

ЗМІСТ

Передмова	7
Розділ 1. Термодинамічні характеристики речовин	9
1.1. Технічна термодинаміка	9
1.2. Параметри стану	9
1.3. Ідеальний газ. Закони ідеального газу	14
1.4. Газові суміші	17
1.5. Теплоємність	22
1.6. Термодинамічна система і термодинамічний процес	25
1.7. Оборотні і необоротні процеси	27
Приклади	32
Контрольні запитання	34
Розділ 2. Перший закон термодинаміки	35
2.1. Теплота. Еквівалентність теплоти і роботи	35
2.2. Внутрішня енергія і зовнішня робота	36
2.3. Рівняння першого закону термодинаміки	41
2.4. Ентальпія	43
2.5. Ентропія	46
Приклади	48
Контрольні запитання	50
Розділ 3. Основні термодинамічні процеси ідеальних газів	52
3.1. Ізохорний процес	52
3.2. Ізобарний процес	54
3.3. Ізотермний процес	57
3.4. Адіабатний процес	58
3.5. Політропний процес	62
Приклади	70
Контрольні запитання	75
Розділ 4. Термодинаміка потоку газів та парів	77
4.1. Рівняння першого закону термодинаміки для потоку	77
4.2. Швидкість звуку	86
4.3. Витікання газів і пари через сопла	90
4.4. Перехід через швидкість звуку. Сопло Лавалю	97
4.5. Дроселювання газів і парів. Ефект Джоуля–Томсона	102
4.6. Процеси стиснення в компресорі	109
Приклади	121
Контрольні запитання	128
Розділ 5. Другий закон термодинаміки	131
5.1. Цикли. Термічний коефіцієнт корисної дії. Джерела теплоти	131
5.2. Формулювання другого закону термодинаміки	137
5.3. Цикл Карно. Теорема Карно	138

5.4. Основні властивості оборотних і необоротних циклів	144
5.5. Об'єднане рівняння першого і другого законів термодинаміки	150
5.6. Поняття про термодинамічну шкалу температур	151
Приклади	154
Контрольні запитання	158
Розділ 6. Реальні гази. Водяна пара	160
6.1. Загальні властивості реальних газів	160
6.2. Фазова p-t-діаграма і потрійна точка	161
6.3. Загальна характеристика процесу пароутворення	164
6.4. Аналіз трьох стадій одержання перегрітої пари	169
6.4.1. Підігрів води до температури кипіння	169
6.4.2. Процес пароутворення	170
6.4.3. Стан вологої насиченої пари	172
6.4.4. Процес перегріву пари	173
6.5. S-i-діаграма водяної пари	175
6.6. Процеси зміни стану водяної пари (парові процеси)	177
6.6.1. Ізохорний процес ($v=\text{const}$)	178
6.6.2. Ізобарний процес ($p=\text{const}$)	179
6.6.3. Ізотермний процес ($T=\text{const}$)	180
6.6.4. Адіабатний процес ($q=0$)	182
6.7. Вологе повітря	183
Приклади	191
Контрольні запитання	196
Розділ 7. Загальні методи аналізу ефективності циклів теплових установок	198
7.1. Поняття про ексергію потоку і теплоти	198
7.2. Методи аналізу ефективності циклів теплових установок	200
7.3. Методи порівняння термічних ККД оборотних циклів	203
7.4. Аналіз необоротних циклів за допомогою коефіцієнтів корисної дії	205
7.5. Ексергетичний метод аналізу ефективності теплових установок	209
Приклади	216
Контрольні запитання	218
Розділ 8. Теплосилові парові цикли	219
8.1. Цикл Карно	219
8.2. Цикл Ренкіна	221
8.3. Цикл з проміжним перегрівом пари	226
8.4. Регенеративний цикл	228
8.5. Теплофікаційний цикл	231
8.6. Бінарні цикли	234
8.7. Цикл з ядерним реактором	237
8.8. Парогазовий цикл	240
Приклади	242
Контрольні запитання	243
Розділ 9. Методи прямого перетворення енергії	245
9.1. Хімічні методи перетворення енергії	245

9.2. Цикл термоелектричної установки	251
9.3. Цикл термоелектронного перетворювача енергії	255
9.4. Цикл магнітогідродинамічних (МГД) генераторних установок	259
Приклади	263
Контрольні запитання	264
Розділ 10. Холодильні цикли	265
10.1. Загальна характеристика холодильних циклів	265
10.2. Цикл повітряної холодильної установки	269
10.3. Цикл парокompресійної холодильної установки	271
10.4. Цикл пароежекторної холодильної установки	275
10.5. Цикл абсорбційної холодильної установки	279
10.6. Теплові насоси	282
10.7. Методи зрідження газів (глибоке охолодження)	285
10.8. Каскадне охолодження (метод Пікте)	287
10.9. Простий регенеративний цикл з ізоентальпійним розширенням газу (цикл Лінде) ...	289
10.10. Регенеративний цикл з ізоентропійним розширенням (цикл Клода)	291
10.11. Регенеративний цикл високого тиску з ізоентропійним розширенням (цикл Гейландта)	293
10.12. Регенеративний цикл з ізоентропійним розширенням низького тиску (цикл Капіці)	295
10.13. Цикл Стирлінга для зріджених газів	296
Приклади	297
Контрольні запитання	302
Розділ 11. Основи енерготехнології хімічної промисловості	304
11.1. Загальні відомості	304
11.2. Енергетичний баланс і ексергетичний ККД енергетичної системи і її елементів	307
11.3. Діаграма Грассмана-Шаргута	309
11.4. Види ексергії	312
11.5. Ексергетичні втрати	315
11.5.1. Втрати ексергії в теплообмінних апаратах $D_{те}$	315
11.5.2. Втрати ексергії в реакторах	317
11.5.3. Втрати ексергії при стисненні газів і рідин	317
11.5.4. Розширення газів і рідин	320
11.5.5. Аналіз процесу спалювання палива	321
11.6. Енерготехнологічні схеми використання палива	323
11.6.1. Енерготехнологічна схема з подальшою термообробкою	325
11.6.2. Енерготехнологічна схема виробництва етилену і пропілену	326
11.6.3. Схема установки по виробництву аміаку і метанолу	329
11.6.4. Схема нафтопереробного комплексу з ядерним реактором	331
11.6.5. Схема енерготехнологічного комплексу з ядерним реактором	333
11.7. Особливості енерготехнологічного використання тепла	334
11.8. Аналіз циклу Ренкіна з врахуванням втрат від необоротності	335

Приклади	338
Контрольні запитання	343
Розділ 12. Вторинні енергоресурси (ВЕР) та енерготехнологічне комбінування	344
12.1. Загальні відомості	344
12.2. Класифікація вторинних ресурсів	345
12.3. Джерела вторинних енергоресурсів	347
12.4. Обладнання для використання теплових ВЕР	351
12.5. Використання низькопотенціальних теплових ВЕР	355
12.5.1. Теплозабезпечення	355
12.5.2. Виробництво електроенергії з відпрацьованої пари	356
12.5.3. Комбіноване використання відпрацьованої пари	357
12.5.4. Одержання холоду	358
12.5.5. Використання теплоти виробничої води	360
12.5.6. Агротеплофікація	361
12.5.7. Виробництво електроенергії з відпрацьованої води	361
12.5.8. Використання низькотемпературних продуктів горіння	363
12.6. Використання фізичної теплоти технологічних продуктів	363
12.7. Використання фізичної теплоти технологічних потоків у виробництві сірчаної кислоти	365
12.8. Утилізація теплоти продуктів піролізу у виробництві етилену	367
Приклади	368
Контрольні запитання	374
Розділ 13. Паливо. Основи горіння та організація спалювання палива	375
13.1. Сучасний стан та перспективи розвитку енергетичних ресурсів України	375
13.2. Види та характеристики палива	378
13.2.1. Тверде та рідке паливо	379
13.2.2. Газоподібне паливо	382
13.2.3. Технічні характеристики палива	383
13.3. Елементи теорії горіння та організація спалювання палива	385
13.3.1. Гомогенне горіння. Горіння газоподібного палива	385
13.3.2. Горіння рідкого палива	388
13.3.3. Гетерогенне горіння	389
13.4. Розрахунки процесів горіння палива	391
13.4.1. Розрахунки витрат повітря на спалювання 1 кг палива	391
13.4.2. Склад та об'єм продуктів згоряння 1 кг палива	393
13.4.3. Ентальпія продуктів згоряння	397
13.5. Види пристроїв для спалювання палива	397
13.5.1. Спалювання твердого палива у факелі	399
13.5.2. Спалювання мазуту та газу в топках	400
Приклади	403
Контрольні запитання	406
Література	408
Додаток	409