Макеев Евгений Анатольевич. Влияние макроструктуры слоя адсорбента на эффективность разделения газовых смесей : диссертация... кандидата физико-математических наук : 02.00.04 Москва, 2007 128 с. РГБ ОД, 61:07-1/775

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова

Химический факультет

На правах рукописи

Макеев Евгений Анатольевич

Влияние макроструктуры слоя адсорбента на эффективность разделения

газовых смесей

Специальность 02.00.04 - физическая химия

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико

математических наук.

Научный руководитель: заведующий лабораторией Теоретических основ химической технологии кафедры Химической технологии и новых материалов доктор физико-математических наук

Хейфец Л.И.

Москва - 2007 год.

Содержание

Введение 2

1. Литературный обзор 4

1.1. Разделение газов при помощи адсорбции 4

1.1.1. Промышленные методы разделения газовых смесей 4

1.1.2. Термодинамическая эффективность процесса короткоцикловой

адсорбции 11

1.2. Свободно-конвективные течения в химико-технологических системах....22

1.3. Массоперенос в слое адсорбента 24

Выводы из литературного обзора 31

2. Конвективная неустойчивость фронта адсорбции 32

2.1. Фронт адсорбции 32

2.1.1. Развитие фронта адсорбции 32

2.1.2. Стационарный фронт адсорбции 36

2.2. Линейная теория устойчивости 46

2.2.1. Система уравнений, описывающая движение газовой смеси в поле сил тяжести. 46

2.2.2. Задача на собственные значения 53

2.2.2.1. Адсорбционный критерий Архимеда 53

2.2.3. Метод Галеркина, полиномы Эрмита 56

2.2.4. Результаты численного расчета 59

2.2.4.1. Нейтральные кривые устойчивости. Минимальное критическое

значение адсорбционного критерия Архимеда 59

2.2.4.2. Вихревая структура критических движений газа 62

2.2.5. Исследование устойчивости фронта адсорбции 64

2.2.5.1. Влияние физико-химических, конструкционных и режимных

параметров на устойчивость фронта адсорбции 64

2.2.5.2. Влияние скорости газа на конвективную устойчивость адсорбера

заданного диаметра 68

2.2.6. Две формы представления критерия конвективной неустойчивости 73

3. Экспериментальное определение коэффициента дисперсии и ширины фронта

адсорбции 80

3.1. Описание экспериментальной установки и методика проведения эксперимента 80

3.2. Результаты экспериментального исследования 83

3.3 Обработка экспериментальных данных 85

4. Рекуперация энергии потока сбросового газа и повышение чистоты продукта за счет

энергии этого потока 91

4.1. Влияние рекуперации энергии сбросового газа на термодинамическую

эффективность процесса короткоцикловой адсорбции 91

4.2. Повышение чистоты продуктового газа за счет энергии сбросового газа 97

4.2.1. Влияние относительного перепада давления на чистоту продукта 97

4.3. Оценка продолжительности стадии десорбции 102

Выводы ПО

Список используемой литературы 111

Приложение 120

**Выводы**

1. Неустойчивость фронта адсорбции при течении газовой смеси вдоль вертикали носит пороговый характер. Вычислено критическое значение безразмерного критерия, ответственного за наступление неустойчивости. Показана аналогия критериев неустойчивости фронта адсорбции и состояния несорбирующегося флюида в подогреваемом снизу горизонтальном неподвижном зернистом слое.
2. Получены ограничения, накладываемые на диаметр адсорбера, обеспечивающие устойчивость фронта адсорбции. При проведении процесса при атмосферном или пониженном давлении с хаотически упакованным слоем адсорбента фронт адсорбции устойчив при всех, имеющих практическое значение диаметрах. В условиях повышенного давления с использованием регулярного слоя адсорбента преобладающим является неустойчивое состояние фронта адсорбции.
3. На основе экспериментального изучения фронта адсорбции показано, что коэффициент продольной дисперсии в области фронта принимает меньшие значения, чем в случае не меняющейся по длине адсорбера скорости газа. В случае острого фронта адсорбции основной вклад в продольную дисперсию вносит молекулярная диффузия, в то время как вихревая составляющая подавлена межфазным потоком адсорбтива.
4. На основе равновесной модели применительно к процессу КЦА показано, что загрязненность продуктового газа линейно убывает с уменьшением давления на стадии регенерации адсорбента. Представлена принципиальная схема процесса КЦА с эжектором, приводящая к повышению чистоты продуктового газа за счет рекуперации энергии сбросового газа.
5. Установлено, что на начальном этапе процесса регенерации сорбента течение газа носит автомодельный характер, что позволило получить простое универсальное выражение для оценки времени истечения газа.