

Раздел 10. Абсорбция и конструкция абсорберов. Расчет абсорберов

Лекция №11

Процесс абсорбции газов

Абсорбция сопровождающиеся химической реакцией – называется хемосорбцией, все остальные виды – физическая абсорбция.

Процесс абсорбции принимают в трёх случаях:

- а) для извлечения компонентов из готовой смеси
- б) для получения готового продукта
- в) для решения экологических задач (для очистки топочных входящих газов)

(Выделение SO_2 при производстве H_2SO_4)

Аппараты, в которых проводят эти процессы, называют абсорберами (насадочные, вихревые, распылительные)

Порядок расчета насадочного абсорбера

Исходные данные:

- 1) Начальная концентрация паровой фазы: Y_H
- 2) Начальная концентрация жидкой фазы: X_H
- 3) Давление абсорбера $P_{абс}$
- 5) Степень извлечения – ϕ .

Чем больше P , тем лучше работает абсорбер.

Найти 1) Рабочий расход поглощения $L_{ж}$, кг/с

- 2) диаметр колонны D_k
- 3) высота колонны H_k
- 4) гидравлическое сопротивление ΔP

Поток массы: $M = G(y_H - y_K)$

Уравнение кривой: $y^* = mx$,

m – коэффициент распределения (фазового равновесия).

Скорость захлебывания: $W_3 = f(lg)$

Рабочая скорость аппарата: $W_p = bW_3$, для малопенящихся жидкостей:

$b=0,7$, для пенящихся $b=0,3-0,4$.

Диаметр колонны $D_k = \sqrt{G / (\rho \cdot 0,785 W_p)}$, $0,785 = 2/\pi$.

Коэффициенты массоотдачи по газу и жидкости β_2 и $\beta_ж$ находят по критериальным уравнениям (Re , Nu), которые справедливы только для определенных типов насадок и для определенного интервала применения.

Определим высоту насадки и площадь массопередачи $F = a_v S_k H$, где a_v – удельная поверхность, H – высота, S_k – площадь поперечного сечения колонны.

$$F = M / (K_y \Delta y_{cp}).$$

Для проверки правильности расчета используется метод чисел единиц переноса:

$$M = G(y_H - y_K) = K_y F \Delta y_{cp}$$

$$H = G / (K_y S_k a_v) \cdot (y_H - y_K) / \Delta y_{cp} = h_{0y} n_{0y},$$

h_{0y} – высота единиц переноса,

n_{0y} – число единиц переноса.

Высота насадки, найденная двумя способами, должна отличаться друг от друга на более, чем на $\pm 10\%$. В этом случае расчет был выполнен правильно.

Заключительной частью расчета является определение гидравлического сопротивления ΔP и расчет мощности на подачу газа. После этого выполняется прочностной расчет фланцев, днища, крепления.

Расчет абсорбера на основе диффузионной модели структуры потоков

Этот метод позволяет на основе решения систем уравнения найти не только конечную концентрацию, но и найти профиль концентраций и в жидкой фазе, и в газе по всей высоте абсорбера. Для этой модели важными являются определение коэффициентов перемешивания в газовой и жидкой фазах. Эти коэффициента $D_{пг}$ и $D_{пж}$ находятся экспериментально:

$$W_g \frac{dy}{dz} = D_{ng} \frac{d^2 y}{dz^2} - \frac{K_{0y} F \Delta y_{cp}}{V_{нас}}$$

$$U_{ж} \frac{dx}{dz} = D_{nj} \frac{d^2 x}{dz^2} + \frac{K_{0y} F \Delta y_{cp}}{V_{нас}}$$

Из решения дифференциальных уравнений этой модели находится конечная концентрация и выбирается такая высота насадки, которая бы обеспечивала заданную степень извлечения.

Абсорбция, сопровождаемая химической реакцией (хемосорбция)

Хемосорбция – применяется для поглощения труднорастворимых газов жидкостью (CO_2 , H_2). Хемосорбция как правило происходит в жидкой фазе, при химической реакции происходит связывание труднорастворимых газов,

концентрация этого газа снижается и тем самым увеличивается движущая сила процесса и скорость массопередачи увеличивается.

Скорость массопередачи может увеличиваться в несколько сотен раз по сравнению с физической абсорбцией. Ускорение процесса при хемосорбции характеризуется коэффициентом ускорения χ . При хемосорбции количество переданной массы компонента записывается в виде:

$$M = \beta'_{жс} F \Delta x = \beta_{жс} F (\Delta x + \delta)$$

$\beta'_{ж}$ учитывает фиктивное повышение коэффициента массоотдачи за счет скорости химической реакции,

δ – фиктивное увеличение движущей силы за счет химической реакции.

Таким образом, повышение скорости массопередачи при хемосорбции может учитываться двумя способами – или за счет β' или за счет δ . Эти значения связаны коэффициентом ускорения χ

$$\chi = \frac{\beta'_{жс}}{\beta_{жс}} = 1 + \frac{\delta}{\Delta x}$$

Коэффициент ускорения связан с двумя характеристиками: R, M, где R – отношение скорости химической реакции к скорости диффузии компонента, а M – характеризует скорость диффузионного процесса.

Параметры R и M зависят от коэффициента диффузии D, коэффициента массоотдачи β и константы скорости химической реакции.

Для определения χ можно использовать графические зависимости в виде семейства кривых.

Если $\chi \ll 1$, получаем физическую абсорбцию, т.е. процесс протекает в диффузионной области.

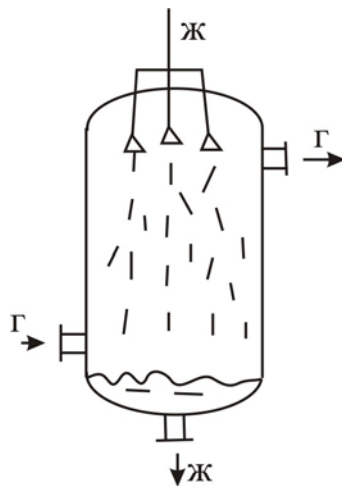
Если $\chi \approx 1$ – процесс происходит в переходной области, т.е. надо учитывать и диффузию, и скорость химической реакции.

Если $\chi \gg 1$ процесс протекает в кинетической области, диффузия практически не влияет, и все определяется скоростью химической реакции.

При известном коэффициенте χ дальнейший расчет массообменного аппарата производится аналогично процессу физической абсорбции. Чаще всего поглощение CO₂ производится водным раствором щелочи (NaOH+H₂O) с концентрацией 2-12%.

Конструкции абсорберов

1) Распыливающие абсорберы

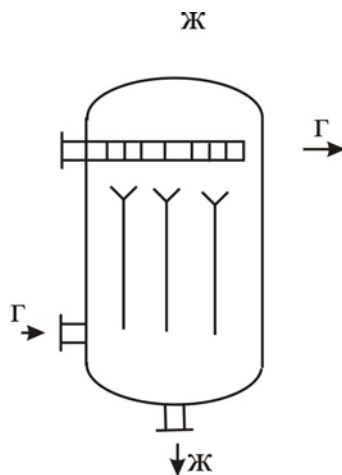


Процесс абсорбции происходит в противотоке, переход компонента из газовой фазы в жидкую происходит через межфазную поверхность капель. Эффективность процесса существенно зависит от полидисперсности и среднего размера капель.

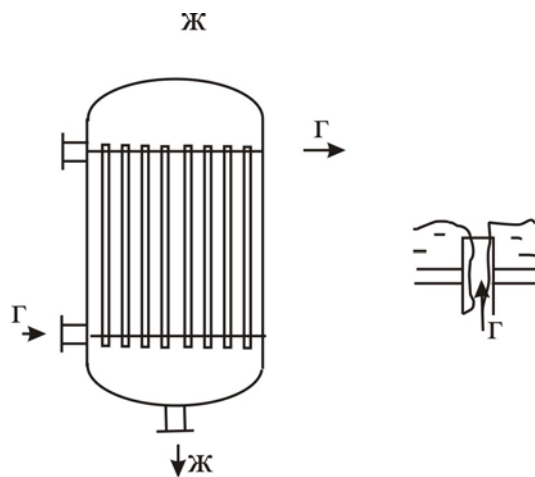
Распыливающие абсорберы характеризуются простотой конструкции, но низкой эффективностью массопередачи.

2) Пленочные абсорберы

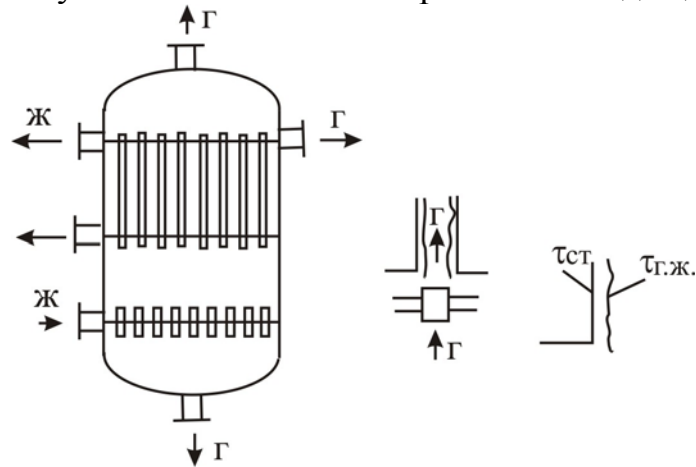
а) с плоскопараллельной насадкой. Жидкость распределяется по поверхности пластин в виде пленки, а газ движется снизу по плоскопараллельным каналам. Процесс массопередачи происходит через межфазную поверхность пленки.



б) трубчатые абсорбер. Жидкость распределяется по внутренней поверхности контактных трубок в виде пленки и стекает вниз, газ движется в противотоке, где происходит поглощение компонента. Если в процессе абсорбции выделяется теплота, то в межтрубное пространство подается охладитель.



Также используются пленочные аппараты с восходящей пленкой.



За счет значительных сил трения на межфазной поверхности пленки газ увлекает жидкость в вертикальном направлении и организуется восходящий прямоток. Если $\tau_{г.ж.} \gg \tau_{ст.}$, такой режим называется сильным взаимодействием, если наоборот, то слабым.

Жидкость также может подаваться в верхнюю часть абсорбера с трубками, тогда произойдет нисходящий прямоток (газ также подается в верхнюю часть). Этот режим характеризуется повышенной эффективностью разделения смеси, но и повышенным перепадом давления.