

НАУЧНАЯ МЫСЛЬ



*М.И. Шляев, Е.М. Хромова, А.Р. Богомолов*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ГИДРОДИНАМИКИ  
И ТЕПЛОМАССООБМЕНА  
В ДИСПЕРСНЫХ СРЕДАХ**



НАУЧНАЯ МЫСЛЬ

СЕРИЯ ОСНОВАНА В 2008 ГОДУ

М.И. ШИЛЯЕВ  
Е.М. ХРОМОВА  
А.Р. БОГОМОЛОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ГИДРОДИНАМИКИ  
И ТЕПЛОМАССООБМЕНА  
В ДИСПЕРСНЫХ СРЕДАХ

МОНОГРАФИЯ

Электронно-  
Библиотечная  
znanium.com

Москва  
ИНФРА-М  
2022

72

**УДК 532.5.013(075.4)**

**ББК 22.253.32**

**Ш60**

Авторы:

*Шиляев М.И.*, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры охраны труда и окружающей среды Томского государственного архитектурно-строительного университета;

*Хромова Е.М.*, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой охраны труда и окружающей среды Томского государственного архитектурно-строительного университета;

*Богомолов А.Р.*, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, заведующий кафедрой теплоэнергетики Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева

Рецензенты:

*А.И. Павленко*, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией низкотемпературной теплофизики Института теплофизики имени С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (РАН), член-корреспондент РАН;

*В.Г. Бутов*, доктор физико-математических наук, профессор кафедры прикладной аэромеханики Национального исследовательского Томского государственного университета

**Шиляев М.И.**

**Ш60** Моделирование гидродинамики и тепломассообмена в дисперсных средах : монография / М.И. Шиляев, Е.М. Хромова, А.Р. Богомолов. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 249 с. — (Научная мысль). — DOI 10.12737/1865376.

ISBN 978-5-16-017655-0 (print)

ISBN 978-5-16-110273-2 (online)

В монографии приведены методы расчета обезвоживания влажных зернистых материалов в промышленных центрифугах, в фильтр-прессах и вакуумных фильтрах под действием гравитационных сил, а также с помощью продувки зернистого слоя сухим воздухом с повышенной температурой; представлены физико-математические модели абсорбции газов и теория улавливания субмикронной пыли конденсационным методом в ценных, центробежно-барботажных аппаратах и полых форсуночных скрубберах, насадочных колоннах и трубчатых абсорберах; представлены физико-математические модели сухой адсорбции газов в насадочных колоннах и газоходах с помощью инжектирования диспергированного адсорбента в поток, предложен способ определения констант фазового равновесия сорбционных процессов на основе разработанных моделей; проведено физико-математическое моделирование и анализ процесса горения диспергированного твердого зольного топлива в четырехступенчатой циклонной топке.

Может быть полезна в учебном процессе для ряда специальностей, в частности теплоэнергетического, химико-технологического, металлургического профилей, экологов, а также для научных работников и аспирантов и в инженерной практике.

УДК 532.5.013(075.4)

ББК 22.253.32

ISBN 978-5-16-017655-0 (print)

ISBN 978-5-16-110273-2 (online)

© Шиляев М.И., Хромова Е.М.,  
Богомолов А.Р., 2022

# Оглавление

<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>Глава 1. Процессы обезвоживания зернистых слоев.....</b>	<b>7</b>
1.1. Расчет предельной влажности угольного концентрата при его обезвоживании в центрифугах.....	7
1.2. Обезвоживание угольной суспензии в вакуум-фильтрах и фильтр-прессах .....	13
1.3. Сравнение энергозатрат на обезвоживание угольного концентрата в центрифугах, вакуум-фильтрах и фильтр-прессах .....	24
1.4. Расчет остаточной концентрации жидкости при ее гравитационной фильтрации в зернистом слое.....	28
1.5. Моделирование конвективного осушения зернистого слоя.....	39
1.6. Уравнения движения фильтрующейся жидкости в зернистой среде .....	48
<b>Глава 2. Процессы абсорбции в зернистых слоях.....</b>	<b>62</b>
2.1. Моделирование процесса абсорбции газов в насадочных колоннах .....	62
2.2. Моделирование процесса тепломассообмена в трубчатом абсорбере.....	80
2.3. Диффузионный механизм улавливания тонкодисперсной пыли в насадочных колоннах и трубчатых абсорберах.....	96
<b>Глава 3. Процессы адсорбции в дисперсных средах.....</b>	<b>105</b>
3.1. Математическое моделирование процесса адсорбции $\text{CO}_2$ , $\text{SO}_2$ в насадочной колонне.....	105
3.2. Динамика процесса тепломассообмена при инжектировании диспергированного адсорбента в парогазовый поток.....	124
3.3. Сравнительная оценка процессов адсорбции газов в НК и при инжектировании адсорбента в парогазовый поток.....	139
<b>Глава 4. Моделирование процессов абсорбции газов в барботажных аппаратах .....</b>	<b>148</b>
4.1. Моделирование процессов абсорбции газов в барботажных аппаратах без учета повышения концентрации ключевого компонента в абсорбенте.....	148
4.2. Моделирование абсорбционного массообмена в пенном аппарате с учетом изменения концентраций абсорбируемых газов в жидкости.....	166
<b>Глава 5. Определение констант фазового равновесия сорбционных процессов с помощью решения обратных задач на основе физико-математических моделей, разработанных авторами.....</b>	<b>183</b>
5.1. Адаптация модели абсорбционной очистки газов в форсуночных скрубберах на хемосорбционные процессы.....	183
5.2. Экспериментальное исследование процесса адсорбции $\text{CO}_2$ при инжектировании золы уноса Кемеровской ТЭС в круглую трубу и определение ее констант фазового равновесия.....	192

5.2.1. Экспериментальное исследование процесса адсорбции $\text{CO}_2$ золой уноса ТЭС в потоке с газовойоздушной средой .....	192
5.2.2. Определение констант фазового равновесия для золы уноса при адсорбции $\text{CO}_2$ в газовойоздушном потоке в трубе.....	197

<b>Глава 6. Физико-математическая модель процесса горения зольного топлива в циклонном реакторе .....</b>	<b>206</b>
6.1. Уравнения модели.....	206
6.2. Модели горения угольных частиц.....	215
6.3. Аэродинамика и движение частиц в топочной вихревой камере .....	219
6.4. Результаты расчетов .....	224
6.5. Влияние подвода вторичного воздуха на аэродинамику циклонного топочного реактора.....	228
<b>Заключение.....</b>	<b>238</b>
<b>Библиографический список .....</b>	<b>240</b>