

А. Г. ЛАПТЕВ, М. М. БАШАРОВ, Е. А. ЛАПТЕВА

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ
И МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ
ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ
И СЕПАРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ
В ДВУХФАЗНЫХ СРЕДАХ**

2-е издание, исправленное

Старый Оскол
ТНТ
2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Условные обозначения	6
Введение	10

Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЯВЛЕНИЙ

ПЕРЕНОСА	13
1.1. Теоретические основы моделирования тепломассообмена	13
1.2. Методы моделирования явлений переноса	18
1.3. Общие принципы повышения эффективности процессов и снижения энергозатрат	19
1.4. Масштабные эффекты и энергозатраты	20
1.5. Высокоэффективные контактные насадки	22

Глава 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ

ПРОТИВОТОЧНЫХ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ АППАРАТОВ	25
2.1. Математическая модель тепломассопереноса в колонне с провальными тарелками.....	25
2.2. Эффективность охлаждения газов и жидкостей в пенном слое ...	35
2.3. Математическая модель расчета эффективности насадочной тепломассообменной колонны	41
2.4. Эффективность охлаждения газов в противоточных насадочных скрубберах	45
2.5. Комплексная оценка тепломассообменных и энергетических характеристик насадок	48
2.6. Сравнительные характеристики контактных устройств	59

Глава 3. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТРЕНИЯ И ТЕПЛОМАССООБМЕНА В ТУРБУЛЕНТНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ	64
3.1. Процессы переноса импульса и тепла в пограничном слое	64
3.2. Гидродинамическая аналогия	66
3.3. Модель Прандтля (двуслойная модель турбулентного пограничного слоя)	67
3.4. Модель диффузионного пограничного слоя Ландау-Левича	69
3.5. Развитие моделей турбулентности.....	70
3.6. Консервативные свойства пограничного слоя	74
3.7. Коэффициенты теплоотдачи в гладких каналах при турбулентном режиме	77
3.8. Теплоотдача от шероховатой поверхности	82
3.9. Расчет коэффициентов теплоотдачи в турбулентной пленке при слабом и сильном взаимодействии с газом	87
3.10. Коэффициенты тепло- и массоотдачи в газовой фазе пленочных аппаратов (турбулентный режим)	90
3.11. Трение и тепло- массоотдача в зернистых и насадочных слоях (однофазный поток).....	94
3.12. Массоотдача в насадочном слое при пленочном режиме.....	99
Глава 4. МОДЕЛЬ ТУРБУЛЕНТНОЙ ДИФФУЗИИ И ОСАЖДЕНИЯ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ В ЖИДКОСТЯХ	104
4.1. Теоретические основы математического моделирования массопереноса частиц	105
4.2. Турбулентный перенос тонкодисперсных частиц в жидкой фазе динамических сепараторов	113
4.3. Эффективность турбулентного разделения в гидроциклонах ...	118
4.4. Конструкция и расчет тонкослойного отстойника с коагулятором	122
4.5. Эффективность турбулентной физической коагуляции капель в хаотичной насадке	125
4.6. Эффективность очистки жидкостей пневматической флотацией	135
4.7. Выбор режима флотации по энергетическому коэффициенту	143
Глава 5. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ГАЗОВ И ПАРОВ ОТ ТОНКОДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ	145
5.1. Сепарационная и энергетическая эффективности аппаратов газоочистки	147
5.2. Турбулентная диффузия частиц	149
5.3. Скорость турбулентной миграции	151
5.4. Диффузионная и ячечная модели	154
5.5. Модели переноса в насадочных и сетчатых газосепараторах ...	158

5.6. Эффективность каплеуловителей (демистеров).....	161
5.7. Эффективность вихревых сепараторов	169
5.8. Конструкция комбинированного газосепаратора	172
5.9. Результаты расчета процессов сепарации.....	174
5.10. Определение эффективности насадочных газосепараторов с учетом неравномерности профиля скорости газа	177
5.11. Определение тепловых потерь от газосепараторов	184
Глава 6. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И РАСЧЕТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ В ПЛЕНОЧНЫХ ГРАДИРНЯХ И СКРУББЕРАХ	187
6.1. Теоретические основы моделирования явлений переноса	188
6.2. Определение коэффициентов тепло- и массоотдачи	193
6.3. Тепловая эффективность градирни	202
6.4. Модифицированный метод единиц переноса	213
6.5. Расчет градирен с учетом неравномерности распределения фаз	218
6.6. Показатели энергоэффективности градирен	228
6.7. Алгоритм расчета промышленной градирни	232
6.8. Замена крупномасштабных градирен на мини-градирни	235
6.9. Моделирование и расчеты насадочных скрубберов охлаждения газов и нагрева воды	239
Расчетные формулы тепломассообменных и сепарационных характеристик аппаратов	250
Заключение.....	254
Библиографический список	255