

# Лекция

## Массообменные процессы. Абсорбция

### Содержание лекции

1. Общие сведения
2. Материальный баланс абсорбции
3. Движущая сила процесса абсорбции
4. Основное уравнение процесса абсорбции
5. Классификация абсорберов
6. Основные конструкции абсорберов

### Литература

1. В.Н. Стабников, В.Д. Попков, В.М. Лысянский. Процессы и аппараты пищевых производств. Москва. Пищевая промышленность 1976г. 662с.
2. В.И. Горбатюк. Процессы и аппараты пищевых производств. Москва. «Колос» 1999, 335с.
3. Г.Д. Кавецкий, Б.В. Васильев. Процессы и аппараты пищевой технологии. Москва «Колос» 2000г. 551с.
4. В.Н. Стабников, В.И. Баринцев. Процессы и аппараты пищевых производств. Москва. Легкая и пищевая промышленность. 1983г. 326с.

# АБСОРБЦИЯ

## 1. Общие сведения

Абсорбцией называется процесс поглощения газов или паров жидкими поглотителями из газовых или паровых смесей.

Поглощаемые газы называются – абсорбтивами.

Жидкие поглотители – абсорбенты.

Аппараты для проведения процессов абсорбции называются – абсорберами.

Для большинства случаев этот процесс обратимый, то есть в определённых условиях (например при нагревании) можно выделить газ из жидкости.

Десорбцией называется выделение газа из жидкости, в которой он был до этого растворён.

Процесс абсорбции является избирательным и обратимым, что позволяет применять его с целью получения растворов газов в жидкостях, а также для разделения газовых и жидких смесей.

Сочетание абсорбции и десорбции позволяет создать непрерывное промышленное производство с многократным использованием жидкого поглотителя и выделением в чистом виде вещества поглощению из парогазовой смеси.

Применение абсорбции.

При производстве спирта из образующегося в результате брожения углекислого газа, абсорбцией улавливают пары спирта, и затем очищенный газ сжижают для использования в других производствах.

Процесс насыщения минеральной воды и других многочисленных напитков углекислым газом (сатурация) служит классическим примером процесса абсорбции.

Разделение углеводородных газов и получения соляной и серной кислоты, аммиачной воды.

Обезвреживание газосбросов.

Очистки водноспиртовых растворов.

Обесцвечивание паток и сахарных растворов.

Аппаратно-технологическое оформление абсорбции несложно, поэтому данный процесс широко используют в технике.

## 2. Материальный баланс абсорбции

В производстве абсорбция осуществляется в противоточных аппаратах непрерывного действия, в которых газ и жидкость приводятся в тесный контакт (рисунок 1).

Инертный не поглощаемый газ ( $V$  в кмоль/с) при входе в аппарат содержит некоторое количество поглощаемого компонента. Обозначим его концентрацию  $Y_n$  (в киломолях на 1 кмоль инертного газа).

При прохождении газовой смеси через абсорбер количество инертного газа не изменяется, а концентрация поглощаемого компонента уменьшается до  $Y_k$  кмоль/кмоль.

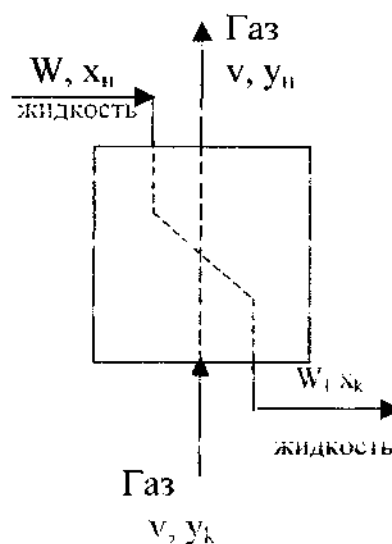


Рисунок 1.

Жидкий поглотитель поступает в абсорбер в количестве  $W$  кмоль/ч. Содержание поглощаемого компонента в жидкости: при её поступлении в абсорбер -  $x_n$  кмоль/кмоль чистого абсорбента; при выходе из аппарата -  $x_k$

На основании закона сохранения вещества можно составить уравнение материального баланса абсорбционного процесса для поглощаемого компонента.

$$V \cdot y_H + W \cdot x_H = V \cdot y_K + W \cdot x \quad (1)$$

При составлении баланса мы пренебрегаем возможными потерями при проведении процесса. Из уравнения (1) имеем:

$$V \cdot (y_H - y_K) = W \cdot (x_K - x_H) = M \quad (2)$$

где:  $M$  – количество компонента переданного из одной фазы в другую кмоль/с

Из уравнения (2) следует, что удельный расход абсорбента (в кмоль/кмоль)

$$m = \frac{W}{V} = \frac{y_H - y_K}{x_K - x_H} \quad (3)$$

где  $m$  – удельный расход абсорбента;

$W$  – количество жидкого поглотителя (абсорбента) поступающего в аппарат кмоль/ч;

$V$  – количество не поглощаемого газа (кмоль/с) проходящего через аппарат;

$y_H$  – концентрация поглощаемого компонента в газе на начало процесса;

$y_K$  – концентрация поглощаемого компонента после выхода из аппарата;

$x_H$  – концентрация поглощённого компонента в жидкости при входе в аппарат;

$x_K$  – концентрация поглощённого компонента в жидкости при выходе из аппарата.

### 3. Движущая сила процесса абсорбции.

Уравнение (2) графически изображается прямой линией, построенной в координатах  $x$ - $y$ . на рисунке 2 эта линия обозначена АВ. Угловой коэффициент этой линии равен  $m$  т.е.  $\operatorname{tg} \alpha = m$ .

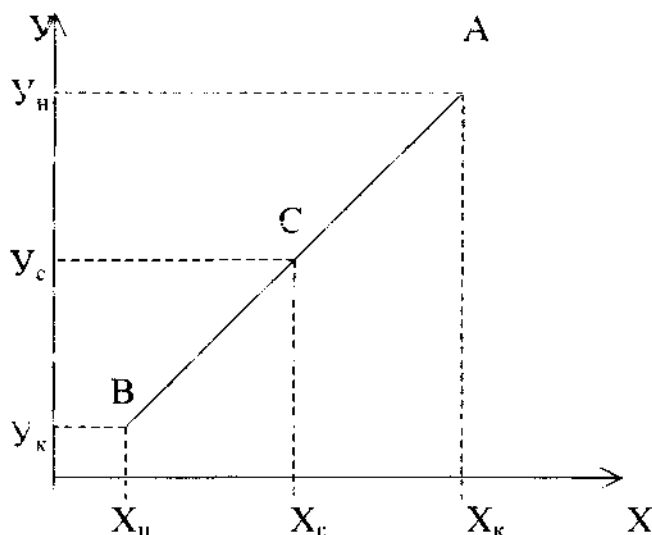


Рис. 2 Рабочая линия абсорбена.

Линия АВ называется рабочей линией. При помощи этой линии устанавливается связь между составом жидкости и составом газа для любого сечения аппарата. Так, если в каком-то сечении аппарата содержание поглощаемого компонента в газе  $y_c$ , то содержание этого компонента в жидкости будет равно  $x_c$ . Рабочая линия позволяет установить условия, при которых процесс абсорбции станет возможным. Рассмотрим равновесие газа и абсорбента (жидкости). Применим для этого правило фаз

$$S=K-f+2 \quad (4)$$

где  $S$  – число степеней свободы;

$K$  – число компонентов системы;

$f$  – число фаз системы.

В рассматриваемом случае мы имеем две фазы (газ и жидкость) и три компонента (поглощаемый компонент, инертный газ и жидкость). Определяющими параметрами будут давление, температура и концентрация. Поглощается один компонент газовой смеси.

$$S=3-2+2=3.$$

Этими тремя степенями свободы являются состав одной из фаз, давление и температура. Содержание компонента в другой фазе не может быть выбрано произвольно. Оно определяется тремя выбранными параметрами.

Для идеальных растворов, в которых силы взаимодействия между молекулами компонентов системы одинаковы, условия равновесия определяются законом Генри

- "При данной температуре концентрация компонента в растворе прямо пропорциональна парциальному давлению газа над раствором".

$$P = E \cdot X \quad (5)$$

где  $P$  – парциальное давление газа, равновесное с раствором имеющим концентрацию  $X$

$E$  – константа Генри (константа газового равновесия)

Или 
$$X = \frac{P}{E} \quad (6)$$

Для протекания процесса абсорбции линия равновесия должна проходить ниже рабочей линии. На рисунке 3 линия ОД представляет собой линию равновесия, соответствующую уравнению

$$Y = E \cdot X$$

Рассмотрим произвольное сечение аппарата, в котором жидкая фаза содержит  $X_A$  % поглощаемого компонента. Равновесное содержание этого компонента –  $Y_A^*$

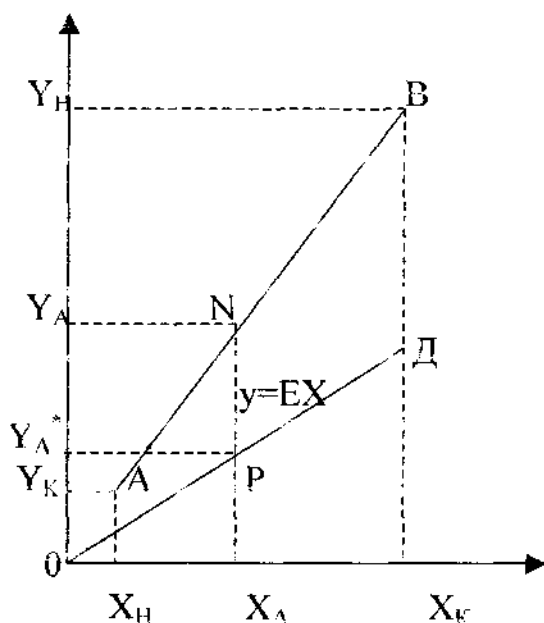


Рис. 3 Рабочая линия и линия

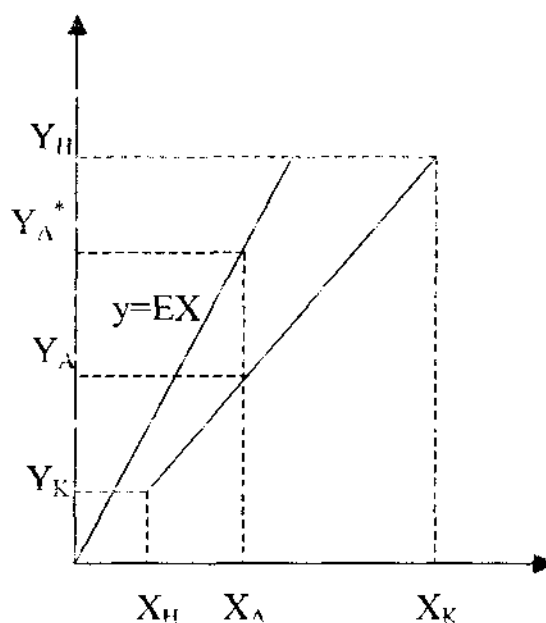


Рис.4 Условия десорбции

равновесия фаз

Согласно рабочей линии в рассматриваемом сечении в газовой фазе того же компонента содержится  $Y_A$  %. Очевидно в данной точке движущей силой процесса будет величина  $\Delta = Y_A - Y_A^*$  изображённая отрезком PN. Как видно из рисунка 3 движущая сила будет меняться по высоте аппарата.

Очевидно процесс абсорбции прекратится когда  $Y_A = Y_A^*$ .

Если же величина  $Y_A - Y_A^*$  станет отрицательной, то будет иметь место десорбция (рисунок 4).

В этом случае поглощаемый компонент будет выделяться из жидкой фазы и переходить в газовую.

#### 4. Основное уравнение абсорбции

При рассмотрении производственных аппаратов (абсорберов) нас интересует, прежде всего, количества вещества, передаваемого из одной фазы в другую за единицу времени.

Основное уравнение массопередачи при абсорбции можно представить в следующем виде:

$$M = K \cdot F \cdot \Delta C \cdot \tau$$

где  $M$  – масса вещества передаваемого из газовой фазы в жидкую, кг;

$F$  – площадь поверхности контакта фаз,  $m^2$ ;

$K$  – коэффициент абсорбции, аналогичный коэффициенту теплопередачи в процессе теплообмена, (м/ч); является величиной обратной сопротивлению массопередачи –  $K = 1/R$ ; определяется экспериментально;

$\Delta C$  – движущая сила, выражаемая как разность концентраций либо как разность давлений,  $kg/m^3$  или Па;

$\tau$  – продолжительность процесса, ч.

# АБСОРБЕРЫ

## 1. Классификация абсорберов.

Абсорбция протекает на поверхности раздела фаз. Поэтому абсорберы должны иметь развитую поверхность контакта фаз между газом и жидкостью. По способу образования этой поверхности абсорберы можно разделить на основные группы: поверхностные; плёночные; насадочные, в которых поверхность растекающейся по специальной насадке жидкости; барботажные, в которых поверхность контакта фаз создаётся потоком газа (пара) и жидкости; распыливающие, в которых поверхность контакта фаз создаётся вследствие разбрызгивания жидкости. Классификация абсорберов приведена на рисунке 5.

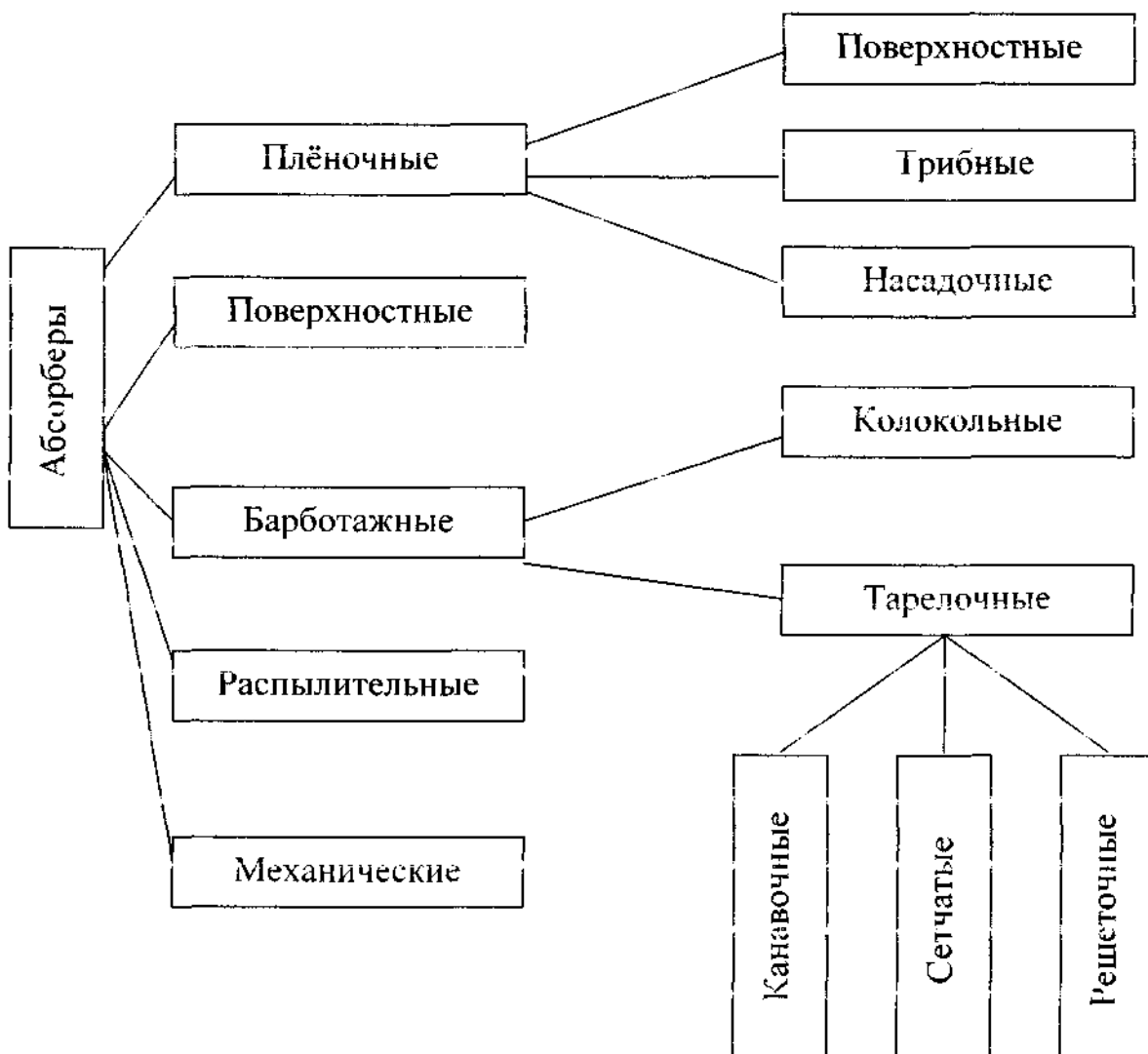


Рисунок 5. Классификация абсорберов