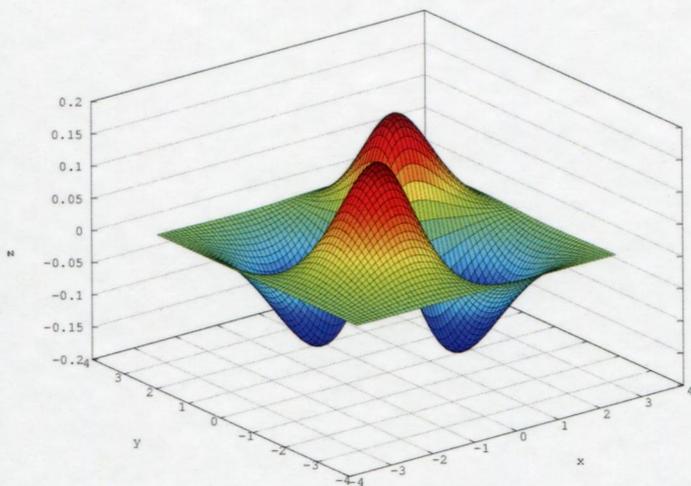


И «Инфра-Инженерия»



В. В. КАРНАУХ
П. А. ТРУБАЕВ
Б. Ю. БАЙДА

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ

В. В. КАРНАУХ, П. А. ТРУБАЕВ, Б. Ю. БАЙДА

**СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ**

Учебное пособие

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2025

УДК 536.48
ББК 22.317
К24

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент (г. Белгород) *Гришко Б. М.*;
канд. техн. наук, доцент (г. Донецк) *Кулешов Д. К.*

Карнаух, В. В.

К24 Специальные главы термодинамики низкотемпературных систем : учебное пособие / В. В. Карнаух, П. А. Трубаев, Б. Ю. Байда. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 108 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-2336-6

Кратко изложен теоретический материал, касающийся способов достижения низких температур, понимания и анализа термодинамических процессов, протекающих в низкотемпературных системах, методов определения их термодинамической эффективности. Текст сопровождается схемами, рисунками и фазовыми диаграммами хладагентов, контрольными вопросами, примерами решений актуальных прикладных задач и приложениями.

Для обучающихся по инженерным направлениям подготовки очной и заочной форм обучения, а также для тех, кто интересуется низкотемпературными системами.

УДК 536.48
ББК 22.317

ISBN 978-5-9729-2336-6

© Карнаух В. В., Трубаев П. А., Байда Б. Ю., 2025
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2025
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Список условных обозначений и сокращений	6
I. Первый закон термодинамики в обобщенной форме	8
1.1. Типы термодинамических систем: термомеханическая, термоэлектрическая, термоманитная. Термодинамические процессы	8
1.2. Уравнение первого закона термодинамики для закрытых и открытых термодинамических систем	17
1.3. Теорема Карно. Обобщённый цикл Карно	28
1.4. Второй закон термодинамики применительно к низкотемпературным системам	34
1.5. Общие способы получения сверхнизких температур. Теорема Нернста	37
II. Характеристические функции и их свойства. Дифференциальные уравнения термодинамики	41
2.1. Характеристические функции и соотношения между ними	41
2.2. Уравнение Максвелла для термодинамических систем различных типов	45
2.3. Дифференциальные уравнения характеристических функций	47
III. Эксергетический метод термодинамического анализа	55
3.1. Понятия «эксергия», «анергия». Эксергия замкнутой системы	55
3.2. Уравнение эксергетического баланса. Эксергетический КПД	69
3.3. Эксергетический метод анализа тепловых и холодильных установок	71
IV. Примеры решения типовых задач по темам	79
Контрольные вопросы	91
Глоссарий	92
Заключение	100
Библиографический список	101
Приложения	102