

УДК 621.4-62-135: 621.7.036: 621.438
ББК 31.363
М69

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://bmstu.press/catalog/item/6625/>

Факультет «Энергомашиностроение»
Кафедра «Газотурбинные и нетрадиционные энергоустановки»

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н. Э. Баумана в качестве учебного пособия*

Михальцев, В. Е.

М69 Теория и проектирование газовой турбины : учебное пособие / В. Е. Михальцев, В. Д. Моляков ; под ред. А. Ю. Вараксина. — Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. — 230, [2] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-5164-7

Приведены методы расчета и проектирования турбин в составе современных и перспективных авиационных, стационарных, транспортных газотурбинных двигателей и комбинированных установок.

Показаны методы оптимизации ступеней турбин и многоступенчатых турбин в целях получения максимального значения КПД в рамках заложенных ограничений по массе, размерам, числу ступеней в зависимости от места расположения турбины в составе газотурбинных двигателей.

Рассмотрены методы определения потерь энергии и характеристик турбин в составе авиационных, энергетических, транспортных и комбинированных двигателей на различных режимах работы.

Для студентов 4–6 курсов специальностей «Авиационные газотурбинные двигатели», «Стационарные и транспортные двигатели на базе авиационных двигателей» и «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии».

УДК 621.4-62-135: 621.7.036: 621.438
ББК 31.363



Уважаемые читатели! Пожелания, предложения, а также сообщения о замеченных опечатках и неточностях Издательство просит направлять по электронной почте: info@baumanpress.ru

ISBN 978-5-7038-5164-7

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020

Оглавление

| | |
|---|-----------|
| Предисловие | 3 |
| Принятые сокращения и обозначения | 5 |
| Глава 1. Расчет параметров газотурбинных двигателей и определение исходных параметров узлов для дальнейшего проектирования | 6 |
| 1.1. Выбор исходных значений КПД и коэффициентов, характери- зующих потери по тракту газотурбинного двигателя | 6 |
| 1.2. Определение параметров газа по тракту газотурбинного двигателя ... | 9 |
| 1.2.1. Параметры на входе в компрессор | 9 |
| 1.2.2. Параметры компрессора | 10 |
| 1.2.3. Параметры турбины | 13 |
| 1.3. Определение экономичности, удельной мощности газотурбинных двигателей и удельной силы тяги воздушно-реактивных двигателей | 18 |
| 1.3.1. Относительный расход топлива | 18 |
| 1.3.2. Удельные энергетические параметры газотурбинных двигателей и воздушно-реактивных двигателей | 20 |
| 1.3.3. Экономичность | 40 |
| 1.4. Определение расхода воздуха и топлива в газотурбинном двигателе | 42 |
| 1.5. Выбор оптимальной степени повышения давления в компрессоре газотурбинного двигателя | 43 |
| 1.6. Выбор частоты вращения и диаметра турбины | 45 |
| 1.6.1. Выбор частоты вращения по площади за турбиной | 45 |
| 1.6.2. Выбор частоты вращения по относительной длине лопаток | 47 |
| Вопросы и задания для самопроверки | 48 |
| Глава 2. Теория и проектирование ступени газовой турбины | 50 |
| 2.1. Особенности конструкции газовой турбины. Основные требования к ним | 50 |
| 2.2. Техническое задание на проектирование газовой турбины | 56 |
| 2.3. Удельные параметры турбины | 59 |
| 2.4. Основные параметры процесса течения газа в каналах лопаточных аппаратов | 65 |
| 2.4.1. Идеальное истечение | 65 |
| 2.4.2. Истечение с потерями | 69 |
| 2.4.3. Соотношение работы трения и потери кинетической энергии при истечении с трением | 73 |
| 2.5. Параметры газа в ступени и работа на окружности колеса | 74 |
| 2.5.1. Работа и коэффициент полезного действия | 74 |
| 2.5.2. Потери от перетекания газов в радиальный зазор | 80 |

| | |
|---|------------|
| 2.5.3. Потери на трение диска и вентиляцию газа внутри каналов рабочих лопаток (для парциальной турбины) | 82 |
| 2.5.4. Дополнительные потери при определении полезной мощности | 84 |
| 2.6. Зависимость коэффициента полезного действия и удельных параметров ступени от окружной скорости | 85 |
| 2.7. Выбор частоты вращения ротора, основных размеров и формы меридионального сечения проточной части турбины | 90 |
| 2.7.1. Максимальная частота вращения ротора турбины | 91 |
| 2.7.2. Оптимальная окружная скорость в турбине | 93 |
| 2.7.3. Основные размеры и форма меридионального сечения проточной части турбины | 95 |
| 2.8. Профилирование лопаток по радиусу | 100 |
| 2.8.1. Необходимость профилирования лопаток | 100 |
| 2.8.2. Профилирование по радиусу при постоянной циркуляции ... | 101 |
| 2.8.3. Профилирование по радиусу при постоянном угле выхода из соплового аппарата | 108 |
| 2.9. Построение профилей сопловых и рабочих лопаток | 110 |
| 2.10. Порядок расчета проточной части | 116 |
| Вопросы и задания для самопроверки | 124 |
| Глава 3. Теория и проектирование многоступенчатой газовой турбины | 125 |
| 3.1. Потери в каналах проточной части | 125 |
| 3.2. Радиальные турбины | 134 |
| 3.2.1. Особенности расчета радиальных турбин | 134 |
| 3.2.2. Работа и КПД на окружности колеса радиальной турбины. Последовательность расчета центростремительной турбины | 140 |
| 3.3. Многоступенчатая турбина | 149 |
| 3.3.1. Турбины со ступенями скорости | 149 |
| 3.3.2. Турбины со ступенями давления | 154 |
| 3.3.3. Расчет диффузора | 165 |
| 3.3.4. Предварительный учет влияния охлаждения турбины | 168 |
| 3.3.5. Метод проектирования турбин на различных рабочих телах ... | 188 |
| 3.4. Лабиринтные уплотнения | 189 |
| 3.5. Осевое усилие, действующее на ротор турбины | 193 |
| 3.6. Переменный режим и характеристики турбины | 194 |
| 3.6.1. Истечение из сопл на переменном режиме | 194 |
| 3.6.2. Влияние внешних параметров на мощность турбины | 200 |
| 3.6.3. Порядок расчета параметров турбины на переменном режиме | 208 |
| 3.6.4. Виды характеристик | 211 |
| 3.6.5. Влияние отклонений от условий подобия на характеристики | 216 |
| Вопросы и задания для самопроверки | 220 |
| Приложения | 222 |
| Литература | 227 |