

КГКП «Павлодарский химико-механический колледж»

**Определение числа
теоретических тарелок
графическим методом в
процессе абсорбции.**

**ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО РАСЧЁТУ
ГАБАРИТОВ АБСОРБЕРА**

ЗАДАНИЕ:

Здравствуйтесь, уважаемые студенты!

**Ознакомьтесь с презентацией и
ВЫПОЛНИТЕ КОНСПЕКТ**

**представленного примера решения задачи
для определения числа единиц переноса
(числа контактных устройств) и
соответственно габаритов абсорбера.**

**Это задание можно выполнить в
электронном варианте.**

Задача

Рассчитать диаметр d и высоту h насадки абсорбера для улавливания из воздуха паров этилового спирта водой. Рассчитать расход поглотителя-воды ($\text{м}^3/\text{ч}$), если расход газовой смеси в рабочих условиях составляет $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$ с конц-цией паров эт.спирта 5% (y_n), степень улавливания $\alpha = 94\%$, концентрация паров этилового спирта в воде на входе в абсорбер $X_n = 0$, а на выходе составляет $n = 72\%$ от максимально возможной в данных условиях, то есть от равновесной с входящим газом.

Скорость газа в абсорбере $w = 0.6 \text{ м/с}$.

Коэф-нт массопередачи $K_x = 0.7 \text{ кмоль эт.сп./}(\text{м}^2 \cdot \text{ч кмоль эт.сп./ кмоль воды})$.

Коэффициент смачивания насадки $\phi = 0.88$.

В кач-ве насадки исп-ся *керамические* кольца Рашига $25 \times 25 \times 3$, давление в колонне $P = 0.19 \text{ МПА}$, температура 20°C .

Уравнение линии равновесия имеет вид: **$Y^* = 10X$** ,
где Y^* – равновесная конц-ция паров эт. спирта, кмоль/кмоль воздуха;
 X – концентрация ацетона, кмоль / кмоль воздуха.

Дать принципиальную схему абсорбера и фазовую диаграмму Y - X .

Решение:

1. Приведём расход газовой смеси к нормальным условиям:

$$M_0 = \frac{V \cdot T_0 \cdot P}{T \cdot P_0} = \frac{5000 \cdot 273 \cdot 0,19}{293 \cdot 0,1033} = 8568,76 \text{ (м}^3 \text{ / ч)}$$

2. Определим количество (расход) паров этилового спирта в составе газовой смеси расчёте на 1 час:

$$M_{\text{этилового спирта}} = \frac{V_0 \cdot y_n}{V_M} = \frac{8568,76 \cdot 0,05}{22,4} = 19,13 \text{ кмоль / ч}$$

где V_M – молярный объём газа, кмоль/м³.

3. Построение рабочей линии и линии равновесия.

Уравнение линии равновесия: $Y^* = 10 \cdot X$

Для построения рабочей линии процесса абсорбции необходимо определить координаты точек **A** и **B**, характеризующих состав газовой и водной фаз на **входе** и **выходе** из абсорбера.

а) Содержание паров этилового спирта во входящем воздухе (в отн. мольн.долях) составляет:

$$Y_n = \frac{y_n}{1 - y_n} = \frac{0,05}{1 - 0,05} = 0,0526 \quad \frac{\text{кмоль эт.сп.}}{\text{кмоль воды}}$$

б) Относительная мольная доля паров этилового спирта в газовой смеси на выходе из адсорбера:

$$Y_v = \frac{y_v (1 - c_n)}{1 - y_v} = \frac{0,05(1 - 0,94)}{1 - 0,05} = 0,00316 \quad \frac{\text{кмоль эт.сп.}}{\text{кмоль воздуха}}$$

в) Содержание этилового спирта в поглотителе-воде при входе в абсорбер по условию задачи составляет $X_v = 0$.

г) Находим координату X_n .

По условию задачи координата X_n , т.е. конц-ция эт.спирта в поглотителе на выходе из абсорбера составляет $n = 72\%$ от равновесной с входящим газом. Поэтому необходимо сначала найти равновесную с входящим газом концентрацию X^* :

Т.к. уравнение линии равновесия $Y^* = 10 \cdot X$
и при входе в абсорбер отн. мольная доля этилового спирта
составляла $Y_n = 0,0526$, то:

$$X'_n = \frac{Y^*}{10} = \frac{0,0526}{10} = 0,00526$$

Следовательно,

$$X_n = n \cdot X' = 0,72 \cdot 0,00526 = 0,00379$$

Таким образом координаты точек **A** и **B** составляют:

$$\mathbf{A} (0; 0,00316) \quad \text{и} \quad \mathbf{B} (0,00379; 0,0526)$$

На основе полученных данных строим линию равновесия и рабочую
линию процесса **AB** (рис.1), а также схему абсорбера для
противоточной абсорбции (рис. 2).

Построение рабочей линии и линии равновесия

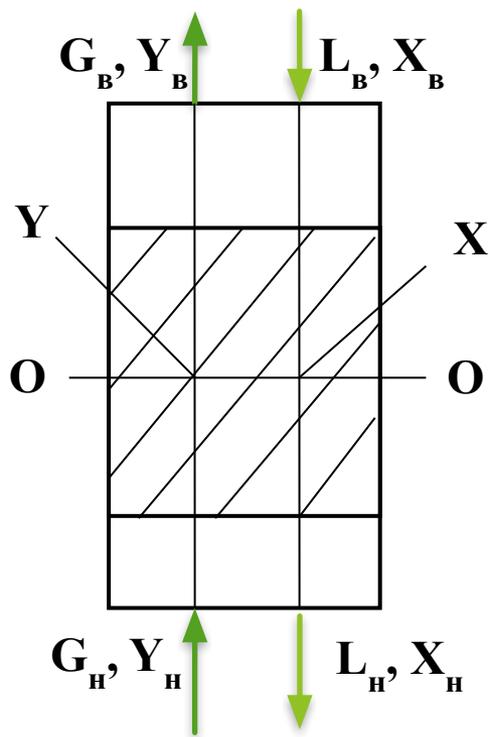


Рис.3. Схема движения абсорбата и абсорбента в абсорбере.

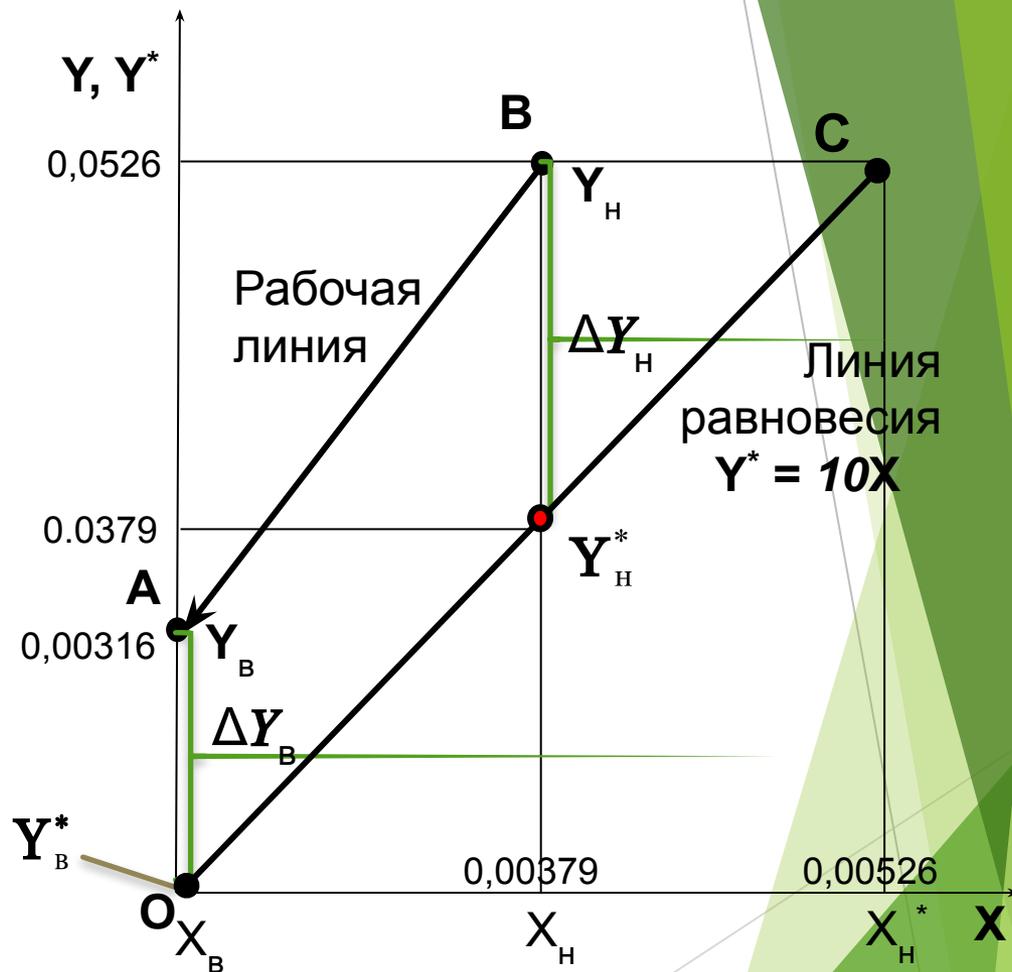


Рис. 4. Построение рабочей линии AB и линии равновесия OC .

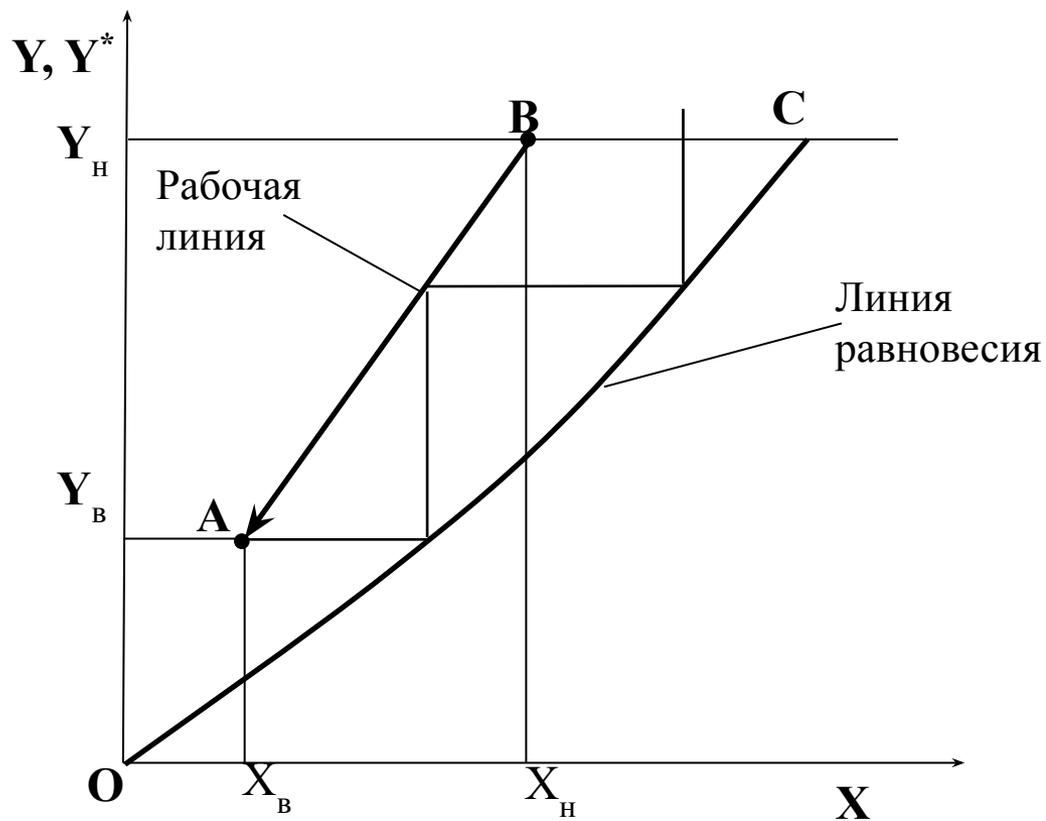


Рис. Графическое определение числа ступеней изменения концентрации (теоретических тарелок) в абсорбере.

4. Найдём среднюю движущую силу процесса по газовой фазе ΔY_{cp} на входе в абсорбер и выходе из него:

$$\Delta Y_H = Y_H - Y_H^* = 0.0526 - 0.0379 = 0,0147$$

$$\Delta Y_B = Y_B - Y_B^* = 0.00316 - 0 = 0.00316$$

Средняя движущая сила в абсорбере при прямой линии равновесия определяется как среднелогарифмическая по формуле:

$$\Delta Y_{cp} = \frac{\Delta Y_H - \Delta Y_B}{2,3 \cdot \lg(\Delta Y_H / \Delta Y_B)} = \frac{0,0147 - 0,00316}{2,3 \cdot \lg\left(\frac{0,0147}{0,00316}\right)} = 0,00748$$

5. Из уравнения массопередачи

$$M = K_y * F * \Delta Y_{cp} \qquad K_y = K_x / m$$

при условии, что $K_y = K_x/10$, рассчитаем площадь контакта фаз в адсорбере F , необходимую для обеспечения перехода требуемого количества газа в жидкую фазу:

$$F = \frac{M_A \cdot c_n}{(K_x / 10) \cdot \Delta Y_{cp}} = \frac{19,13 \cdot 0,94}{(0,7 / 10) \cdot 0,00748} = 34343,39 \text{ м}^2$$

$$F = \frac{M_A \cdot c_n}{K_x \cdot \Delta Y_{cp}} = \frac{19,13 \cdot 0,94}{0,7 \cdot 0,00748} = 3434,43 \text{ м}^2$$

Площадь контакта в абсорбере создаётся с помощью керамических колец Рашига. Для колец формата 25*25*3 удельная поверхность насадки $\delta = 204 \text{ м}^2/\text{м}^3$.

6. Рассчитаем габариты адсорбера:

поскольку $F = H_n \cdot S \cdot \delta \cdot \psi$,

где H_n – высота насадки колец Рашига;

S – площадь сечения абсорбера;

δ – удельная поверхность насадки ,

ψ – коэффициент смачивания = 0.88,

то можно записать:

$$V_n = H_n \cdot S = \frac{F}{\delta \cdot \psi} \quad \text{– объём насадки,}$$

где V_n – объём слоя колец Рашига, необходимый для создания данной поверхности F при коэффициенте смачивания $\psi = 0.88$

Таким образом, объём насадки колец Рашига должен составить:

$$V_n = \frac{34343,43}{204 \cdot 0,88} = 191,30 \text{ м}^3 \quad V_n = \frac{3434,34}{204 \cdot 0,88} = 19,13 \text{ м}^3$$

Далее находим площадь поперечного сечения абсорбера S:

$$S = \frac{V}{w} = \frac{5000}{0,6 \cdot 3600} = 2,31 \text{ м}^2$$

где V - расход газовой смеси, м³/ч

w - линейная скорость газового потока (м/с).

Для цилиндрического абсорбера площадь сечения определяется из площади круга:

$$S = \frac{\pi d^2}{4}$$

Откуда определяем диаметр абсорбера:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,31}{3,14}} = 1,72 \text{ м}$$

и высоту насадки абсорбера H_H :

$$H_H = \frac{V_H}{S} = \frac{19,13}{2,31} = 8,28 \text{ м}$$

$$H_H = \frac{V_H}{S} = \frac{191,30}{2,31} = 82,8 \text{ м}$$

7. Требуемый для проведения процесса расход поглотителя–воды L определяем из уравнения:

$$X_B = \frac{M_{\text{эт.сп.}}}{L/M_B} \quad (\text{кмоль В/кмоль А})$$

отсюда следует:

$$L = \frac{M_{\text{эт.сп.}} \cdot M_B}{X_B}$$

где $M_{\text{эт.сп.}}$ - расход поглощаемого компонента ; $M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 19,13$ кмоль/ч;
 $M_B = 18$ кг/кмоль (H_2O) $X_H = 0.00379$ – конечная концентрация этилового спирта в воде на выходе из абсорбера (отн.мольн.доли – кмоль А/кмоль В).

Поэтому расход воды L составит:

$$L = \frac{M_{\text{эт.сп.}} \cdot M_B}{X_H} = \frac{19,13 \cdot 18}{0,00379} = 93,06 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Выводы: для проведения процесса абсорбции необходимо использовать насадку с диаметром $D = 1,72$ м и высотой $H_H = 82,8$ м, при этом расход поглотителя-воды составит $93,06 \text{ м}^3/\text{час}$.

Таблица 4

•Нормальные ряды диаметров колонн

Вид промышленности	Нормальные ряды колонных аппаратов, мм
Химическая	400; 500; 600; 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 1800; 2200; 2600; 3000
Нефтеперерабатывающая	1000; 1200; 1400; 1600; 1800; 2000; 2200; 2400; 2600; 2800; 3000; 3200; 3400; 3600; 3800; 4000; 4500; 5000; 5500; 6000; 6400; 7000; 8000; 9000

Расчёт параметров абсорбера.

Определение *диаметра* абсорбционной колонны D (в м) проводят по уравнению расхода газового потока:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785w}}$$

где V – расход газа, проходящего через абсорбер, м³/с; w – скорость газа, отнесённая к полному поперечному сечению колонны (фиктивная), м/с.

Определение *высоты* колонны H (в м) может проводиться двумя путями: а) через высоту единицы переноса (ВЕП) и б) через высоту, эквивалентную теоретической тарелке (ВЭТТ).

а) через ВЕП сначала определяют поверхность контакта фаз в абсорбере при плёночном режиме работы:

$$F = H_n S \sigma \varphi,$$

где H_n – высота слоя насадки, м; $S = \pi D^2/4$ – площадь поперечного сечения колонны, м²; D – диаметр колонны, м; σ – удельная поверхность сухой насадки, м²/м³; φ – коэффициент смоченности насадки, безразмерный.