

Раздел 4. Гидромеханические процессы и аппараты

Лекция №4

Гидромеханические процессы

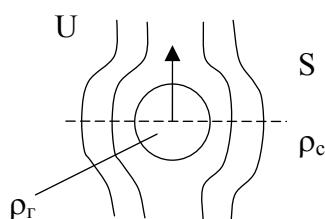
Неоднородными (гетерогенными) называют системы, состоящие из двух и более фаз.

Любая неоднородная бинарная система состоит из двух или более фаз, при этом одна из них, **дисперсная** (внутренняя) фаза, находится в мелко раздробленном состоянии, другая же, **дисперсионная** (внешняя) среда, окружает отдельные частицы первой и является той средой, в которой распределены частицы дисперсной фазы.

В зависимости от физического состояния фаз различают: суспензии, эмульсии, пены, пыли, дымы и туманы.

Движение элементов дисперсной фазы (твердых частиц, капель, пузырей) в газах или жидкостях

Для определения поверхности осаждения необходимо вычислить скорость движения дисперсных частиц. На движущиеся частицы действуют силы сопротивления, трения, архимедова сила. Если плотность частицы меньше плотности жидкости, то она всплывает, если больше – то осаждается.



$f_{\text{тр+сопр}} = S \xi \rho_c u^2 / 2$, ρ_c – плотность окр. среды
 ρ_G – плотность частицы, S – площадь поперечного сечения частицы, ξ – коэффициент гидравлического сопротивления (λ), который учитывает лобовое сопротивление и сопротивление трения.

Архимедова сила: $T = \Delta \rho g V_G$, V_G – объем частицы, $\Delta \rho$ – разность плотности жидкости и частицы.

При установившемся режиме движения частицы эти силы уравновешиваются и частица движется с постоянной скоростью. Из этого равенства находится скорость движения u :

$$f = T, u = (2\Delta\rho g V_G / S \xi \rho_c)^{0,5}.$$

Характеристики и режимы движения жидкости и газов через насадочные, зернистые и псевдооживленные слои

Насадочные слои представляют собой объем аппарата, заполненные различными твердыми элементами. В качестве таких элементов могут быть сферические частицы, различные кольца, спирали, призмы и т.д.

Характеристики насадки

- удельная поверхность: $a_v = F/V_{\text{сл}}$; $\text{м}^2/\text{м}^3$; удельное свободное сечение насадки: f , $\text{м}^2/\text{м}^2$; удельный свободный объем: $\epsilon_{\text{св}} = V_{\text{св}}/V_{\text{сл}}$; $\text{м}^3/\text{м}^3$; эквивалентный диаметр насадки: $d_э = 4\epsilon_{\text{св}}/a_v$; перепад давления в сухой насадке: $\Delta P_{\text{сух}} = H/d_э \lambda \rho W_{\Gamma}^2/2$; λ – коэффициент сопротивления. При $\text{Re} < 40$, $\lambda = 140/\text{Re}$, $\text{Re} > 40$; $\lambda = 16/\text{Re}^{0,2}$

Для орошаемых насадочных колонн различают 3 режима:

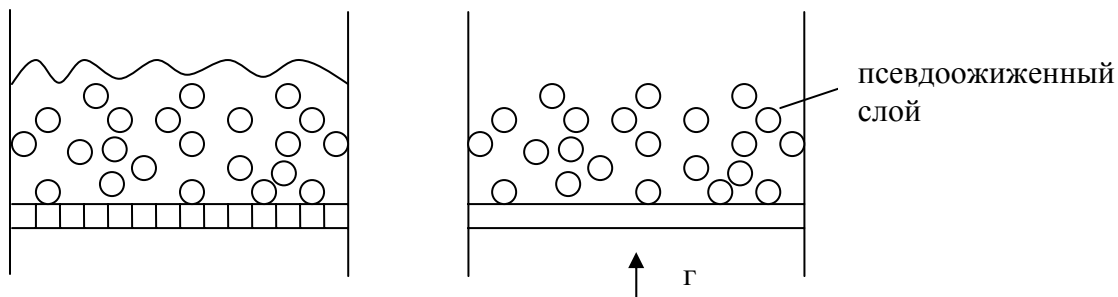
- 1) **пленочный режим**, когда газовый поток практически не влияет на режим движения жидкости.
- 2) режим **торможения** и подвисяния жидкости, когда газовый поток начинает за счет сил трения и давления тормозить жидкую фазу. При дальнейшем повышении скорости газа перепад давления резко увеличивается (режим 3). Этот режим называется **захлебыванием** (эмульгированием).

Практически все колонны работают при пленочном режиме, а перепад давления находится по уравнению:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{сух}} K; K = f(L)$$

Кипящие слои (псевдооживленные)

В химической технологии для проведения массообменных или каталитических процессов иногда используют аппараты с псевдооживленными слоями. В такие аппараты засыпают специальные элементы, которые при повышении скорости газа находятся во взвешенном состоянии.



Характеристики и режимы работы барботажных (пенных) систем

Характеристики барботажных систем.

Газосодержание: $\varphi_{\Gamma} = V_{\Gamma}/V_{\text{сл}}$; $\varepsilon_{\text{ж}} = 1 - \varphi_{\Gamma}$ – задержка жидкости.

Высота статического столба жидкости: $h_{\text{ст}} = V_{\text{ж}}/S_{\text{ап}}$.

Высота пены: $H_{\text{п}} = V_{\text{сл}}/S_{\text{ап}}$.

Удельная поверхность двухфазной системы: $a_{\text{v}} = F/V_{\text{сл}}$. Для неинтенсивного режима пенообразования $a_{\text{v}} \approx 50$, для интенсивного режима пенообразования $a_{\text{v}} \approx 1000$.

Режимы работы пенных аппаратов

При невысокой скорости газа режим работы – **пузырьковый**, т.е. газовые пузырьки образуются в отверстиях тарелки и свободно всплывают в слой жидкости, практически не взаимодействуя друг с другом. Такой режим мало эффективный (скорость, поверхность маленькая).

При повышении скорости газа на тарелке образуется динамичный **пенный** слой. Пузырьки газа сливаются и дробятся, и скорость их движения больше, чем у одиночных пузырей. Такой режим наиболее эффективный за счет турбулизации и большой поверхности контакта фаз.

При дальнейшем повышении скорости газа он начинает двигаться в виде струй через жидкость, такой режим называется **инжекционный** (поверхность контакта фаз снижается и эффективность снижается).

Перепад давления в пенном слое

Он состоит из трех составляющих

$$\Delta P = \Delta P_{\text{ст}} + \Delta P_{\text{сух}} + \Delta P_{\delta}$$

$$\Delta P_{\text{ст}} = g \rho_{\text{ж}} h_{\text{ст}}$$

$\Delta P_{\text{сух}} = \xi \rho_{\Gamma} W_0^2/2$ – перепад давления на тарелке, когда на ней нет жидкости.

ξ – коэффициент сопротивления.

W_0 – скорость потока жидкости.

$\Delta P_{\delta} = 4\sigma/d_3$ – перепад давления, вызванный силами поверхностного натяжения жидкости.

d_3 – эквивалентный диаметр отверстия в тарелке.

Методы разделения неоднородных систем

Осаждение представляет собой процесс разделения, при котором взвешенные в жидкости или газе твердые или жидкие частицы отделяются от сплошной фазы под действием силы тяжести, сил инерции (в том числе центробежных) или электростатических сил. Осаждение, происходящее под действием силы тяжести, называется отстаиванием. В основном отстаивание применяется для предварительного, грубого разделения неоднородных систем.

Если при разделении недопустимы потери жидкости с осадком или твердые вещества плохо оседают, то метод отстаивания недопустим. В этих случаях применяют процесс фильтрования. **Фильтрование** – процесс разделения с помощью пористой перегородки, способной пропускать жидкость или газ, но задерживать взвешенные в среде твердые частицы. Оно осуществляется под действием сил давления или центробежных сил и применяется для более тонкого разделения суспензий и пылей, чем путем осаждения.

Центрифугирование – процесс разделения неоднородных систем, в частности суспензий и эмульсий, в поле центробежных сил с использованием сплошных или проницаемых для жидкости перегородок. Процессы центрифугирования проводятся в машинах, называемых центрифугами.

Флотацией называют процесс всплывания в жидкой среде частиц дисперсной фазы с прилипшими к ним пузырьками газа. В настоящее время флотационный метод широко используют для обогащения и разделения руд различных металлов, твердого топлива и неметаллических полезных ископаемых. Кроме того, флотацию применяют для выделения взвешенных частиц из водных растворов, а также для очистки сточных вод.

Очистка газов от твердой фазы

Различают следующие способы очистки газов:

1. Механическая или сухая очистка, при которой осаждение частиц пыли производится под действием механической силы: силы тяжести или центробежной силы.

Осаждение под действием сил тяжести (гравитационная очистка).

Осаждение под действием инерционных, в частности центробежных сил.

2. Мокрая очистка.

3. Осаждение под действием электростатических сил (электрическая очистка).

4. Очистка газов фильтрованием. При очистке фильтрованием газы, содержащие взвешенные твердые частицы, проходят пористые перегородки, пропускающие газ и задерживающие на своей поверхности твердые частицы.

Эффективность очистки запыленных газов

КПД установки:

$$\eta = \frac{n_0 - n}{n_0},$$

где n_0 – число дисперсных частиц на входе;

n – число дисперсных частиц на выходе.

$$\eta = \frac{C_H - C_K}{C_H}$$

Энергетический метод расчета КПД. Данный метод основан на затратах энергии на очистку, которую можно всегда связать с перепадом давления в аппарате:

$$\eta = 1 - \exp(-N),$$

где N – число единиц переноса.

$$N = A \cdot \Delta P^k,$$

где A – коэффициент пропорциональности;

ΔP – перепад давления;

A , k определяются экспериментально в зависимости от физических свойств очищаемого газа, размеров и свойств дисперсной фазы (пыли) и конструкции аппарата.