

Р. А. Халитов, И. Н. Степанов, Р. Р. Камалиев,
Л. Г. Гатауллина, Р. Р. Вахитов

ИССЛЕДОВАНИЕ МАССООТДАЧИ В ЖИДКОЙ ФАЗЕ ВИХРЕВОЙ КОНТАКТНОЙ СТУПЕНИ КОЛОННЫ ДЕНИТРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ КИСЛОТ

Ключевые слова: вихревая контактная ступень, денитрация отработанных кислот, массоотдача в жидкой фазе.

Представлены результаты экспериментальных исследований массоотдачи в жидкой фазе вихревой контактной ступени колонны денитрации отработанных кислот. Проведенные исследования показали, что разработанная конструкция вихревой контактной ступени обладает высокой эффективностью массоотдачи в жидкой фазе с широким диапазоном изменения нагрузок по газовой и жидкой фазам.

Keywords: vortex contact stage, denitration of waste acids, mass transfer in the liquid phase.

Results of experimental investigations of mass transfer coefficients in the liquid phase of the vortex contact stage columns denitration of waste acids. Studies have shown that the developed design of the vortex contact stage has a high efficiency mass transfer coefficients in the liquid phase in a wide range of the load on the gas and liquid phases.

Лимитирующими стадиями процесса денитрации являются процессы десорбции паров азотной кислоты и оксидов азота из жидкой в газовую фазу [1,2]. Основное сопротивление массопередаче в этих процессах сосредоточено в жидкой фазе. Интенсификация процесса массопередачи возможна за счет применения вихревых контактных ступеней, позволяющих создать интенсивный вихревой режим взаимодействия газовой и жидкой фаз. Схема вихревой ступени представлена на рис. 1 [3].

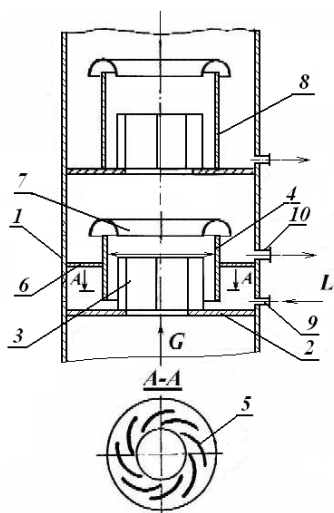


Рис. 1 - Вихревая контактная ступень

Вихревая ступень состоит из рабочей царги 1, тарелки 2, на которой установлен завихритель газового потока 3 и контактного патрубка 4. Завихритель выполнен с тангенциально расположенными лопатками 5. Между контактным патрубком и рабочей царгой установлена перегородка 6, разделяющая рабочую царгу на нижнюю и верхнюю зоны. Над контактным патрубком установлен торoidalный каплеотбойник 7. Над исследуемой рабочей ступенью расположена брызгоуловительная ступень 8. Подача жидкости на ступень осуществляется через патрубок 9, расположенный в нижней зоне рабочей царги, а выход жидкости со ступени — через патрубок 10 верхней зоны царги.

Проведены экспериментальные исследования массоотдачи в жидкой фазе вихревой ступени. Исследование процесса массоотдачи в жидкой фазе производилось методом десорбции кислорода из воды в воздух в широком диапазоне изменения массовых отношений расходов газовой (G) и жидкой (L) фаз: $L/G = 1,5 \div 25$ кг/кг. Исследовалась масштабная модель вихревой ступени в соотношении 1:3 к промышленному образцу.

На рис.2 приведена зависимость объемных коэффициентов массоотдачи в жидкой фазе от скорости газа в щелях завихрителя.

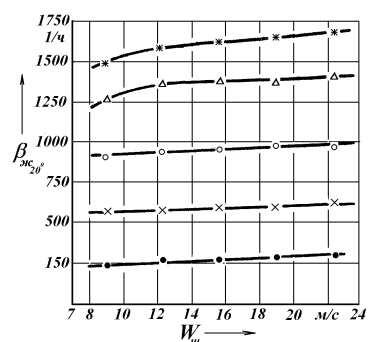


Рис. 2 - Зависимость объемных коэффициентов массоотдачи ($\beta_{ж20}$) от скорости газа в щелях ($W_{щ}$) при различных плотностях орошения: (L , $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$): • - 1,77; × - 3,54; o - 5,31; Δ - 7,08; * - 8,85

С увеличением скорости газа в щелях завихрителя скорость передачи вещества в жидкой фазе повышается незначительно. С увеличением расхода жидкости (рис.3) коэффициенты массоотдачи резко возрастают. Это связано с увеличением времени пребывания жидкости в контактной зоне.

Экспериментальные данные по исследованию массоотдачи в жидкой фазе во второй и последующих вихревых контактных ступенях от изменения режимных параметров обобщены уравнением:

$$\beta_{ж20} = 28,44L^{1,12} \cdot W_{щ}^{0,15}, \quad \text{м/с} \quad (1)$$

На рис.4 представлена зависимость эффективности контактной ступени от плотности орошения ступени. Видно, что эффективность массоотдачи в жидкости с увеличением расхода жидкости возрастает.

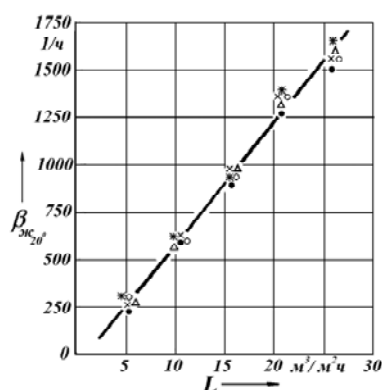


Рис. 3 - Зависимость объемных коэффициентов массоотдачи ($\beta_{жс20}$) от плотности орошения (L) при скорости газа в щелях ($W_{щ}$, м/с): • - 8,96; × - 12,32; о - 15,68; Δ - 19,04; * - 22,4

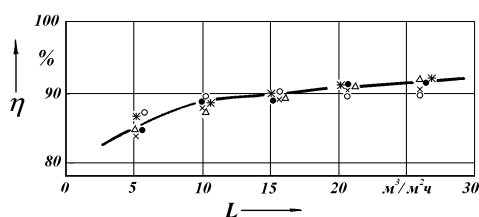


Рис. 4 - Эффективность массоотдачи в жидкой фазе (η) в зависимости от плотности орошения (L) при скорости газа в щелях ($W_{щ}$): • - 8,96; × - 12,32; о - 15,68; Δ - 19,04; * - 22,4

В результате обработки экспериментальных данных получено уравнение для расчета коэффициентов массоотдачи в жидкой фазе вихревой контактной ступени:

$$Nu_{жс} = 878,28 Re_{жс}^{1,12} \quad (2)$$

где

$$Nu_{жс} = \frac{\beta_F \cdot S}{D}$$

$$Re_{жс} = \frac{L \cdot F_{ко}^2}{3600\pi q(D_{ко} \cdot F_{ко} - q)}$$

В выражении для $Nu_{жс}$ используются коэффициенты массоотдачи, отнесенные к боковой поверхности контактной обечайки – β_F . Перевод объемных коэффициентов массоотдачи $\beta_{жс20}$ в β_F осуществлялся по формуле:

$$\beta_F = \frac{\beta_{жс20} \cdot V_{ко}}{3600 \cdot F_{ко}}, \quad \text{м/с}$$

где $F_{ко} = \pi D_{ко} \cdot H$ - площадь боковой поверхности контактной обечайки, м².

Определенные трудности при составлении уравнения (2) возникают при выборе характерных линейных размеров l' и l'' для чисел $Nu_{жс}$ и $Re_{жс}$. Путем перебора различных вариантов было определено, что наилучшую сходимость экспериментальных и расчетных значений чисел Нуссельта обеспечивает: $l' = l'' = S$, где S - удерживающая способность единицы боковой поверхности контактной зоны, м.

В качестве характерной скорости жидкости V_L для числа $Re_{жс}$ был выбран расход жидкости, отнесенный к площади сечения пленки жидкости, поднимающейся по внутренней стенке контактной обечайки:

$$V_L = \frac{L}{3600\pi S(D_{ко} - S)}, \quad \text{м/с}$$

где $S = q/F_{ко}$; q - удерживающая способность вихревой ступени по жидкой фазе, м³; $F_{ко}$ - боковая поверхность контактной обечайки, м².

Литература

1. Степанов И.Н. Анализ закономерностей процесса денитрации отработанных кислот в условиях производства нитратов целлюлозы /И.Н.Степанов, Р.А.Халитов, А.Ф.Махоткин // Вестник казанского технологического университета. – Казань: 2013. Т.16 – № 19 – С.116 - 118.
2. Степанов И.Н. Интенсификация процесса денитрации отработанных кислот в условиях производства нитратов целлюлозы / И.Н.Степанов, Р.А.Халитов, А.Ф.Махоткин // Вестник казанского технологического университета. – Казань: 2013. Т.16 – № 23 – С.57 – 60.
3. А.с. №1713155 А1 МПК В 01 D 3/32. Колонна концентрирования и денитрации кислот / Р.А.Халитов, А.Ф.Махоткин и др.; заявитель и патентообладатель Казанский химико-технологический институт им. С.М.Кирова № 4621506/26 заявл. 19.12.88; опубл.03.05.91.