

СРАВНЕНИЕ РАСЧЕТОВ СРЕДНЕЙ ДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ МАССОПЕРЕДАЧИ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ ПРИ АБСОРБЦИИ

Технологический расчет абсорбционных аппаратов колонного типа (насадочных и тарельчатых) включает определение их высоты контактной части, что в свою очередь требует нахождения величины средней движущей силы массопередачи по газовой фазе $\Delta y_{\text{ср}}$.

Точные расчеты $\Delta y_{\text{ср}}$, кмоль/кмоль, проводят по зависимости

$$\Delta y_{\text{ср}} = \frac{y_{\text{н}} - y_{\text{к}}}{S_y},$$

где $y_{\text{н}}$ и $y_{\text{к}}$ – начальная и конечная молярная доля абсорбата в газовой смеси, кмоль/кмоль; $S_y = \int_{y_{\text{к}}}^{y_{\text{н}}} \frac{dy}{y - y^*}$; y и y^* – рабочая и равновесная молярная доля абсорбата в газовой смеси, кмоль/кмоль.

При нелинейном виде хотя бы одной из функций, описывающих равновесную $y^* = f(x)$ и рабочую $y = f(x)$ линии процесса абсорбции, аналитический расчет значения интеграла S_y в формуле, затруднен или вообще невозможен. В таком случае значение S_y определяют методом графического интегрирования [1,2]. Этот метод является наиболее точным, но и трудоемким, с большим количеством графических построений и вычислений. Поэтому было предложено ряд упрощенных методик определения $\Delta y_{\text{ср}}$.

Наиболее упоминаемым и рекомендуемым в большинстве учебных пособий и монографий является метод осреднения концевых движущих сил $\Delta y_{\text{н}}$ и $\Delta y_{\text{к}}$ [1,2]. Причем способ осреднения (арифметический или логарифмический) выбирается в зависимости от величины их отношения $\Delta y_{\text{н}}/\Delta y_{\text{к}}$. Однако в случае абсорбции хорошо растворимых газов, может наблюдаться существенная кривизна рабочей и равновесной линий внутри интервала изменения концентрации от $y_{\text{н}}$ до $y_{\text{к}}$. Следовательно, отношение $\Delta y_{\text{н}}/\Delta y_{\text{к}}$ не может служить точным критерием оценки выбора метода осреднения, а применение метода может привести к большой погрешности определения $\Delta y_{\text{ср}}$.

В отдельных монографиях упоминается метод Симпсона [3], согласно которому расчет $\Delta y_{\text{ср}}$ ведут не только с использованием $\Delta y_{\text{н}}$ и $\Delta y_{\text{к}}$, но и с учетом промежуточных значений движущих сил Δy_i в диапазоне от $y_{\text{к}}$ до $y_{\text{н}}$. Для этого рабочую линию разбивают на несколько одинаковых по длине участков и находят Δy_i на стыках между ними.

С целью уточнения алгоритма выбора метода вычисления средней движущей силы нами были проведены сравнительные расчеты $\Delta y_{\text{ср}}$ различными методами при переменных значениях коэффициента распределения m в уравнении равновесной линии ($0,05 < m < 20$) и отношениях концевых движущих сил $\Delta y_{\text{н}}/\Delta y_{\text{к}}$. Расчеты проводились среднеарифметическим и среднелогарифмическим методами осреднения концевых движущих сил, а также методом Симпсона с делением рабочей линии на 2 и 4 участка. Полученные результаты сравнивались с величиной $\Delta y_{\text{ср}}$ определенной методом графического интегрирования.

Анализ полученных результатов позволил сформулировать следующие рекомендации:

1) в случае абсорбции средне и плохо растворимых газов ($m > 1$) можно использовать наименее трудоемкий метод осреднения концевых движущих сил $\Delta y_{\text{н}}$ и $\Delta y_{\text{к}}$;

2) если поглощается хорошо растворимый газ ($m < 1$) следует применять метод Симпсона с делением рабочей линии на 2 участка.

3) при необходимости проведения расчетов с минимальной погрешностью трудоемкий метод графического интегрирования можно заменить менее трудоемким, но обеспечивающим высокую точность ($\pm 5\%$) методом Симпсона с делением рабочей линии на 4 участка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г.Касаткин. – М.: Альянс, 2004. – 751 с.
2. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2 кн./ В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др.; Под ред. В.Г. Айнштейна. М.: Логос; Высшая школа, 2002. Кн. 1. 912 с.
3. Рамм, В. М. Абсорбция газов / В. М. Рамм.– Изд. 2-е, доп. и перераб.– М.: Химия, 1976. – 656 с.