

Пример решения задачи по абсорбции

В абсорбере производится поглощение пара метилового спирта из воздуха водой. Начальная концентрация метанола 110 г на 1 м³ чистого воздуха (при н.у.). В абсорбер поступает чистая вода. Концентрация спирта в воде после процесса 70% от максимально возможной. Степень поглощения 85%. Расход воздуха 2500 м³/час (при н.у.). Уравнение линии равновесия в относительных массовых концентрациях $\bar{Y}^* = 1,2\bar{X}$. Определить среднюю движущую силу по газовой и жидкой фазам и объёмный расход абсорбента (в м³/час).

Решение

Сначала необходимо решить вопрос о том, в каких концентрациях мы будем вести расчёт. Уравнение линии равновесия нам дано в относительных **массовых** концентрациях. Поэтому расчёт целесообразно проводить тоже в относительных **массовых** концентрациях.

1. Найдём относительную массовую концентрацию спирта в воздухе, поступающем на абсорбцию

$$\bar{Y}_H = \frac{0,110}{1 \cdot 1,29} = 0,085 \frac{\text{кг СП}}{\text{кг ВОЗД}},$$

где 1,29 – плотность воздуха при нормальных условиях, кг/м³.

2. Зная степень поглощения, определим **конечную** концентрацию спирта в воздухе, выходящем из абсорбера

$$\bar{Y}_K = \bar{Y}_H (1 - C_{\text{П}}) = 0,085 \cdot (1 - 0,85) = 0,013 \frac{\text{кг СП}}{\text{кг ВОЗД}}.$$

3. Теперь вычислим **максимально** возможную концентрацию спирта в воде. Это будет равновесная концентрация \bar{X}_K^* (см. рисунок). Больше метанола в жидкости, равновесной с газом состава \bar{Y}_K , содержаться просто не может

$$\bar{X}_K^* = \frac{\bar{Y}_H}{1,2} = \frac{0,085}{1,2} = 0,071 \frac{\text{кг СП}}{\text{кг ВОДЫ}}.$$

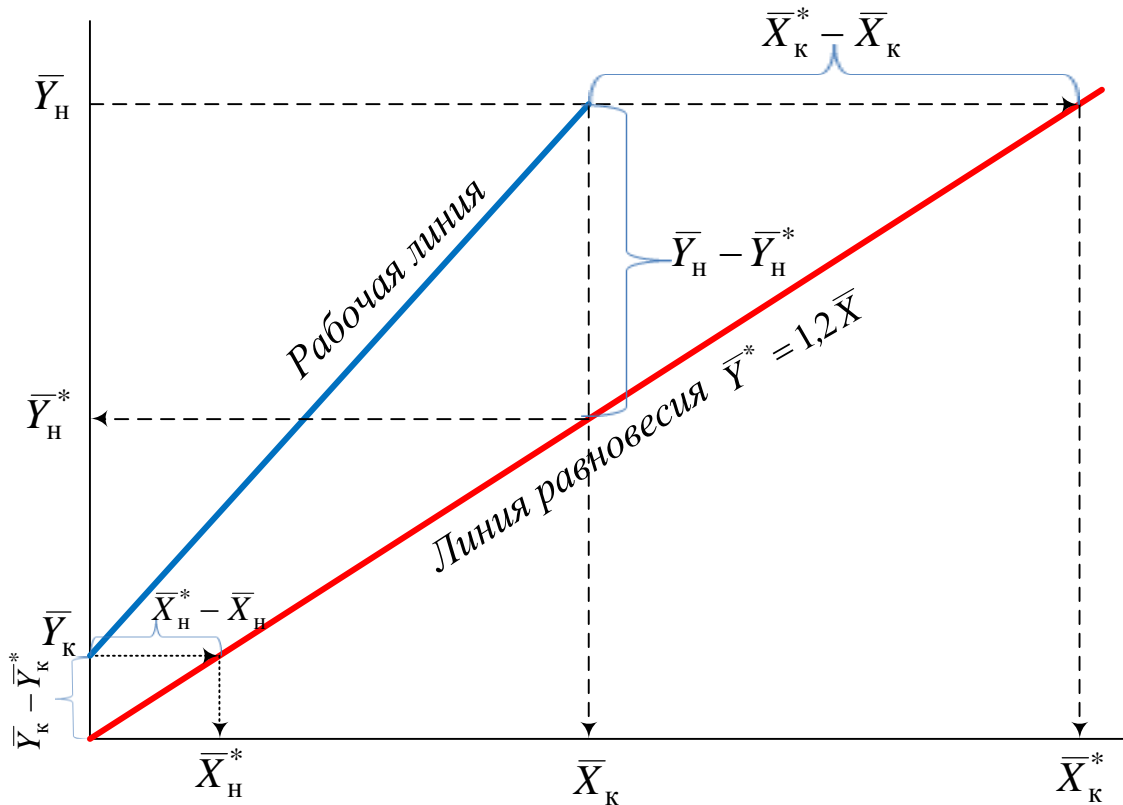


Рисунок. Рабочая и равновесная линии процесса поглощения метанола из воздуха водой

4. **Рабочая** концентрация метанола в воде согласно условию задачи составляет 70% от **максимально** возможной, т.е. от равновесной, т.е.

$$\bar{X}_K = 0,7 \bar{X}_K^* = 0,7 \cdot 0,071 = 0,050 \frac{\text{КГ СП}}{\text{КГ ВОДЫ}}.$$

5. Массовый расход воздуха, поступающего в колонну

$$G = V\rho = 2500 \cdot 1,29 = 3225 \frac{\text{КГ ВОЗД}}{\text{час}}.$$

6. Требуемый расход воды на процесс абсорбции находим из уравнения материального баланса

$$L = G \frac{\bar{Y}_H - \bar{Y}_K}{\bar{X}_K - \bar{X}_H} = 3225 \frac{0,085 - 0,013}{0,050 - 0} = 4644 \frac{\text{КГ ВОДЫ}}{\text{час}}.$$

Так как расход воды на производстве принято выражать в м³/час, переведем массовый расход в объемный

$$V = \frac{G}{\rho_{\text{вод}}} = \frac{4644}{998} = 4,65 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$$

7. Найдём концентрацию метанола в газе, который находится в равновесии с жидкостью состава \bar{X}_k (см. рисунок)

$$\bar{Y}_H^* = 1,2 \bar{X}_k = 1,2 \cdot 0,05 = 0,06 \frac{\text{кг СП}}{\text{кг ВОЗД}}$$

8. Средняя движущая сила процесса переноса метилового спирта из воздуха в воду, выраженная через концентрацию в газовой фазе, равна

$$\Delta \bar{Y}_{\text{ср}} = \frac{(\bar{Y}_H - \bar{Y}_H^*) - (\bar{Y}_k - \bar{Y}_k^*)}{\ln \frac{\bar{Y}_H - \bar{Y}_H^*}{\bar{Y}_k - \bar{Y}_k^*}} = \frac{(0,085 - 0,06) - (0,013 - 0)}{\ln \frac{0,085 - 0,06}{0,013 - 0}} = 0,018 \frac{\text{кг СП}}{\text{кг ВОЗД}}$$

9. Определим концентрацию спирта в воде \bar{X}_H^* , равновесную с уходящим газом состава \bar{Y}_k (см. рисунок)

$$\bar{X}_H^* = \frac{\bar{Y}_k}{1,2} = \frac{0,013}{1,2} = 0,011 \frac{\text{кг СП}}{\text{кг ВОДЫ}}$$

10. Средняя движущая сила процесса переноса метилового спирта из воздуха в воду, выраженная через концентрацию в жидкой фазе, равна

$$\Delta \bar{X}_{\text{ср}} = \frac{(\bar{X}_k^* - \bar{X}_k) - (\bar{X}_H^* - \bar{X}_H)}{\ln \frac{\bar{X}_k^* - \bar{X}_k}{\bar{X}_H^* - \bar{X}_H}} = \frac{(0,071 - 0,05) - (0,011 - 0)}{\ln \frac{0,071 - 0,05}{0,011 - 0}} = 0,015 \frac{\text{кг СП}}{\text{кг ВОДЫ}}$$

Примечание. Не забывайте ставить чёрточку над обозначениями концентраций. Этим вы показываете, что расчёт ведётся именно в массовых концентрациях, а не в каких-то других. Это требует внимания и некоторой дополнительной затраты времени. Но ведь мне на компьютере это было делать сложнее, чем вам на бумаге. И ещё – не забывайте указывать размерность!

Помните, что я постоянно повторяю:

формула → числа → ответ → единица измерения

Успехов!