

М.П. ВУКАЛОВИЧ, В.А. КИРИЛЛИН, С.А. РЕМИЗОВ
В.С. СИЛЕЦКИЙ, В.Н. ТИМОФЕЕВ

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА ГАЗОВ



М. П. ВУКАЛОВИЧ, В. А. КИРИЛЛИН, С. А. РЕМИЗОВ,
В. С. СИЛЕЦКИЙ, В. Н. ТИМОФЕЕВ

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЗОВ

*Допущено Министерством высшего образования СССР
в качестве учебного пособия
для высших теплотехнических учебных заведений
и факультетов*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ И СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва 1953

В книге изложены теория и метод расчета термодинамических величин газов, приведенных к идеальному состоянию, по данным спектроскопического эксперимента, а также даны табличные материалы по теплоемкостям, энтропии и энтальпии одно-, двух- и трехатомных газов неорганического состава и большого числа углеводородов; приведены также значения указанных величин для типичных газообразных топлив, их продуктов сгорания и продуктов сгорания бензина при различных избытках воздуха.

Кроме того, в книге приведены наиболее достоверные экспериментальные данные по теплопроводности и вязкости ряда технически важных газов.

Книга является учебным пособием для студентов высших теплотехнических учебных заведений и факультетов, а также будет весьма полезна для широкого круга научных работников и инженеров-теплотехников, работающих в проектных организациях, на машиностроительных заводах и на эксплуатации тепловых электростанций.

Рецензенты проф. А. С. Ястржембский и проф. М. В. Носов

Редактор инж. К. А. Пономарева

*Редакция литературы по автотракторной промышленности
Зав. редакцией инж. В. В. БРОКШ*

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Предисловие	3
Обозначения основных величин	5
Введение	9

Ч А С Т Ъ П Е Р В А Я

Т Е О Р И Я И М Е Т О Д О П Р Е Д Е Л Е Н И Я Т Е Р М О Д И Н А М И Ч Е С К И Х В Е Л И Ч И Н Г А З О В

I. Основные определения и соотношения	12
1. Общие уравнения и определения теплоемкостей	12
2. Внутренняя энергия газов	14
3. Энтальпия	14
4. Энтропия	16
5. Другие термодинамические функции	17
6. Понятие о химической реакции и константе равновесия	19
7. Выражение константы равновесия через парциальные давления	21
8. Константа равновесия и степень диссоциации	22
9. Зависимость константы равновесия от термодинамических функций и теплоемкость диссоциирующего газа	28
10. Основные физические константы и соотношения между энергетическими единицами измерения	30
II. Понятие об энергии молекул	33
1. Кинетическая теория теплоемкости	33
2. Волновое уравнение; квантование энергии	34
3. Понятие о нулевой энергии	36
III. Энергия молекул	37
1. Общие сведения	37
2. Энергия поступательного движения	37
3. Энергия колебаний двухатомной молекулы	38
4. Энергия колебаний трех- и многоатомных молекул	48
5. Вращательная энергия двухатомной молекулы	64
6. Вращательная энергия трех- и многоатомных молекул	65
7. Энергия свободных и заторможенных внутренних вращений	69
8. Электронная энергия	71
9. Статистический вес	72
IV. Общие уравнения для теплоемкости и термодинамических функций газа	74
1. Метод суммирования энергии молекул; сумма состояний	74
2. Уравнение для теплоемкости и термодинамических функций	76
V. Методы вычисления теплоемкости и термодинамических функций газов	79
1. Способ непосредственного суммирования	79
2. Приближенные методы расчета	81
VI. Метод вычисления теплоемкости, энтальпии и энтропии двухатомных газов	83
1. Общие соображения по вычислению колебательной энергии	83
2. Гармонические колебания	84
3. Простые ангармонические колебания	91
4. Сложные ангармонические колебания	95
5. Вращательная энергия несимметричных молекул	98
6. Вращательная энергия симметричных молекул	102
7. Взаимодействие между колебанием и вращением	104
8. Электронная энергия и ее взаимодействие с другими видами энергии	107
VII. Метод вычисления теплоемкости, энтальпии и энтропии многоатомных газов	121
1. Колебательная энергия гармонических колебаний	121
2. Колебательная энергия ангармонических колебаний	123

3. Вращательная составляющая термодинамических величин многоатомных газов	126
4. Термодинамические функции при внутреннем вращении	128
5. Приближенные формулы для вычисления теплоемкости	133
VIII. Зависимость теплоемкости от давления	135
1. Влияние давления на теплоемкость и методы вычисления корректирующего члена	135
2. Использование термического уравнения состояния для вычисления корректирующего члена	139
3. Определение энтальпии и энтропии реального газа	147
4. Вычисление корректирующего члена по экспериментальным данным	148

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

ТАБЛИЦЫ ЗНАЧЕНИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ОДНО-, ДВУХ-, ТРЕХ- И МНОГОАТОМНЫХ ГАЗОВ, ГОРЮЧИХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ И ИХ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ

I. Описание таблиц	149
1. Общие замечания	150
2. Таблицы теплоемкостей, энтальпий и энтропий газов неорганического состава	151
3. Таблицы теплоемкостей, энтальпий и энтропий углеводородов	152
4. Таблицы теплоемкостей, энтальпий и энтропий газообразных топлив и их продуктов сгорания	156
5. Таблицы теплоемкостей, энтальпий и энтропий продуктов сгорания бензина	160
6. Таблицы вязкости и теплопроводности газов	161
II. Теплоемкости, энтальпии и энтропии одноатомных, двухатомных и трехатомных газов (таблицы 44—79)	165
III. Теплоемкости, энтальпии и энтропии углеводородов метанового ряда $C_m H_{2m+2}$ (таблицы 80—95)	187
IV. Теплоемкости, энтальпии и энтропии углеводородов этиленового ряда $C_m H_{2m}$ (таблицы 96—178)	197
V. Теплоемкости энтальпии и энтропии углеводородов ацетиленового ряда $C_m H_{2m-2}$ (таблицы 179—192)	241
VI. Теплоемкости, энтальпии и энтропии углеводородов группы диолефинов (таблицы 193—212)	251
VII. Теплоемкости, энтальпии и энтропии этилового спирта, бензола, углеводородов группы стирола и метилстиролов (таблицы 213—222)	263
VIII. Теплоемкости, энтальпии и энтропии углеводородов ряда циклопентанов (таблицы 223—256)	271
IX. Теплоемкости, энтальпии и энтропии углеводородов ряда циклогексанов (таблицы 257—290)	291
X. Теплоемкости, энтальпии и энтропии горючих газов (таблицы 291—304)	311
XI. Теплоемкости, энтальпии и энтропии продуктов сгорания горючих газов (таблицы 305—325)	319
XII. Теплоемкости, энтальпии и энтропии продуктов полного и неполного сгорания бензина (таблицы 326—337)	341
XIII. Коэффициенты вязкости и теплопроводности различных газов (таблицы 338—341)	355
<i>Приложение. Основные спектроскопические константы для газов</i>	359
I. Одноатомные газы	359
II. Двухатомные газы	361
III. Трехатомные газы	363
IV. Углеводороды метанового ряда	365
V. Углеводороды ацетиленового ряда	367
VI. Углеводороды этиленового ряда	370