

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова

А. Г. ШАШКОВ, А. Ф. ЗОЛОТУХИНА,
В. Б. ВАСИЛЕНКО

ФАКТОР ТЕРМОДИФФУЗИИ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Под редакцией
академика
С. А. Жданка



Минск
«Белорусская наука»
2007

Шашков, А. Г. Фактор термодиффузии газовых смесей: методы определения / А. Г. Шашков, А. Ф. Золотухина, В. Б. Василенко; под ред. С. А. Жданка. — Минск : Белорус. наука, 2007. — 239 с. — ISBN 978-985-08-0878-3.

В книге рассматриваются различные методы исследования термической диффузии в газах. Изложена теория термодиффузии, проанализированы полуэмпирические и экспериментальные методы определения фактора термодиффузии. Описаны возможности повышения информативности эксперимента. Приводятся результаты по фактору термодиффузии бинарных газовых смесей.

Книга рассчитана на научных работников и инженеров, работающих в области термической диффузии, а также может быть полезна аспирантам и студентам физических факультетов вузов.

Табл. 34. Ил. 25. Библиогр.: 250 назв.

Р е ц е н з е н т ы:

доктор физико-математических наук, профессор В. Г. Баштавой,
кандидат физико-математических наук О. А. Коленчиц

ISBN 978-985-08-0878-3

18412844

© Шашков А. Г., Золотухина А. Ф.,
Василенко В. Б., 2007
© Оформление. РУП «Издательский
дом «Белорусская наука», 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Обозначения	5
Введение	9
Глава 1. Теория термической диффузии газовых смесей	13
1.1. Строгая молекулярно-кинетическая теория	13
1.1.1. Основные положения теории	14
1.1.2. Диффузионные и термодиффузионные характеристики газовых смесей	20
1.1.3. Соотношения для расчета фактора термодиффузии бинарных газовых смесей	26
1.1.4. Физико-математический аппарат для расчета фактора термодиффузии	38
1.1.5. Физическая природа термодиффузионного разделения	41
1.1.6. Особенности термодиффузионных характеристик бинарных газовых смесей	44
1.2. Элементарная молекулярно-кинетическая теория	46
1.3. Термодинамика необратимых процессов	62
1.4. Теория термодинамического подобия	71
Глава 2. Экспериментальные методы определения фактора термодиффузии газовых смесей	78
2.1. Методы измерения фактора α_T бинарных смесей	78
2.1.1. Предварительные сведения	78
2.1.2. Метод двухбаллонного аппарата	81

2.1.3. Метод разделительных «качелей»	84
2.1.4. Метод термодиффузионной колонны	86
2.1.5. Метод диффузионного термоэффекта	88
2.1.6. Спектроскопический метод.	90
2.1.7. Плазменный метод	91
2.2. Преимущества метода двухбаллонного аппарата	91
2.3. Теоретические основы метода двухбаллонного аппарата для исследования термической диффузии	92
2.3.1. Ограничения теоретической модели метода двух- баллонного аппарата	92
2.3.2. Температура отнесения опытных значений факто- ра термодиффузии	93
2.3.3. Время установления стационарного разделения смеси в двухбаллонном аппарате	99
2.3.4. Основы расчета термодиффузионного устройства . .	101
2.3.5. Анализ состава исследуемой газовой смеси	106
Глава 3. Экспериментальное исследование характеристик терми- ческой диффузии бинарных смесей методом двухбаллонного аппа- рата.	111
3.1. Автоматизированная экспериментальная установка для измерения и термодиффузионных характеристик газовых смесей.	111
3.2. Методика определения термодиффузионных характе- стик и коэффициента взаимной диффузии бинарных газовых смесей.	116
3.3. Калибровка измерительного аппарата	118
3.4. Результаты экспериментального исследования характе- ристик термодиффузии бинарных смесей.	121
Глава 4. Полуэмпирические методы определения термодиффузи- онных характеристик газовых смесей	126
4.1. Обзор методов, имеющих в литературе	127
4.2. Обобщение экспериментальных данных о факторе тер- модиффузии в рамках теории подобия.	134
4.2.1. Смеси инертных газов.	136
4.2.2. Смеси многоатомных неполярных газов.	144
4.2.3. Смеси, содержащие полярный компонент	148
4.2.4. Смеси гелия с фреонами.	150

4.3. Определение коэффициента взаимной диффузии бинарных «квазилоренцевых» смесей по данным о факторе термодиффузии	152
4.3.1. Методика расчета коэффициента взаимной диффузии по результатам измерения фактора термодиффузии	152
4.3.2. Сравнение результатов расчета коэффициента взаимной диффузии парогазовых смесей с экспериментальными данными	154
Глава 5. Расширение функциональных возможностей теплофизического эксперимента.	157
5.1. Метод определения теплоты смешения газов с помощью двухбаллонного термодиффузионного устройства	157
5.1.1. Вывод расчетной формулы для теплоты смешения газов	157
5.1.2. Техническая реализация метода	161
5.2. Метод определения теплоемкости газовых смесей с помощью термодиффузионного устройства	164
5.2.1. Исходные данные для разработки метода	164
5.2.2. Теоретическая модель метода	165
5.2.3. Модернизация термодиффузионного устройства для определения теплоемкости газовой смеси	167
5.2.4. Методика проведения эксперимента по определению комплекса свойств бинарной газовой смеси	170
5.3. Метод определения коэффициента термодиффузии бинарных газовых смесей при высоких температурах с помощью ударной трубы	171
5.3.1. Метод ударной трубы для определения коэффициента теплопроводности газов и газовых смесей	172
5.3.2. Математическая модель метода определения коэффициента термодиффузии газовых смесей с помощью ударной трубы	175
5.3.3. Техническая реализация метода измерения коэффициента термодиффузии газовых смесей на ударной трубе	178
Приложение 1. Модельные потенциалы межмолекулярного взаимодействия	181
Приложение 2. Комбинационные правила для потенциальных параметров	187

<i>Приложение 3. О выборе средней температуры для фактора α_T. .</i>	190
<i>Приложение 4. Оценка точности экспериментальных данных. . .</i>	194
<i>Приложение 5. Результаты экспериментального исследования фактора термодиффузии α_T бинарных газовых смесей</i>	203
<i>Приложение 6. Температурная зависимость фактора термодиффузии α_T бинарных смесей инертных газов. Расчет по методу Kestin et al.</i>	215
<i>Литература</i>	222