



**С.В.Цанев, В.Д.Буров,
А.С.Земцов, А.С.Осыка**

ГАЗОТУРБИННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Учебное пособие для вузов

Под редакцией проф. Бурова В.Д.
3-е издание, переработанное и дополненное;

Допущено Учебно-методическим объединением вузов России
по образованию в области энергетики и электротехники
в качестве учебного пособия для студентов вузов,
обучающихся по направлению подготовки
"Теплоэнергетика"



523(5)

Москва

Издательский дом МЭИ

2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
Глава первая. Тепловые схемы, термодинамические циклы и характеристики газотурбинных установок	22
1.1. Общие положения	22
1.2. Энергетические газотурбинные установки с реальным разомкнутым циклом. Конструктивные схемы, характеристики циклов и их анализ	28
1.3. Характеристики термодинамического цикла и тепловых схем ГТУ с регенерацией и промежуточным охлаждением воздуха. Карнотизация цикла Брайтона	41
1.4. Изменение характеристик энергетических ГТУ под влиянием внешних и внутренних параметров рабочего тела	48
1.5. Газотурбинные энергетические установки с замкнутым циклом	49
Контрольные вопросы	50
Глава вторая. Осевые компрессоры энергетических ГТУ	51
2.1. Общие положения	51
2.2. Конструктивная схема и устройство осевого компрессора	56
2.3. Характеристики ступеней проточной части и их показатели	60
2.4. Многоступенчатые компрессоры. Особенности конструкции, процесс сжатия воздуха и параметры рабочего тела	65
2.5. Характеристики многоступенчатых осевых компрессоров. Режимы работы ..	70
2.6. Помпаж в осевом компрессоре ГТУ. Антипомпажные системы	74
Контрольные вопросы	79
Глава третья. Камеры сгорания энергетических ГТУ	80
3.1. Виды сжигаемого в камерах сгорания топлива. Характеристики, особенности топлива и предъявляемые к нему требования	80
3.2. Назначение камер сгорания энергетических ГТУ и основные требования к их работе	83
3.3. Типы камер сгорания и их конструктивные схемы. Особенности сжигания топлива	91
3.3.1. Двухступенчатые КС фирмы General Electric	101
3.3.2. Камеры сгорания и горелки других фирм-производителей	104
3.4. Тепловой расчет камеры сгорания энергетической ГТУ	110
3.5. Камеры дожигания топлива в среде выходных газов ГТУ	113
3.6. Газодожимные компрессоры топливного газа	115
3.6.1. Винтовые газодожимные компрессоры	119
3.6.2. Процесс сжатия	121
3.6.3. Регулирование подачи винтового ГДК	122
3.6.4. Методика расчета винтового ГДК	122
3.6.5. Поршневые газодожимные компрессоры	124
Контрольные вопросы	127
Глава четвертая. Газовые турбины энергетических ГТУ	128
4.1. Газовая турбина — тепловой двигатель энергетической ГТУ. Основные положения	128

4.2. Конструктивные схемы и особенности технологического процесса газовых турбин. Начальные параметры газов	130
4.3. Проточная часть и элементы конструкции газовой турбины. Процессы расширения газов в газовой турбине	139
4.4. Охлаждение деталей газовых турбин	153
4.5. Влияние системы охлаждения газовой турбины цикловым воздухом компрессора на цикл Брайтона	169
Контрольные вопросы	173
Глава пятая. Эксплуатация и техническое обслуживание энергетических ГТУ ...	174
5.1. Общие сведения	174
5.2. Блочные системы энергетических ГТУ	175
5.2.1. Система топливоподачи ГТУ	175
5.2.2. Система маслоснабжения ГТУ	177
5.2.3. Антипомпажная система компрессора ГТУ	180
5.2.4. Комплексное воздухоочистительное устройство ГТУ	180
5.2.5. Антиобледенительная система	182
5.2.6. Система управления входным направляющим аппаратом компрессора ГТУ	183
5.3. Общестанционные системы газотурбинных электростанций	184
5.3.1. Система пожаротушения	184
5.3.2. Топливное хозяйство	185
5.3.3. Система технического водоснабжения	186
5.4. Пускоостановочные режимы работы и нагружение энергетических ГТУ ...	186
5.4.1. Примеры пуска и нагружения энергетических ГТУ	192
5.4.2. Останов энергетических ГТУ	199
5.5. Техническое обслуживание энергетических ГТУ (российский и зарубежный опыт)	201
5.5.1. Техническое обслуживание энергетических ГТУ по методике фирмы Siemens	201
5.5.2. Периодичность работ по уровням ТО	202
5.5.3. Техническое обслуживание энергетических ГТУ по методике фирмы General Electric (США)	203
5.5.4. Основные факторы, влияющие на техническое обслуживание и срок службы оборудования энергетической ГТУ	205
5.5.5. Коррозия и эрозия элементов проточной части энергетической ГТУ ..	214
5.5.6. Интервалы между инспекциями ГТУ	217
5.6. Сервисное обслуживание энергетических ГТУ	218
5.7. Диагностика и мониторинг современных энергетических ГТУ	223
5.8. Определение выбросов вредных веществ с выходными газами энергетических ГТУ	227
5.9. Защита от шумового воздействия энергетических ГТУ в процессе их эксплуатации	231
Контрольные вопросы	239
Глава шестая. Переменные режимы работы энергетических ГТУ	240
6.1. Общие положения	240
6.2. Статические характеристики энергетических ГТУ	242
6.3. Расчет тепловой схемы энергетической ГТУ в нерасчетном режиме (основные положения)	246
6.4. Способы изменения электрической нагрузки энергетической ГТУ в зависимости от конструктивной схемы установки	257
6.4.1. Одновалные ГТУ простой схемы	257

6.4.2. Многовальные ГТУ	264
6.4.3. Режимы работы ГТУ в зависимости от характеристик топлива	265
6.5. Влияние параметров наружного воздуха на характеристики энергетических ГТУ	266
6.6. Стабилизация температуры воздуха перед компрессором энергетической ГТУ	276
6.6.1. Нагрев и охлаждение циклового воздуха	276
6.6.2. Впрыск воды (пара) в энергетических ГТУ	278
6.7. Системы автоматического регулирования энергетических ГТУ	285
Контрольные вопросы	301
Глава седьмая. Особенности конструкций и характеристик российских и зарубежных энергетических ГТУ	302
7.1. Общие сведения	302
7.2. Конверсионные ГТУ	304
7.2.1. Применение авиационных газотурбинных двигателей в энергетике ...	304
7.2.2. Исполнение, работа, обслуживание и особенности эксплуатации конверсионных ГТУ на примере ГТД фирмы General Electric	307
7.3. Стационарные ГТУ средней и большой мощности российского производства	311
7.4. Характеристики зарубежных ГТУ различных типов	321
7.4.1. ГТУ фирмы Siemens	321
7.4.2. ГТУ фирмы Ansaldo и GE (Alstom)	349
7.4.3. ГТУ фирмы General Electric (США)	357
7.4.4. ГТУ фирмы Kawasaki	377
7.4.5. ГТУ фирмы Pratt & Whitney	380
7.5. Микротурбинные ГТУ	383
7.6. Компонировка главного корпуса газотурбинной электростанции	387
Контрольные вопросы	390
Заключение	391
Первичные источники энергии для электростанций	399
Невозобновляемые источники	399
Альтернативные источники	401
Приложения	407
Приложение 1	407
Приложение 2	408
Приложение 3	411
Приложение 4	415
Приложение 5	419
Предметный указатель	420