

# ***Химическая технология: что нового?***

## **Лекция 4.**

Неоднородные системы, их классификация, методы  
разделения.

Вадим К. Хлесткин, к.х.н.

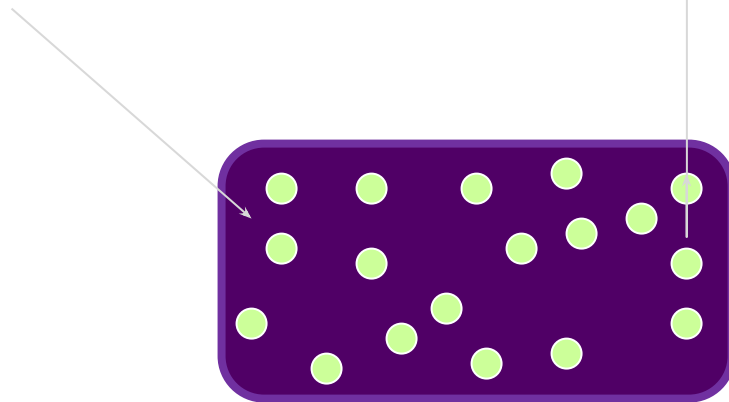
Новосибирский государственный  
университет

# 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- $\Phi$ ;
- При осаждении множества частиц необходимо учитывать их влияние друг на друга

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

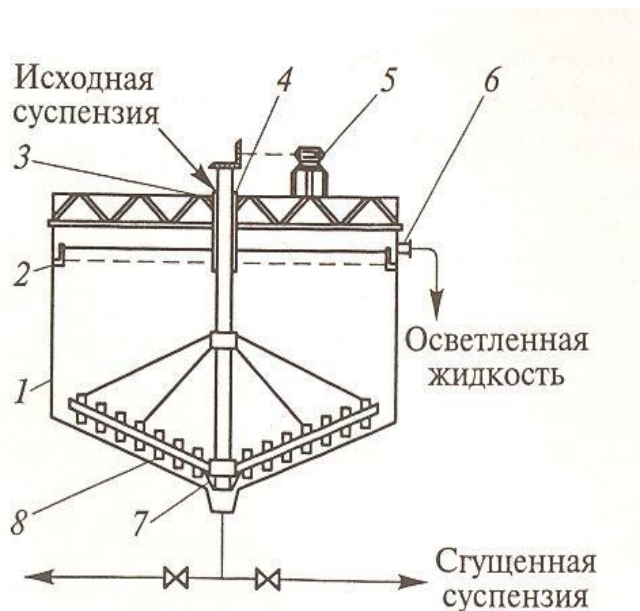
# Гравитационное осаждение (осаждение под действием силы тяжести)

- 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)

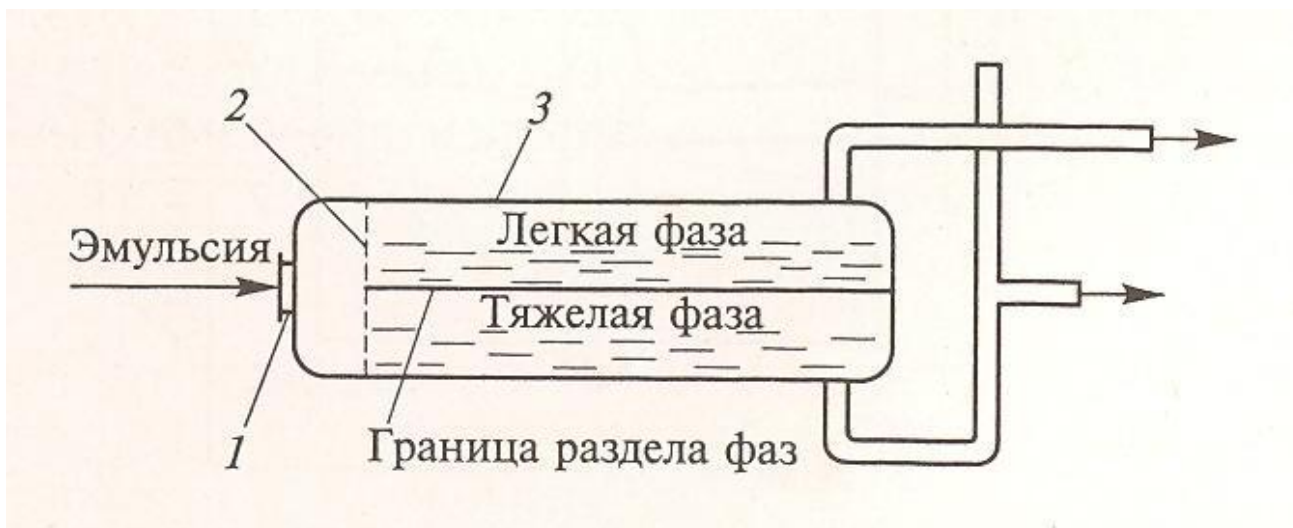
# Схема отстойника с гребковыми мешалками



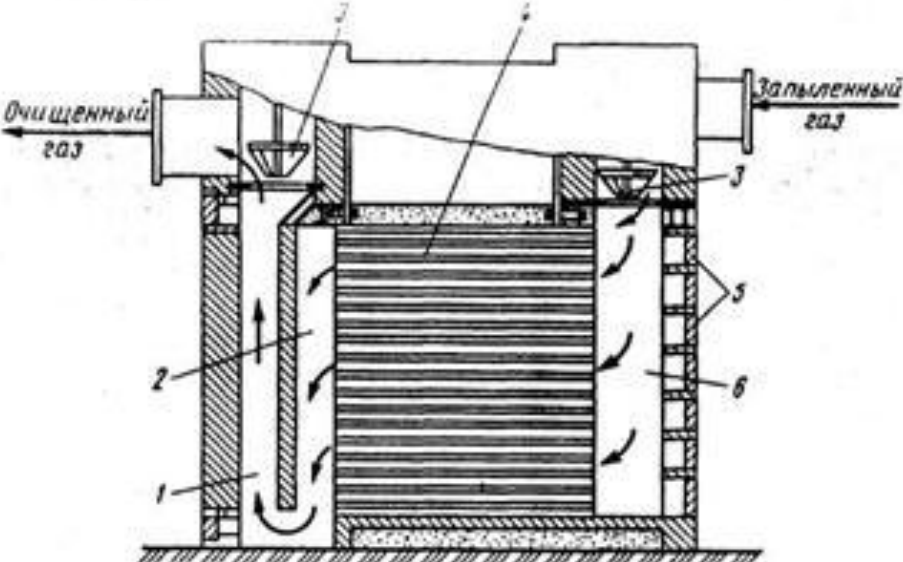
1- корпус; 2-кольцевой желоб; 3-рельсы; 4-труба для подачи суспензии; 5-электродвигатель; 6-труба; 7-разгрузочное отверстие; 8-мешалка с гребками



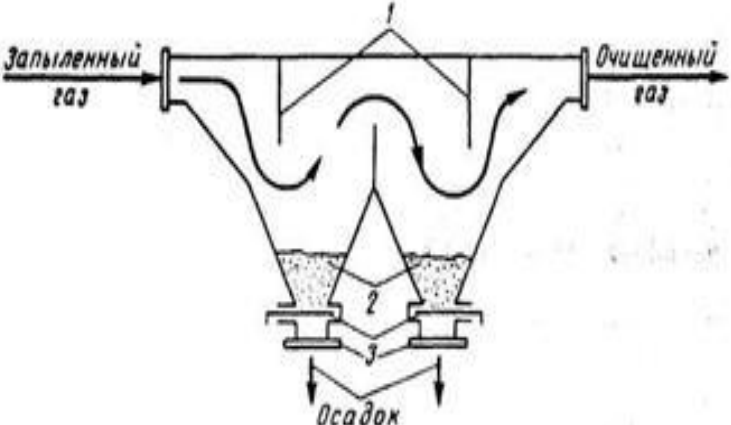
# Схема отстойника для эмульсий



# Пылеосадительная камера



# Инерционный пылеосадитель



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

- Скорость осаждения под действием центробежной силы (ламинарный поток):

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

# Центрифугирование

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

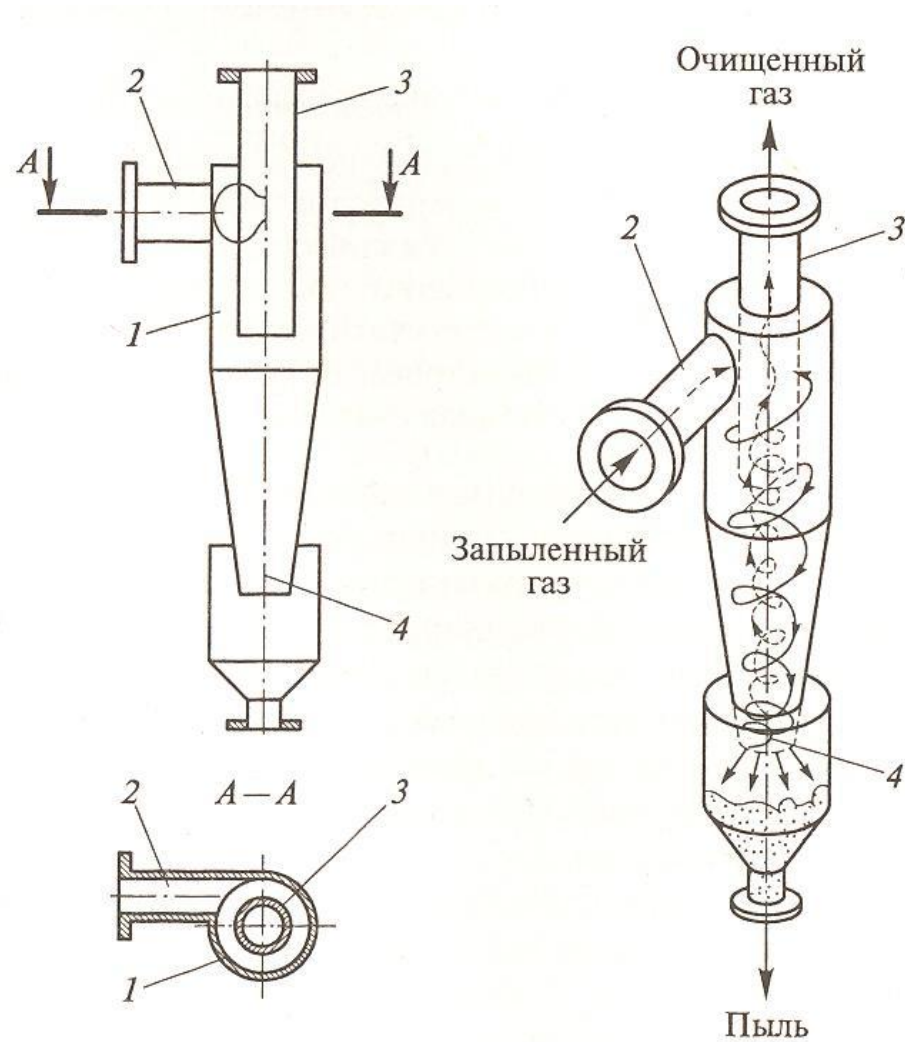
# Центрифуги

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

# Циклонный процесс

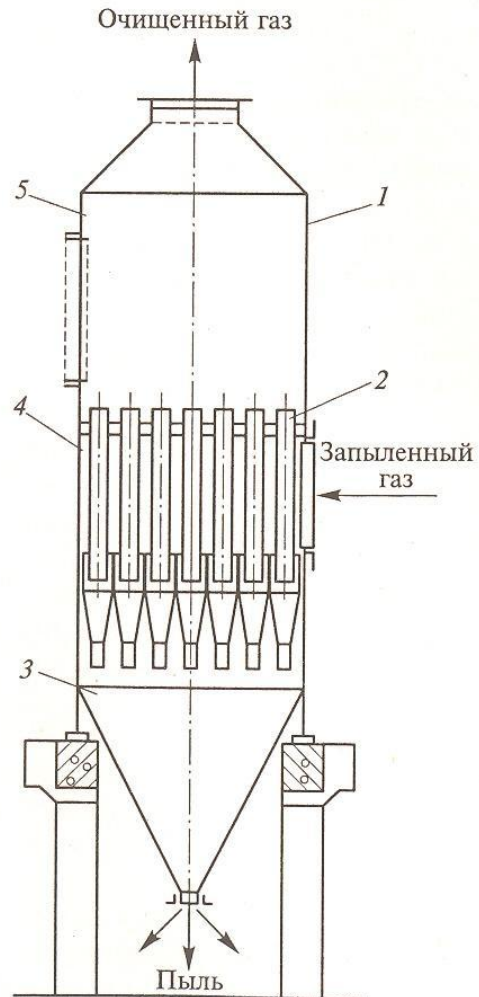
- Скорость газов 10-40 м/с;
- Скорость жидкостей 5-25 м/с

# Схема циклона





# Батарея циклонов



# 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.

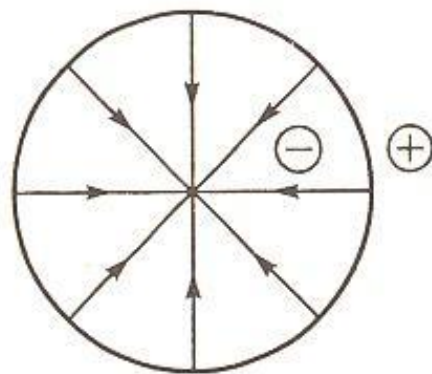
# Самостоятельная ионизация

- Разность потенциалов 4-6 кВ/м;
- Плотность тока  $i = 0,05-0,5$  мА/м катода
- Ток в электрофилт্রে  $I = i * L$  (L-длина электрофилтра). Отсюда находят L.

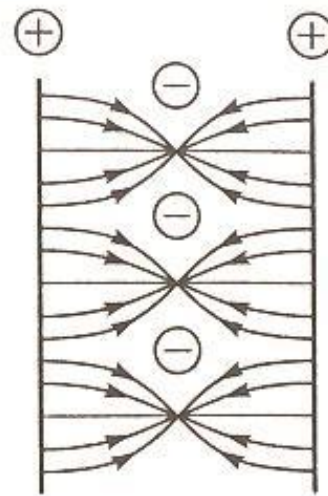
# Схема образования неоднородного электрического поля

а) трубчатый электрофильтр;

б) пластинчатый электрофильтр



*a*



*б*

Аппарат	Начальное содержание пыли в газе, кг в 1 м <sup>3</sup>	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