

Я. И. ШНЕЭ

ГАЗОВЫЕ
ТУРБИНЫ

МАШГИЗ

Я. И. ШНЕЭ

ГАЗОВЫЕ ТУРБИНЫ

(теория и конструкция)

*Допущено Министерством высшего
и среднего специального образования РСФСР
в качестве учебного пособия
для высших технических учебных заведений*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва 1960

В книге изложены основные теоретические сведения, необходимые для расчета и проектирования газовых турбин и газотурбинных установок в целом.

Рассматриваются особенности работы и расчета газотурбинных установок на переменном режиме, расчета проточных частей газовых турбин, приведены прочностные расчеты элементов газотурбинных установок, применяемые материалы, конструкции и технология изготовления отдельных узлов.

Выбраны также схемы и конструкции газотурбинных установок применительно к различным отраслям народного хозяйства.

Книга является учебным пособием для политехнических и энергетических вузов и может быть полезной для инженерно-технических работников.

Р е ц е н з е н т ы : Кафедра Турбостроения ленинградского политехнического института им. Калинина (зав. кафедрой д-р техн. наук **С. А. Кантор**).

А. В. Щегляев д-р техн. наук

Редактор канд. техн. наук М. С. Шапиро

Редакция литературы общетехнической и по транспортному машиностроению

Зав. редакцией инж. А. П. КОЗЛОВ

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие.....	3
Глава I. Основные сведения о развитии газотурбинных установок.....	5
§ 1. Исторические предпосылки развития газовой турбины.....	5
§ 2. Схемы газотурбинных установок	7
Глава II. Циклы газотурбинных установок.....	19
§ 3. Циклы с подводом тепла при постоянном давлении.....	20
§ 4. Циклы с подводом тепла при постоянном объеме.....	40
§ 5. Циклы с подводом тепла при постоянной температуре.....	49
§ 6. Циклы со ступенчатым сгоранием и ступенчатым сжатием.....	52
§ 7. Термодинамический анализ циклов газовых турбин, выполненных с использованием тепла отходящих газов.....	63
§ 8. Эффективный к. п. д. ГТУ	89
§ 9. Циклы, осуществленные с одноступенчатым ротором	90
§ 10. Схемы ГТУ с внешним обогревом рабочего тела и схемы с вакуумом на входе в компрессор	94
§ 11. Циклы с использованием тепла отходящих газов в паротурбинных установках	96
§ 12. Циклы ГТУ с применением в качестве рабочего тела водяного пара.....	100
Глава III. Тепловой расчет газотурбинной установки.....	103
§ 13. Теплоемкости воздуха и продуктов сгорания.....	103
§ 14. Построение тепловой диаграммы и метод расчета процесса в ГТУ.....	106
§ 15. Термодинамические свойства природного газа и других горючих газов	113
Глава IV. Работа газотурбинной установки при нерасчетном режиме.....	117
§ 16. Элементы теории гидродинамического подобия применительно к турбомашинам	117
§ 17. Подобные режимы работы турбины	122
§ 18. Учет влияния изменения параметров наружного воздуха.....	130
§ 19. Расчет проточной части турбины на промежуточный режим.....	136
§ 20. Приближенные методы определения изменения расхода через турбину при частичной нагрузке.....	148
§ 21. Расчет газотурбинных установок при частичных нагрузках	151
§ 22. Анализ работы газотурбинных установок при переменном режиме.....	161
Глава V. Охлаждение деталей газовых турбин	195
§ 23. Снижение температуры за счет впрыска воды.....	196
§ 24. Отвод тепла от лопаток через диск.....	198
§ 25. Охлаждение диска.....	201
§ 26. Определение переходного термического сопротивления на участке хвостового соединения рабочих лопаток	204
§ 27. Снижение температуры лопаток непосредственным охлаждением.....	208
Глава VI. Особенности течения газа в лопаточном аппарате газовой турбины.....	227
§ 28. Геометрические характеристики решеток	227
§ 29. Концевые потери	238
§ 30. Потери в ступени турбины	242
§ 31. Связь к. п. д. ступени с к. п. д. турбины.....	250
§ 32. Особенности течения газа через ступень газовой турбины.....	254
§ 33. Искривление меридиональной траектории потока.....	293
§ 34. Ступень с постоянной реакцией.....	297
§ 35. Результаты опытного исследования к. п. д. ступени.....	303

Глава VII. Материалы, применяемые в газовых турбинах, и особенности расчетов на прочность в условиях повышенных температур.....	308
§ 36. Ползучесть металлов и сплавов.....	308
§ 37. Жаростойкость материалов и влияние химического состава рабочего тела на свойства материалов	313
§ 38. Влияние физических свойств материала на условия работы деталей ГТУ.....	315
§ 39. Дополнительные характеристики материалов и соображения о выборе материалов	317
§ 40. Материалы, применяемые в газовых турбинах.....	321
§ 41. Расчет напряжений с учетом ползучести материала	329
Глава VIII. Теплообменные аппараты	345
§ 42. Общие представления	345
§ 43. Расчетные формулы для регенератора.....	350
§ 44. Выбор оптимальных скоростей движения теплоносителей.....	359
§ 45. Изменение степени регенерации при переменном режиме работы ГТУ.....	363
§ 46. Конструкции регенераторов	366
§ 47. Воздухоохладители	378
Глава IX. Процессы горения и камеры сгорания.....	381
§ 48. Уравнения материального и теплового баланса.....	381
§ 49. Процессы горения	385
§ 50. Распыл жидкого топлива	393
§ 51. Потери в камерах сгорания	399
§ 52. Конструкции камер сгорания для работы на жидком и газообразном топливе.....	403
§ 53. Сжигание твердого топлива в ГТУ.....	409
Глава X. Газотурбинные установки в различных областях техники.....	417
§ 54. Газотурбинные установки для электростанций.....	418
§ 55. Газотурбинные установки, работающие по замкнутой и полужамкнутой схеме.....	471
§ 56. Газотурбинные установки с использованием атомной энергии.....	488
§ 57. Передвижные газотурбинные электростанции	493
§ 58. Газотурбинные локомотивы	496
§ 59. Газотурбинные установки в военно-морском флоте.....	503
§ 60. Газотурбинные агрегаты для нефтеперегонных заводов и химического производства	526
§ 61. Газовая турбина в доменном производстве	534
§ 62. Комбинированные схемы газотурбинных установок с дизель-компрессорами.....	542
Приложения.....	548
Литература	557

Яков Исидорович Ш н е э

ГАЗОВЫЕ ТУРБИНЫ

Редактор издательства *Б. Б. Быстрицкая* Технический редактор *Б. И. Моде.*
Корректор *Е. А. Шикунова*

Сдано в производство 12/V 1960 г. Подписано к печати 4/X 1960 г. Т-1066,
Тираж 12000 экз. Печ. л. 51,38 (7 вклеек). Уч.-изд. л. 47,5. Бум. л. 18,75
Формат 70x108^{1/16} Зак. 159

Типография № 6 УПП Ленсовнархоза, Ленинград, ул. Мэисенко, 10