

Н.В. Зарубина Н.Б. Карницкий

Турбинные установки ТЭС и АЭС

**Устройство, эксплуатация
и ремонт**

Для студентов учреждений высшего образования

Оглавление

СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
РАЗДЕЛ 1. КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ	6
Глава 1. Основные понятия о паро- и газотурбинных установках	6
1.1. Назначение турбин	6
1.2. Классификация паровых турбин	10
Глава 2. Конструкция и принцип действия турбинной ступени	12
2.1. Характеристики турбинных решеток	13
2.2. Число Маха	14
Глава 3. Основы газодинамики пара при течении через каналы турбинных решеток	16
3.1. Основные уравнения течения сжимаемой жидкости	16
3.2. Характеристики режима истечения пара из сопл	19
3.3. Сверхзвуковое обтекание турбинных решеток	21
3.4. Потери энергии при течении пара в каналах турбинных решеток	22
3.4.1. Потери в сопловых каналах	22
3.4.2. Потери в каналах рабочих лопаток	23
3.5. Виды турбинных ступеней	24
3.5.1. Активная ступень	24
3.5.2. Реактивная ступень	29
3.5.3. Радиальные и радиально-осевые ступени	33
3.5.4. Двухвенечная ступень	34
3.5.5. Ступени большой веерности	35
3.6. Парциальный подвод пара к ступени	37
3.7. Потери энергии в турбинной ступени	38
3.8. Относительный лопаточный КПД ступени	42
Глава 4. Многоступенчатые паровые турбины	43
4.1. Схемы проточной части многоступенчатых турбин	43
4.2. Потери энергии в турбине	44
4.3. Процесс расширения пара в многоступенчатой турбине в h,s -диаграмме	47
4.4. КПД паровых турбин	48
4.5. Осевые усилия в паровой турбине	49
4.6. Предельная мощность турбин	52
Глава 5. Конструкции узлов и деталей паровых турбин	53
5.1. Корпус турбины	53
5.2. Тепловые расширения и крепления корпусов	61
5.3. Детали статора	63
5.4. Роторы турбин	72

5.5. Подшипники турбин	84
5.6. Валооборотные устройства	88
Глава 6. Конденсационные турбины	90
6.1. Классификация конденсационных турбин	90
6.2. Турбины для привода питательных насосов	110
6.3. Расчет расхода пара через турбину	116
Глава 7. Теплофикационные турбины	117
7.1. Типы теплофикационных турбин	117
7.2. Показатели тепловой экономичности теплофикационных турбин	118
7.3. Расчет расхода пара через теплофикационную турбину	119
7.4. Особенности конструкций теплофикационных турбин	120
7.5. Турбины с противодавлением	126
Глава 8. Турбины АЭС	137
8.1. Конструктивные особенности турбин большой мощности	138
8.2. Работа турбин на радиоактивном паре	145
8.3. Предельная мощность турбин АЭС	147
8.4. Конструкции некоторых турбин АЭС	148
8.4.1. Турбина насыщенного пара К-220-44 АЭС	148
8.4.2. Турбина насыщенного пара К-1000-60/1500-2 АЭС	153
8.4.3. Турбина К-1200-6,5/1500	159
8.4.4. Турбина К-1200-6,8/3000	164
Глава 9. Вспомогательное оборудование паротурбинной установки	169
9.1. Конструкция и принцип действия конденсаторов	169
9.2. Тепловой расчет конденсаторов	176
9.3. Воздухоудаляющие устройства	177
9.4. Питательные насосы	184
9.5. Конденсатные насосы	191
9.6. Циркуляционные насосы	196
9.7. Деаэраторы	201
9.8. Регенеративные и сетевые подогреватели	210
Глава 10. Регулирование и защита паровых турбин	219
10.1. Регулирование паровых турбин	219
10.1.1. Схемы непрямого регулирования	222
10.1.2. Датчики систем автоматического регулирования	230
10.2. Защиты паровых турбин	231
Глава 11. Маслосистема турбоагрегата	237
11.1. Оборудование маслосистемы	237
11.2. Система уплотнений вала генератора с водородным охлаждением	243
11.3. Огнестойкие жидкости для систем маслоснабжения и регулирования	244
Глава 12. Газотурбинные установки	245
12.1. Назначение и особенности газотурбинной установки	245
12.2. Схемы газотурбинных установок	246

12.3. Парогазовые установки	249
12.4. Особенности конструкций газовых турбин	253
РАЗДЕЛ 2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ	257
Глава 13. Организационные требования к эксплуатации турбинного оборудования согласно ПТЭ	257
13.1. Права, обязанности и ответственность эксплуатационного персонала	258
13.2. Подготовка эксплуатационного персонала	260
13.3. Деревья оценки технологической ситуации	261
13.4. Организация рабочего места.	262
Глава 14. Пуск и останов паровой турбины	263
14.1. Пуск турбоустановки	263
14.2. Особенности пуска блочных установок	267
14.3. Методы ускорения пусков турбины.	273
14.4. Останов паровых турбин	274
14.5. Остывание турбины	278
Глава 15. Обслуживание работающей турбины	280
15.1. Задачи эксплуатации турбины	280
15.2. Оптимальное распределение нагрузок между работающими турбоагрегатами.	281
15.3. Нестационарные режимы работы турбин	282
15.4. Выбор системы парораспределения	287
15.5. Работа турбины с постоянным начальным давлением.	289
15.6. Работа турбины со скользящим начальным давлением.	290
15.7. Диаграмма режимов турбин	293
15.8. Работа турбины в режиме ухудшенного вакуума.	295
15.9. Работа турбины с частично отключенной регенерацией.	296
15.10. Прохождение минимальных и пиковых нагрузок энергосистемы.	296
15.11. Работа двух блоков, соединенных перепускными трубопроводами	300
15.12. Влияние изменения параметров пара на работу турбины	300
15.13. Параллельная работа турбогенераторов	302
15.14. Вибрационное состояние турбоагрегата.	304
15.15. Солевой занос проточной части турбины	312
Глава 16. Эксплуатация вспомогательного оборудования турбоустановки.	315
16.1. Эксплуатация конденсационной установки	315
16.2. Эксплуатация регенеративных и сетевых подогревателей	320
16.3. Эксплуатация деаэраторов	325
16.4. Эксплуатация насосов	328
16.5. Эксплуатация масляной системы	333
16.6. Эксплуатация системы регулирования паровых турбин	336
16.7. Эксплуатация системы защиты турбоагрегата.	338
Глава 17. Особенности эксплуатации турбин АЭС	340
17.1. Пусковые схемы блоков АЭС	340
17.2. Тепловое состояние турбоустановки АЭС	341
17.3. Пуск блоков АЭС	343

17.4. Особенности работы атомных ТЭЦ и атомных станций теплоснабжения . . .	347
17.5. Показатели тепловой экономичности турбоустановок АТЭЦ	351
17.6. Графики тепловых нагрузок АТЭЦ и АСТ	353
17.7. Режимы работы агрегатов АТЭЦ и АСТ	354
РАЗДЕЛ 3. РЕМОНТ ТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.	356
Глава 18. Организация ремонта турбинного оборудования.	356
18.1. Основные показатели надежности энергетического оборудования	357
18.2. Система планирования и управления ремонтом	360
18.3. Вывод турбины в ремонт	367
18.4. Основные методы контроля металла, применяемые при ремонте турбинного оборудования	371
Глава 19. Ремонт турбины	372
19.1. Ремонт статора турбины	372
19.2. Ремонт покоробленных корпусов	377
19.3. Нормализация тепловых расширений цилиндров турбины	385
19.4. Ремонт диафрагм и обойм.	387
19.5. Ремонт подшипников	389
19.6. Проверка осевого разбега ротора	396
19.7. Ремонт ротора турбины	397
19.8. Центровка турбины	408
19.9. Проверка зазоров в проточной части и уплотнениях	413
19.10. Сборка и закрытие турбины	415
Глава 20. Ремонт системы регулирования и парораспределения	416
20.1. Ремонт системы парораспределения.	416
20.2. Ремонт системы регулирования.	418
20.3. Очистка маслосистемы	420
20.4. Ремонт маслоохладителей.	420
Глава 21. Ремонт вспомогательного оборудования турбоустановки	421
21.1. Ремонт насосов	421
21.2. Ремонт конденсаторов.	422
21.3. Ремонт регенеративных и сетевых подогревателей	423
21.4. Ремонт деаэраторов	424
21.5. Приемка турбинной установки из капитального ремонта	425
ЛИТЕРАТУРА	426