Тепловые электрические станции.....	395

22.1 Общие сведения.....	395
22.2 Коэффициент полезного действия и тепловая схема паротурбинной конденсационной ТЭС (КЭС).....	396
22.3 Нагрузки ТЭС и технико-экономические показатели.....	400
22.4 Атомные электрические станции.....	404
22.5 Контрольные вопросы и задачи практики.....	407
23 Теоретические аспекты экологически чистой каталитической теплоэнергетики и конструкции каталитических реакторов-парогенераторов.....	409
23.1 Основные принципы работы каталитических реакторов-теплогенераторов.....	409
23.2 Магнитные эмиссионные селективные эффекты каталитических реакций беспламенного сжигания топлива.....	414
23.3 Конструкция энергетических каталитических реакторов.....	437
23.3.1 Энергетический каталитический реактор-парогенератор с кипящим слоем гранул катализатора.....	439
23.3.2 Конструкции энергетических каталитических реакторов-теплогенераторов с фиксированным катализатором и с полусферической лучистой инфракрасной теплопередачей	443
23.3.3 Конструкция энергетических каталитических реакторов-парогенераторов с лучистой полусферической инфракрасной теплопередачей	444
23.3.4 Конструкция мембранных энергетических каталитических реакторов-парогенераторов с инфракрасной двусторонней квазисферической теплопередачей	446
24 Теплоснабжение.....	450
24.1 Общие сведения.....	450
24.2 Теплоснабжение промышленных предприятий.....	451
24.3 Отопление.....	453
24.4 Вентиляция.....	462
24.5 Кондиционирование воздуха.....	465
24.6 Контрольные вопросы и задачи практики.....	473

25 Повышение эффективности использования топливозэнергетических ресурсов.....	475
25.1 Энергетический и эксергетический методы оценки несовершенства технологических процессов.....	475
25.2 Основные способы организации энергосберегающих технологий.....	476
25.3 Утилизация вторичных (побочных) энергоресурсов (ВЭР).....	480
25.4 Контрольные вопросы и задачи практики.....	485
Часть четвертая. Решение задач и ответы на вопросы.....	447
26 Задания к части 1 «Теоретические основы термодинамики».....	487
27 Задания к части 2 «Основы теории теплообмена».....	500
28 Задания к части 3 «Теплоэнергетические установки и промышленная теплоэнергетика».....	507
Список использованных источников.....	531