

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Сучасні технології
у промисловому виробництві**

МАТЕРІАЛИ

**НАУКОВО - ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ВИКЛАДАЧІВ, СПІВРОБІТНИКІВ,
АСПІРАНТІВ І СТУДЕНТІВ
ФАКУЛЬТЕТУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
(Суми, 18–21 квітня 2017 року)**

ЧАСТИНА 2

Конференція присвячена Дню науки в Україні

Суми
Сумський державний університет
2017

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ ИСПАРЕНИЕМ В ПОТОК НЕЙТРАЛЬНОГО ГАЗА

*Романько С. Н., аспирант; Лукашев В. К., профессор,
Шосткинский институт СумГУ, г. Шостка*

Наиболее распространенный способ концентрирования серной кислоты заключается в барботировании высокотемпературных (600-1000°C) топочных газов через слой кислоты. Эти газы служат теплоносителем для нагревания кислоты и выпаривания воды, а также одновременно являются дополнительным компонентом парогазовой смеси, подобно перегонке с инертным газом [1].

Процесс концентрирования серной кислоты в присутствии нейтрального (инертного) по отношению к компонентам кислоты газа можно организовать следующим образом: нагревание кислоты осуществлять через стенку аппарата отдельным теплоносителем, а через кислоту (или над ее поверхностью) пропускать нейтральный газ, например воздух. Такой вариант позволяет проводить концентрирование при атмосферном давлении и температуре ниже температуры кипения кислоты, что дает возможность использовать низкотемпературные (100-200°C) теплоносители (водяной пар, электронагрев).

Для указанного случая была разработана математическая модель, описывающая процесс концентрирования, которая включает два экспериментально определяемых параметра: скорость испарения кислоты и коэффициент массоотдачи воды в газовую фазу. Эти параметры определяли на основании исследований, проводившихся на лабораторной установке. Данная установка отличалась от обычной установки перегонки [2] тем, что в обогреваемую емкость с кислотой была вставлена трубка, в которую, от микрокомпрессора через нагреватель и расходомер подавали воздух. Саму же кислоту нагревали до определенной температуры, которую поддерживали постоянной. В опытах изменяли: температуру кислоты, расход воздуха, его температуру, начальную концентрацию кислоты.

В результате обработки экспериментальных данных были получены зависимости, связывающие скорость испарения кислоты

$$w = w_0 e^{k_{w,x}}$$

и диффузионный критерий Нуссельта

$$Nu_d = Nu_{d0} e^{k_{p,x}}$$

с составом кислоты, где ω_0 , $Nu_{до}$, $k_{эф}$ и k_g – экспериментальные коэффициенты.

Было установлено, что экспериментальные коэффициенты ω_0 , $k_{эф}$ – для скорости испарения, а также $Nu_{до}$ и k_g – для коэффициента массоотдачи, зависят от параметров процесса. В результате математической обработки были получены эмпирические уравнения следующего вида:

$$\omega_0 = 1,81 \cdot 10^{-8} \cdot t_k^{4,41} \cdot \vartheta^{1,85} \cdot t_{r0}^{0,18} \cdot x_0^{3,0}$$

$$k_{эф} = 0,218 \cdot \vartheta^{-0,428} \cdot t_{r0}^{-0,074} \cdot x_0^{-1,398}$$

$$Nu_{до} = 2,51 \cdot 10^{-7} \cdot Re^{2,0} \cdot \left(\frac{t_k}{t_{r0}}\right)^{11,9} \cdot x_0^{17,2}$$

$$k_g = 335,2 \cdot Re^{-0,168} \cdot \left(\frac{t_k}{t_{r0}}\right)^{-2,42} \cdot x_0^{-2,68}$$

где t_k и t_{r0} – температура жидкой кислоты и подаваемого в систему воздуха, ϑ – скорость воздуха в емкости, x_0 – начальная массовая доля воды в кислоте, Re – критерий Рейнольдса для потока воздуха, $\frac{t_k}{t_{r0}}$ – относительная температура кислоты.

Данные уравнения применимы в следующих пределах изменения параметров процесса концентрирования: $100^\circ\text{C} \leq t_k \leq 200^\circ\text{C}$, $0,00106\text{м/с} \leq \vartheta \leq 0,0106\text{м/с}$, $20^\circ\text{C} \leq t_r \leq 200^\circ\text{C}$, $0,2 \leq x_0 \leq 0,4$.

Полученные зависимости позволяют рассчитывать скорость испарения кислоты и коэффициент массоотдачи воды в газовую фазу, необходимые для моделирования процесса концентрирования серной кислоты испарением в поток нейтрального газа.

Список литературы

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971. – 784с.
2. Воскресенский П. И. Техника лабораторных работ. – М.: Химия, 1973. – 717с.