

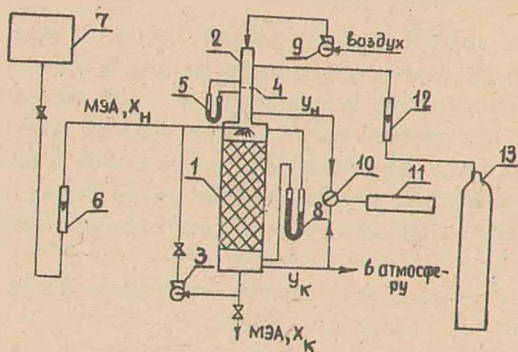
## ИССЛЕДОВАНИЕ МАССООБМЕНА В ПРЯМОТОЧНОМ НАСАДОЧНОМ АППАРАТЕ

Одним из способов интенсификации процесса массообмена является применение прямоточного движения фаз в аппаратах, которое может осуществляться в восходящем и нисходящем потоках. Восходящий поток при незатопленной насадке может существовать только при высоких скоростях газа, что ограничивает возможности его применения. Нисходящий поток допускает любые скорости газа, но в одном аппарате может быть только одна ступень изменения концентрации.

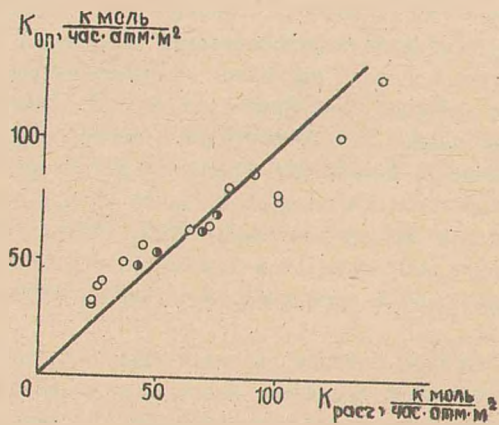
Нами было проведено исследование гидродинамики и массообмена в прямоточном насадочном аппарате с нисходящим потоком.

Схема установки представлена на рис. 1. Массообменный аппарат I представляет собой колонну диаметром 80 мм и высотой 350 мм, заполненную керамическими кольцами Рашига или спиральной металлической и пластмассовой насадкой. Воздух поступал в смесительный трубопровод 2, сюда же из баллона 13 через ротаметр 12 подавался углекислый газ. Газовая смесь с определённым содержанием  $\text{CO}_2$  поступала в массообменный аппарат I. Расход газовой смеси контролировался наклонным микроманометром 5 по перепаду давлений в камерной диафрагме 4. Абсорбент, 30%-й водный раствор моноэтаноламина /МЭА/, поступал в массообменный аппарат из напорного бачка 7. Расход МЭА измерялся ротаметром 6. Из нижней части колонки жидкость сливалась, часть её при помощи насоса 3 возвращалась в колонку для циркуляции. Газовый поток из нижней части колонки выбрасывался в атмосферу. Концентрация  $\text{CO}_2$  на входе и выходе  $U_n$  и  $U_k$  определялась оптико-акустическим газоанализатором II.

Было исследовано влияние скорости газа и расхода жидкости на гидравлическое сопротивление и массообмен в насадочном аппарате с прямоточным нисходящим движением фаз. Исследования показали, что сопротивление орошаемой насадки зависит в основном от плотности орошения  $Q$ . На основании опытных данных получено



Р и с . 1



Р и с . 2

расчётное уравнение для определения гидравлического сопротивления:

$$\xi_{\text{гп}} = 1,1 \cdot 10^3 \cdot q^{0,23} \quad / 1 /$$

Уравнение / 1 / справедливо при значениях  $q = 300 + 5000 \frac{\text{кг}}{\text{д} \cdot \text{м}^2}$ .

При исследовании массообмена было изучено влияние расхода жидкости и газа при различной степени карбонизации. Интенсивность поглощения  $\text{CO}_2$  характеризовали коэффициентом массопередачи  $K_v$ . Коэффициент массопередачи зависит от скорости газа  $\sim W^{0,75}$  в отличие от противоточных аппаратов, где скорость газа не влияет на массообмен. Плотность же орошения при прямотоке оказывает меньшее влияние на  $K_v$ , чем при противотоке,  $K_v \sim q^{0,4}$ , по-видимому, удерживающая способность насадки при прямотоке меньше.

Общее выражение для определения  $K_v$  получено в виде:

$$K_v = 0,43 W^{0,75} q^{0,4} [1 + 43,3 (x^* - x)]. \quad / 2 /$$

Эффективность керамической и спиральной насадки примерно одинаковая, однако сопротивление спиральной насадки значительно ниже, что очень важно при высокой скорости газа.

На рис. 2 приведён корреляционный график, где сравниваются расчётные и опытные значения  $K_v$ . Значительные отличия значений  $K_v$  объясняются низкой точностью измерения концентрации  $\text{CO}_2$  в воздухе /погрешность до 10%/. Кроме того, на массообмен сильно влияет равномерность распределения жидкости в насадке.

Были рассчитаны коэффициенты массопередачи по литературным данным [1]:

$$K_{\text{л}} = 5,56 \Gamma \left( \frac{q}{\mu} \right)^{0,67} [1 + 43,3 (x^* - x)]. \quad / 3 /$$

Значения опытных коэффициентов массопередачи в два - три раза больше расчётных (по уравнению /3/). Такое большое отличие можно объяснить тем, что массообмен при прямоточном движении фаз существенно отличается от противоточного, для которого применено  $K_{\text{л}}$ . По-видимому, при прямотоке происходит более равномерное распределение жидкости в насадке. В литературе указывается, что скорость газа при противотоке не влияет на коэффициент массопередачи. В наших же опытах скорость воздуха оказывает значительное влияние, большее, чем плотность орошения. Полученное уравнение оказалось аналогичным уравнению для ситчатых

27 Заб 5189

и провальных тарелок, которое приводится в литературе [2, 3].

Высокая эффективность массообмена в прямоточном насадочном аппарате открывает перспективу его применения в промышленности в тех случаях, когда требуется небольшое число ступеней изменения концентрации, например, в процессах хемосорбции.

### Обозначения

- $\xi_{\text{ср}}$  — коэффициент сопротивления 1 метра насадки, 1/метр;  
 $Q$  — плотность орошения, кг/м<sup>2</sup>.час;  
 $K_v$  — коэффициент массопередачи, кмоль/час·атм·м<sup>3</sup>;  
 $W$  — скорость воздуха, отнесённая к полному сечению колонки, м/сек;  
 $X^*$  — равновесная степень карбонизации, кмоль CO<sub>2</sub>/кмоль МЭА;  
 $\Gamma = 7,1 \cdot 10^3$  — опытный коэффициент для колец Рашига диаметром 5 - 6 мм;  
 $\mu$  — вязкость раствора, спз;  
 $Ув, Ук$  — концентрация CO<sub>2</sub> на входе и выходе, % об. ;  
 $Хв, Хк$  — концентрация МЭА на входе и выходе, кмоль CO<sub>2</sub>/кмоль МЭА.

### Литература

1. Коуль А.П., Ризенфельдт Ф.С., Очистка газа, Москва, Изд. "Недра", 1968.
2. Рамм В.М., Абсорбция газов, Москва, Изд. "Химия", 1966.
3. Справочник азотчика, т. I, Изд. "Химия", 1969.

Белорусский технологический институт  
им. С.М.Кирова, г. Минск,  
Научно-исследовательский институт  
химического машиностроения, г. Москва