




В. Д. ГАЛДИН

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ  
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

 «Инфра-Инженерия»

**В. Д. Галдин**

# **ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Учебное пособие

Москва Вологда  
«Инфра-Инженерия»  
2024

УДК 621.311.22

ББК 31.37

Г15

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор (ОмГУПС) *В. Р. Ведрученко;*

д-р техн. наук, профессор (ОмГАУ) *П. А. Лисин*

**Галдин, В. Д.**

**Г15** Термодинамические циклы теплоэнергетических установок : учебное пособие / В. Д. Галдин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 116 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9729-1611-5

Рассмотрены основные понятия и законы термодинамики, термодинамические процессы изменения состояния идеального газа, воды и водяного пара. Представлены циклы паросиловых и газотурбинных установок, поршневых двигателей внутреннего сгорания. Приведены схемы парогазовой установки и установки для комплексного производства теплоты и твердого диоксида углерода. Приведены примеры расчета теплоэнергетических установок и их элементов.

Для студентов бакалавриата и магистратуры по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» при выполнении практических занятий, курсового проектирования и самостоятельной работы по дисциплине «Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок».

УДК 621.311.22

ББК 31.37

ISBN 978-5-9729-1611-5

© Галдин В. Д., 2024

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2024

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| <b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....   | 5  |
| <b>1. ТЕРМОДИНАМИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК</b> .....  | 6  |
| 1.1. Основные понятия и законы термодинамики .....  | 6  |
| 1.2. Термодинамические процессы изменения состояния<br>идеального газа .....                                  | 9  |
| 1.3. Термодинамические свойства воды и водяного пара.....   | 13 |
| 1.3.1. Термодинамические свойства паров.....  | 13 |
| 1.3.2. Водяной пар. Парообразование при постоянном давлении.....  | 14 |
| 1.3.3. Таблицы и диаграммы для воды и водяного пара .....   | 15 |
| 1.3.4. Основные термодинамические процессы водяного пара.....   | 20 |
| Контрольные вопросы.....  | 23 |
| <b>2. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ<br/>ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК</b> .....  | 24 |
| 2.1. Схема тепловой электрической станции .....   | 24 |
| 2.2. Схема котельной установки .....  | 27 |
| 2.3. Тепловые схемы теплогенерирующих установок .....   | 32 |
| 2.3.1. Принципиальная тепловая схема производственно-<br>отопительной теплогенерирующей установки .....       | 32 |
| 2.3.2. Принципиальная тепловая схема отопительной<br>теплогенерирующей установки с водогрейными котлами ..... | 35 |
| 2.4. Паросиловые установки.....   | 37 |
| 2.4.1. Цикл паросиловой установки – цикл Ренкина .....  | 37 |
| 2.4.2. Цикл паротурбинной установки с регенерацией .....  | 41 |
| 2.4.3. Цикл паротурбинной установки с промежуточным<br>перегревом пара .....                                  | 42 |
| 2.4.4. Теплофикационный цикл паросиловой установки .....  | 44 |
| 2.5. Газотурбинные установки .....  | 45 |
| 2.5.1. Цикл с подводом теплоты при постоянном давлении .....  | 46 |
| 2.5.2. Цикл с подводом теплоты при постоянном объеме.....   | 47 |
| 2.5.3. Цикл с регенерацией теплоты.....   | 49 |
| 2.6. Поршневые двигатели внутреннего сгорания .....   | 51 |
| 2.6.1. Цикл двигателя с изохорным подводом теплоты .....  | 52 |
| 2.6.2. Цикл двигателя с изобарным подводом теплоты.....   | 56 |
| 2.6.3. Цикл двигателя со смешанным подводом теплоты .....   | 60 |
| 2.6.4. Цикл турбопоршневого двигателя .....   | 63 |
| 2.7. Комбинированные силовые установки.....   | 64 |
| 2.7.1. Парогазовая установка .....  | 64 |
| 2.7.2. Установка для комплексного производства теплоты<br>и твердого диоксида углерода .....                  | 65 |
| Контрольные вопросы.....  | 68 |

|   |            |
|---|------------|
| <b>3. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ И ЭЛЕМЕНТОВ</b>                  |            |
| <b>ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК .....</b>                       | <b>69</b>  |
| 3.1. Расчет паросиловых установок .....                     | 69         |
| 3.2. Расчет газотурбинных установок.....                    | 97         |
| 3.3. Расчет поршневых двигателей внутреннего сгорания ..... | 99         |
| <b>КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ.....</b>                              | <b>101</b> |
| <b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>                       | <b>107</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ .....</b>                                     | <b>108</b> |