

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ИНТЕНСИВНОСТЬ МАССОПЕРЕДАЧИ
В КОАКСИАЛЬНОЙ НАСАДКЕ**

Процессы массопередачи и гидродинамики в насадочных массообменных аппаратах с регулярной структурированной насадкой были исследованы и раскрыты в диссертационной работе [1]. Автор широко изучил выбранные ими конструкции, где определяемыми параметрами для сравнительного анализа являлись эффективность массопередачи, гидравлическое сопротивление и брызгоунос. Расчет первой характеристики основывался на разности исходной и конечной концентраций растворов. Этот параметр хорошо подходит для сравнения конструкций разного типа (тарелки, насадки), который четко показывает их преимущества и недостатки. Однако он не дает полного представления об интенсивности массопередачи. Для этого существует уравнение массоотдачи, которое представлено в формуле (1):

$$M = \beta_{\text{ж}} \cdot F \cdot (x^* - x), \quad (1)$$

где $\beta_{\text{ж}}$ – коэффициент массоотдачи в жидкой фазе, $\text{кг/м}^2 \cdot \text{с}$; F – поверхность взаимодействия фаз, м^2 ; $x_{\text{гр}}$, x – молярная концентрация распределяемого компонента на границе раздела фаз и в исходном растворе, $\text{кмоль вещества/кмоль смеси}$.

Расход диоксида углерода определялся для системы воздух-вода по уравнению (2):

$$M = G \cdot (y_{\text{к}} - y_{\text{н}}) = L \cdot (x_{\text{н}} - x_{\text{к}}), \quad (2)$$

где G – молярный расход воздуха, кмоль/с ; L – молярный расход раствора, кмоль/с .

Молярная концентрация CO_2 рассчитывалась по формуле (3):

$$x = \frac{C_{\text{CO}_2} \cdot Mr_{\text{H}_2\text{O}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}} + C_{\text{CO}_2} \cdot (Mr_{\text{H}_2\text{O}} - Mr_{\text{CO}_2})}, \quad (3)$$

где C_{CO_2} – объёмная молярная концентрация диоксида углерода кмоль/м^3 ; $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ – плотность раствора, кг/м^3 ; $Mr_{\text{H}_2\text{O}}$, Mr_{CO_2} – молярная масса воды и диоксида углерода, кг/кмоль .

Равновесная молярная концентрация компонента в жидкой фазе рассчитывается по формуле (4):

$$x^* = \frac{y}{m}, \quad (4)$$

где y – действующая рабочая молярная концентрация компонента в газовой фазе, кмоль вещества/кмоль смеси; m – коэффициент распределения вещества по фазам.

Коэффициент распределения CO_2 определяется по формуле (5):

$$m = \frac{E}{p}, \quad (5)$$

где E – константа Генри, Па; p – общее давление, Па [2–4].

Авторами было принято решение рассчитать коэффициенты массоотдачи процесса десорбции диоксида углерода воздухом из воды для коаксиальной насадки, которая является наиболее эффективной конструкцией по результатам опытов. Расчет данного параметра выбран исходя из условия, что диоксид углерода трудно растворимый газ в воде, для которого коэффициент массопередачи в жидкой фазе $K_{\text{ж}} \approx \beta_{\text{ж}}$, а в газовой $K_{\text{г}} \approx \beta_{\text{г}}$. Для определения $\beta_{\text{ж}}$ и $\beta_{\text{г}}$ в первую очередь необходимо рассчитать расход диоксида углерода M по формуле (2). Поверхность контакта фаз F равна суммарной площади всех поверхностей насадки, которая рассчитывалась исходя из геометрических параметров конструкции. Движущая сила в жидкой фазе Δx определялась по разности равновесной x^* и начальной $x_{\text{н}}$ концентраций диоксида углерода, где $x_{\text{н}}$ рассчитывалась по формуле (3), а x^* по формуле (4). Для газа аналогично выполняется расчет с корректировкой, где вместо $x_{\text{н}}$ используется $y_{\text{к}}$.

Коаксиальная насадка разработана в трех экземплярах с размерами сторон треугольника 12, 17, 22 мм и условно обозначена К12, К17, К22. Она представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Коаксиальная регулярная структурированная насадка

В результате выполненных расчетов построены графические зависимости изменения коэффициента массоотдачи в жидкой фазе от средней скорости воздуха в колонне при плотности орошения

12,96 м³/(м²·ч). Для их лучшего анализа также приведены зависимости эффективности массопередачи. Они представлены на рисунке 2.

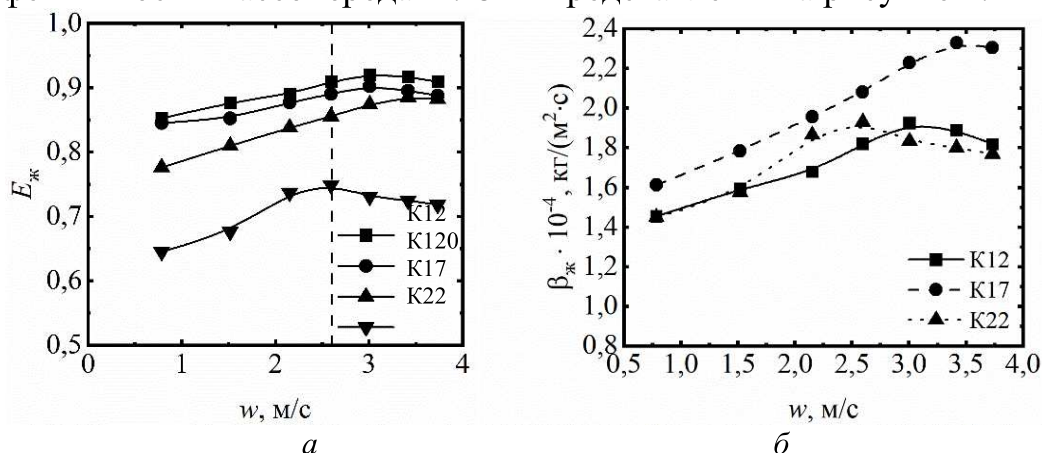


Рисунок 2 – Эффективность массопередачи и коэффициент массоотдачи диоксида углерода с основным сопротивлением в жидкой фазе

Из рисунка 2 б видно, что полученные зависимости коэффициентов массоотдачи подобны на всем промежутке изменения средней скорости газа. Снижение интенсивности наблюдается для двух насадок (K12, K17) в диапазоне скоростей 3,0–3,5 м/с, а для K22 при 2,5 м/с и выше. Такой характер изменения кривых связан с появлением брызгоуноса в насадочном слое и движущей силы, что подтверждается схожим поведением зависимостей эффективности, представленных на рисунке 2 а.

График на рисунке 2 б показывает, что K17 обладает наибольшим коэффициентом массоотдачи, что связано с несущественной разницей значений движущей силы десорбции между K17 и K12, а также вдвое меньшей площади контакта фаз для K17.

В заключении стоит отметить, что рассчитанный коэффициент массоотдачи более точно характеризует насадки со стороны интенсивности проведения процесса на единицу площади поверхности, что не учитывается при расчете эффективности массопередачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мытько Д.Ю. Гидродинамика и массопередача в аппаратах с регулярной структурированной насадкой: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08. Минск, 2023. 160 с.
2. Рамм В.М. Абсорбция газов / В.М. Рамм. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1976. – 656 с.
3. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. – 753 с.
4. Флореа О. Расчеты по процессам и аппаратам химической технологии / О. Флореа, О. Смигельский. – М. : Химия, 1971. – 448 с.