

Химическая технология: что нового?

Лекция 4.

Неоднородные системы, их классификация, методы разделения.

Вадим К. Хлесткин, к.х.н.

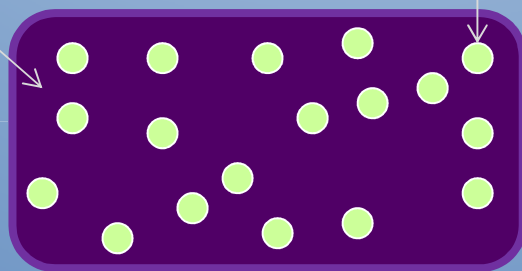
Новосибирский государственный
университет

Разделение жидких и газовых неоднородных систем.

- Классификация и основные характеристики неоднородных систем.
- Классификация, принципы выбора и оценка эффективности методов разделения.
- Разделение в поле сил тяжести, в поле центробежных сил.

Неоднородная система, как правило, состоит из двух фаз :

- Внутренняя (дисперсная) ;
- Внешняя (дисперсионная)



Часто встречающиеся виды неоднородных систем:

- Аэрозоли
- Эмульсии
- Суспензии
- Пены

Аэрозоли

Системы, состоящие из твердых или жидких частиц, взвешенных в газообразной среде:

- Пыль – система газ-тв.частицы размером 5-50 мкм;
- Дым - система газ-тв.частицы размером 0,3-5 мкм;
- Туман – система газ-капли жидкости размером 0,3-3 мкм

Эмульсии

Системы, состоящие из жидкости и распределенных в ней капель другой жидкости. Жидкости не растворимы друг в друге.

- Эмульсии устойчивы, если размеры капель 0,4-0,5 мкм
- Часто стабилизируются ПАВ или твердыми частицами

Суспензии

Системы, состоящие из тв.частиц, взвешенных в жидкой среде.

- Грубые – размер тв.частиц >100 мкм;
- Тонкие – размер тв.частиц $0,1-100$ мкм;
- Коллоидные – размер тв.частиц $<0,1$ мкм, тв.частицы не осаждаются под действием сил тяжести, броуновское движение частиц.

Пены

Системы, состоящие из жидкости и распределенных в ней пузырьков газа.

Для эмульсий и пен характерна **инверсия** фаз.

Основные характеристики неоднородных систем

- Соотношение дисперсной и дисперсионной фаз (массовые или объемные);
- Размеры частиц дисперсной фазы.

Размеры частиц дисперсной фазы

☐ Монодисперсные;

$$d_{\text{ЭКВ}} = d$$

☐ Полидисперсные:

- Эквивалентный диаметр частиц правильной формы:

$$d_{\text{ЭКВ}} = \frac{1}{\sum \frac{x_i}{d_i}}$$

- Эквивалентный диаметр частиц неправильной формы:

$$d_{\text{ЭКВ}} = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}} = 1,24 \sqrt[3]{\frac{M}{\rho}}$$

Механические способы осаждения

- Силы тяжести – для грубой очистки от тв.(жидких)частиц размером 30-100 мкм и более;
- Инерционные силы - от частиц размером 25-30 мкм;
- Центробежные силы - от частиц размером до 5 мкм (5-25 мкм)

Механизм осаждения частиц

□ Учитываются факторы-

- Параметры режима обтекания;
- Сопротивление среды

□ Сопротивление среды зависит от режима движения, формы и состояния обтекаемых частиц.

Сопротивление среды

- Коэффициент гидравлического сопротивления среды –

$$\xi = f(Re)$$

- Зависит от режима движения дисперсных частиц:

$$Re \leq 2 - \text{ламинарный}, \xi = \frac{24}{Re}$$

$$2 < Re < 500 - \text{переходный}, \xi = \frac{18,5}{Re^{0,6}}$$

$$Re > 500 - \text{турбулентный}, \xi = 0,44$$

Режим движения дисперсных частиц

- Критерий Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega d}{\gamma}$$

- Скорость движения **частицы** сферической формы в какой либо среде при ламинарном режиме:

$$\omega_r = \frac{d^2 g (\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{с}})}{18\mu}$$

- При осаждении частиц неправильной формы необходимо учитывать фактор формы- Φ ;
- При осаждении множества частиц необходимо учитывать их влияние друг на друга

$$\omega_{oc} = 0,5\omega_r = 0,5\Phi\omega_r$$

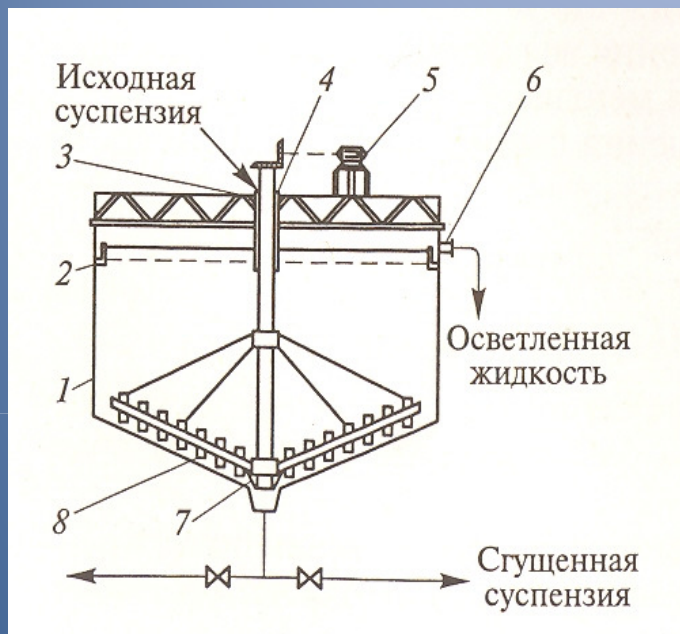
Гравитационное осаждение (осаждение под действием силы тяжести)

- Простота аппаратного оформления;
- Малые энергетические затраты.

Необходимо соблюдать два требования:

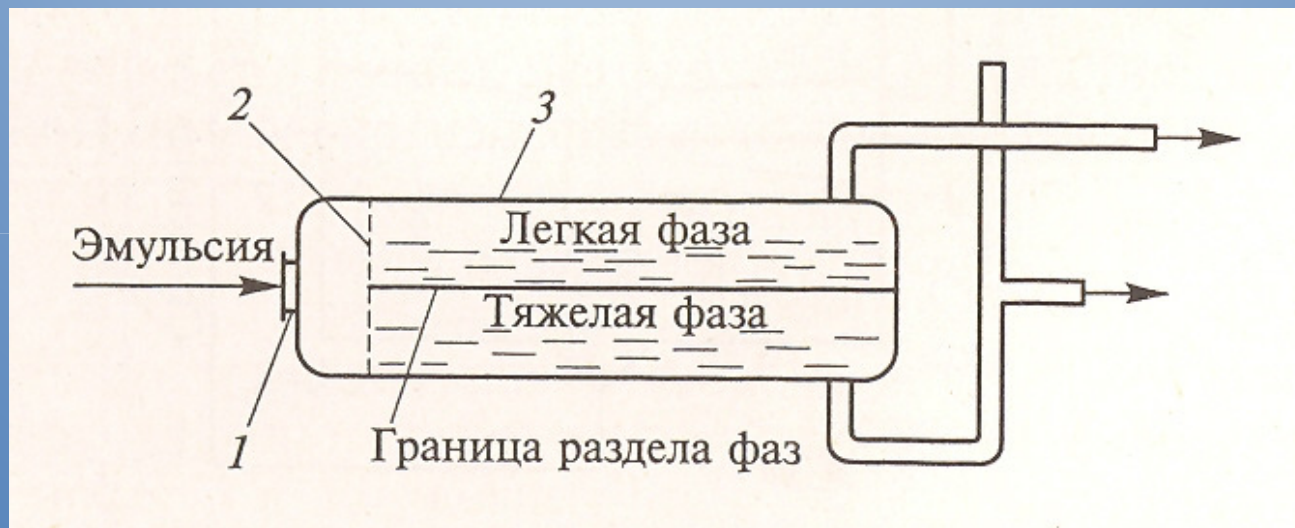
- Время пребывания в аппарате частиц равно или больше продолжительности осаждения (частицы не успевают осесть);
- Линейная скорость потока в аппарате значительно меньше скорости осаждения (возникающие вихревые потоки поднимают осаждающиеся частицы)

Схема отстойника с гребковыми мешалками



1- корпус; 2- кольцевой желоб; 3- рельсы; 4- труба для подачи суспензии; 5- электродвигатель; 6- труба; 7- разгрузочное отверстие; 8- мешалка с гребками

Схема отстойника для эмульсий



Разделение в поле центробежных сил

Необходимо введение частиц в поле центробежных сил:

- Вращательное движение потока жидкости в неподвижном аппарате;
- Поток направляется во вращающийся аппарат и система вращается вместе с аппаратом

Эффективность осаждения под действием центробежной силы

- Центробежная сила –

$$F_{ц} = \frac{m\omega_r^2}{r} = (mg) \frac{\omega_r^2}{gr} = F_T K_{ц}$$

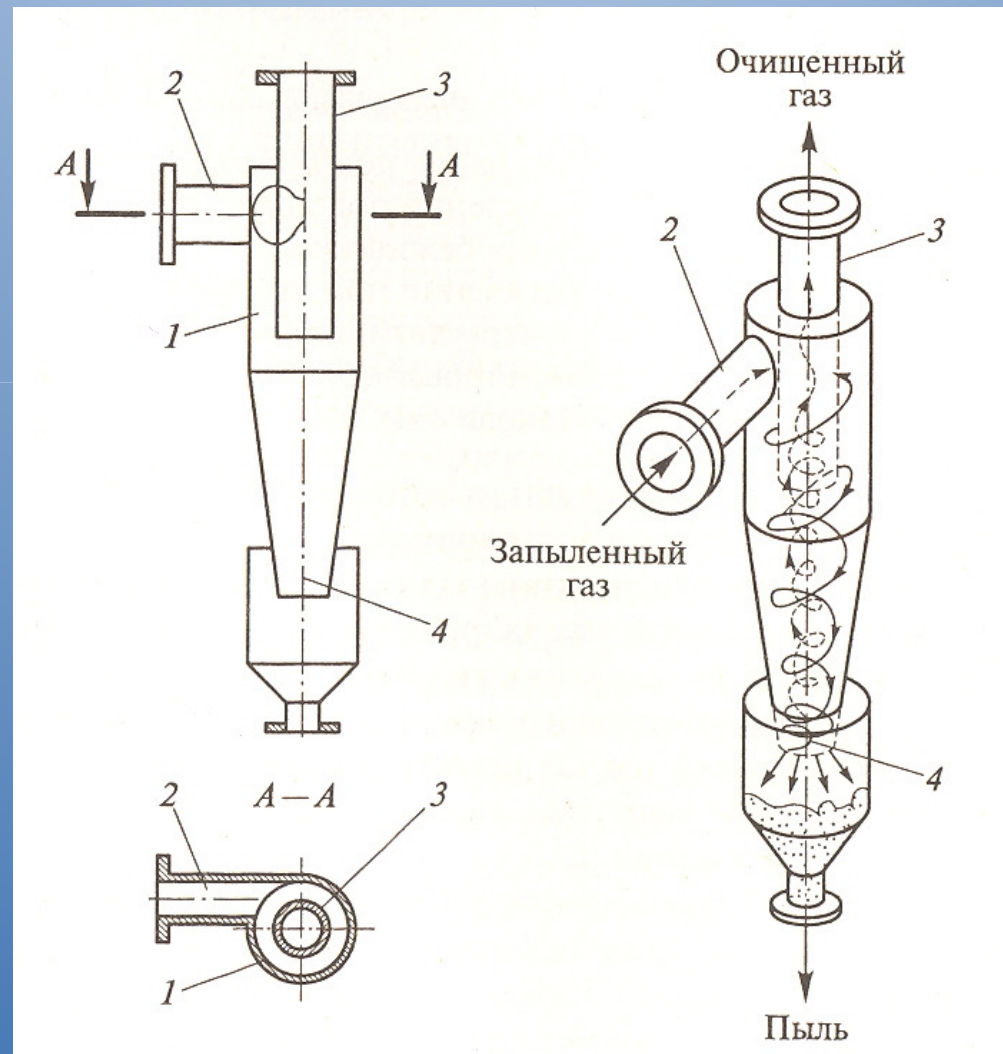
- Скорость осаждения под действием центробежной силы:

$$\omega_{ос} = \frac{gd^2(\rho - \rho_c)}{18\mu} K_{ц}$$

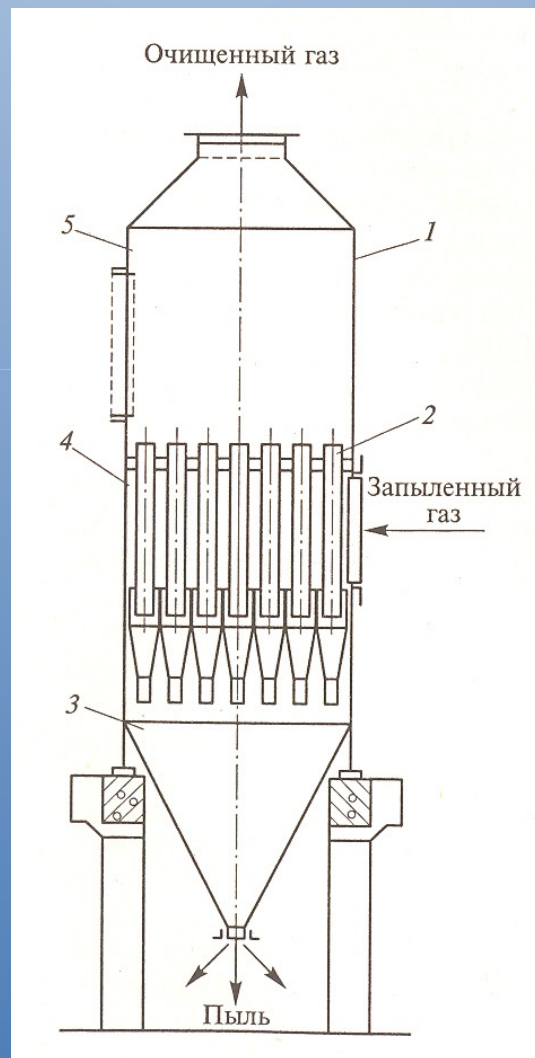
Циклонный процесс

- Скорость газов 10-40 м/с;
- Скорость жидкостей 5-25 м/с

Схема циклона



Батарея циклонов



Центрифугирование

- Вращающиеся аппараты способные создать поле центробежных сил- центрифуги.
- Центрифуги – отстойные и фильтрующие;
- Периодические и непрерывные;
- Вертикальные, горизонтальные, наклонные;
- Ручная или механизированная выгрузка осадка

Центрифуги

Классы	Фактор разделения
тихоходные	<1000
скороходные	1000-5000
сверхцентрифуги	>5000

Осаждение под действием электрического поля

- Газовый поток, содержащий взвешенные частицы, ионизируются.
- Самостоятельно – при достаточно высокой разности потенциалов на электродах;
- Несамостоятельно – в результате действия излучения радиоактивных веществ, рентгеновских лучей.

Самостоятельная ионизация

- Разность потенциалов 4-6 кВ/м;
- Плотность тока 0,05-0,5 мА/м катода

Схема образования неоднородного электрического поля

а) трубчатый электрофилتر;

б) пластинчатый электрофилтер

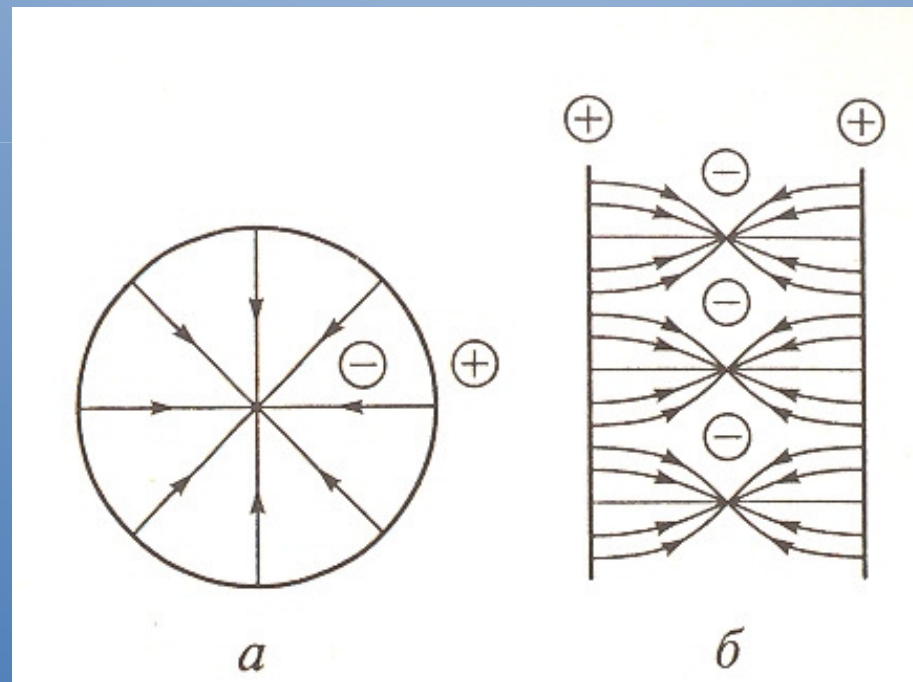


Таблица 4.1

Аппарат	Начальное содержание пыли в газе, кг в 1 м ³	Диаметр пылинок, мкм	Гидравлическое сопротивление, мм вод.ст.	Степень очистки, %
Пылеосадительные камеры	—	> 100	—	30... 40
Инерционные пылеуловители	0,02	> 25	90	60
Циклоны	0,4	> 10	40... 70	70... 90
Батарейные циклоны	0,1	> 10	40... 70	85... 90
Рукавные фильтры	0,02	> 1	70... 100	98... 99
Мокрые пылеуловители				
скрубберы	0,05	> 2	40... 80	85... 95
пенные	0,3	> 0,5	30... 90	95... 99
Электрофильтры	0,01 ... 0,05	> 0,005	10... 20	До 99

Примеры альтернативных технологий

Новые среды	Новые физические реакционные условия	Реакции на границе раздела фаз	Новые подходы к работе с сырьем
Ионные жидкости	Микрореакторы	Твердость – твердость	Биомасса, отходы, атмосферный CO ₂
Жидкие полимеры	Микроволны	Пар – твердость (включая CO ₂)	Биосинтетические превращения
Водные системы	Электрохимия	Твердость – жидкость	Биополимеры
Сверхкритический CO ₂	Радиочастотное облучение	Ковалентно привязанные тонкие жидкие пленки	Биомиметические синтетические материалы
Без растворителя	Ультразвук	Эмульсии	Биофармацевтика
	Плазма	Суспензии	
	Радиация		
	Электро-магн индукция		
	Фотохимия		
	Солнечная энергия		
	Самосборка		
	Селективный катализ		